BUKU

BUDIDAYA & MANAJEMEN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Yusmaidar Sepriani, S.Pd.,M.Si
Khairul Rizal, S.TP., M.Si
Badrul Ainy Dalimunhe, S.P., M.Si
Khairil Khanif, S.P., M.P
Sarah Kristi Pertiwi, S.P
Muhammad Fadel Aulia
Nikita Khirunnisa
Fito Swandi



BUKU

BUDIDAYA & MANAJEMEN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;

Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;

Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan

penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

BUKU

BUDIDAYA & MANAJEMEN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

YUSMAIDAR SEPRIANI, S.Pd., M.Si

KHAIRUL RIZAL, STP., M.Si

BADRUL AINY DALIMUNTHE, S.P., M.Si

KHAIRIL HANIF, S.P., M.Si

SARAH KRISTI PERTIWI,. S.P

MUHAMMAD FADEL AULIA

NIKITA KHIRUNNISA

FITO SWANDI

PENERBIT
PT. JASA NIAGA DIGITAL INDONESIA
BUKU PT. JNDI

BUKU BUDIDAYA & MANAJEMEN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

YUSMAIDAR SEPRIANI, S.Pd., M.Si, KHAIRUL RIZAL, STP., M.Si
BADRUL AINY DALIMUNTHE, S.P., M.Si, KHAIRIL HANIF, S.P., M.Si
SARAH KRISTI PERTIWI, S.P, MUHAMMAD FADEL AULIA
NIKITA KHIRUNNISA, FITO SWANDI

Editor :
Sahat Parulian Sitorus

Desain Cover :
Yusmaidar Sepriani, S.Pd., M.Si

Sumber :
https://isbn.jndi.my.id/products/buku-budidaya-manajemen-perkebunan-kelapa-sawit

Tata Letak :
Nurhasanah

Proofreader :
M. Zein Siregar

Ukuran :
Jml hal judul 482, Jml hal isi naskah 481, Uk: 21x29 cm

ISBN :
978-634-04-7232-5

Cetakan Pertama :
Januari 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2026 by PT.JNDI
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT PT. JASA NIAGA DIGITAL INDONESIA
Jl. H. Maulana Link. VI. Labuhan Ruku, Talawi, Batu Bara, Sumatera Utara 21254
Telp/Wa : 082361274081
https://isbn.jndi.my.id
E-mail: office@jndi.my.id

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku ajar yang berjudul “Buku Budidaya & Manajemen Perkebunan Kelapa Sawit” ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik sebagai salah satu sumber pembelajaran di perguruan tinggi.

Buku ajar ini disusun untuk mendukung proses pembelajaran pada program studi yang berkaitan dengan pertanian, perkebunan, agribisnis, dan kehutanan, khususnya dalam memahami konsep serta penerapan budidaya dan manajemen perkebunan kelapa sawit. Kelapa sawit merupakan komoditas unggulan yang memiliki peran strategis dalam pembangunan nasional, sehingga diperlukan sumber daya manusia yang kompeten dan berwawasan ilmiah dalam pengelolaannya.

Materi dalam buku ini disajikan secara sistematis dan terstruktur, mencakup aspek teknis budidaya kelapa sawit mulai dari persiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan tanaman, pengendalian hama dan penyakit, hingga panen dan pascapanen. Selain itu, buku ini juga membahas aspek manajerial perkebunan yang meliputi perencanaan, pengelolaan sumber daya, pengawasan produksi, serta prinsip keberlanjutan perkebunan yang selaras dengan standar dan regulasi yang berlaku.

Penyusunan buku ajar ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami keterkaitan antara teori dan praktik lapangan, serta mendorong kemampuan analitis dan aplikatif dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit secara efektif dan berkelanjutan. Buku ini juga dapat dimanfaatkan oleh dosen sebagai referensi dalam proses pengajaran dan pengembangan materi perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih memiliki keterbatasan dan memerlukan penyempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan guna meningkatkan kualitas dan relevansi buku ini di masa mendatang. Semoga buku ajar ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan kualitas pendidikan di bidang perkebunan.

Rantauprapat, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....6
DAFTAR ISI.....7
BAB I PENDAHULUAN.....16
1.1 Peranan Kelapa Sawit 16
1.2 Konsep Budidaya Dan Manajemen.....22
1.2.1. Konsep Budidaya Dan Manajemen.....22
1.2.2 Aspek Ekonomi 23
1.2.3 Aspek Sosial-Politik.....27
1.3 Pemilihan Lokasi Kebun Kelapa Sawit] 31
1.3.1 Tujuan Pemilihan Lokasi.....31
1.3.2 Pemilihan Iklim 32
1.3.3 Suhu Udara 33
1.3.4 Intensitas Cahaya Matahari 34
1.3.4 Ketinggian Tempat 34
1.3.5 Jenis Dan Kesuburan Tanah 35
1.3.6 Topografi Lahan 36
1.3.7 Aspek Lingkungan.....37
1.4 Analisis Tanah.....38
1.4.1 Tujuan Pemilihan Tanah.....38
1.4.2 Pengertian Analisis Tanah.....39
1.4.3 Sifat Tanah yang Berpengaruh pada Kelapa Sawit 40
1.4.4 Pengambilan Contoh Tanah pada Kebun Kelapa Sawit.....40
1.4.5 Pemanfaatan Hasil Analisis Tanah.....41
1.4.6 Jenis Tanah Yang Sehat Untuk Pada Kelapa Sawit 41
1.4.7 Metode Pengendalian Tanah Pada Kelapa Sawit 42
1.4.8 Parameter Utama Analisis Tanah 43
1.4.9 Prosedur Umum.....44
1.4.10 Pengolahan Tanah Kelapa Sawit.....44
1.4.11 Konsep dan Peran Land Preparation 46
1.4.12 Karakteristik Lahan Perkebunan Kelapa Sawit.....47
1.4.13 Karakteristik Lahan Perkebunan Kelapa Sawit.....48
1.5 Tahapan Kegiatan Land Preparation pada Sawit 50

1.5.1 Survei Awal dan Perencanaan Tata Lahan 50
1.5.2 Pembersihan Lahan (*Land Clearing*) 50
1.5.3 Penebangan Vegetasi dan Pengelolaan Biomassa 50
1.5.4 Pengolahan Tanah Awal dan Pembentukan Areal Tanam 51
1.5.6 Penataan Lahan dan Persiapan Lubang Tanam 51
1.5.7 Metode Land Preparation pada Perkebunan Sawit 51
1.5.8 Alat dan Mesin dalam Land Preparation Sawit 53
1.5.9 Land Preparation pada Berbagai Kondisi Lahan 54
1.5.10 Dampak Land Preparation 55
1.5.11 Praktik Terbaik (*Best Management Practices*) 56
1.6 Pemilihan Bibit Unggul Kelapa Sawit 57
1.6.1 PengertianKelapaSawit 57
1.6.2 Hubungan Bibit Unggul Dengan Produktivitas Kelapa Sawit 61
1.7 PolaTanamKelapaSawit 70
1.7.1 KonsepTanamanKelapaSawit(*Elaeisguineensis*Jacq.) 70
1.7.2 Pertumbuhan dan Fase Perkembangan Kelapa Sawit 72
1.7.3 Pola Tanam dan Jarak Tanam 76
1.7.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeisguineensis*Jacq.) 78
1.7.5 Pola Tanam Kelapa Sawit(*Elaeisguineensis*Jacq.) 79
1.7.6 PengaruhJarakTanamterhadapPertumbuhandanProduksi 82
1.8 Pemupukan Dan Pemeliharaan 85
1.8.1. Pemupukan 85
1.8.2 Pemeliharaan 88
1.8.3 Tujuan dan Manfaat Pemeliharaan Tanaman 91
1.8.4 Pemupukan dengan Komponen Pemeliharaan Tanaman 92
1.8.5 Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman Berkelanjutan 92
1.8.6 Implikasi Interaksi Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman 92
1.9 Pengendalian Hama Dan Penyakit 1
1.9.1 Pembahasan 1
1.9.2 Tujuan Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit 1
1.9.3 Metode Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit 2
1.9.4 Faktor-Faktor Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit 3
1.9.5 Monitoring dan Deteksi Dini Hama dan Penyakit Kelapa Sawit 5
1.9.6 Pengendalian Hama dan Penyakit Kelapa Sawit 7

BAB II PEMBIBITAN 10
2.1 Persiapan Lahan Pembibitan 10
2.2 Manajemen Media Tanaman 21
2.3 pemilihan benih unggul 39
2.3.1 Dasar-Dasar Benih dan Varietas Unggul 41
2.3.2 Kriteria Benih Unggul (Mutu Benih) 42
2.3.3 Pentingnya Pemilihan Benih Unggul 43
2.3.4 Metode dan Tahapan Seleksi Benih Unggul 44
2.3.5 Peran Sertifikasi dan Regulasi Benih 48
2.3.6 Tantangan dan Prospek Benih Unggul di Indonesia 48
2.4 Tahap Pre Nursery 50
2.5 Tahap Main Nursery 62
2.5.1 Pengertian Tahap Main Nursery 62
2.5.2Tujuan dan Fungsi Main Nursery 62
2.5.3 Media Tanam pada Tahap Main Nursery 64
2.6 Kriteria Bibit Siap Tanam 72
2.6.1 Parameter Pertumbuhan Vegetatif 73
2.6.2 Pemusnahan Dan Standar Siap Tanam 74
2.6.3 Fondasi Mutu Bibit, Seleksi Benih Dan Tahapan Pengecambahan 75
2.6.4 Evaluasi Pembibitan – Parameter Pertumbuhan Vegetatif 76
2.6.5 Tahap Akhir Penilaian Bibit Siap Tanam 77
2.6.5 Faktor Iklim Sebagai Penentu Utama Pertumbuhan Kelapa Sawit 78
2.6.6 Karakteristik Tanah Yang Mendukung Produktivitas 79
2.6.7 Integrasi Syarat Tumbuh Dalam Praktik Budidaya Berkelanjutan 79
2.6.7 Pengendalian Hama & Penyakit (Detail) 80
2.7 Tata letak pola tanam 88
2.8 Lubang Tanam Dan Ajir 98
2.8.1 Lubang Tanam 98
2.8.2 Ajir 103
2.9 Penanaman Kelapa Sawit 109
2.9.1 Perkebunan Kelapa Sawit Pembangunan Berkelanjutan 109
2.9.2 Teknik Peremajaan (Replanting) Kelapa Sawit 111
2.9.3 Penanaman Kelapa Sawit Dalam Sistem Budidaya Perkebunan 113
2.9.4 Budidaya Kelapa Sawit Berbasis Kompetensi Lapangan 114

2.9.5 Teknik Budidaya Kelapa Sawit Modern Dan Berkelanjutan 116
BAB III PEMELIHARAA TANAMAN BELUM MENGHASILKAN (TBM)..... 118
3.1 Pemupukan 118
3.1.1 Pemupukan Kelapa Sawit 119
3.1.2 Tujuan Pemupukan 121
3.1.3 Metode Pemupukan 122
3.1.4 Cara Tepat Pemupukan 124
3.1.5 Klasifikasi Pupuk 127
3.2 Pengendalian Gulma 129
3.2.1 Pengertian Dan Tujuan Pengendalian Gulma 129
3.2.2 Peranan Dan Dampak Gulma Terhadap Tanaman Kelapa Sawit 130
3.2.3 Jenis - Jenis Gulma Pada Perkebunan Kelapa Sawit 131
3.2.4 Pengendalian Gulma Pada Tanaman Belum Menghasilkan (Tbm) 131
3.2.5 Metode Pengendalian Gulma 132
3.2.6 Waktu Dan Intensitas Pengendalian Gulma 135
3.2.7 Dampak Pengendalian Gulma Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit 136
3.2.8 Aspek Keselamatan Kerja Lingkungan 136
3.3 Pengendalian Hama Dan Penyakit 138
3.3.1 pengertian TBM 138
3.3.2 jenis-jenis hama pada TBM kelapa sawit 138
3.3.3 jenis-jenis penyakit pada TBM kelapa sawit 141
3.3.4.Metode pengendalian hama TBM kelapa sawit 144
3.3.5 metode pengendalian penyakit TBM kelapa sawit 145
3.3.6 Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada TBM kelapa sawit 146
3.3.7 Dampak Pengendalian Hama dan Penyakit Pertumbuhan TBM 148
3.4 Sanitasi & Pemangkasan 148
3.4.1 Sanitasi Kelapa Sawit 148
3.4.2 Pemangkasan Kelapa Sawit 149
3.4.3 Hubungan Sanitasi Dan Pemangkasan 149
3.4.4 Waktu Dan Frekuensi Sanitasi Kelapa Sawit 150
3.4.5 Peralatan Dan Perlengkapan Sanitasi Dan Pemangkasan 150
3.4.6 Aspek Keselamatan Dalam Pemangkasan 151
3.4.7 Dampak Sanitasi Dan Pemangkasan Terhadap Lingkungan Kebun 152
3.4.8 Pengaruh Sanitasi Terhadap Populasi Hama Di Kebun Kelapa Sawit 152

3.4.9 Peran Pemangkasan Dalam Efisiensi Panen Kelapa Sawit 153
3.4.10 Hubungan Pemangkasan Dengan Keseimbangan Hara Tanaman..... 154
3.4.11 Sanitasi Sebagai Bagian Dari Pengelolaan Kebun Berkelanjutan..... 155
3.4.12 Kesalahan Umum Dalam Sanitasi Dan Pemangkasan Kelapa Sawit... 156
3.4.13 Sanitasi Dalam Adaptasi Kebun Terhadap Perubahan Iklim 156
3.5 PEMELIHARAAN TANAMAN BELUM MENGHASILKAN (TBM) 157
3. 5 Penyiraman dan Pengelolaan Kelapa Sawit 157
3.5.1 Biologi Tanaman Kelapa Sawit dan Kebutuhan Air 157
3.5.2 Hubungan Air dengan Fisiologi Kelapa Sawit 159
3.5.3 Evapotranspirasi dan Kebutuhan Air Kelapa Sawit 159
3.5.4 Frekuensi dan Volume Penyiraman di Pembibitan 161
3.5.5 Sistem Irigasi pada Kelapa Sawit 162
3.5.6 Sensor dan Teknologi Pengelolaan Air 165
3.5.7 Pengelolaan Air pada Lahan Produksi 166
3.5.8 Dampak Pengelolaan Air terhadap Produktivitas dan Keberlanjutan 168
3.5.9 Penyiraman dan Pengelolaan Air di Lahan Gambut 168
3.6 Pengelolahan Tanah dan Mulsa 169
3.6.1 Pengertian dan Tujuan Pengelolahan Tanah 171
3.6.2 Sistem Pengelolahan Tanah..... 173
3.6.3 Fungsi Pengelolahan Tanah..... 174
3.6.4 Pengertian Mulsa dan Jenis-Jenis Mulsa..... 176
3.6.5 Fungsi Mulsa 178
3.6.6 Pengaruh Pengelolahan Tanah terhadap Tanah..... 179
3.6.7 Pengaruh Kombinasi Pengelolahan Tanah dan Mulsa 180
3.7 Pembentukan Tanaman 182
3.7.1 Pengertian Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit..... 182
3.7.2 Fase Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit..... 183
3.7.3 Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit 185
3.7.4 Teknik Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit..... 186
3.7.5 Dampak Pembentukan Tanaman Yang Baik dan Tidak Baik 189
3.7.6 Indikator Keberhasilan Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit 191
3.8.Pengertian Monitoring Tumbuhan 192
3.8.1. Tujuan Monitoring Tumbuhan 192
3.8.2 Metode Monitoring Secara Langsung 195

3.8.3 Pemilihan Metode Monitoring Tumbuhan 197
3.9 Penanggulangan Stres Lingkungan 200
3.9.1 Stres Abiotik dan Dampaknya 201
3.9.2 Strategi Penanggulangan Stres Abiotik 203
3.9.3 Stres Biotik dan Strategi Pengendaliannya 206
3.9.4 Peran Pemuliaan dalam Toleransi Stres 209
3.9.5 Kesehatan Lahan dan Nutrisi untuk Peningkatan Ketahanan Stres 211
BAB IV TANAMAN MENGHASLKAN TM 212
4.1 Pemupukan Berdasarkan Analisis Daun 212
4.1.1 Tujuan dan Manfaat Analisis Daun dalam Pemupukan Kelapa Sawit 214
4.1.2 Prosedur dan Teknik Pengambilan Sampel Daun Kelapa Sawit 215
4.1.3 Analisis Kandungan Unsur Hara Daun Kelapa Sawit 216
4.1.4 Interpretasi Hasil Analisis Daun Kelapa Sawit 218
4.1.5 Rekomendasi Pemupukan Berdasarkan Analisis Daun 220
4.2 Pengelolaan Gulma 222
4.2.1 Pengelolaan Gulma Rumput 224
4.2.2 Pengelolaan Gulma Daun Lebar 224
4.2.3 Pengelolaan Gulma Teki 225
4.2.4 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Rumput 225
4.2.5 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Daun Lebar 226
4.2.6 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Teki 226
4.2.7 Prinsip Penggunaan Herbisida yang Tepat Berdasarkan Jenis Gulma 227
4.2.8 Resistensi Gulma terhadap Herbisida di Perkebunan Kelapa Sawit 227
4.2.9 Pengelolaan Gulma Terpadu (Integrated Weed Management). 228
4.2.10 Strategi Pengendalian Gulma yang Efektif dan Berkelanjutan 230
4.2.11 Hubungan Pengendalian Gulma dengan Efisiensi Biaya Produksi 231
4.3 PENGENDALIAN HAMA 232
4.3.1 Jenis – Jenis Hama pada Tanaman Menghasilkan (TM) 232
4.3.2 Metode Pengendalian Hama pada Tanaman Menghasilkan (TM) 236
4.4 Pengendalian Penyakit Pada Kelapa Sawit 241
4.4.1 Gambaran Umum Penyakit Penting pada Kelapa Sawit 243
4.4.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (Basal Stem Rot / Ganoderma) 244
4.4.3 Penyakit Daun pada Kelapa Sawit 247
4.4.4 Penyakit Busuk Pucuk (Bud Rot) 249

4.4.5 Pendekatan Pengendalian Penyakit Terpadu 250
4.5 POLINASI 252
4.5.1 Definisi Polinasi dan Pentingnya bagi Kelapa Sawit 252
4.5.2 Jenis dan Mekanisme Penyerbukan pada Kelapa Sawit 253
4.5.3 Berdasarkan Asal Serbuk Sari 254
4.5.4 Berdasarkan Perantara Penyerbukan 256
4.5.5 Polinasi Buatan (*Assisted Pollination*) Pada Kelapa Sawit 258
4.5.6 Proses Polinasi Hingga Pembuahan pada Kelapa Sawit 259
4.5.7 Faktor yang pengaruhi Keberhasilan Penyerbukan Kelapa Sawit 260
4.6 Pemeliharaan Tanah Pada Tanaman Menghasilkan 263
4.6.1 Tujuan Pemeliharaan Tanah Pada Tanaman 264
4.6.2 PRINSIP-PRINSIP PEMELIHARAAN TANAH 267
4.6.3 PENGENDALIAN GULMA 270
4.6.4 PEMUPUKAN DAN MANAJEMEN UNSUR HARA 277
4.6.5 PENCEGAHAN EROSI TANAH 283
4.6.6 Metode Pencegahan Erosi Tanah 285
4.6.7 Implementasi dan Studi Kasus 286
4.6.8 PERAN BOILOGI TANAH 286
4.7 Pruning (pemangkasan) 290
4.7.1 Tujuan Fundamental Penunasan (Pruning) 291
4.7.2 jadwal pruning kelapa sawit 292
4.7.3 Cara pruning pada budidaya kelapa sawit 294
4.7.4 Prinsip Pemotongan: Rapat, Bersih, dan Tuntas 295
4.7.5 Pemilihan dan Perawatan Alat: Dodos dan Egrek 296
4.7.6 Teknik Aman Melindungi Aset Paling Berharga,Tenaga Kerja Anda 296
4.7.7 Mengupas Tuntas Sistem "Songgo": Panduan Praktis di Lapangan 297
4.7.8 Manfaat Ekologis dan Agronomis Pelepah 298
4.7.9 Panduan Penataan Pelepah di Gawangan Mati 299
4.7.10 Tumpukan Pelepah sebagai Habitat Ekologis 299
4.7.11 Under-Pruning Kerugian Tersembunyi di Balik Rimbunnya Daun 300
4.8 PERAWATAN PIRINGAN PASAR DAN GAWANGAN MATI 302
4.8.1MENGENAL PIRINGAN PASAR DAN GAWANGAN MATI 303
4.8.2 PERMASALAHAN DAN KERUSAKAN 307
4.8.3 PROSEDUR DAN TEKNIK PERAWATAN 310

4.8.4 Perawatan Berkala dan Perbaikan 315
4.9 Monitoring Produksi 317
4.9.1 Integrasi Hasil Monitoring ke Keputusan Manajemen 325
4.9.2 Manajemen Detail Rotasi dan Organisasi Panen 326
4.9.3 Manajemen Logistik dan Transportasi TBS 327
BAB V MANAJEMEN PANEN 329
5.1 Kriteria Buah Matang Panen 329
5.1.1 Minimal 5 Brondolan Jatuh 331
5.1.2 Kulit Buah Berubah Warna 335
5.1.3 Definisi, Tujuan, dan Dasar Agronomis Rotasi 338
5.1.4 Implikasi Kualitas: Rendemen Minyak (OER) dan ALB 339
5.1.5 Perhitungan Teknis dan Penyesuaian Rotasi 340
5.2 Teknik Panen 341
5.2.1 Penggunaan dodos dan egrek 341
5.2.2 Pelepah Diletakkan Rapi 345
5.2.3 Brondolan Dikutip 100 % 347
5.3 PENGANGKUTAN HASIL KELAPA SAWIT 352
5.4 Evaluasi Hasil Panen 366
5.4.1 Produktivitas Tandan Buah Segar (TBS) 368
5.4.2 OER (Oil Extraction Rate) 372
5.4.3 Losses Panen 375
5.5 Pengolahan Tenaga Kerja Panen 380
5.5.1 (Harvesting Labor Management) 380
5.5.2 Pembagian Tugas panen 382
5.5.3 Penilaian kinerja Panen 385
5.5.4 Pilar Penilaian Kinerja 385
5.5.5 Metode Pengukuran dan Evaluasi 387
5.5.6 Identifikasi Bahaya 389
5.6 KESELAMATAN KERJA SAAT PANEN (K3) 391
5.6.1 Pengunaa APD 391
5.6.2 Prosedur Kerja Aman 395
5.6.3 Identifikasi Bahaya 397
5.6.4 SOP perusahaan pekerja pada proses panen dilapangan 398
5.6.5 Sejarah K3 di Indonesia 399

5.7 Standar Mutu Panen 402
5.7.1 Tinjauan Umum Tanaman Kelapa Sawit 402
5.7.2 Konsep Dan Pengertian Standar Mutu panen 404
5.7.3 Kriteria matang panen kelapa sawit 404
5.8 Dokumentasi dan Peleporan Hasil Panen 410
5.8.1 Pencatatan harian 411
5.8.2 Rekapitulasi Produksi 413
5.8.3 Laporan Mutu TBS 417
5.9 Analisis Efisiensi Panen 422
5.9.1 Indikator Efisiensi Panen Kelapa Sawit 423
5.9.2 Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Panen 424
5.9.3 Analisis Kehilangan Hasil (Losses) Panen 426
5.9.4 Analisis Rotasi Panen 427
5.9.6 Faktor-Faktor Mempengaruhi Efisiensi Panen Kelapa Sawit 430
DAFTAR PUSTAKA 434

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Peranan Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan yang menempati posisi penting dalam sistem pertanian dan perkebunan di Indonesia. Peranan tersebut terutama berkaitan dengan fungsinya sebagai sumber utama minyak nabati yang dihasilkan dari tandan buah segar. Keberadaan kelapa sawit dalam struktur usaha perkebunan tidak hanya dipandang dari sisi hasil yang dihasilkan, tetapi juga dari proses pengelolaannya yang melibatkan kegiatan budidaya dan manajemen kebun secara terpadu. Oleh karena itu, pembahasan mengenai peranan kelapa sawit perlu ditempatkan dalam konteks pengelolaan tanaman yang terencana dan berkesinambungan. Kelapa sawit memberikan kontribusi nyata terhadap perekonomian nasional melalui aktivitas usaha perkebunan. Kegiatan budidaya dan pengelolaan kebun kelapa sawit membuka kesempatan kerja pada berbagai tahapan kegiatan, mulai dari pembibitan hingga panen. Peranan ini menjadikan kelapa sawit sebagai komoditas yang tidak hanya bernilai secara agronomis, tetapi juga memiliki dimensi ekonomi yang kuat di tingkat wilayah perkebunan. Hubungan antara kegiatan budidaya dan penyerapan tenaga kerja menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan kebun akan berdampak langsung pada keberlangsungan usaha perkebunan.

Peranan kelapa sawit dalam usaha perkebunan juga ditentukan oleh karakteristik biologis tanaman yang memerlukan pengelolaan jangka panjang. Tanaman kelapa sawit memiliki siklus hidup yang relatif panjang sehingga setiap keputusan dalam tahap awal budidaya akan memengaruhi kinerja produksi pada tahun-tahun berikutnya. Kondisi ini menuntut penerapan prinsip budidaya yang tepat sejak tahap pembibitan, karena kualitas bahan tanam menjadi dasar bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman di lapangan. Dengan demikian, peranan kelapa sawit tidak dapat dilepaskan dari ketepatan teknis dalam setiap tahapan budidaya. Budidaya kelapa sawit mencakup serangkaian kegiatan yang saling berkaitan dan membentuk satu kesatuan sistem. Tahap pembibitan berperan sebagai fondasi awal yang menentukan kualitas tanaman di lapangan. Persiapan lahan dan penanaman menjadi tahap lanjutan yang memerlukan perencanaan agar tanaman dapat tumbuh sesuai dengan kebutuhan agronominya. Pemeliharaan tanaman dilakukan secara berkelanjutan untuk menjaga kondisi pertumbuhan, sementara kegiatan panen menjadi

tahap akhir yang menentukan kuantitas dan mutu hasil. Rangkaian kegiatan tersebut menunjukkan bahwa peranan kelapa sawit dalam usaha perkebunan sangat bergantung pada konsistensi pelaksanaan budidaya.

Penerapan prinsip agronomi dalam budidaya kelapa sawit merupakan bagian penting dari peranan tanaman ini sebagai komoditas perkebunan. Penggunaan benih unggul, pengelolaan kesuburan tanah, pengendalian gulma, pemupukan berimbang, serta pengelolaan hama dan penyakit tanaman merupakan aspek yang saling melengkapi. Setiap aspek tersebut berfungsi mendukung pertumbuhan tanaman agar berlangsung secara optimal. Ketidaktepatan pada salah satu aspek budidaya dapat menurunkan kinerja tanaman dan berdampak pada produktivitas kebun secara keseluruhan. Peranan kelapa sawit juga tercermin dari kebutuhan akan manajemen perkebunan yang efektif. Manajemen perkebunan berfungsi mengoordinasikan seluruh sumber daya yang tersedia agar kegiatan budidaya dapat berjalan sesuai rencana. Perencanaan produksi menjadi bagian penting dalam manajemen karena berkaitan dengan pengaturan kegiatan lapangan dan target hasil yang ingin dicapai. Pengelolaan tenaga kerja diperlukan untuk memastikan bahwa setiap tahapan kegiatan dapat dilaksanakan secara tepat waktu dan efisien. Dengan demikian, peranan kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh faktor biologis tanaman, tetapi juga oleh kemampuan manajemen dalam mengatur kegiatan kebun.

Pengelolaan sarana dan prasarana perkebunan merupakan bagian lain dari peranan kelapa sawit dalam sistem usaha perkebunan. Sarana produksi, peralatan lapangan, dan infrastruktur kebun berperan mendukung kelancaran kegiatan budidaya dan panen. Manajemen yang baik akan memastikan bahwa sarana dan prasarana tersebut digunakan secara optimal dan terpelihara dengan baik. Kondisi ini akan membantu menjaga efisiensi kegiatan lapangan serta mendukung pencapaian hasil produksi yang diharapkan. Manajemen panen dan pascapanen memiliki peranan penting dalam menjaga mutu hasil kelapa sawit. Panen yang dilakukan pada waktu dan cara yang tepat akan menghasilkan tandan buah segar dengan kualitas yang baik. Pengelolaan pascapanen diperlukan untuk meminimalkan kehilangan hasil dan menjaga mutu sebelum diproses lebih lanjut. Peranan kelapa sawit sebagai penghasil bahan baku minyak nabati sangat ditentukan oleh ketepatan pengelolaan pada tahap panen dan pascapanen, karena mutu hasil berkaitan langsung dengan nilai ekonominya.

Integrasi antara budidaya dan manajemen perkebunan menjadi inti dari peranan kelapa sawit dalam usaha perkebunan yang berkelanjutan. Budidaya yang baik tanpa didukung manajemen yang efektif tidak akan menghasilkan kinerja kebun yang optimal. Sebaliknya,

manajemen yang baik memerlukan dasar budidaya yang sesuai kaidah teknis agar dapat berjalan secara efektif. Keterpaduan kedua aspek tersebut membentuk sistem pengelolaan kebun yang mampu menghasilkan produksi secara efisien dan berkesinambungan. Peranan kelapa sawit dalam konteks usaha perkebunan juga berkaitan dengan upaya menjaga keberlanjutan kegiatan budidaya. Penerapan prinsip manajemen yang terencana dan kepatuhan terhadap kaidah teknis budidaya diharapkan mampu menjaga keseimbangan antara pencapaian produksi dan keberlangsungan usaha kebun. Dengan demikian, kelapa sawit tidak hanya berperan sebagai komoditas penghasil bahan baku, tetapi juga sebagai tanaman perkebunan yang memerlukan pengelolaan menyeluruh agar dapat memberikan manfaat jangka panjang.

Peranan kelapa sawit dalam sistem perkebunan juga dapat dipahami dari sudut pandang keterpaduan antara aspek biologis tanaman dan pengelolaan operasional kebun. Tanaman kelapa sawit memiliki kebutuhan tumbuh yang spesifik sehingga keberhasilannya sangat ditentukan oleh ketepatan pengelolaan pada setiap fase pertumbuhan. Kondisi tersebut menempatkan kelapa sawit sebagai tanaman perkebunan yang menuntut pendekatan budidaya berbasis perencanaan jangka panjang. Setiap tahapan kegiatan yang dilakukan di kebun memiliki konsekuensi langsung terhadap kinerja tanaman dan stabilitas produksi. Peranan tersebut semakin terlihat ketika kegiatan budidaya diposisikan sebagai fondasi utama sistem usaha perkebunan. Budidaya tidak hanya dimaknai sebagai kegiatan teknis penanaman dan pemeliharaan, tetapi sebagai proses pengelolaan tanaman secara menyeluruh. Keputusan yang diambil pada tahap awal, seperti penyiapan bahan tanam dan pengelolaan lahan, akan menentukan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan sumber daya lingkungan. Oleh karena itu, kelapa sawit menuntut konsistensi penerapan prinsip budidaya agar potensi produksi dapat tercapai secara optimal.

Dalam konteks manajemen perkebunan, peranan kelapa sawit berkaitan erat dengan kebutuhan pengaturan kegiatan lapangan secara terstruktur. Manajemen berfungsi sebagai penghubung antara perencanaan dan pelaksanaan kegiatan budidaya. Melalui manajemen yang baik, setiap tahapan kegiatan dapat diatur sesuai urutan dan prioritasnya. Hal ini penting mengingat kegiatan di perkebunan berlangsung secara berkelanjutan dan melibatkan berbagai sumber daya yang harus dikelola secara efisien. Peranan kelapa sawit juga tercermin dalam kebutuhan pengawasan kegiatan budidaya secara berkelanjutan. Pengawasan bertujuan memastikan bahwa pelaksanaan kegiatan di lapangan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Ketidaksesuaian dalam pelaksanaan budidaya dapat berdampak pada penurunan kinerja tanaman dan efisiensi usaha. Dengan demikian, peranan manajemen tidak hanya terbatas pada perencanaan, tetapi juga pada pengendalian dan evaluasi kegiatan kebun.

Hubungan antara budidaya dan manajemen menunjukkan bahwa kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan yang pengelolaannya bersifat sistemik. Setiap komponen dalam sistem perkebunan saling memengaruhi dan tidak dapat dipisahkan. Budidaya menyediakan dasar teknis bagi pertumbuhan tanaman, sedangkan manajemen memastikan bahwa kegiatan budidaya dapat dilaksanakan secara terarah dan berkesinambungan. Keterpaduan ini menjadi kunci dalam membangun sistem usaha perkebunan kelapa sawit yang stabil. Peranan kelapa sawit dalam usaha perkebunan juga berkaitan dengan kemampuan kebun dalam mempertahankan tingkat produksi dari waktu ke waktu. Keberlanjutan produksi tidak hanya ditentukan oleh potensi tanaman, tetapi juga oleh konsistensi pengelolaan kebun. Manajemen yang terencana memungkinkan penyesuaian kegiatan budidaya terhadap kondisi kebun yang dinamis. Dengan demikian, kelapa sawit menuntut pendekatan pengelolaan yang adaptif namun tetap berlandaskan pada kaidah teknis.

Peranan ini semakin menegaskan bahwa kelapa sawit bukan sekadar tanaman penghasil bahan baku, melainkan bagian dari sistem perkebunan yang kompleks. Kompleksitas tersebut muncul dari keterlibatan berbagai aspek, mulai dari biologis tanaman, teknis budidaya, hingga pengelolaan sumber daya. Pemahaman terhadap peranan kelapa sawit dalam konteks ini menjadi penting sebagai dasar dalam merancang dan melaksanakan kegiatan perkebunan secara terpadu. Dalam kerangka penulisan buku ini, pembahasan mengenai peranan kelapa sawit berfungsi sebagai pijakan konseptual untuk memahami bab-bab berikutnya. Bab pendahuluan memberikan gambaran umum mengenai posisi kelapa sawit dalam sistem budidaya dan manajemen perkebunan. Pemahaman tersebut akan mempermudah pembaca dalam mengikuti pembahasan teknis yang disajikan secara lebih rinci pada bagian selanjutnya. Dengan landasan konseptual tersebut, pembahasan pada bab-bab berikutnya diarahkan untuk menguraikan prinsip-prinsip budidaya dan manajemen perkebunan kelapa sawit secara sistematis. Peranan kelapa sawit yang telah diuraikan pada bagian ini menjadi dasar bagi pengembangan pembahasan yang lebih mendalam mengenai aspek teknis dan operasional pengelolaan kebun.

Peranan kelapa sawit dalam kerangka pengelolaan perkebunan juga berkaitan dengan kebutuhan pengambilan keputusan yang berkesinambungan. Setiap kegiatan di kebun menuntut penyesuaian terhadap kondisi tanaman dan lingkungan tumbuh. Pengelolaan yang dilakukan secara berkelanjutan memungkinkan pengamatan terhadap respon tanaman terhadap perlakuan budidaya yang diterapkan. Proses ini menempatkan kelapa sawit sebagai tanaman yang memerlukan pengelolaan berbasis pemahaman menyeluruh terhadap dinamika kebun. Aspek budidaya kelapa sawit tidak dapat dipisahkan dari peranan perencanaan kegiatan kebun. Perencanaan berfungsi sebagai pedoman pelaksanaan kegiatan lapangan agar sesuai dengan

kebutuhan tanaman. Penjadwalan kegiatan budidaya yang tepat akan mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dan menjaga kontinuitas pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, peranan kelapa sawit dalam usaha perkebunan menuntut keterpaduan antara perencanaan dan pelaksanaan kegiatan budidaya.

Peranan kelapa sawit juga tercermin dari pentingnya pengelolaan tenaga kerja dalam sistem perkebunan. Kegiatan budidaya dan panen melibatkan tenaga kerja dalam jumlah besar dengan pembagian tugas yang beragam. Pengaturan tenaga kerja yang baik akan memastikan bahwa setiap kegiatan dapat dilakukan secara tepat waktu dan sesuai standar. Kondisi ini menunjukkan bahwa kelapa sawit merupakan komoditas yang pengelolaannya memerlukan koordinasi sumber daya manusia secara efektif. Dalam pelaksanaan kegiatan budidaya, peranan kelapa sawit berkaitan dengan kebutuhan pengendalian kegiatan lapangan secara konsisten. Pengendalian bertujuan menjaga agar setiap tahapan kegiatan berjalan sesuai rencana. Ketidaktepatan dalam pengendalian dapat memunculkan ketidaksesuaian antara rencana dan pelaksanaan, yang pada akhirnya berdampak pada kinerja tanaman. Oleh karena itu, kelapa sawit menuntut sistem pengelolaan yang mampu menjaga keteraturan kegiatan di lapangan.

Peranan kelapa sawit dalam sistem perkebunan juga dapat dilihat dari hubungannya dengan efisiensi penggunaan sarana produksi. Kegiatan budidaya memerlukan berbagai input yang harus dikelola secara cermat. Pengelolaan input yang tepat akan mendukung pertumbuhan tanaman sekaligus menjaga efisiensi usaha. Hal ini menunjukkan bahwa peranan kelapa sawit tidak hanya berkaitan dengan hasil yang diperoleh, tetapi juga dengan cara pengelolaan sumber daya selama proses budidaya berlangsung. Aspek manajemen panen memperlihatkan peranan kelapa sawit sebagai komoditas yang menuntut ketepatan waktu dan metode. Panen merupakan tahap kritis yang menentukan mutu hasil. Pengelolaan panen yang baik memerlukan pengaturan kegiatan lapangan agar buah dipanen pada kondisi yang sesuai. Keterpaduan antara budidaya dan manajemen panen akan mendukung pencapaian hasil yang optimal dan berkesinambungan.

Peranan kelapa sawit dalam konteks keberlanjutan usaha perkebunan juga berkaitan dengan upaya menjaga stabilitas produksi. Stabilitas produksi dipengaruhi oleh konsistensi pengelolaan kebun dari waktu ke waktu. Pengelolaan yang terencana memungkinkan penyesuaian terhadap perubahan kondisi kebun tanpa mengabaikan prinsip budidaya yang telah ditetapkan. Dengan demikian, kelapa sawit menuntut pendekatan pengelolaan yang berorientasi jangka panjang. Dalam sistem usaha perkebunan, peranan kelapa sawit juga berkaitan dengan keteraturan administrasi dan pencatatan kegiatan kebun. Pencatatan yang baik akan mendukung proses

evaluasi dan perbaikan kegiatan budidaya. Evaluasi berbasis catatan kegiatan memungkinkan pengelola kebun memahami hubungan antara perlakuan budidaya dan kinerja tanaman. Kondisi ini memperkuat peranan manajemen sebagai bagian integral dari pengelolaan kelapa sawit.

Peranan kelapa sawit sebagai komoditas perkebunan juga menuntut pemahaman terhadap keterkaitan antar kegiatan di kebun. Setiap kegiatan budidaya memengaruhi kegiatan lainnya sehingga pengelolaan harus dilakukan secara terpadu. Pendekatan parsial dalam pengelolaan kebun berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan dalam sistem usaha. Oleh karena itu, kelapa sawit menuntut pendekatan pengelolaan yang holistik. Pemahaman terhadap peranan kelapa sawit dalam sistem budidaya dan manajemen perkebunan memberikan dasar bagi pengembangan kebun yang terarah. Landasan konseptual ini diperlukan agar setiap keputusan yang diambil di tingkat kebun didasarkan pada pemahaman menyeluruh terhadap fungsi dan kebutuhan tanaman. Dengan demikian, pembahasan mengenai peranan kelapa sawit menjadi titik awal yang penting dalam memahami keseluruhan sistem pengelolaan perkebunan.

Uraian yang disajikan pada subbab ini menempatkan kelapa sawit sebagai komoditas perkebunan yang pengelolaannya memerlukan keseimbangan antara aspek teknis dan manajerial. Keseimbangan tersebut menjadi dasar dalam membangun sistem usaha perkebunan yang produktif dan berkelanjutan. Pembahasan ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal yang komprehensif mengenai posisi kelapa sawit dalam kerangka budidaya dan manajemen perkebunan. Pembahasan lanjutan pada bab berikutnya akan menguraikan secara lebih rinci prinsip-prinsip budidaya dan manajemen yang mendukung peranan kelapa sawit sebagaimana telah dijelaskan pada bagian ini. Pemahaman yang utuh mengenai peranan kelapa sawit diperlukan agar pembahasan teknis yang disajikan tidak dipahami secara terpisah, melainkan sebagai bagian dari satu sistem pengelolaan perkebunan.

Penebalan konseptual pada bagian akhir subbab ini menegaskan bahwa kelapa sawit memiliki peranan ganda sebagai objek budidaya dan sebagai komponen utama sistem manajemen perkebunan. Peranan tersebut menempatkan tanaman kelapa sawit sebagai pusat pengambilan keputusan dalam pengelolaan kebun. Setiap kebijakan teknis maupun manajerial yang diterapkan di lapangan pada dasarnya diarahkan untuk mendukung kebutuhan tumbuh tanaman dan menjaga kesinambungan produksi. Peranan kelapa sawit juga dapat dipahami melalui hubungan antara tujuan pengelolaan kebun dan proses yang dijalankan. Tujuan pengelolaan tidak hanya berorientasi pada pencapaian hasil, tetapi juga pada keberlangsungan kegiatan budidaya dalam jangka panjang. Proses budidaya dan manajemen yang dilakukan secara konsisten akan membentuk pola

pengelolaan kebun yang stabil. Pola tersebut menjadi dasar bagi terciptanya sistem usaha perkebunan yang terarah dan terkendali.

Dalam kerangka tersebut, kelapa sawit menuntut pendekatan pengelolaan yang berbasis pada pemahaman menyeluruh terhadap sistem kebun. Setiap kegiatan yang dilakukan perlu diposisikan sebagai bagian dari rangkaian kegiatan yang saling berkaitan. Pendekatan ini menempatkan pengelola kebun sebagai pihak yang tidak hanya melaksanakan kegiatan teknis, tetapi juga mengelola interaksi antar kegiatan agar tujuan pengelolaan dapat tercapai secara optimal. Penegasan konseptual ini penting agar pembahasan mengenai budidaya dan manajemen kelapa sawit tidak dipahami secara parsial. Pemahaman parsial berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan dalam pelaksanaan kegiatan kebun. Oleh karena itu, peranan kelapa sawit dalam buku ini diposisikan sebagai titik temu antara aspek teknis dan manajerial yang harus berjalan secara seimbang. Dengan demikian, subbab ini memberikan kerangka konseptual yang kuat mengenai posisi dan fungsi kelapa sawit dalam sistem perkebunan. Kerangka tersebut menjadi dasar bagi pembahasan yang lebih mendalam pada bab-bab berikutnya. Penekanan pada peranan kelapa sawit diharapkan dapat membantu pembaca memahami bahwa keberhasilan usaha perkebunan sangat ditentukan oleh keterpaduan antara budidaya dan manajemen yang dilaksanakan secara konsisten dan berkelanjutan.

1.2 Konsep Budidaya Dan Manajemen

1.2.1. Konsep Budidaya Dan Manajemen

Perkembangan agroindustri kelapa sawit sangat menarik untuk dicermati. Di satu pihak perkembangan ini membawa pengaruh positif terutama pada meningkatnya penghasilan petani kelapa sawit dan pengusaha yang terlibat dalam agroindustri ini, tetapi di pihak lain banyaknya masalah-masalah negatif yang muncul seperti masalah sengketa tanah, masalah kerusakan lingkungan akibat pembukaan hutan untuk perkebunan kelapa sawit hingga isu pengaruhnya terhadap pemanasan global (Kurniawan, 2012). Hingga November 2011, pihak Sawit Watch (2011) sedang menangani 663 konflik lahan antara masyarakat dengan perkebunan sawit di Indonesia yang melibatkan 135 perusahaan milik negara maupun swasta yang terbesar di 20 provinsi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kartodihardjo dan Supriono (2000), semua perkebunan sawit di Sumatra Selatan yang berjumlah 81 perkebunan menghadapi konflik pertanahan dengan masyarakat lokal. Konflik tersebut bisa disebabkan oleh banyak hal, mulai dari konflik tanah hingga konflik lingkungan.Media Pertanian (2003) memaparkan bahwa dengan banyaknya konflik tersebut di lapangan, dibutuhkan pola yang tepat yang dapat mensinergikan semua pihak yang terlibat dalam kemitraan yaitu pola kemitraan yang bersifat produktif. Selain

itu, menurut Anonim (2010), pengembangan sumberdaya alam juga harus memperhatikan berbagai aspek kehidupan seperti peningkatan kemakmuran serta kesejahteraan penduduk dalam bidang ekonomi,serta memperhatikan kelangsungan ekologi, salah satunya memperhatikan konservasi lahan dan air serta menghargai sistem sosial budaya daerah.Makalah ini disusun untuk membentuk suatu konsep pengelolaan perkebunan kelapa sawit berkelanjutan yang memperhatikan aspek-aspek ekonomi, sosial-politik, dan lingkungan dengan menggunakan pendekatan agribisnis kemitraan (Agribusiness Partnership). Pendekatan yang digunakan untuk membentuk suatu konsep tersebut adalah melihat pola hubungan yang sinergi antara pelaku usaha (sektor pemerintah, swasta, dan masyarakat) dengan aspek pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan.

1.2.2 Aspek Ekonomi

1).Kebijakan Fiskal dan Moneter

Pada ekonomi makro, pemerintah mengatur berbagai kebijakan fiskal, moneter dan perdagangan. Kebijakan yang telah ada misalnya undang- undang Nomor I Tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing (PMA), Undang-undang Nomor 6 Tahun 1968 tentang Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN). Dalam reformasi bidang investasi dan deregulasi, Pemerintah telah mencabut peraturan yang membatasi kepemilikan investor asing sampai dengan 49% dari perusahaan yang telah terdaftar pada pasar modal dan menerbitkan Keputusan Presiden mengenai Daftar Negatif Investasi (DNI) yang direvisi dengan penyederhanaan dan pengurangan jumlah bidang usaha yang tertutup bagi investor. Selain itu akan dikeluarkan Keputusan Presiden mengenai bidang kegiatan yang akan di cadangkan untuk usaha kecil serta kegiatan dengan pola kemitraan antara usaha kecil dan usaha menengah dan besar. Sejalan dengan paket IMF, Pemerintah telah mencabut pembatasan investasi asing dalam perkebunan kelapa sawit, pembatasan dalam perdagangan eceran dan perdagangan besar.Guna lebih memantapkan upaya reformasi ekonomi, khususnya di bidang investasi, Pemerintah sedang menyiapkan untuk mengganti Undang-undang No.1 tahun 1967 tentang PMA dan Undang-undang No.6 Tahun 1968 tentang PMDN menjadi satu Undang-undang Penanaman Modal. Dengan adanya Undang-undang yang baru ini maka perlakuan yang sangat berbeda terhadap Penanaman Modal Asing (PMA) dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) di minimalkan pada batasan perbedaan teknis-administratif meskipun tetap mengacu dan selalu berorientasi kepada upaya penyederhanaan mekanisme dan prosedur penanaman modal.

2).Kebijakan perdaganggan

Potensi Industri Kelapa Sawit masih memiliki peluang yang besar untuk dikembangkan. Peluang ini di dorong dengan besarnya permintaan minyak kelapa sawit dunia beserta produk turunannya. Sedangakan dari sisi produsen seperti hanya Indonesia, peluang untuk mengembangkan industri ini sangat besar mengingat masih tersedianya lahan yang bisa dijadikan area perkebunan. Namun hal tersebut berlakunya berbagai perjanjian perdagangan bebas yang mengharuskan negara untuk berkompetisi dan munculnya berbagai hambatan non-tarif. Selain itu, yakni berkenaan dengan peningkatan luas areal dan produksi minyak sawit di Indonesia yang memunculkan yang memunculkan isu negatif terhadap pembangunan kelapa sawit kemudian dikaitkan dengan kerusakan lingkungan yang berakibat negatif pada perubahan iklim. Isu ini kemudian tak pelak menjadi hambatan bagi produk kelapa sawit Indonesia untuk memasuki pasar dunia seperti halnya produk ekspor Indonesia ke Uni Eropa. Sedangkan faktor internal, isu lingkungan seperti konversi lahan yang dianggap merusak hutan.Menghadapi hal – hal tersebut pemerintah melalui Direktorat Jenderal Perkebunan bekerjasama dengan Bappenas membuat suatu road map pengolahan Industri Kelapa Sawit yang memuat strategi dan kebijakan pembangunan kelapa sawit secara keseluruhan (Parongko, 2012). Kebijakan mengenai perdagangan kelapa sawit juga tertulis dalam Peraturan Menteri Keuangan No.67/2010 tentang penetapan barang ekspor yang dikenakan bea keluar dan tarif bea keluar CPO ditentukan setiap bulannya berdasarkan harga referensi yang dihitung dari rata-rata harga CPO internasional. Kementrian Pertanian juga membuat kebijakan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 19//Permentan/OT.140/3/2011 tentang Pedoman Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia (Indonesia Sustainable Palm Oil/Ispo).

3). Sektor Pertanian

Perkebunan kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai penghasil sumber bahan pakan ternak sapi untuk mendukung pengembangan pusat pembibitan dan Penggemukan sapi di perkebunan kelapa sawit (Umar, 2009) Bagi agribisnis kelapa sawit, lembaga riset/penelitian dan pengembangan berperan sangat strategis dalam mendukung implementasi kebijakan dan program pengembangan demi kelanjutan industri kelapa sawit di Indonesia (Goenadi, 2005). Agar diperoleh manfaat yang optimal dalam pembangunan agribisnis kelapa sawit nasional, maka kebijakan pengembangan agribisnis kelapa sawit nasional pada periode 2005-2010 adalah sebagai berikut:

1. Kebijakan Peningkatan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit.Kebijakan ini dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas tanaman serta mutu kelapa sawit secara bertahap, baik yang dihasilkan oleh petani pekebun maupun perkebunan besar. Penerapan kebijakan peningkatan produktivitas dan mutu kelapa sawit dapat ditempuh melalui program: peremajaan kelapa sawit, pengembangan

industri benih yang berbasis teknologi dan pasar,peningkatan pengawasan dan pengujian mutu benih, perlindungan plasma nutfah kelapa sawit, pengembangan dan pemantapan kelembagaan petani.

2. Pengembangan Industri Hilir dan Peningkatan Nilai Tambah Kelapa Sawit.Kebijakan ini dimaksudkan agar ekspor kelapa sawit Indonesia tidak lagi berupa bahan mentah (CPO), tapi dalam bentuk hasil olahan, sehingga nilai tambah dinikmati di dalam negeri dan penciptaan lapangan kerja baru. Secara umum sektor industri minyak sawit (CPO) Indonesia yang dihasilkan dari perkebunan besar negara, perkebunan besar swasta dan perkebunan rakyat memiliki peranan yang cukup besar dalam menghasilkan minyak sawit (CPO), di mana dari masing-masing perkebunan dari tahun 1994-tahun 2000 mengalami peningkatan yaitu pada tahun 1994 untuk perkebunan rakyat sebesar 839.334 ton-tahun 2000 mencapai 1.597.539 ton dm perkebunan besarnegara dari tahun 1994 sebesar 1.571.501 ton-tahun 2000 mencapai sebesar 1.923.91 6 ton sedangkan bagi perkebunan besar swasta pada tahun 1994 sebesar 1.597.227 ton, tahun 2000 sebesar 2.749.456 ton. Selain itu, juga dilihat dari total produksi minyak sawit (CPO) dunia untuk pangsa produksi minyak sawit (CPO) Indonesia dalam ha1 ini sebesar 29,2% (Abidin, 2008).

3. Kemiskinan dan Pemerataan Studi kasus pada penelitian Syahza (2005) mengemukakan bahwa tingkat pertumbuhankesejahteraan petani kelapa sawit di Riau pada tahun 1995 sebesar 0,49 yang berarti tingkat pertumbuhan kesejahteraan hanya meningkat sebesar 0,49 persen. Tahun 2003 indek pertumbuhan kesejahteraan petani kelapa sawit meningkat menjadi 1,72. Maka dari penelitian tersebut dapat dikatakan aktivitas pembangunan perkebunan kelapa sawit memberikan pengaruh eksternal yang bersifat positif atau bermanfaat bagi wilayah sekitarnya. Manfaat kegiatan perkebunan ini terhadap aspek ekonomi pedesaan, antara lain :

1.Memperluas lapangan kerja dan kesempatan berusaha;

2.Peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar; dan

3.Memberikan kontribusi terhadap pembangunan daerah (Syahza, 2005).

Prospek perkebunan kelapa sawit rakyat dikatakan baik bila dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat. Untuk meningkatkan kesejahteraan diperlukan peningkatan produktivitas, sehingga produksi meningkat. Namun bila tidak diikuti oleh perbaikan harga yang diterima petani tentulah pendapatannya tidak optimal. Untuk mendapatkan harga yang baik sesuai dengan mekanisme pasar maka diperlukan kulaitas buah yang baik. Untuk mengatasi hal tersebut peranan koperasi sangat dibutuhkan. Pada daerah Sumatera Utara peran koperasi membantu dalam hal

pengembangan kelapa sawit perkebunan rakyat.Peran Pemerintah Daerah seharusnya mulai membangun komitmen yang kuat terhadap upaya penanggulangan kemiskinan di daerah dan merangkul stakeholders non pemerintah yang diharapkan dapat memberikan inisiatif yang kreatif, inovatif dan adoptif terhadap perumusan dan pelaksanaan program.

4. Kesepakatan Global dan Regional

Pada Ruang lingkup global Sustainable Palm oilmenjadi isu yang sangat penting. Tuntutan untuk memproduksi Sustainable Palm oil (minyak sawit berkelanjutan) datang dari konsumen, industri, pembeli dan lembaga non pemerintah (ngo) melihatnya dari sudut lingkungan dan sosial. Dalam rangka memperkuat daya saing minyak nabati selain minyak sawit, stakeholders minyak nabati lain dimotori oleh LSM lingkungan dan sosial dalam kerangka RSPO mengembangkan hambatan teknis bagi minyak kelapa sawit. Alasannya adalah peningkatan luas areal kelapa sawit diklaim sebagian berasal dari konversi hutan alam dan lahan gambut yang berpengaruh terhadap perubahan iklim global. Minyak kelapa sawit menghadapi hambatan teknis perdagangan melalui pemberlakuan prinsip dan kriteria pembangunan berkelanjutan, sementara hal yang sama tidak berlaku untuk minyak nabati lain (minyak rapeseed, kedelai dan lainnya). Akibatnya, persaingan antar minyak nabati menjadi tidak sesuai ketentuan WTO yang menerapkan tarif impor.Salah satu program pemerintah yang dirancang untuk pengembangan kelapa sawit yang berkelanjutan adalah Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO). ISPO Merupakan guidance/pedoman pengembangan Kelapa Sawit berkelanjutan Indonesia yang didasarkan kepada Peraturan Perundangan yang berlaku di Indonesia, Sebagai penjabaran dari Amanat UUD 1945. Amanat tersebut terdapat pada amandemen ke 4 UUD 1945 pasal 3 ayat (4): “ Perekonomian nasional diselenggarakan atas demokrasi ekonomi, dengan prinsip kebersamaan, efisensi, berkeadilan, Berkelanjutan, Berwawasan Lingkungan, kemandirian serta dengan menjaga keseimbangan kemajuan ekonomi nasional.Tujuan ditetapkannya ISPO diantaranya untukmemposisikan pembangunan kelapa sawit sebagai bagian integral dari pembangunan ekonomi Indonesia, Memantapkan sikap dasar bangsa Indonesia untuk memproduksi minyak kelapa sawit berkelanjutan, dan mendukung komitmen Indonesia dalam pelestarian Sumber Daya Alam dan fungsi lingkungan hidup. Adapun prinsip dan Kriteria ISPO (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011) meliputi :

1) Sistem perizinan dan manajemen perkebunan;

2) Penerapan pedoman teknis budidaya dan pengolahan kelapa sawit;

3) Pengelolaan dan pemantauan lingkungan;

4) Tanggung jawab terhadap pekerja;

5) Tanggung jawab Sosial dan komunitas;

6) Pemberdayaan kegiatan ekonomi masyarakat;

7) Peningkatan usaha secara berkelanjutan.

1.2.3 Aspek Sosial-Politik

1. Desentralisasi

Desentralisasi diberlakukan setelah keluarnya UU Otonomi Daerah No. 22 tahun 1999 mengenai kewenangan-kewenangan yang diserahkan ke daerah dan yang diserahkan ke pusat. Awalnya, desentralisasi diberlakukan untuk memutus praktek korupsi, kolusi, dan nepotisme dan memberikan kesempatan bagi daerah untuk mengelola kekayaan alam yang dimilikinya secara mandiri. Apabila tujuan awal ini tercapai, maka pembangunan berkelanjutan terutama keberlanjutan sosial dibidang perkebunan kelapa sawitdapat tercapai. kenyataannya, desentralisasi justru menimbulkan masalah sosial yang lebih komplek, diantaranya bersangkutan dengan kohesi sosial, masyarakat adat dan pemilikan SDA. Oleh karena itu perlu adanya usaha-usaha untuk meminimalisir masalah tersebut, diantaranya:

a. Kohesi sosial

Kohesi sosial adalah nilai-nilai yang berlaku dimasyarakat yang memperkuat kesatuan dan interaksi sosial dalam masyarakat. Seiring dengan pembukaan perkebunan kelapa sawit disuatu daerah, Kohesi sosialdidaerah tersebut semakin terkikis. Usaha yang dapat dilakukan adalah mengadakan suatu kegiatan antara pemerintah, pengusaha dan masyarakat guna menggali dan memperkuat nilai-nilai sosial yang berlaku dimasyarakat untuk memperkuat rasa solidaritas dalam masyarakat dan menghilangkan gap yang muncul setelah adanya industri perkebunan kelapa sawit di daerah tersebut.

b. Masyarakat adat

Fakta yang terjadi sekarang ini, Masyarakat adat yang tinggal disekitar lokasi perkebunan kelapa sawit seringkali terabaikan hak-nya sebagai manusia oleh perlakuan pengusaha perkebunan. Agar keberlanjutan sosial dalam usaha mencapai pembangunan berkelanjutan dalam bidang perkebunan kelapa sawit dapat tercapai, usaha yang perlu dilakukan antara lain:

 Pemerintah dan perusahaan perlu memperhatikan keberadaan masyarakat adat yang ada di sekitar lokasi perkebunan kelapa.

 Membuat kesepakatan yang berkekuatan hukum antara pengusaha perkebunan kelapa sawit dengan masyarakat adat yang dimoderatori oleh pemerintah, dengan harapan dapat mengakomodir hak-hak masyarakat adat dan kebutuhan pengusaha perkebunan.

c. Pemilikan SDA

Akibat dari desentralisasi adalah terjadinya dualisme dalam pemilikan SDA(lahan). Pemerintah pusat maupun daerah sama-sama merasa memiliki SDA ini, sehingga seringkali terjadi benturan antara peraturan yang dikeluarkan pemerintah pusat dengan pemerintah daerah. Salah satu upaya yang diharapkan dapat meminimalisir dampak ini adalah dengan mengembalikan pemilikan SDA ke Kementrian ESDM sebagai regulator pusat.

2. Kependudukan

Salah satu indikator pada aspek sosial politik adalah kependudukan (demography), untuk mencapai keberlanjutan pada pembangunan perkebunan kelapa sawit, maka pemerintah selaku pemegang kebijakan dan perusahaan selaku pengembang harus benar-benar memperhatikan masyarakat khususnya masyarakat yang terkena dampak langsung dari industri perkebunan kelapa sawit. Berdasarkan paradigma lama yang menyatakan bahwa Masyarakat di sekitar perkebunan cenderung diabaikan, maka dengan adanya sistem keberlanjutan perkebunan kelapa sawitparadigma lama tersebut harus mengarah pada paradigma baru bahwa masyarakat sudah merupakan bagian penting yang tidak terpisahkan dari kegiatan usaha dan merupakan "tanggung jawab" sosial dari perusahaan untuk meningkatkan kesejahteraannya. Salah satunya dengan mengimplementasikan CSR melalui program community development. Berikut ini merupakan faktor yang harus diperhatikan oleh pemerintah dan perusahaan terhadap kesejahteraan masyarakat setempat, diantanranya:

a. Kesehatan

Sebagai dampak yang ditimbulkan dari proses pembangunan perkebunan kelapa sawit, akan ada beberapa kondisi dimana lingkungan akan mengalami suatu perubahan yang akan menyebabkan ketidak stabilan kondisi kesehatan masyarakat, hal tersebut harus benar-benar dipahami oleh perusahaan sebagai acuan untuk melakukan pencegahan atas kondisi tersebut dengan membangun fasilitas kesehatan yang memadai bagi masyarakat setempat sudah menjadi kewajiban pengelola perkebunan sebagai aplikasi dari CSR. Keputusan Kepala Bapedal No.

KEP124/12/1997 Panduan Kajian Aspek Kesehatan Masyarakat dalam Penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Kajian aspek kesehatan untuk studi AMDAL mengacu pada peraturan ini.

b. Pendidikan

Sebagai perwujudan dari CSR, sektor swasta juga harus menyediakan sarana pendidikan seperti sekolah, perpustakaan, pelatihan bagi masyarakat setempat. Pendidikan di daerah perkebunan kelapa sawit yang akan dibangun biasanya tertinggal, untuk itu ini saatnya untuk memberikan kontribusi kepada masyarakat sekitar sehingga dapat memperbaiki kualitas pendidikan di daerah.

c. Kesempatan kerja

Bagian yang sangat penting dari community development adalah kebijakan perusahaan untuk memberikan prioritas pekerjaan kepada warga masyarakat setempat dan penyelenggaraan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan ketrampilan mereka (IFC, 2000: 18-9)

d. Mobilitas

Tidak adanya pengakuan pemerintah terhadap hak-hak masyarakat adat atas wilayah hidup mereka menyebabkan pemberian wilayah konsesi dengan semena-mena tanpa ada persetujuan dari masyarakat. Kelompok masyarakat harus terusir dan kehilangan sumber-sumber kehidupannya, baik akibat tanah yang dirampas mapun akibat tercemar dan rusaknya

lingkungan akibat limbah operasi perkebunan. Peran perusahaan perkebunan dalam pengaturan wilayah sangat dominan layaknya pemerintah. Jangan sampai lahan penduduk menjadi tergeser karena adanya proyek perkebunan yang menjadikan penduduk berpindah ke tempat lain.

3. Kemasyarakatan

a. Organisasi Kemasyarakatan

Peran organisasi kemasyarakatan sangat penting sebagai wadah bagi masyarakat adat dalam meyalurkan aspirasi melalui kegiatan musyawarah. Harmintarti, Sri dan Mardiya (2011) menyatakan bahwa beragam organisasi kemasyarakatan yang dapat dibentuk oleh masyarakat lokal dalam satu wadah berupa yayasan dengan berbagai kegiatan seperti: Bina Lingkungan Keluarga (BLK), PKK, Usaha Peningkatan Pendapatan Keluarga, Sejahtera (UPPKS), Kelompok Pengajian/Keagamaan, Kelompok Seni/Budaya, Pusat Informasi dan Konseling (PIK) Remaja,

Karang Taruna, Kelompok Tani baik kelompok tani ternak, ikan maupun pertanian, Kelompok Simpan Pinjam (Pra Koperasi).Organisasi ini diharapkan dapat memiliki fungsi yang strategis dalam masyarakat, mulai dari fungsi keagamaan, fungsi sosial budaya, fungsi cinta kasih, fungsi melindungi, dan fungsi reproduksi, hingga fungsi sosialisasi dan pendidikan, fungsi ekonomi dan fungsi pembinaan lingkungan. Melalui organisasi kemasyarakatan ini diharapkan komunikasi yang terjalin dengan perusahaan dapat bersifat bottom-updan mempermudah stakeholder dalam mensosialisasikan program-programnya.

b. Organisasi Buruh

Pembangunan perkebunan kelapa sawit di Indonesia sering kali di jadikan sebagai sarana pembukaan lapangan pekerjaan. Dapat di akui bahwa sekitar 3 juta penduduk Indonesia bekerja di kebun kelapa sawit. Seiring dengan ini, terdapat berbagai persoalan yang dihadapi buruh sawit ini. Persoalan yang paling penting di sektor buruh adalah masalah layanan dari pihak perusahaan. Masalah layanan ini mencakup semua hal mulai dari perlakuan terhadap buruh dengan upah, jaminan kesehatan, layanan perumahan, layanan sosial dan layanan untuk jaminan hidup ke depan. Temuan lapang menunjukkan bahwa gaji berbagai buruh di perkebunan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup, dimana rata-rata didapatkan gaji buruh kurang lebih 900-an ribu. Implikasinya buruh melakukan sesuatu hal yang dapat memberatkan posisi buruh di depan hokum (SPKS, 2012). Berdasarkan hal tersebut, Pengelola perkebunan harus memfasilitasi terbentuknya Serikat Pekerja dalam rangka memperjuangkan hak-hak karyawan / buruh. Kehadiran SP/SB di perusahaan dilindungi oleh undang-undang. Hal ini telah diatur dalam undang-undang. Pasal 5, UU No. 21/2000 menyebutkan:

1. Setiap pekerja /buruh berhak membentuk dan menjadi anggota SP/SB.

2. SP/SB buruh dibentuk oleh sekurang-kurangnya 10 (sepuluh) orang pekerja/buruh(Anonim, 2010)Salah satu serikat pekerja atau buruh tani kelapa sawit adalah Perwakilan Buruh Kelapa Sawit yang berjuang untuk keadilan, kemandirian dan kesejahteraan buruh di dalam perkebunan kelapa sawit. Organisasi ini selalu aktif dan terlibat di dalam pertemuan tahunan RSPO untuk menyampaikan persoalan buruh kelapa sawit di Indonesia.

c. Organisasi Non-pemerintah

Globalisiasi dalam bentuk perdagangan internasional, investasi dan privatisasi, mendorong laju ekspansi perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan komoditas makanan yang penting bagi pasar nasional dan internasional dan membuka lapangan

pekerjaan serta keuntungan bagi perdagangan berbagai perusahaan dan bank. Namun, pembangunan perkebunan kelapa sawit juga menyebabkan pelanggaran hak asasi manusia, ketidaksetaraan sosial, deforestasi, degradasi lingkungan hidup, konflik sosial, dan lain sebagainya. Konflik-konflik tersebut mendorong lahirnya berbagai LSM di Indonesia, baik lokal maupun internasional, yang pro terhadap petani antara lain Walhi, Save Our Borneo, SPKS (Serikat Petani Kelapa Sawit), dan SPI (Serikat Petani Indonesia)

1.3 Pemilihan Lokasi Kebun Kelapa Sawit]

1.3.1 Tujuan Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi kebun kelapa sawit yang tepat adalah faktor krusial yang menentukan produktivitas jangka panjang, efisiensi operasional, dan keberlanjutan bisnis perkebunan. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan potensi hasil panen sambil meminimalkan biaya dan risiko lingkungan.

1. Tujuan Agronomi (Kesuburan dan Pertumbuhan Optimal)

Tujuan utama dari sisi agronomi adalah menemukan lokasi dengan kondisi alami yang paling sesuai untuk pertumbuhan optimal tanaman kelapa sawit. Faktor-faktor kunci meliputi:

2. Tujuan Operasional dan Ekonomi

Pemilihan lokasi juga bertujuan untuk memastikan kelancaran operasional dan efisiensi biaya produksi secara keseluruhan. Aksesibilitas dan Infrastruktur: Memilih lokasi yang mudah diakses untuk transportasi bahan baku (Tandan Buah Segar/TBS) ke pabrik pengolahan dan distribusi produk akhir sangat penting. Pembangunan jaringan jalan yang efisien sangat vital. Ketersediaan Tenaga Kerja: Lokasi harus memiliki akses yang memadai terhadap pasokan tenaga kerja lokal yang terampil dan mencukupi untuk kegiatan penanaman, pemeliharaan, dan panen.

3. Tujuan Keberlanjutan dan Regulasi

- Kepatuhan Terhadap Regulasi: Memastikan lokasi yang dipilih sesuai dengan peraturan pemerintah daerah dan pusat, termasuk aspek zonasi lahan dan lingkungan, untuk menghindari masalah hukum di masa mendatang.
- Manajemen Lingkungan: Pemilihan lokasi juga mempertimbangkan dampak lingkungan, menghindari pengembangan di area gambut mentah atau kawasan lindung untuk mendukung praktik perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan.

1.3.2 Pemilihan Iklim

Pemilihan iklim yang tepat adalah faktor krusial dalam budidaya kelapa sawit karena tanaman ini sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama curah hujan, suhu, dan sinar matahari. Faktor iklim ini secara langsung memengaruhi pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tandan buah segar (TBS).

1. Curah Hujan

Curah hujan adalah faktor paling penting dan sering kali menjadi pembatas produksi kelapa sawit.

- Optimal: Tanaman kelapa sawit tumbuh paling baik pada daerah dengan curah hujan tahunan sekitar 2.000 - 2.500 mm/tahun.
- Distribusi: Curah hujan harus terdistribusi secara merata sepanjang tahun, dengan jumlah bulanan idealnya sekitar 100-200 mm/bulan.
- Bulan Kering: Periode bulan kering (curah hujan kurang dari 60 mm/bulan) sebaiknya tidak lebih dari 3 bulan dalam setahun untuk menghindari defisit air yang dapat menekan produksi secara signifikan.

2. Suhu Udara

Kelapa sawit adalah tanaman tropis yang membutuhkan suhu hangat dan stabil. Suhu yang terlalu rendah sangat tidak cocok untuk pertumbuhannya.

- Optimal: Suhu rata-rata harian yang ideal untuk pertumbuhan optimal berkisar antara 24°C hingga 28°C, dengan suhu rata-rata maksimum 29-33°C.
- Batas: Suhu di bawah 10°C akan menghentikan perkembangan tanaman.

3. Penyinaran Matahari

Intensitas cahaya matahari yang cukup sangat diperlukan untuk proses fotosintesis dan pembentukan buah yang optimal.

- Optimal: Tanaman membutuhkan sinar matahari langsung minimal 5 hingga 7 jam per hari atau sekitar 120 jam per bulan. Kekurangan sinar matahari dapat menurunkan hasil panen.

4. Kelembapan Udara

Kelembapan udara yang tinggi biasanya menyertai daerah dengan curah hujan tinggi dan sangat mendukung pertumbuhan kelapa sawit. Kelembapan relatif idealnya berkisar antara 80-90%.

5. Ketinggian Tempat (dpl)

Meskipun bukan faktor iklim langsung, ketinggian sangat memengaruhi suhu dan faktor iklim lainnya.

- Optimal: Kelapa sawit tumbuh sangat baik di dataran rendah pada ketinggian antara 0 hingga 500 meter di atas permukaan laut (dpl).

1.3.3 Suhu Udara

Suhu udara ideal untuk kebun kelapa sawit adalah iklim tropis hangat dengan suhu rata-rata harian sekitar 24-28°C, karena suhu sangat memengaruhi fotosintesis dan reproduksi tanaman. Suhu optimal untuk produksi tinggi berkisar 29-32°C (maksimum) dan 22-24°C (minimum). Variasi suhu bulanan yang kecil dan suhu rendah ekstrem (<18°C) dapat menghambat pertumbuhan, penyerbukan, dan pematangan buah, sehingga manajemen iklim mikro penting untuk hasil optimal.

1. Suhu Ideal dan Dampaknya
   - Suhu Rata-Rata Tahunan: 24-28°C untuk pertumbuhan optimal.
   - Suhu Maksimum Rata-Rata: 29-32°C.
   - Suhu Minimum Rata-Rata: 22-24°C.
   - Batas Minimum: Suhu di bawah 18°C akan menghambat pertumbuhan dan mengurangi hasil panen.
2. Pengaruh Suhu Terhadap Tanaman
   - Metabolisme: Temperatur memengaruhi metabolisme sel, yang berdampak langsung pada pertumbuhan dan produksi.
   - Produksi Tinggi: Kawasan dengan variasi suhu bulanan kecil cenderung menghasilkan lebih tinggi.
   - Penyerbukan: Suhu rendah dapat menghambat penyerbukan, menyebabkan aborsi bunga betina, dan memperlambat pematangan buah.
3. Kondisi Iklim Mikro
   - Sensitivitas: Kelapa sawit sensitif terhadap iklim mikro (suhu, kelembapan, cahaya, hujan).
   - Pemantauan: Pengukuran suhu dan kelembapan secara detail melalui *weather station* membantu mendeteksi stres tanaman dan menentukan perlakuan kultur teknis yang tepat.

1.3.4 Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari sangat vital bagi kelapa sawit karena menjadi sumber energi utama untuk fotosintesis, memproduksi karbohidrat, dan memacu pembungaan/pembuahan; sawit butuh cahaya penuh (minimal 4 jam/hari) untuk pertumbuhan optimal, namun cahaya berlebih bisa menurunkan kelembaban dan menaikkan suhu, sedangkan kurangnya cahaya (misalnya karena mendung atau kerapatan tanam tinggi) menghambat fotosintesis dan produksi buah, bahkan memengaruhi jenis gulma yang tumbuh di bawahnya.

1. Peran Intensitas Cahaya Matahari

Energi untuk Fotosintesis: Cahaya matahari mengubah nutrisi menjadi makanan (karbohidrat) di daun, krusial untuk pertumbuhan dan produksi tandan buah segar (TBS). Pembentukan Bunga dan Buah: Intensitas dan lama penyinaran yang cukup merangsang pembentukan bunga betina, yang menjadi cikal bakal buah.

2. Dampak Variasi Intensitas Cahaya
    - Positif: Fotosintesis optimal, pertumbuhan baik, produksi buah maksimal.
    - Negatif (Jika Terlalu Tinggi): Suhu cenderung naik dan kelembaban udara turun, yang memengaruhi iklim mikro.
3. Cahaya Kurang (Mendung/Kerapatan Tinggi):
    - Akibat: Laju fotosintesis menurun, pemasakan makanan terhambat, mengurangi hasil buah, memengaruhi pembungaan (menurunkan bunga betina).
    - Indikasi: Tanaman bisa tumbuh memanjang (mencari cahaya).
4. Faktor yang Memengaruhi
    - Kerapatan Tanam: Tumpang tindih tajuk sawit mengurangi intensitas cahaya sampai ke bawah, memengaruhi gulma dan pertumbuhan.
    - Musim: Musim hujan sering kali menurunkan intensitas cahaya akibat awan tebal.
5. Kebutuhan & Pengukuran
    - Kebutuhan Minimum: Minimal 4 jam penyinaran matahari penuh per hari sangat penting.
    - Pengukuran: Intensitas diukur dengan alat khusus (lux meter) pada pelepah, biasanya diukur hubungannya dengan suhu dan kelembaban.

1.3.4 Ketinggian Tempat

Ketinggian ideal untuk kebun kelapa sawit adalah antara 0 hingga 500 meter di atas permukaan laut (dpl), karena di ketinggian ini tanaman dapat tumbuh optimal dengan suhu 28-32°C, curah hujan cukup, dan kelembapan tinggi, meskipun perkebunan juga bisa dikembangkan

hingga 600 mdpl atau lebih (bahkan di dataran tinggi), tetapi akan membutuhkan manajemen khusus karena suhu lebih rendah dapat mempengaruhi produktivitas. Faktor Ketinggian dan Pertumbuhan Dataran Rendah (0-500 mdpl): Ini adalah zona emas untuk kelapa sawit, memberikan kondisi paling optimal untuk pertumbuhan vegetatif (batang, daun) dan generatif (buah) karena suhu dan cahaya matahari ideal, mendukung produksi tinggi. Dataran Tinggi (di atas 500 mdpl): Kelapa sawit masih bisa tumbuh, bahkan ada yang produktif di ketinggian 700 mdpl. Namun, suhu yang lebih dingin (< 18°C) dapat memperlambat pertumbuhan dan produksi. Tanaman bisa tumbuh lebih tinggi batangnya (karena pertumbuhan meninggi lebih cepat) tapi produktivitas buah mungkin tidak seoptimal dataran rendah. Tanah dan Topografi: Selain ketinggian, tanah yang subur, gembur, berdrainase baik, dan lahan yang relatif datar atau bergelombang dengan kemiringan terkelola (teras) sangat penting untuk pertumbuhan optimal.

1.3.5 Jenis Dan Kesuburan Tanah

Perkebunan kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis tanah, namun produksi optimal sangat bergantung pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah yang ideal. Jenis-Jenis Tanah yang Cocok untuk Kelapa Sawit. Beberapa jenis tanah yang umumnya cocok dan banyak digunakan untuk perkebunan kelapa sawit di daerah tropis antara lain:

- Latosol (Tanah Merah/Coklat): Tanah ini mudah tercuci namun tersebar luas di daerah tropis basah dan cocok untuk kelapa sawit.
- Podsolik Merah Kuning (PMK) atau Ultisol/Inceptisol: Banyak ditemukan di daerah pengembangan kelapa sawit di Indonesia. Seringkali tergolong lahan marginal, tetapi kelapa sawit memiliki daya adaptif yang baik terhadap kondisi ini asalkan dikelola dengan tepat.
- Aluvial: Tanah endapan ini kaya akan unsur hara dan memiliki produktivitas yang baik untuk kelapa sawit.
- Regosol, Andosol, Hidromorfik Kelabu: Jenis tanah ini juga potensial untuk budidaya kelapa sawit.
- Tanah Gambut: Lahan gambut, terutama gambut saprik (tingkat dekomposisi lanjut), merupakan lahan potensial untuk tanaman kelapa sawit, meskipun memerlukan manajemen drainase yang hati-hati.

Karakteristik Kesuburan Tanah Ideal Kondisi tanah yang subur untuk kelapa sawit mencakup aspek fisik, kimia, dan biologi:

1. Sifat Fisik Tanah

- Tekstur dan Struktur: Tanah bertekstur sedang (campuran pasir dan lempung) dengan struktur gembur dianggap ideal.
- Drainase dan Aerasi: Membutuhkan drainase yang baik untuk mencegah genangan air saat hujan, tetapi tetap mampu menyimpan air saat kemarau. Aerasi optimal penting untuk pertumbuhan akar yang sehat.
- Kedalaman Solum: Lapisan solum tanah (lapisan olah) harus cukup dalam (minimum 50 cm) tanpa lapisan padas untuk menopang perakaran yang kuat.

2. Sifat Kimia Tanah

- pH Tanah (Derajat Keasaman): Kisaran pH optimum untuk pertumbuhan kelapa sawit adalah antara 5,0 hingga 5,5, meskipun dapat tumbuh pada rentang 4,5–8,5.
- Kandungan Unsur Hara: Kelapa sawit membutuhkan ketersediaan unsur hara makro (N, P, K, Mg, Ca, S) dan mikro (Cu, Zn, B) yang seimbang. Rasio K:Ca:Mg yang optimum adalah sekitar 10:60:30.
- Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa: Nilai KTK dan kejenuhan basa yang tinggi menunjukkan kemampuan tanah yang baik dalam menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman.

3. Sifat Biologi Tanah

- Bahan Organik: Kandungan bahan organik yang tinggi sangat krusial. Bahan organik memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganisme tanah.
- Aktivitas Mikroorganisme: Keanekaragaman makrofauna dan mikroorganisme tanah menunjukkan kesehatan tanah yang baik dan membantu dalam siklus nutrisi.

1.3.6 Topografi Lahan

Topografi lahan kelapa sawit mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas, dengan lahan datar hingga agak landai (0-8%) umumnya lebih optimal, sementara lahan bergelombang atau berbukit (di atas 8-15%) memerlukan teknik khusus seperti pembuatan terasering untuk mencegah erosi, menampung air, dan memudahkan perawatan, meskipun produktivitasnya bisa sedikit terpengaruh jika tidak dikelola dengan baik (misalnya karena tumpang tindih pelepah atau kesulitan panen), namun bibit unggul dan manajemen tepat bisa mengatasinya.

1. Topografi Datar (0-8%)

- Kelebihan: Pertumbuhan dan produktivitas cenderung paling baik karena penyerapan cahaya matahari optimal, tidak ada masalah erosi, dan mudah untuk semua kegiatan budidaya (pemupukan, panen).
- Karakteristik: Elevasi relatif sama, tidak ada perbedaan ketinggian yang signifikan.

2. Topografi Bergelombang & Agak Landai (8-15%)

- Kelebihan: Masih memberikan produktivitas baik, pengelolaan relatif mudah.
- Tantangan: Perlu perhatian pada saluran air untuk mencegah genangan atau aliran deras saat hujan lebat, meskipun tidak seekstrem lahan curam.

3. Topografi Curam & Berbukit (di atas 15%)

- Tantangan Utama: Risiko erosi tinggi, menyebabkan lapisan tanah atas (subur) terkikis, menurunkan perkembangan bunga dan produktivitas.
- Terasering: Membuat teras-teras datar dengan lebar 3-4 m, di mana sisi teras bagian bawah dibuat lebih rendah untuk menampung air dan pupuk, mencegah hanyut dan longsor.
- Pola Tanam: Jarak tanam di dalam teras tetap, tapi jarak antar teras dihitung berdasarkan sudut kemiringan lahan untuk menjaga kerapatan tanaman.
- Bibit Unggul: Menggunakan bibit unggul bersertifikat penting untuk adaptasi dan hasil optimal di lahan ini.
- Pemupukan & Perawatan: Tetap bisa dilakukan dengan baik (pemupukan dasar seperti RP dan NPK) meskipun mungkin ada perbedaan kecil pada pertumbuhan (misalnya panjang pelepah) karena tumpang tindih cahaya atau kondisi spesifik teras.

1.3.7 Aspek Lingkungan

Kebun kelapa sawit memiliki aspek lingkungan kompleks: di satu sisi, menyerap CO2, menghasilkan oksigen, dan membantu konservasi tanah/air (melalui akar serabutnya), tetapi di sisi lain ekspansinya menyebabkan deforestasi masif, hilangnya habitat satwa liar (orangutan, gajah, harimau), peningkatan emisi gas rumah kaca (pembakaran lahan), serta pencemaran tanah dan air akibat pestisida dan limbah pabrik, yang semuanya mengancam keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem.

a) Dampak Positif (potensi)

- Penyerapan Karbon dan Produksi Oksigen: Tanaman kelapa sawit menyerap CO2 dan melepaskan oksigen melalui fotosintesis, berkontribusi sebagai 'carbon sink' jika dikelola dengan benar.

- Konservasi Tanah dan Air: Sistem perakaran serabutnya membantu mencegah erosi dan menjaga struktur tanah, berfungsi sebagai biopori alami.

b) Dampak Negatif (umum terjadi)

- Deforestasi dan Kehilangan Habitat: Pembukaan lahan sawit seringkali mengganti hutan hujan tropis, merusak habitat satwa liar endemik seperti orangutan, gajah, dan harimau, serta mengurangi kemampuan bumi menyerap karbon.
- Emisi Gas Rumah Kaca (GRK): Pembakaran lahan untuk pembukaan kebun melepaskan CO2, dan limbah pabrik menghasilkan metana (GRK kuat).
- Pencemaran Tanah dan Air: Penggunaan pestisida, herbisida, dan limbah cair pabrik (POME) mencemari tanah, sungai, dan sumur, mengancam kehidupan akuatik dan manusia.

c) Tantangan dan Solusi

- Pengelolaan Berkelanjutan: Perlu implementasi praktik perkebunan berkelanjutan (ISPO/RSPO), termasuk menjaga hutan penyangga (buffer zone) untuk melindungi ekosistem.
- Pengolahan Limbah: Mengolah limbah cair pabrik menjadi biogas atau pupuk untuk mengurangi pencemaran.
- Penegakan Hukum: Mengatasi perluasan ilegal di kawasan hutan untuk mencegah deforestasi lebih lanjut.

1.4 Analisis Tanah

1.4.1 Tujuan Pemilihan Tanah

Tujuan analisis tanah pada kelapa sawit adalah untuk mengetahui kandungan hara (N, P, K, Ca, Mg, mikro), pH, dan sifat fisik tanah guna menyusun rekomendasi pemupukan yang tepat, menghindari pemborosan/pencemaran, mengidentifikasi faktor pembatas pertumbuhan, serta menilai kesuburan dan kesehatan lahan agar produktivitas maksimal tercapai secara berkelanjutan.

1. Tujuan utama analisis tanah
   - Mengetahui Kebutuhan Hara: Mengidentifikasi unsur hara makro (N, P, K) dan mikro yang kurang atau berlebih, serta pH tanah yang mempengaruhi penyerapan nutrisi.
   - Menentukan Dosis dan Jenis Pupuk: Menghitung dosis dan memilih jenis pupuk yang tepat, sehingga pemupukan efisien, efektif, dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.
   - Meningkatkan Produktivitas: Memastikan tanaman mendapatkan nutrisi optimal untuk pertumbuhan vegetatif (daun, batang) dan generatif (buah), sehingga hasil panen meningkat.

- Menilai Kesehatan & Kesuburan Tanah: Mengevaluasi kondisi fisik (tekstur, kepadatan) dan kimia tanah untuk mengetahui status kesuburan dan mengidentifikasi faktor pembatas pertumbuhan (seperti KTK atau pH terlalu asam).
- Evaluasi Lahan: Menilai kesesuaian lahan untuk kelapa sawit dan menjadi dasar pengelolaan lahan jangka panjang, termasuk untuk program replanting.
- Menentukan Rekomendasi Pemupukan: Hasil analisis memberikan data akurat mengenai kebutuhan unsur hara spesifik (N, P, K, Mg, Ca) sehingga dosis pupuk dapat disesuaikan dengan kondisi riil lahan.
- Mengevaluasi Kesuburan Lahan: Mengidentifikasi indeks ketersediaan hara dan sifat kimia tanah (seperti pH, C-organik, dan kapasitas tukar kation) untuk memantau kesehatan tanah secara berkala.
- Meningkatkan Efisiensi Biaya: Dengan memberikan pupuk sesuai kebutuhan, perusahaan atau petani dapat menghindari pemborosan akibat penggunaan pupuk yang berlebihan (over-fertilization).
- Menilai Kesesuaian Lahan: Analisis fisik dan kimia tanah membantu menentukan apakah suatu lahan layak untuk penanaman baru atau memerlukan perbaikan (remediasi) sebelum dilakukan penanaman kembali (*replanting*).
- Memantau Penyerapan Hara: Mengidentifikasi hubungan antara kandungan hara dalam tanah dengan tingkat produktivitas tanaman, sering kali dilakukan bersamaan dengan analisis daun.
- Mencegah Pencemaran Lingkungan: Pengolahan data tanah memastikan aplikasi bahan kimia tidak merusak ekosistem atau mencemari sumber air akibat pencucian hara berlebih.

1.4.2 Pengertian Analisis Tanah

Analisis tanah adalah serangkaian kegiatan pengambilan contoh tanah, pengujian di laboratorium, serta interpretasi hasil untuk mengetahui sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pada perkebunan kelapa sawit, analisis tanah bertujuan untuk:

- Mengetahui tingkat kesuburan tanah.
- Menilai ketersediaan unsur hara bagi tanaman.
- Menentukan kebutuhan dan dosis pemupukan.
- Mengidentifikasi faktor pembatas pertumbuhan tanaman.

1.4.3 Sifat Tanah yang Berpengaruh pada Kelapa Sawit

1. Sifat fisik tanah

Sifat fisik tanah mempengaruhi perkembangan akar dan ketersediaan air. Beberapa sifat fisik penting bagi kelapa sawit antara lain:

- Tekstur tanah: Tanah bertekstur lempung berpasir hingga lempung liat umumnya sesuai untuk kelapa sawit karena mampu menahan air dan hara dengan baik.
- Struktur tanah: Struktur remah atau gumpal baik mendukung aerasi dan penetrasi akar.
- Kedalaman efektif tanah: Kelapa sawit memerlukan tanah yang dalam (>100 cm) untuk perkembangan akar yang optimal.
- Drainase: Drainase yang baik penting untuk mencegah genangan air yang dapat merusak akar.

2. Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah sangat menentukan ketersediaan unsur hara. Parameter kimia utama yang dianalisis meliputi:

- pH tanah: Kelapa sawit tumbuh optimal pada pH 4,5–6,5.
- Kapasitas Tukar Kation (KTK): Menunjukkan kemampuan tanah menahan unsur hara.
- Kandungan bahan organik: Berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan menyediakan hara.
- Unsur hara makro: Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg).
- Unsur hara mikro: Boron (B), Tembaga (Cu), Seng (Zn), dan Mangan (Mn).

3. Sifat Biologi Tanah

Aktivitas mikroorganisme tanah berperan dalam dekomposisi bahan organik dan siklus hara. Tanah dengan aktivitas biologi yang baik akan meningkatkan ketersediaan unsur hara dan kesehatan tanah secara keseluruhan.

1.4.4 Pengambilan Contoh Tanah pada Kebun Kelapa Sawit

Pengambilan contoh tanah harus dilakukan secara representatif agar hasil analisis akurat. Tahapan umum meliputi:

- Menentukan satuan lahan yang homogen.
- Mengambil contoh tanah pada kedalaman 0–20 cm dan 20–40 cm.
- Mengambil contoh dari beberapa titik di sekitar piringan tanaman.
- Mencampur contoh tanah menjadi contoh komposit.
- Mengeringanginkan dan mengirim contoh ke laboratorium.

1.4.5 Pemanfaatan Hasil Analisis Tanah

Hasil analisis tanah digunakan sebagai dasar dalam:

1. Menentukan jenis dan dosis pupuk yang sesuai.
2. Menyusun program pemupukan berimbang.
3. Menentukan kebutuhan pengapuran pada tanah masam.
4. Mengevaluasi perubahan kesuburan tanah dari waktu ke waktu.

Dengan pemanfaatan hasil analisis tanah yang tepat, efisiensi penggunaan pupuk dapat ditingkatkan dan dampak negatif terhadap lingkungan dapat dikurangi.

1.4.6 Jenis Tanah Yang Sehat Untuk Pada Kelapa Sawit

Jenis tanah sehat untuk kelapa sawit meliputi Latosol (tanah merah, mudah serap air), Aluvial (tanah endapan, subur di dataran rendah), Organosol (terutama humus yang kaya bahan organik, gambut pun bisa diolah), serta Ultisol dan tanah Podsolik Merah Kuning, yang penting memiliki struktur datar, tidak tergenang, pH 4.5-6.5, dan kaya bahan organik untuk nutrisi serta drainase baik.

1. Jenis-Jenis Tanah Yang ideal

   a. Latosol (Tanah Merah): Berwarna merah/coklat, mudah menyerap air, kandungan bahan organik sedang, pH netral-asam, cocok di daerah tropis basah seperti Sumatera.

   b. Aluvial: Terbentuk dari endapan sungai, subur karena unsur hara tinggi, ditemukan di dataran rendah.

   c. Organosol (Humus & Gambut):

      - Humus: Sangat subur dari pelapukan organik.

- Gambut: Kelapa sawit bisa tumbuh subur meski tanah asam, asalkan manajemen air dan keasamannya baik.

d. Ultisol & Podsolik Merah Kuning: Juga termasuk tanah yang cocok, terutama di Sumatera.

2. Karakteristik Tanah Yang Penting

a. Struktur: Relatif datar, lapisan tebal, drainase baik (tidak mudah tergenang).

b. pH: Optimal 4.5 hingga 6.5 untuk ketersediaan nutrisi.

c. Bahan Organik: Tinggi, penting untuk menahan unsur hara, air, dan memperbaiki struktur tanah.

d. Tekstur: Tidak terlalu keras agar akar mudah menembus.

1.4.7 Metode Pengendalian Tanah Pada Kelapa Sawit

Metode pengendalian tanah pada kelapa sawit fokus pada konservasi tanah dan air melalui pendekatan Vegetatif (tanaman penutup tanah/LCC, mulsa tandan kosong, agroforestri), Mekanik (rorak, guludan, parit cacing, terasering, benteng penahan), dan kadang Kimia (pemupukan dolomit/NPK) untuk memperbaiki struktur, kelembaban, kesuburan, serta mencegah erosi dan kekeringan, dengan kombinasi ini meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan kebun sawit.

a) Metode Vegetatif
   - Tanaman Penutup Tanah (TPT/LCC): Menanam tanaman kacangan (seperti *Mucuna bracteata*) untuk menekan gulma, menjaga kelembaban, dan menambah bahan organik.
   - Mulsa (Serasah): Menyusun pelepah atau tandan kosong di sekitar pokok untuk mengurangi penguapan, menstabilkan suhu, dan memperbaiki tanah saat terurai.
   - Agroforestri: Menanam pohon lain bersama sawit (misal: kayu) untuk diversifikasi pendapatan dan menciptakan lingkungan mirip hutan,.
   - Biopori Alamiah: Struktur tanah di sekitar perakaran sawit alami membentuk pori-pori, meningkatkaninfiltrasi air dan menyimpan air tanah.

b) Metode Mekanik
   - Rorak/Guludan: Galian parit atau gundukan tanah mengikuti kontur untuk menampung air hujan dan mencegah aliran permukaan.

- Parit Cacing: Parit sederhana untuk resapan dan drainase, menjaga agar blok tidak tergenang.
- Terasering & Benteng Penahan: Membuat teras atau benteng dari karung berisi tanah di lahan miring untuk menahan tanah dan air.
- Tapak Timbun: Timbunan tanah di sekitar pokok sawit untuk memperbaiki aerasi akar di lahan tergenang.

c) Metode Kimia
- Pemupukan: Pemberian pupuk (NPK) yang dibarengi dengan dolomit di lahan berpasir untuk menyeimbangkan pH dan menambah unsur hara.
- Kapur Pertanian: Penggunaan dolomit atau kapur untuk menaikkan pH tanah, terutama di lahan asam atau berpasir.

d) Penerapan Terpadu
- Untuk Erosi: Kombinasi LCC, mulsa, rorak, dan guludan sangat efektif.
- Untuk Kekeringan: Rorak/guludan dengan mulsa vertikal (tandan kosong) dapat meningkatkan cadangan air tanah secara signifikan.
- Untuk Tanah Berpasir: Pupuk organik dan kapur menjadi kunci untuk memperbaiki struktur dan pH tanah.

e) Pengelolaan Kesuburan Tanah (Metode Kimia & Organik)
- Pemupukan Berimbang: Memulai pemupukan lebih awal (Januari-Februari) dengan pemberian pupuk organik seperti janjangan kosong (jangkos) sekitar 30–40 ton/ha atau solid 50–100 kg/pohon.
- Perbaikan pH: Pemberian dolomit dilakukan untuk menetralkan keasaman tanah, diikuti dengan pemberian *Rock Phosphate* (RP) untuk memacu pertumbuhan akar baru.
- Pupuk Hayati: Penggunaan mikrobia fungsional untuk meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah.

1.4.8 Parameter Utama Analisis Tanah

- pH Tanah: Idealnya 5.0-6.5 (masam hingga netral), karena kelapa sawit toleran asam tetapi produksi optimal di pH lebih tinggi. Tanah masam (pH < 5) sering ditemukan dan perlu penyesuaian.

- Tekstur dan Struktur Tanah: Tanah sedang (lempung liat berpasir) dengan drainase baik lebih disukai. Tanah latosol dan tanah pasir sering menjadi tantangan karena mudah tercuci dan miskin hara.

- Kandungan Bahan Organik (C-Organik): Seringkali rendah, mempengaruhi ketersediaan hara dan struktur tanah. C-organik tinggi penting untuk kesuburan.

- Kapasitas Tukar Kation (KTK): Menunjukkan kemampuan tanah menahan hara, penting untuk menghindari pencucian hara seperti Ca, Mg, dan K, terutama di lahan pasir.

- Unsur Hara Makro (N, P, K, Ca, Mg):

    - Nitrogen (N), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg): Sering rendah atau sangat rendah, terutama di tanah masam atau pasir. Rasio K:Ca:Mg 10:60:30 dianggap optimum.

    - Fosfor (P): Ketersediaan P sangat penting, meskipun total P bisa rendah.

- Unsur Hara Mikro (Zn, Cu, B): Sering tercukupi dari pupuk komersial, namun analisis penting. Zn dan Cu sering cukup, B bisa tinggi di tanah pasir.

1.4.9 Prosedur Umum

a) Pengambilan Sampel: Dilakukan secara acak atau grid pada kedalaman 0-30 cm di area kebun yang homogen, di sekitar piringan tanaman, menggunakan alat seperti bor tanah, dikompositkan (dicampur merata), dan diberi label.

b) Analisis Laboratorium: Sampel dikirim ke lab untuk diuji sifat fisik (tekstur, bobot isi) dan kimia (pH, C-organik, KTK, N-total, P-total, P-tersedia, K, Ca, Mg, unsur mikro).

c) Interpretasi Hasil: Hasil diinterpretasikan berdasarkan kriteria kesuburan tanah (misal: Balai Penelitian Tanah), untuk menentukan status hara dan rekomendasi pemupukan (jenis, dosis, waktu aplikasi) yang tepat.

1.4.10 Pengolahan Tanah Kelapa Sawit

Pengolahan tanah kelapa sawit meliputi persiapan lahan (pembersihan, drainase, pemupukan awal dengan kapur/organik), penanaman bibit unggul dengan jarak tanam optimal, serta manajemen berkelanjutan seperti kontrol tinggi muka air tanah (terutama di gambut, 40-60 cm) dan pemupukan untuk menjaga kesuburan, bahkan bisa melibatkan *agroforestry* (campur pohon) atau memanfaatkan limbah sawit untuk konservasi dan meningkatkan pendapatan.

a) Tahapan Pengolahan Lahan

- Pemetaan dan Survei: Identifikasi jenis tanah (gambut/mineral) dan kondisi drainase.

- Land Clearing (Tanpa Bakar): Pembersihan vegetasi tanpa membakar untuk mengurangi dampak lingkungan.
- Drainase: Pembuatan parit/kanal untuk mengatur ketinggian air tanah (40-60 cm ideal di gambut) agar tidak kering atau banjir.
- Pematangan Lahan: Penambahan kapur dan pupuk organik (seperti kompos atau limbah sawit) untuk memperbaiki pH dan kesuburan.
- Pembajakan/Pengolahan Awal (Opsional): Pengolahan tanah ringan untuk mencampur kapur/pupuk, diikuti penggaruan dan perataan.
- Penanaman: Penanaman bibit unggul sesuai jarak tanam (misal 8-9m) agar sinar matahari cukup.

2. Pengolahan Lanjutan Dan Konservasi
   - Manajemen Air: Kontrol ketat ketinggian air tanah, terutama di lahan gambut.
   - Pemupukan: Pemberian pupuk sesuai kebutuhan tanaman, bisa dibantu bio-aktivator seperti Bionensis.
   - Agroforestry: Menanam pohon lain (kayu/buah) bersama sawit untuk konservasi tanah, keanekaragaman hayati, dan pendapatan tambahan.
   - Pemanfaatan Limbah: Sabut dan cangkang sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau pupuk organik.
3. Faktor Penting Lainnya
   - Tekstur Tanah Ideal: Lempung berdebu, lempung liat berdebu, lempung liat, lempung berpasir.
   - Kedalaman Tanah: Idealnya >100 cm.
   - pH Tanah: Disesuaikan, kapur ditambahkan untuk menaikkan pH di tanah masam seperti gambut.

a) Perbaikan Kimia dan Organik

Aplikasi Bahan Organik: Pemberian jangkos (30-40 ton/ha) atau kotoran ternak (50 kg/pohon) untuk meningkatkan kesuburan alami.

Koreksi pH: Pemberian Dolomit untuk menetralkan keasaman tanah, diikuti dengan pemberian pupuk Rock Phosphate (RP) setelah dua minggu untuk merangsang pertumbuhan akar.

b) Pengelolaan Berdasarkan Jenis Lahan

Teknik pengolahan sangat bergantung pada karakteristik tanah:

- Lahan Gambut: Memerlukan sistem tata air yang ketat melalui pembangunan kanal dan drainase untuk menjaga muka air tanah pada level 40-60 cm. Pengeringan berlebih harus dihindari agar gambut tidak rusak.
- Lahan Mineral: Fokus pada konservasi tanah untuk mencegah erosi, seperti pembuatan terasering, tapak kuda, atau rorak pada areal yang miring.

c) Pengolahan Tanah Mekanis

Untuk memperbaiki struktur dan aerasi tanah, dilakukan beberapa langkah pembajakan:

- Pembajakan Pertama: Menggunakan bajak singkal atau bajak piringan untuk membalikkan tanah.
- Penggaruan: Menghancurkan bongkahan tanah agar lebih halus dan rata.
- Perataan: Memastikan permukaan tanah cukup rata untuk memudahkan penanaman dan pemeliharaan.

d) Contoh Temuan Pada Lahan Kelapa Sawit

Sering ditemukan pH masam, C-organik rendah, N-total rendah, KTK sedang hingga rendah, terutama di tanah pasir atau Ultisol.

Beberapa lokasi menunjukkan kandungan unsur mikro cukup, tapi bisa juga defisiensi Boron.

e) Metodologi Umum

Pengambilan Sampel: Metode grid, kedalaman 0-20 cm atau 0-30 cm, komposit (gabungan dari beberapa titik) dalam satu lokasi, diberi label jelas.

Analisis Laboratorium: Sampel dikirim ke lab untuk diuji parameter fisika dan kimia.

Interpretasi: Hasil dibandingkan dengan kriteria kesuburan tanah untuk menentukan status hara dan rekomendasi pemupukan/koreksi tanah.

1.4.11 Konsep dan Peran Land Preparation

Pengertian Land Preparation dalam Sistem Budidaya Kelapa Sawit *Land preparation* dalam sistem budidaya kelapa sawit merupakan rangkaian kegiatan teknis yang dilakukan sebelum penanaman untuk menyiapkan kondisi lahan agar sesuai dengan kebutuhan tumbuh tanaman sawit.

Kegiatan ini mencakup pembersihan lahan, pengelolaan vegetasi awal, pengaturan tata air, serta pembentukan struktur lahan yang mendukung perkembangan perakaran dan pertumbuhan awal tanaman (Wang et al., 2025). Dalam konteks perkebunan sawit modern, *land preparation* tidak hanya dipahami sebagai proses mekanis pengolahan tanah, tetapi juga sebagai tahapan strategis yang mempertimbangkan aspek konservasi tanah, keberlanjutan lingkungan, serta efisiensi operasional jangka panjang (Ibrahim et al., 2025). Oleh karena itu, praktik *land preparation* yang tepat menjadi fondasi utama dalam sistem budidaya kelapa sawit yang produktif dan berkelanjutan.

a) Tujuan dan Fungsi Land Preparation pada Tanaman Sawit

Tujuan utama *land preparation* pada tanaman kelapa sawit adalah menciptakan kondisi fisik, kimia, dan biologis tanah yang optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman sejak fase awal tanam. Pengolahan lahan yang baik dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta memperbaiki aerasi dan kapasitas infiltrasi air (Hoque, 2024).

Selain itu, *land preparation* berfungsi untuk mengendalikan gulma awal, memfasilitasi pengaturan drainase, serta mendukung efisiensi pemupukan dan pemeliharaan kebun di masa selanjutnya (Kemboi et al., 2024). Pada perkebunan sawit berskala besar, fungsi lain dari *land preparation* adalah membentuk tata letak kebun yang terencana sehingga mendukung mekanisasi dan pengelolaan kebun secara efisien dan aman (Maharjan et al., 2025).

b) Posisi Land Preparation dalam Siklus Pengembangan Kebun Sawit

Dalam siklus pengembangan kebun kelapa sawit, *land preparation* menempati posisi awal yang sangat menentukan keberhasilan tahapan berikutnya. Kegiatan ini dilakukan setelah survei dan evaluasi kesesuaian lahan, namun sebelum penanaman bibit sawit di lapangan. Kesalahan pada tahap *land preparation* berpotensi menimbulkan masalah jangka panjang, seperti pertumbuhan tanaman yang tidak seragam, rendahnya produktivitas, serta meningkatnya risiko degradasi tanah (Ibrahim et al., 2025).

Oleh karena itu, *land preparation* diposisikan sebagai tahap kritis yang menghubungkan perencanaan kebun dengan implementasi budidaya. Praktik *best management practices* menempatkan *land preparation* sebagai instrumen utama dalam memastikan keberlanjutan produksi dan stabilitas ekosistem kebun sawit (Wang et al., 2025).

1.4.12 Karakteristik Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

a) Klasifikasi Lahan Sawit (Lahan Mineral dan Lahan Gambut)

Lahan perkebunan kelapa sawit secara umum diklasifikasikan menjadi lahan mineral dan lahan gambut. Lahan mineral merupakan lahan yang tersusun dari fraksi pasir, debu, dan liat, serta relatif lebih stabil secara fisik untuk mendukung perakaran sawit. Jenis lahan ini umumnya memerlukan *land preparation* yang berfokus pada pengolahan tanah dan perataan lahan (Kemboi et al., 2024). Sebaliknya, lahan gambut memiliki karakteristik kandungan bahan organik yang sangat tinggi, daya dukung tanah yang rendah, serta sistem hidrologi yang sensitif. Oleh karena itu, *land preparation* pada lahan gambut lebih menekankan pada pengaturan drainase, stabilisasi permukaan tanah, dan pencegahan subsidensi (Hoque, 2024).

b) Sifat Fisik dan Kimia Tanah yang Relevan untuk Sawit

Sifat fisik tanah yang relevan bagi pertumbuhan kelapa sawit meliputi tekstur, struktur, porositas, dan kedalaman efektif tanah. Tanah dengan struktur remah dan aerasi yang baik memungkinkan perkembangan sistem perakaran yang optimal serta meningkatkan efisiensi penyerapan hara (Wang et al., 2025). Dari aspek kimia, tanah yang sesuai untuk sawit umumnya memiliki pH agak masam hingga netral serta kandungan unsur hara makro dan mikro yang mencukupi. *Land preparation* berperan dalam memperbaiki distribusi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan hara melalui pengelolaan residu tanaman dan pengolahan tanah yang tepat (Ibrahim et al., 2025).

c) Topografi dan Kesesuaian Lahan untuk Penanaman Sawit

Topografi lahan merupakan faktor penting yang mempengaruhi teknik dan intensitas *land preparation*. Lahan datar hingga bergelombang ringan relatif lebih mudah dikelola dan memungkinkan penerapan mekanisasi secara optimal. Pada kondisi ini, *land preparation* difokuskan pada perataan lahan dan pengaturan jalur tanam (Kemboi et al., 2024). Sebaliknya, pada lahan berbukit atau berlereng, *land preparation* harus mengintegrasikan prinsip konservasi tanah dan air untuk mencegah erosi dan degradasi lahan. Pembuatan teras, saluran drainase, dan penataan kontur menjadi bagian penting dalam memastikan kesesuaian lahan bagi penanaman kelapa sawit secara berkelanjutan (Maharjan et al., 2025).

1.4.13 Karakteristik Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

a) Klasifikasi Lahan Sawit (Lahan Mineral dan Lahan Gambut)

Lahan perkebunan kelapa sawit secara umum dapat diklasifikasikan menjadi lahan mineral dan lahan gambut berdasarkan sifat penyusun tanahnya. Lahan mineral merupakan lahan yang tersusun dari fraksi mineral seperti pasir, debu, dan liat, dengan kandungan bahan organik relatif rendah hingga sedang. Jenis lahan ini memiliki stabilitas fisik yang lebih baik dan umumnya lebih sesuai

untuk pertumbuhan sistem perakaran kelapa sawit apabila dikelola dengan *land preparation* yang tepat (Kemboi et al., 2024). Sebaliknya, lahan gambut dicirikan oleh kandungan bahan organik yang sangat tinggi, tingkat dekomposisi yang rendah, serta daya dukung tanah yang lemah. Karakteristik tersebut menyebabkan lahan gambut memerlukan pendekatan *land preparation* yang berbeda, terutama dalam pengaturan tata air dan stabilisasi permukaan tanah. Pengelolaan yang tidak tepat pada lahan gambut berpotensi menimbulkan masalah subsidensi, penurunan kesuburan tanah, dan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman sawit (Hoque, 2024). Oleh karena itu, klasifikasi lahan menjadi dasar penting dalam menentukan strategi *land preparation* yang sesuai bagi perkebunan kelapa sawit.

b) Sifat Fisik dan Kimia Tanah yang Relevan untuk Sawit

Sifat fisik tanah merupakan faktor utama yang menentukan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan kelapa sawit. Tekstur tanah yang seimbang antara fraksi pasir, debu, dan liat akan menghasilkan struktur tanah yang baik, sehingga mampu menyediakan aerasi, porositas, dan kapasitas menahan air yang optimal bagi perakaran sawit (Wang et al., 2025). Tanah dengan struktur yang stabil juga memudahkan penetrasi akar dan meningkatkan efisiensi penyerapan air serta unsur hara. Dari aspek kimia, tanah yang sesuai untuk kelapa sawit umumnya memiliki tingkat keasaman sedang, ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang memadai, serta kandungan bahan organik yang berperan dalam menjaga kesuburan tanah. Kegiatan *land preparation* berkontribusi dalam memperbaiki distribusi bahan organik dan meningkatkan reaktivitas kimia tanah melalui pengolahan tanah dan pengelolaan residu tanaman (Ibrahim et al., 2025). Dengan demikian, pemahaman terhadap sifat fisik dan kimia tanah menjadi prasyarat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan *land preparation* pada perkebunan sawit.

c) Topografi dan Kesesuaian Lahan untuk Penanaman Sawit

Topografi lahan merupakan salah satu faktor penentu kesesuaian lahan untuk penanaman kelapa sawit serta mempengaruhi teknik *land preparation* yang diterapkan. Lahan dengan topografi datar hingga bergelombang ringan relatif lebih sesuai untuk pengembangan kebun sawit karena memungkinkan penerapan mekanisasi secara efisien dan meminimalkan risiko erosi (Kemboi et al., 2024). Pada kondisi ini, *land preparation* difokuskan pada perataan lahan dan pengaturan jalur tanam yang terencana. Sebaliknya, lahan dengan kemiringan yang lebih curam memerlukan pendekatan konservasi tanah dan air yang lebih intensif. Penerapan teknik seperti penanaman mengikuti kontur, pembuatan teras, dan pengelolaan drainase menjadi bagian integral dari *land preparation* untuk menjaga stabilitas lahan dan mencegah degradasi tanah (Maharjan et

al., 2025). Oleh karena itu, analisis topografi dan kesesuaian lahan merupakan langkah krusial dalam memastikan keberhasilan penanaman dan keberlanjutan perkebunan kelapa sawit.

1.5 Tahapan Kegiatan Land Preparation pada Sawit

1.5.1 Survei Awal dan Perencanaan Tata Lahan

Survei awal merupakan tahap fundamental dalam kegiatan *land preparation* pada perkebunan kelapa sawit. Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh informasi menyeluruh mengenai kondisi fisik, kimia, dan topografi lahan, serta kesesuaian lahan terhadap kebutuhan tumbuh tanaman sawit. Data hasil survei menjadi dasar dalam penyusunan rencana tata lahan, termasuk penentuan blok kebun, jaringan jalan, sistem drainase, dan jalur tanam (Maharjan et al., 2025). Perencanaan tata lahan yang baik berperan penting dalam mengoptimalkan efisiensi pengelolaan kebun serta meminimalkan risiko degradasi lahan. Kesalahan dalam tahap perencanaan dapat berdampak jangka panjang terhadap produktivitas kebun dan keberlanjutan lingkungan (Ibrahim et al., 2025).

1.5.2 Pembersihan Lahan (*Land Clearing*)

Pembersihan lahan (*land clearing*) merupakan kegiatan awal yang dilakukan untuk menghilangkan vegetasi alami atau sisa tanaman sebelumnya yang dapat menghambat proses penanaman kelapa sawit. Pada perkebunan modern, *land clearing* umumnya dilakukan dengan pendekatan tanpa bakar (*zero burning*) untuk mengurangi dampak lingkungan dan menjaga kandungan bahan organik tanah (Wang et al., 2025). Penerapan *land clearing* yang terkontrol bertujuan untuk membuka lahan secara efektif tanpa merusak struktur tanah dan keseimbangan ekosistem. Pendekatan ini juga sejalan dengan prinsip pengelolaan kebun sawit berkelanjutan yang menekankan aspek konservasi tanah dan lingkungan (Hoque, 2024).

1.5.3 Penebangan Vegetasi dan Pengelolaan Biomassa

Penebangan vegetasi merupakan bagian integral dari *land preparation* yang berkaitan dengan pengelolaan biomassa hasil *land clearing*. Biomassa berupa batang, cabang, dan daun sebaiknya tidak dibuang atau dibakar, melainkan dikelola dengan cara disusun, dicacah, atau dimanfaatkan sebagai mulsa di antara barisan tanaman (Kemboi et al., 2024). Pengelolaan biomassa yang tepat berkontribusi dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, serta mengurangi potensi erosi. Selain itu, residu vegetasi dapat berfungsi sebagai sumber hara jangka panjang yang mendukung pertumbuhan awal tanaman sawit (Ibrahim et al., 2025).

1.5.4 Pengolahan Tanah Awal dan Pembentukan Areal Tanam

Pengolahan tanah awal bertujuan untuk memperbaiki kondisi fisik tanah agar mendukung perkembangan sistem perakaran kelapa sawit. Kegiatan ini meliputi pembajakan, penggemburan, dan perataan tanah sesuai dengan kondisi lahan dan jenis tanah yang ada. Pengolahan tanah yang tepat dapat meningkatkan aerasi, porositas, serta kapasitas menahan air tanah (Wang et al., 2025). Selain itu, pembentukan areal tanam dilakukan untuk menciptakan permukaan lahan yang seragam dan memudahkan pengaturan jarak tanam. Tahapan ini sangat penting dalam memastikan keseragaman pertumbuhan tanaman serta efisiensi kegiatan pemeliharaan kebun di masa selanjutnya (Kemboi et al., 2024).

1.5.5 Pembuatan Jalur Tanam dan Sistem Drainase

Pembuatan jalur tanam dan sistem drainase merupakan tahapan krusial dalam *land preparation* pada perkebunan kelapa sawit, terutama pada lahan dengan curah hujan tinggi atau kondisi tanah yang mudah tergenang. Sistem drainase yang baik berfungsi untuk mengatur kelebihan air, mencegah genangan, dan menjaga keseimbangan kelembapan tanah (Hoque, 2024). Jalur tanam yang dirancang secara terencana juga mempermudah mobilitas tenaga kerja dan alat mekanisasi, serta mendukung pengelolaan kebun yang efisien. Kesesuaian antara jalur tanam dan sistem drainase akan berpengaruh langsung terhadap kesehatan tanaman dan stabilitas lahan (Maharjan et al., 2025).

1.5.6 Penataan Lahan dan Persiapan Lubang Tanam

Tahap akhir *land preparation* adalah penataan lahan dan persiapan lubang tanam. Penataan lahan dilakukan untuk memastikan setiap titik tanam berada pada posisi yang sesuai dengan rencana tata kebun dan kondisi topografi. Lubang tanam disiapkan dengan ukuran dan kedalaman tertentu guna mendukung pertumbuhan awal bibit sawit (Ibrahim et al., 2025). Persiapan lubang tanam yang baik memungkinkan akar tanaman berkembang secara optimal dan meningkatkan efisiensi penyerapan air serta unsur hara. Tahapan ini menjadi penentu keberhasilan fase awal pertumbuhan kelapa sawit dan berpengaruh terhadap produktivitas kebun dalam jangka panjang (Wang et al., 2025).

1.5.7 Metode Land Preparation pada Perkebunan Sawit

A. Metode Mekanis

Metode mekanis dalam *land preparation* perkebunan kelapa sawit merupakan pendekatan yang menggunakan alat dan mesin untuk mempercepat proses pembukaan dan pengolahan lahan. Metode ini umum diterapkan pada perkebunan berskala besar karena mampu meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga kerja. Penggunaan alat mekanis dapat memperbaiki struktur tanah

melalui penggemburan dan perataan lahan, sehingga mendukung perkembangan sistem perakaran tanaman sawit (Wang et al., 2025). Namun demikian, penerapan metode mekanis memerlukan perencanaan yang cermat agar tidak menimbulkan pemadatan tanah berlebihan atau kerusakan lapisan tanah atas. Oleh karena itu, pemilihan jenis alat dan intensitas pengolahan harus disesuaikan dengan kondisi lahan dan karakteristik tanah (Ibrahim et al., 2025).

B. Metode Manual dan Semi-Mekanis

Metode manual dan semi-mekanis merupakan alternatif *land preparation* yang umumnya diterapkan pada lahan dengan keterbatasan akses alat berat atau pada kondisi topografi tertentu. Metode manual dilakukan menggunakan tenaga kerja manusia dengan bantuan alat sederhana, sedangkan metode semi-mekanis memadukan tenaga manusia dengan peralatan ringan atau mesin berkapasitas kecil (Kemboi et al., 2024). Pendekatan ini relatif lebih ramah terhadap struktur tanah dan sesuai untuk lahan dengan risiko erosi tinggi. Meskipun membutuhkan waktu dan tenaga kerja lebih besar, metode manual dan semi-mekanis dapat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap pengelolaan vegetasi dan penataan lahan (Maharjan et al., 2025).

C. Land Preparation Tanpa Bakar (*Zero Burning Technique*)

Zero burning technique merupakan metode *land preparation* yang menghindari praktik pembakaran vegetasi hasil pembukaan lahan. Metode ini diterapkan sebagai respons terhadap dampak negatif pembakaran terhadap lingkungan, seperti pencemaran udara, kehilangan bahan organik tanah, dan penurunan kualitas ekosistem (Hoque, 2024). Dalam praktiknya, vegetasi yang ditebang dikelola melalui penumpukan, pencacahan, atau pemanfaatan sebagai mulsa. Pendekatan ini terbukti mampu mempertahankan kesuburan tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta mendukung prinsip pengelolaan kebun sawit berkelanjutan (Kemboi et al., 2024).

D. Pendekatan Konservasi Tanah dan Air dalam Land Preparation

Pendekatan konservasi tanah dan air merupakan bagian integral dari *land preparation* pada perkebunan kelapa sawit, khususnya pada lahan berlereng atau daerah dengan curah hujan tinggi. Teknik konservasi meliputi pengolahan tanah mengikuti kontur, pembuatan teras, serta pengelolaan residu tanaman untuk mengurangi limpasan permukaan dan erosi tanah (Maharjan et al., 2025). Penerapan prinsip konservasi dalam *land preparation* bertujuan menjaga stabilitas lahan, mempertahankan kesuburan tanah, dan menjamin keberlanjutan produksi kebun sawit. Pendekatan ini juga sejalan dengan praktik pengelolaan tanah berkelanjutan yang menekankan keseimbangan antara produktivitas dan perlindungan lingkungan (Ibrahim et al., 2025).

1.5.8 Alat dan Mesin dalam Land Preparation Sawit

1. Alat Berat untuk Pembukaan Lahan

Alat berat merupakan komponen utama dalam kegiatan *land preparation* pada perkebunan kelapa sawit berskala besar. Alat seperti buldoser dan ekskavator digunakan untuk pembukaan lahan, penebangan vegetasi, serta pembentukan permukaan lahan awal. Penggunaan alat berat dapat mempercepat proses kerja, namun harus dikendalikan untuk mencegah kerusakan struktur tanah (Wang et al., 2025). Pemilihan alat berat perlu mempertimbangkan kondisi lahan, jenis tanah, serta aspek lingkungan agar kegiatan pembukaan lahan tetap efisien dan berkelanjutan (Ibrahim et al., 2025).

2. Alat Pengolahan Tanah dan Perataan Lahan

Alat pengolahan tanah berfungsi untuk memperbaiki kondisi fisik tanah melalui penggemburan dan perataan lahan. Penggunaan alat ini bertujuan menciptakan media tanam yang mendukung pertumbuhan akar dan mempermudah pengaturan jarak tanam kelapa sawit (Kemboi et al., 2024). Pengolahan tanah yang dilakukan secara tepat dapat meningkatkan aerasi dan porositas tanah, serta memperbaiki distribusi bahan organik di lapisan tanah atas (Wang et al., 2025).

3. Alat Pendukung Drainase dan Infrastruktur Kebun

Alat pendukung drainase digunakan untuk membangun dan memelihara sistem pengelolaan air di perkebunan kelapa sawit. Sistem drainase yang baik sangat penting untuk mencegah genangan air dan menjaga keseimbangan kelembapan tanah, terutama pada lahan dengan curah hujan tinggi (Hoque, 2024). Selain itu, pembangunan infrastruktur kebun seperti jalan produksi dan saluran air merupakan bagian dari *land preparation* yang mendukung kelancaran operasional kebun secara keseluruhan (Maharjan et al., 2025).

4. Efisiensi Operasional dan Keselamatan Kerja

Efisiensi operasional dalam penggunaan alat dan mesin *land preparation* sangat dipengaruhi oleh perencanaan kerja, keterampilan operator, serta kondisi peralatan. Penggunaan alat yang sesuai dengan kapasitas dan kondisi lahan dapat menekan biaya operasional dan meningkatkan produktivitas kerja (Ibrahim et al., 2025). Selain efisiensi, aspek keselamatan kerja menjadi perhatian utama dalam kegiatan *land preparation*. Penerapan standar keselamatan kerja yang ketat diperlukan untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan menjamin keberlangsungan kegiatan perkebunan secara aman dan berkelanjutan (Maharjan et al., 2025).

1.5.9 Land Preparation pada Berbagai Kondisi Lahan

1. Land Preparation pada Lahan Datar

Lahan datar merupakan kondisi lahan yang paling ideal untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit karena memiliki tingkat kemudahan pengelolaan yang tinggi serta memungkinkan penerapan mekanisasi secara efisien dan berkelanjutan. Pada kondisi ini, kegiatan *land preparation* umumnya difokuskan pada pembersihan vegetasi awal, penataan permukaan tanah, serta pengaturan sistem jalur tanam dan drainase dasar guna menciptakan kondisi lahan yang seragam dan siap tanam (Kemboi et al., 2024). Pengolahan tanah yang dilakukan secara tepat pada lahan datar berperan penting dalam meningkatkan keseragaman pertumbuhan tanaman, efisiensi operasional kebun, serta optimalisasi penggunaan input produksi seperti pupuk dan air. Struktur tanah yang relatif stabil memungkinkan perbaikan aerasi dan penetrasi akar yang lebih baik. Meskipun demikian, pengelolaan drainase tetap menjadi aspek krusial, terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi, untuk mencegah terjadinya genangan air yang dapat menghambat respirasi akar dan meningkatkan risiko serangan penyakit tular tanah (Hoque, 2024). Dengan demikian, *land preparation* pada lahan datar tidak hanya berorientasi pada kemudahan teknis, tetapi juga pada penciptaan kondisi agroekosistem yang mendukung pertumbuhan tanaman sawit secara optimal dan berkelanjutan.

2. Land Preparation pada Lahan Berbukit dan Miring

Pada lahan berbukit dan miring, kegiatan *land preparation* memerlukan pendekatan yang lebih kompleks dan terintegrasi dengan prinsip konservasi tanah dan air. Pengolahan tanah mengikuti kontur, pembangunan teras individu maupun teras gulud, serta penataan jalur tanam searah kontur merupakan teknik utama yang diterapkan untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan dan menekan risiko erosi (Maharjan et al., 2025). Pendekatan konservatif ini bertujuan mempertahankan lapisan tanah atas yang kaya bahan organik dan unsur hara, serta menjaga stabilitas lereng dalam jangka panjang. Selain itu, penataan vegetasi penutup tanah sering dikombinasikan dalam tahap *land preparation* untuk meningkatkan daya serap air dan memperkuat agregat tanah. Tanpa penerapan teknik konservasi yang memadai, kegiatan *land preparation* pada lahan miring berpotensi mempercepat degradasi tanah, meningkatkan sedimentasi, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas kebun kelapa sawit secara signifikan (Ibrahim et al., 2025). Oleh karena itu, keberhasilan *land preparation* pada lahan berbukit sangat bergantung pada ketepatan desain konservasi serta disiplin dalam pelaksanaannya.

3. Land Preparation pada Lahan Gambut

Lahan gambut memiliki karakteristik fisik dan kimia yang sangat spesifik, sehingga memerlukan metode *land preparation* yang dilakukan secara hati-hati dan berbasis prinsip kehati-hatian lingkungan. Pengaturan tata air menjadi aspek paling krusial, karena kedalaman muka air tanah harus dijaga pada tingkat optimal untuk mencegah kekeringan berlebihan yang dapat memicu oksidasi gambut maupun genangan yang menghambat pertumbuhan akar sawit (Hoque, 2024). Selain pengelolaan air, kegiatan *land preparation* pada lahan gambut harus meminimalkan gangguan terhadap struktur tanah untuk mencegah terjadinya subsidensi dan penurunan permukaan lahan. Pengelolaan biomassa secara tanpa bakar (*zero burning*), pembatasan intensitas penggunaan alat berat, serta penataan jalur transportasi yang terkendali merupakan strategi penting dalam menjaga stabilitas dan daya dukung lahan gambut (Ibrahim et al., 2025). Pendekatan ini tidak hanya berorientasi pada produktivitas, tetapi juga pada perlindungan ekosistem gambut

4. Penanganan Risiko Erosi dan Genangan

Risiko erosi dan genangan merupakan tantangan utama dalam kegiatan *land preparation* pada berbagai kondisi lahan. Erosi berpotensi menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang subur dan kaya unsur hara, sementara genangan air dapat menghambat aerasi tanah serta mengganggu pertumbuhan dan fungsi sistem perakaran tanaman kelapa sawit (Wang et al., 2025). Penanganan risiko tersebut dilakukan melalui kombinasi teknik konservasi tanah dan air, seperti pengolahan tanah minimum, pembuatan saluran drainase yang terencana, serta pengelolaan residu tanaman dan penutup tanah di permukaan lahan. Pendekatan terpadu ini bertujuan menjaga keseimbangan hidrologi, mengurangi degradasi tanah, dan mempertahankan stabilitas lahan dalam jangka panjang (Maharjan et al., 2025).

1.5.10 Dampak Land Preparation

A. Pengaruh terhadap Pertumbuhan Awal Tanaman Sawit

Land preparation yang dilakukan secara tepat dan terencana memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan awal tanaman kelapa sawit. Kondisi tanah yang gembur, aerasi yang baik, serta ketersediaan air dan unsur hara yang optimal akan mendukung perkembangan sistem perakaran, meningkatkan penyerapan nutrisi, dan memperkuat vigor tanaman pada fase awal pertumbuhan (Kemboi et al., 2024). Sebaliknya, kesalahan dalam *land preparation*, seperti pengolahan tanah yang berlebihan atau sistem drainase yang buruk, dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam dan menurunkan potensi produktivitas kebun dalam jangka panjang (Ibrahim et al., 2025).

B. Dampak terhadap Kesuburan dan Struktur Tanah

Kegiatan *land preparation* memiliki dampak langsung terhadap kesuburan dan struktur tanah. Pengolahan tanah yang terkendali mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, serta mempercepat ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Namun, pengolahan yang terlalu intensif berpotensi merusak agregat tanah, meningkatkan kerentanan terhadap erosi, dan mempercepat proses degradasi tanah (Wang et al., 2025). Oleh karena itu, intensitas dan metode *land preparation* harus disesuaikan dengan karakteristik lahan agar tercapai keseimbangan antara peningkatan produktivitas dan pelestarian sumber daya tanah (Ibrahim et al., 2025).

C. Dampak Lingkungan dan Upaya Mitigasi

Selain berdampak pada tanah, kegiatan *land preparation* juga berpotensi mempengaruhi kualitas lingkungan secara luas, termasuk peningkatan emisi, hilangnya keanekaragaman hayati, serta perubahan tata air lokal. Praktik pembakaran lahan dalam *land preparation* terbukti menimbulkan dampak lingkungan yang serius, sehingga harus dihindari (Hoque, 2024). Upaya mitigasi dilakukan melalui penerapan prinsip *zero burning*, konservasi tanah dan air, serta pengelolaan biomassa yang ramah lingkungan. Pendekatan ini bertujuan meminimalkan dampak negatif *land preparation* terhadap lingkungan sekaligus mendukung keberlanjutan sistem perkebunan sawit (Maharjan et al., 2025).

D. Prinsip Keberlanjutan dalam Land Preparation Sawit

Prinsip keberlanjutan dalam *land preparation* sawit menekankan keseimbangan antara produktivitas ekonomi, perlindungan lingkungan, dan tanggung jawab sosial. Penerapan praktik *land preparation* berkelanjutan bertujuan menjaga daya dukung lahan, mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam, serta memastikan keberlangsungan produksi dalam jangka panjang (Ibrahim et al., 2025). Pendekatan ini sejalan dengan tuntutan global terhadap praktik perkebunan kelapa sawit yang ramah lingkungan dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan (Maharjan et al., 2025).

1.5.11 Praktik Terbaik (*Best Management Practices*)

1. Standar Operasional Land Preparation Perkebunan Sawit

Best Management Practices (BMP) dalam *land preparation* sawit diwujudkan melalui penerapan standar operasional yang jelas, terukur, dan konsisten. Standar ini mencakup tahapan kerja, pemilihan dan penggunaan alat serta mesin, serta penerapan prinsip konservasi tanah dan air sejak tahap awal pengembangan kebun (Kemboi et al., 2024). Standar operasional yang baik berfungsi sebagai pedoman untuk menjamin kualitas pelaksanaan *land preparation*, meningkatkan efisiensi kerja, serta meminimalkan risiko teknis dan lingkungan (Ibrahim et al.,

2. Integrasi Aspek Teknis, Ekonomi, dan Lingkungan

BMP dalam *land preparation* sawit menuntut integrasi yang seimbang antara aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Kegiatan *land preparation* harus dirancang tidak hanya untuk mencapai efisiensi biaya dan produktivitas tinggi, tetapi juga untuk menjaga kelestarian sumber daya alam dan fungsi ekosistem (Maharjan et al., 2025). Pendekatan terpadu ini memungkinkan pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang memiliki daya saing tinggi sekaligus berkelanjutan dalam jangka panjang (Hoque, 2024).

3. Evaluasi dan Monitoring Kegiatan Land Preparation

Evaluasi dan monitoring merupakan komponen penting dalam penerapan BMP *land preparation* sawit. Kegiatan ini bertujuan menilai efektivitas metode yang diterapkan, mengidentifikasi dampak lingkungan, serta menentukan kebutuhan perbaikan dan penyesuaian strategi di masa mendatang (Ibrahim et al., 2025). Monitoring yang dilakukan secara berkelanjutan memungkinkan respons adaptif terhadap dinamika kondisi lahan dan lingkungan, sehingga mendukung keberhasilan pengelolaan perkebunan kelapa sawit secara berkelanjutan dan bertanggung jawab (Wang et al., 2025).

1.6 Pemilihan Bibit Unggul Kelapa Sawit

1.6.1 PengertianKelapaSawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional Indonesia. Produktivitas dan keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit sangat ditentukan oleh kualitas faktor produksi, salah satunya adalah penggunaan bibit unggul. Bibit merupakan fondasi awal yang akan memengaruhi pertumbuhan vegetatif, produktivitas tandan buah segar (TBS), rendemen minyak, serta ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan dan serangan organisme pengganggu tanaman sepanjang siklus hidupnya. Pemilihan bibit unggul kelapa sawit menjadi tahap krusial dalam kegiatan budidaya karena kesalahan pada fase ini bersifat irreversible dan berdampak jangka panjang. Bibit yang berasal dari sumber tidak jelas, bermutu rendah, atau tidak sesuai dengan karakteristik lahan dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak seragam, produktivitas rendah, umur produktif yang pendek, serta meningkatnya biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, penggunaan bibit unggul yang bersertifikat dan sesuai standar teknis merupakan langkah awal yangwajibdipenuhiuntukmencapaikebunkelapasawityangproduktifdanberkelanjutan.(Fajar dkk, 2018)

Secara genetik, bibit unggul kelapa sawit merupakan hasil persilangan terkontrol antara induk unggul yangmemiliki sifat-sifat agronomis terbaik, seperti potensi hasil tinggi, kandungan minyak optimal, pertumbuhan yang vigor, serta toleransi terhadap penyakit utama kelapa sawit. Selain aspek genetik, kualitas bibit juga ditentukan oleh proses pembibitan yang benar, mulai dari pemilihan benih, perkecambahan, pembibitan awal (pre-nursery), hingga pembibitan utama (main nursery). Dalam konteks pengembangan perkebunan kelapa sawit yang berwawasan lingkungan dan berorientasi pada efisiensi produksi, pemahaman mengenai kriteria, sumber, dan teknik pemilihan bibit unggul menjadi sangat penting bagi praktisi, akademisi, maupun pelaku usaha perkebunan. Subbab ini membahas secara komprehensif konsep pemilihan bibit unggul kelapa sawit, mencakup aspek genetik, fisiologis, danteknis, sebagai dasar untuk menghasilkan tanaman kelapa sawit yang berdaya saing tinggi dan berkelanjutan.

Dalam kajian agroteknologi,bibit unggul menempati posisi sentral sebagai komponen dasar dalam sistem produksi tanaman. Bibit unggul di definisikan sebagai bahan tanam yang memiliki kualitas genetik superior, kondisi fisiologis optimal, dan penampilan morfologis yang memenuhi standar teknis, sehingga mampu tumbuh secara maksimal dan menghasilkan produktivitas tinggi secara berkelanjutan. Keunggulan bibit tidak hanya dinilai dari pertumbuhan awal, tetapi juga dari kemampuan tanaman dalam mempertahankan performa produksi sepanjang siklus hidupnya. Agroteknologi memandang bibit unggul sebagai hasil integrasi antara ilmu pemuliaan tanaman, fisiologi tanaman, teknologi benih, serta manajemen pembibitan. Oleh karena itu, konsep bibit unggul tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan bagian dari sistem teknologi budidaya yang saling berkaitan dengan faktor lingkungan, pengelolaan lahan, dan praktik agronomis lainnya.(Santi dkk, 2020)

- BibitUnggulsebagai FondasiSistemProduksiTanaman
  Bibit unggul merupakan fondasi utama dalam pembangunan pertanian dan perkebunan modern. Tanaman dengan potensi genetik tinggi hanya dapat diwujudkan apabila proses budidaya diawali dengan penggunaan bibit bermutu. Dalam konteks tanaman tahunan seperti kelapa sawit, pemilihan bibit unggul memiliki dampak jangka panjang karena tanaman akan berproduksi selama puluhan tahun. Kesalahan pada tahap pemilihan bibit akan menyebabkan kerugian ekonomi yang berkelanjutan dan sulit diperbaiki. Dalam sistem agroteknologi, penggunaan bibit unggul berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi produksi, karena tanaman yang tumbuh seragam memudahkan pengelolaan kebun, meningkatkan respons terhadap pemupukan, serta mengoptimalkan pemanfaatan faktor lingkungan seperti cahaya, air, dan unsur hara.
- Dimensi Genetik dalam Konsep Bibit Unggul
  Dimensi genetik merupakan aspek utama dalam konsep bibit unggul. Bibit unggul harus berasal dari sumber benih yang jelas, terdaftar, dan dihasil kan melalui program pemuliaan tanaman yang terencana. Secara genetik, bibit unggul memiliki sifat-sifat yang telah diseleksi, antara lain potensi hasil tinggi, stabilitas produksi, adaptasi luas atau spesifik terhadap lingkungan tertentu, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit utama. Dalam agroteknologi modern, keunggulan genetik bibit juga dikaitkan dengan keseragaman tanaman dilapangan. Bibit yang seragam akan menghasilkan populasi tanaman dengan

Pertumbuhan relati fsama,sehingga mempermudah pengelolaan kebun dan meningkatkan efisiensi pemanenan. Oleh karena itu, penggunaan bibit hasil persilangan terkontrol atau varietas unggul bersertifikat menjadi prinsip utama dalam konsep bibit unggul.

- DimensiFisiologisBibitUnggul

  Selain faktor genetik,bibit unggul harus memiliki kualitas fisiologis yang tinggi. Kualitas fisiologis berkaitan dengan kemampuan bibit untuk tumbuh, berkembang, dan beradaptasi dengan lingkungan tumbuh setelah ditanam di lapangan. Bibit dengan vigor tinggi memiliki daya tumbuh cepat, sistem perakaran kuat, serta ketahanan terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, kelebihan air, atau perubahan suhu. Dalam agroteknologi, aspek fisiologis bibit sangat menentukan keberhasilan tanaman pada fase awal pertumbuhan. Fase ini merupakan periode kritis yang memengaruhi pembentukan struktur tanaman dan produktivitas jangka panjang. Bibit dengan kualitas fisiologis rendah cenderung mengalami pertumbuhan terhambat, mudah terserang penyakit, dan memiliki daya saing rendah terhadap gulma.

- DimensiMorfologisdanStandarVisualBibitUnggul

  Secara morfologis, bibit unggul dapat dikenali melalui ciri-ciri fisik yang mencerminkan kesehatan dan keseimbangan pertumbuhan. Parameter morfologis yangumum digunakan dalam agroteknologi meliputi tinggi tanaman yang proporsional, jumlah daun sesuai umur, warna daun hijau segar, batang kokoh, serta sistem perakaran yang berkembang baik dan tidak mengalami kerusakan. Penilaian morfologis menjadi bagian penting dalam proses seleksi bibit di persemaian. Bibit yang menunjukkan pertumbuhan abnormal, cacat fisik, atau gejalaserangan hamadan penyakit harus dieliminasi agart idak menurunkan kualitas populasi tanaman dilapangan. Dengan demikian, standar morfologis merupakan indikator praktis dari keberhasilan penerapan teknologi pembibitan.

- PeranTeknologiPembibitandalamMewujudkanBibitUnggul

  Agroteknologi menekankan bahwa keunggulan bibit tidak hanya ditentukan oleh faktor genetik, tetapi juga oleh proses pembibitan yang tepat. Teknologi pembibitan mencakup pengelolaan media tanam, pengaturan naungan, pemupukan berimbang, penyiraman teratur, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman di persemaian. Proses pembibitan yang tidak sesuai standar dapat menurunkan potensi

genetik bibit unggul. Oleh sebab itu,penerapan prinsip-prinsip agroteknologi dalam pembibitan menjadisyarat Mutlak untuk menghasilkan bibit yang siap tanam dan mampu beradaptasi dengan kondisi lapangan.

- Bibit Unggul dalam Perspektif Keberlanjutan Pertanian
  Dalam perkembangan agroteknologi berkelanjutan, konsep bibit unggul juga dikaitkan dengan aspek lingkungan dan sosial ekonomi. Bibit unggul diharapkan mampu menghasilkan produktivitas tinggi dengan input yang lebih efisien, sehingga mengurangi tekanan terhadap lingkungan. Selain itu, penggunaan bibit unggul bersertifikat melindungi petani dan pekebun dari risiko penggunaan bibit ilegal atau bermutu rendah. Dengan demikian, konsep bibit unggul dalam agroteknologi tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil, tetapi juga pada keberlanjutan sistem produksi, efisiensi pengelolaan sumber daya, dan peningkatan kesejahteraan pelaku usaha tani dan perkebunan.

1.6.2 Hubungan Bibit Unggul Dengan Produktivitas Kelapa Sawit

Produktivitas kelapa sawit merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik, lingkungan, dan teknologi budidaya. Di antara berbagai faktor tersebut, bibit unggul memiliki peran yang sangat menentukan karena menjadi fondasi awal dalam pembentukan potensi produksi tanaman. Dalam perspektif agroteknologi, produktivitas kelapa sawit tidak dapat dipisahkan dari kualitas bibit yang digunakan sejak tahap awal pembibitan hingga penanaman dilapangan.(Utami dkk, 2020)

a. Bibit Unggul sebagai Penentu Potensi Genetik Produksi

Bibit unggul kelapasawit memiliki potensi genetik yanglebih tinggi dibandingkan bibit non- unggul atau tidak bersertifikat. Potensi ini tercermin dalam kemampuan tanaman menghasilkan tandan buah segar (TBS) dengan jumlah dan bobot yang optimal serta rendemen minyak yang tinggi. Bibit unggul umumnya berasal dari hasil persilangan terkontrol antara induk dura dan pisifera yangmenghasilkan tipetenera, yangsecarailmiah terbukti memiliki ketebalan cangkang tipis dan kandungan minyak lebih tinggi. Potensi genetik yang melekat pada bibit unggul bersifat bawaan dan tidak dapat diperbaiki melalui perlakuan budidaya apabila sejak awal bibit yang digunakan memiliki mutu genetik rendah. Oleh karena itu,penggunaan bibit unggul menjadi syarat utama untuk mencapai produktivitas maksimal dalam jangka panjang. (Susilo,2020)

b. Pengaruh Bibit Unggul terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman

Pertumbuhan vegetatif yang baik merupakan prasyarat bagi tanaman kelapa sawit untuk memasuki fase generatif secara optimal. Bibit unggul menunjukkan pertumbuhan awal yang lebih cepat dan seragam, ditandai dengan perkembangan sistem perakaran yang kuat, pembentukan batang yang kokoh, serta jumlah dan luas daun yang memadai. Kondisi vegetatif yang optimal memungkin kan tanaman melakukan fotosintesis secara maksimal, yang pada akhirnya mendukung pembentukan bunga dan tandan buah. Sebaliknya, penggunaan bibit yang tidak unggul sering menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak seragam, keterlambatan berbuah,serta rendahnya daya saing tanaman terhadap gulma dan cekaman lingkungan. Ketidakteraturan pertumbuhan ini berdampak langsung pada penurunan produktivitas kebun secara keseluruhan.

c. Hubungan Bibit Unggul dengan Awal dan Stabilitas Produksi

Bibit unggul memiliki kemampuan memasuki fase produksi lebih cepat dibandingkan bibit bermutu rendah. Tanaman dari bibit unggul umumnyamulai menghasilkan TBS padaumur yang lebih muda dan mampu mempertahankan kestabilan produksi dalam jangka waktu yang panjang. Stabilitas produksi ini sangat penting dalam usaha perkebunan kelapa sawit karena berpengaruh langsung terhadap perencanaan panen, efisiensi tenaga kerja, dan keuntungan ekonomi. Dalam jangka panjang, kebun yang ditanami bibit unggul menunjukkan tingkat produktivitas yang relatif stabil dan tidak mengalami penurunan drastis, asalkan didukung oleh manajemen budidaya yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa bibit unggul berkontribusi terhadap keberlanjutan produksi kelapa sawit. (Adi Prijuna Lubis, 2018)

d. Bibit Unggul dan Efisiensi Pemanfaatan Input Produksi

Hubungan antara bibit unggul dan produktivitas juga tercermin dalam efisiensi penggunaan input produksi, seperti pupuk, air, dan tenaga kerja. Tanaman yang berasal dari bibit unggul memiliki respons yang lebih baik terhadap pemupukan karena sistem perakarannya mampu menyerap unsur hara secara optimal. Efisiensi ini memungkin kan peningkatan hasil produksi tanpa harus meningkatkan input secara berlebihan. Dalam perspektif agroteknologi, efisiensi input merupakan indikator penting dari produktivitas yang berkelanjutan. Bibit unggul membantu menekan biaya produksi per satuan hasil, sehingga meningkatkan daya saing usaha perkebunan kelapa sawit.

e. Ketahanan Bibit Unggul terhadap Hama, Penyakit, dan Cekaman Lingkungan

Bibit unggul umumnya memiliki tingkat toleransi yang penyakit utama kelapa sawit, serta mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan. Ketahanan ini berkontribusi secara tidak langsung terhadap peningkatan produktivitas karena tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal tanpa gangguan yang berarti. Tanaman yang berasal dari bibit bermutu rendah cenderung lebih rentan terhadap gangguan biotik dan abiotik, yang dapat menyebabkan penurunan hasil, bahkan kematian tanaman. Oleh sebab itu, ketahanan bibit unggul menjadi faktor penting dalam menjaga produktivitas kebun dalam jangka panjang.

f. Dampak Ekonomi Penggunaan Bibit Unggul terhadap Produktivitas Kebun

Secara ekonomi, penggunaan bibit unggul memberikan keuntungan yang signifikan bagi pekebun. Produktivitas TBS yang tinggi dan stabil akan meningkatkan pendapatan, sementara efisiensi input produksi menurunkan biaya operasional. Meskipun harga bibit unggul relatif lebih tinggi dibandingkan bibit non-unggul, investasi tersebut sebanding dengan peningkatan hasil yang diperoleh selama umur produktif tanaman. Dengan demikian, hubungan antara bibit unggul dan produktivitas kelapa sawit bersifat langsung dan strategis. Bibit unggul tidak hanya menentukan besarnya hasil yang dapat dicapai, tetapi juga memengaruhi efisiensi, stabilitas, dan keberlanjutan sistem produksi kelapa sawit. (Khair dkk, 2014)

g. Keragaman Genetik Kelapa Sawit

Kelapa sawit memiliki keragaman genetik yang cukup luas, baik dari segimorfologi, fisiologi, maupun produktivitas. Keragaman ini menjadi sumber daya penting dalam program pemuliaan tanaman. Dalam praktik agroteknologi, keragaman genetik dimanfaatkan untuk memilih individu- individu unggul yang memiliki sifat agronomis terbaik,seperti produksi tandan buah segar tinggi

rendemen minyak optimal, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Namun, keragaman genetik yang tidak terkontrol juga dapat menyebab kan ketidak teraturan pertumbuhan dan produksi di lapangan. Oleh karena itu, pengelolaan keragaman genetik melalui seleksi dan persilangan terarah menjadi kunci dalam menghasilkan bibit unggul yang seragam dan berdaya hasil tinggi.

1.6.1.1 TipeBuah KelapaSawitdanImplikasinyaterhadapProduktivitas

Secara genetik, kelapa sawit dibedakan menjadi tiga tipe utama berdasarkan ketebalan cangkangbuah,yaitudura,pisifera,dantenera.Tipeduramemilikicangkangtebaldankandungan minyak relatif rendah, sedangkan pisifera umumnya tidak bercangkang tetapi sering mengalami sterilitas betina. Persilangan antara dura dan pisifera menghasilkan tipe tenera yang memiliki cangkangtipisdan kandungan minyaktinggi. Bibitunggulkelapasawitsecaragenetikdiarahkan untuk menghasilkan populasi tanaman tipe tenera. Tipe ini secara ilmiah terbukti memberikan produktivitasminyakyanglebihtinggidibandingkantipelainnya,sehinggamenjadistandardalam pengembangan perkebunan kelapa sawit modern.

1.6.1.2 PrinsipPemuliaanTanamandalamPengembanganBibit Unggul

Pengembangan bibit unggul kelapa sawit didasarkan pada prinsip pemuliaan tanaman, yaitu seleksi, persilangan, dan evaluasi. Seleksi dilakukan terhadap tanaman induk yangmemiliki sifat unggul, seperti produksi tinggi, pertumbuhan vigor, dan ketahanan terhadap penyakit. Tanaman induk terpilih kemudian disilangkan secara terkontrol untuk menghasilkan benih dengan kombinasi genetik yang diharapkan. Dalam agroteknologi, proses pemuliaan kelapa sawit memerlukan waktu yang panjang karena tanaman ini memiliki siklus hidup tahunan yang lama. Oleh sebab itu, ketepatan dalam menentukan kriteria seleksi genetik menjadi sangat pentingagar bibit yang dihasilkan benar-benar memiliki keunggulan yang stabil dan dapat diwariskan.

1.6.1.3 StabilitasdanPewarisanSifatGenetikBibitUnggul

Bibit unggul harus memiliki stabilitas genetik yang tinggi, artinya sifat-sifat unggul yang dimilikidapatdiwariskansecarakonsistendantidakmudahberubahakibatpengaruhlingkungan. Stabilitas genetik sangat penting untuk menjamin keseragaman pertumbuhan dan produksi tanaman di lapangan. Dalam konteks kelapa sawit, stabilitas genetik dicapai melalui penggunaan indukterpilihdansistemproduksibenihyangterkontrol.Benihyangdihasilkandarisumberresmi

dan bersertifikat telah melalui pengujian genetik dan agronomis untuk memastikan bahwa sifatunggulnya dapat diekspresikan secara optimal di berbagai kondisi lingkungan.

1.6.1.4 PeranGenetikdalamKetahananterhadapCekamanBiotikdanAbiotik

Aspek genetik juga berperan penting dalam menentukan ketahanan bibit kelapa sawit terhadapcekamanbiotik(hamadanpenyakit)danabiotik(kekeringan,kelebihanair,ataukondisi tanah marginal). Bibit unggul secara genetik memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadaplingkungan tumbuhtertentu,sehinggamampumempertahankanproduktivitasmeskipun menghadapi kondisi yang kurang ideal. Ketahanan genetik ini menjadi salah satu fokus utama dalamprogrampemuliaankelapasawitmodern,terutamadalammenghadapitantanganperubahan iklim dan perluasan perkebunan ke lahan-lahan suboptimal.

1.6.1.5 SignifikansiDasarGenetikBibitUnggulдalamAgroteknologi Berkelanjutan

Dalam pengembangan agroteknologi berkelanjutan, dasar genetik bibit unggul berperan sebagai penopang utama peningkatan produktivitas tanpa harus meningkatkan luas lahan secara berlebihan.Denganmemanfaatkanpotensigenetikbibit unggul, produktivitasdapat ditingkatkan melalui intensifikasi yang efisien dan ramah lingkungan. Dengan demikian, dasar genetik bibit unggul kelapa sawit merupakan faktor kunci yang menentukan keberhasilan budidaya dan produktivitas kebun. Pemahaman yang baik terhadap aspek genetik ini menjadi prasyarat bagi penerapan teknologi budidaya yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.(Rusydi & Ahmad rafi, 2023)

TipeGenetikBuahKelapaSawitdanKarakteristik Produksi

Tipe Genetik	Asal Genetik	Ketebalan Cangkang	Kandungan Minyak	Karakter Produksi	Keterangan
Dura	Penyerbukan alami/induk betina	Tebal	Rendah	Bobot buah tinggi tetapi rendemen minyakrendah	Tidak direkomendasikan untukkebunproduksi
Pisifera	Indukjantan hasilseleksi	Tidak bercangkang	Tinggi (potensial)	Seringsteril betina	Digunakansebagai tetuajantan

Tipe Genetik	Asal Genetik	Ketebalan Cangkang	Kandungan Minyak	Karakter Produksi	Keterangan
Tenera	Persilangan *dura*×*pisifera*	Tipis	Tinggi	Produksi TBS dan rendemen minyakoptimal	Standarbibitunggul kelapa sawit

SifatGenetikUnggulBibit KelapaSawitdanDampaknyaterhadapProduktivitas

SifatGenetik Unggul	Deskripsi Genetik	DampakAgronomis	Implikasiterhadap Produktivitas
Potensihasil tinggi	Genpengendalijumlah dan bobot tandan	ProduksiTBS meningkat	Produktivitaskebun lebih tinggi
Rendemenminyak tinggi	Ketebalancangkangtipis (tenera)	Persentaseminyak meningkat	Efisiensipengolahan meningkat
Pertumbuhan vigor	Genpertumbuhanaktif dan stabil	Tanamancepat beradaptasi	Awalberbuahlebih cepat
Keseragaman genetik	Benihhasilpersilangan terkontrol	Pertumbuhan seragam	Manajemenkebunlebih efisien
Ketahanan penyakit	Gentoleransiterhadap patogen utama	Tanamanlebihsehat	Risikokehilanganhasil menurun

(Santidkk, 2020)

1.6.4 Tahapan Seleksi Bibit Di Persemaian

Seleksi bibit di persemaian merupakan tahapan penting dalam rangka menghasilkan bibit kelapa sawit yang berkualitas dan siap ditanam di lapangan. Dalam agroteknologi, seleksi bibit bertujuan untuk memastikan bahwa hanya bibit yang memiliki mutu genetik, fisiologis, dan morfologisterbaikyangdipindahkankekebun.Prosesseleksiiniharusdilakukansecarabertahap

dan berkesinambungan, mulai dari benih hingga akhir masa pembibitan, guna meminimalkan risiko kegagalan tanaman pada fase produksi.

A. SeleksiBenih(Seed Selection)

Tahap awal seleksi dilakukan pada benih sebelum proses perkecambahan. Benih yang digunakan harus berasal dari sumber resmi dan bersertifikat, dengan identitas genetik yang jelas. Benih unggul umumnya berasal dari hasil persilangan terkontrol dura × pisifera yang menghasilkan tipe tenera. Seleksi benih bertujuan untuk memastikan viabilitas dan kemurnian genetik. Benih yangrusak secara fisik, terserangjamur, atau memiliki ukuran tidak normal harus dieliminasi karena berpotensi menghasilkan bibit dengan vigor rendah.

B. SeleksiKecambah(GerminatedSeed)

Setelah benih berkecambah, dilakukan seleksi kecambah berdasarkan kondisi radikula dan plumula. Kecambah yang baik ditandai dengan akar primer lurus, berwarna putih bersih, serta plumula yangtumbuh normal. Kecambah abnormal, seperti akarbengkok, bercabangberlebihan, atau busuk, harus dibuang. Tahap ini penting karena kualitas kecambah sangat memengaruhi pembentukan sistem perakaran awal, yang menjadi dasar pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit.

C. SeleksiBibitdiPersemaianAwal(Pre-Nursery)

Persemaian awal atau pre-nursery merupakan fase pembibitan awal, biasanya berlangsung selama 2–3 bulan. Pada tahap ini, seleksi dilakukan berdasarkan keseragaman pertumbuhan, kondisidaun,dankesehatanbibit. Bibit yangmenunjukkanpertumbuhanlambat,daunmenguning, cacat morfologis, atau terserang hama dan penyakit harus disingkirkan. Seleksi di tahap ini bertujuan untuk menjaga populasi bibit tetap seragam dan sehat sebelum dipindahkan ke persemaian utama.

D. SeleksiBibitdiPersemaianUtama(MainNursery)

Seleksipalingketatdilakukandipersemaianutama(mainnursery),yangberlangsunghingga bibit berumur sekitar 10–12 bulan. Pada tahap ini, penilaian bibit mencakup aspek morfologis, fisiologis, dan kesehatan tanaman. Bibit unggul di main nursery ditandai dengan tinggi tanaman proporsional, jumlah daun sesuai umur, warna daun hijau segar, batang kokoh, serta sistem perakaran yangberkembang baik dan tidak melingkar. Bibit yangtidak memenuhi standar teknis harus dieliminasi agar tidak menurunkan mutu tanaman di lapangan.

E. SeleksiAkhirdanPenetapanBibitSiapTanam

Tahap terakhir adalah seleksi akhir sebelum bibit dipindahkan ke lapangan. Pada tahap ini,
bibitdievaluasisecaramenyeluruhuntukmemastikankesesuaiandenganstandarbibitsiaptanam.
Bibit yang lolos seleksi akhir diharapkan memiliki daya adaptasi tinggi dan mampu tumbuh optimal setelah ditanam di kebun. Seleksi akhir berperan penting dalam menjamin keberhasilan tanaman pada fase awal penanaman dan menentukan produktivitas kebun dalam jangka panjang. (Khair dkk, 2014

1.7 PolaTanamKelapaSawit

1.7.1 Konsep Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeisguineensis*Jacq.)

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas pertanian terpenting di dunia karena kemampuannya menghasilkan minyak nabati dalam jumlah yang sangattinggi.Padatahun2018,produksi minyaksawitduniamencapaisekitar75jutatondan menyumbang lebih dari 60% total produksi minyak dan lemak nabati global. Hal ini menunjukkan bahwa kelapa sawit memiliki peranan strategis dalam memenuhi kebutuhan minyak nabati dunia (Cui et al., 2020).

Tanaman kelapa sawit berasal dari Afrika dan saat ini telah dibudidayakan di lebih dari 42 negara. Indonesia dan Malaysia menjadi produsen utama minyak sawit dunia. Selain kontribusinya terhadap produksi minyak nabati, kelapa sawit juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan berperan penting dalam penciptaan lapangan kerja serta peningkatan ekonomi masyarakat lokal (Chukwuma & Udoh, 2012; Puasa et al., 2022; Rafflegeau et al., 2010).

Dalam praktik budidaya, kelapa sawit umumnya ditanam secara monokultur.Namun, sistem ini mulai mendapat perhatian karena dampaknya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan sistem agroforestri berbasis kelapa sawit mulai didorong sebagai alternatif yang lebihberkelanjutan. Sistemagroforestri mengombinasikankelapa sawit dengantanamanlain sehingga dapat meningkatkankeberlanjutan ekosistemdanketahananlingkungan (Masure et al., 2023).

Dari sisi agronomi, kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, terutama kalium. Unsur ini memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit di wilayah tropis. Kekurangan kalium dapat berdampak negatif terhadap hasil produksi tanaman (Cui et al., 2020). Selain itu, pengembangan perkebunan kelapa sawit di beberapa wilayah juga menimbulkan permasalahan sosial dan lingkungan, seperti deforestasi, sehingga diperlukan penerapan praktik budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Rafflegeau et al., 2010).

Dari aspek genetik, peningkatan produktivitas dan ketahanan tanaman kelapa sawit dapat dilakukan melalui pemuliaan tanaman. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah hibridisasiinterspesifikantara*Elaeisguineensis*dan*Elaeisoleifera*.Hibridainiterbukti

memilikipotensipeningkatankualitasdanketahananterhadappenyakit(Mozzonetal.,2015). Selainitu,teknologikulturjaringanmelaluiembriogenesissomatikjugadikembangkanuntuk mempercepat perbanyakan varietas unggul dalam skala besar, meskipun masih menghadapi tantangan berupa variasi somaklonal (Weckx et al., 2019).

KelapasawitjugarentanterhadappenyakitsalahsatunyaadalahBasalStemRotyang disebabkan oleh patogen dan dapat menurunkan produktivitas tanaman secara signifikan. Penyakit ini menjadi salah satu ancaman utama dalam pengelolaan perkebunankelapa sawit (Abraham et al., 2023).

Dalam aspek pascapanen dan keberlanjutan, limbah kelapa sawit seperti tandan kosong dan batang sawit dapat dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai bahan bangunan, kompos, atau bahan pendukung pertanian. Pemanfaatan limbah ini dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan perkebunankelapa sawit (Amirul et al., 2012; Egu et al., 2024).

1.7.2 Pertumbuhan dan Fase Perkembangan Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan yang memiliki peran penting dalam sektor pertanian dan perekonomian, khususnya di wilayah tropis. Tanaman ini menjadi sumber utama minyak nabati dan berkontribusi besar terhadap pendapatan negara serta penyediaanlapangan kerja. Pertumbuhan dan perkembangankelapa sawit dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, ketersediaan unsur hara, sertapenerapanmanajemenagronomiyangtepat.Olehkarenaitu,pemahamanmengenaifase pertumbuhan dan pengelolaan tanaman kelapa sawit sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan.

1. FasePertumbuhanKelapaSawit

Fase awal pertumbuhan kelapa sawit merupakan tahap yang sangat menentukan keberhasilan produksi pada fase selanjutnya. Pada tahap pre-nursery, pertumbuhan bibit sangatbergantungpadaketersediaanunsurharadidalammediatanam.Pemberianpupukhijau diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan bibit, yang ditunjukkan melalui peningkatan tinggi

tanaman, jumlah daun, dan diameter batang (Kusuma et al., 2023). Selain itu, jenis media tanamdanvarietasbibitjugaberpengaruhsignifikanterhadapkualitaspertumbuhanbibitpada fase awal ini (Kurniawan et al., 2023).

Pemanfaatan teknologi pendukung, seperti fungi mikoriza arbuskular, terbukti mampu meningkatkan penyerapan unsur hara oleh tanaman sehingga mendorong pertumbuhan bibit yanglebih baik, terutama pada kondisi cekaman lingkungan (Rini &Efriyani, 2017).

Pada fase nursery, pengelolaan bibit menjadi semakin kompleks. Penerapankonsorsium mikoriza tidak hanya meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, tetapi juga berperan dalam menekan perkembangan penyakit, khususnya penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense* (Priwiratama et al., 2022). Selain itu, pengaturan air dan nutrisi yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga kesehatan dan vigor bibit sebelum dipindahkan ke lahan tanam (Anwar et al., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa respons fisiologis tanaman terhadap ketersediaan unsur hara menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas bibit kelapa sawit (Rini & Efriyani, 2017).

2. FaseProduksi

Setelah tanaman memasuki fase produksi, faktor lingkungan dan penerapan praktik pertanian berkelanjutan menjadi sangat penting. Pola pemupukan yang tepatberpengaruh besar terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kelapa sawit. Pemberian pupuk kalsium, misalnya, diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan serta mendukung produktivitas tanaman dewasa (Widodo & Sudradjat, 2016).

Pengelolaan nutrisi yang baik dapat mengoptimalkan pertumbuhan daun dan meningkatkan hasil tandan buah segar. Penelitian menunjukkan bahwa perbedaan manajemen kebun dan pemupukan dapat menyebabkan variasi produktivitas kelapa sawit yang signifikan (Fauzi et al., 2022).

Namun demikian, perlu diperhatikanbahwa perluasanlahan perkebunankelapa sawit sering dikaitkan dengan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti deforestasi dan penurunan keanekaragaman hayati. Kondisi ini menuntut adanya pengelolaan perkebunan yang

lebih bertanggung jawab dan berkelanjutan (Rahman et al., 2023). Oleh sebab itu, kajian mengenai dampak ekonomi danlingkungandari budidayakelapa sawit perluterus dilakukan guna menjagakeseimbanganantara peningkatan produksi danpelestarianlingkungan(Utami et al., 2017)

1.7.3 Pola Tanam dan Jarak Tanam

Pola tanam dan jarak tanam merupakan dua aspek penting dalam sistem budidaya tanamankarena berpengaruhlangsungterhadappertumbuhan dan hasil produksi. Pengaturan jarak tanam yang tepat memungkinkan tanaman memperoleh cahaya, air, dan unsur hara secara optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Pada tanaman jagung (*Zea mays* L.), yang merupakan salah satu komoditas pangan utama dan bernilai ekonomi tinggi di Indonesia, penerapan jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang yang sesuai terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen secara signifikan(Noor et al., 2021).

Selain meningkatkan hasil, pengaturan pola tanam juga berpengaruh terhadap kesehatan dan efisiensi pertumbuhan tanaman. Penelitian pada budidaya rumput laut (*Eucheuma cottonii*) menunjukkan bahwa perbedaan jarak tanam dapat memengaruhi laju pertumbuhan dan hasil produksi. Hal ini menunjukkan bahwa prinsip pengaturan jarak tanam berlaku luas, tidak hanya pada pertanian darat, tetapi juga pada sistem budidaya perairan (Rukka et al., 2023). Pada pertanian lahan kering, jarak tanam perlu disesuaikan dengan kondisi lahan dan jenistanamanagar pemanfaatan sumber daya menjadi lebih optimal (Harini et al., 2022).

Perkembangan teknologi pertanian turut berperan dalam meningkatkan efektivitas pengaturan poladanjarak tanam.Inovasialattanamjagung, sepertialattanamdengan sistem roda, mampu membantu petani dalam mengatur jarak tanam secara lebih seragam, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga kerja di lapangan (Ambiyar et al., 2020). Selain itu, kegiatan penyuluhan dan pelatihan kepada petani terbukti meningkatkan pemahaman serta penerapan teknologi budidaya yang lebih baik, termasuk dalam pengelolaan pola dan jarak tanam (Musyarofah, 2020).

Dalamkonteks perubahan iklim, fleksibilitas dalam pengaturan pola dan jarak tanam menjadi semakin penting. Petani dituntut untuk mampu menyesuaikan sistem tanam dengan perubahanpolacurahhujandansuhu.Penelitiandi wilayahYogyakarta menunjukkanbahwa adaptasi melalui pengembangan sistem irigasi dan penerapan pola tanam yang lebih adaptif dapat meningkatkan ketahanan pertanian terhadap dampak perubahan iklim (Harini et al., 2022).Olehkarena itu, pemahamanmengenai

hubunganantara pola tanam, jaraktanam, dan keberlanjutan produksi menjadi faktor kunci dalam meningkatkan daya adaptasi dan produktivitas pertanian (Suranny et al., 2022).

1.7.4 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit (*Elaisguineensis*Jacq.)

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman penghasil minyak yang memiliki persyaratan tumbuh cukup spesifik. Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat ditentukanolehkesesuaiankondisilingkungan,terutamaiklimdancurahhujan,jenisdansifat tanah, pH tanah, serta ketinggian tempat. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan memengaruhi pertumbuhan serta produktivitas tanaman.

a) IklimdanCurahHujan

Iklim merupakan faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan dan produksi kelapa sawit. Tanamaninitumbuhoptimalpadadaerahdengancurahhujanberkisarantara2.000–2.500mm per tahun yang terdistribusi merata sepanjang tahun, sehingga tidak terdapat bulan kering dengan curah hujankurang dari 100 mm (Sakiah et al., 2021; Evizal et al., 2021). Curah hujan yang terlalu rendah, misalnya di bawah 1.250 mm per tahun, dapat menyebabkan cekaman kekeringan yang berdampak negatif terhadap pertumbuhan vegetatif dan hasil produksi kelapa sawit (Pradiko et al., 2020; Sari &Putra, 2023). Sebaliknya, curah hujan yang berlebihan juga berpotensi menurunkan kesuburan tanah akibat erosi dan pencucian unsur hara, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman (Sakiah et al., 2021; Sari & Putra, 2023).

b) JenisTanah dan pH

Kelapa sawit umumnya tumbuh baik pada tanah yang memiliki drainase baik dan kandungan hara yang cukup, seperti tanah ultisol dan spodosol. Karakteristik fisik tanah, termasuk tekstur, kedalaman efektif, serta kemampuan menahan air, sangat berperan dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran tanaman (Sukarman et al., 2024; Alam et al., 2023).

Selain itu, pH tanahyang sesuaiuntuk pertumbuhankelapa sawitberkisarantara4,5–6,5. Kondisi pH yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menghambat ketersediaan unsur hara penting bagitanaman, sehingga berpotensi menurunkan produktivitas (Alam et al., 2023).

c) KetinggianTempat

Ketinggiantempatjugamenjadifaktorpentingdalammenentukankesesuaianlahanuntuk kelapa sawit. Tanaman ini umumnya tumbuh optimal di dataran rendah dengan ketinggian sekitar 200–500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Pada ketinggian di atas 600 mdpl, pertumbuhankelapa sawit cenderung kurang optimal karena perubahan suhu dan pola curah hujan yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman (Komarudin et al., 2022).

Selainmemengaruhi suhudancurahhujan,ketinggiantempatjugaberpengaruhterhadap intensitas penyinaran matahari yang diterima tanaman, yang sangat penting dalam proses fotosintesis (Komarudin et al., 2022).

1.7.5 Pola Tanam Kelapa Sawit(*Elaeisguineensis*Jacq.)

Dalam pengelolaan kebun kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), penerapan pola tanam yang tepat memegang peranan penting dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi pemanfaatanlahan,sertakeberlanjutansistemperkebunan.Polatanammenentukankerapatan populasi tanaman, distribusi cahaya, kompetisi unsur hara, dan kemudahan pengelolaan kebun. Beberapapolatanamyangumumditerapkanpada budidayakelapa sawitmeliputipolatanam segitiga sama sisi, pola tanam bujur sangkar, serta pola tanam dengan tanaman sela (tumpangsari).

a) PolaTanamSegitigaSamaSisi

Pola tanam segitiga sama sisi merupakan sistem penanaman di mana tanaman disusun membentuk segitiga dengan jarak yang sama antar tanaman. Pola ini memungkinkan kepadatan tanaman yang relatif lebih tinggi dibandingkan pola bujur sangkar, sehingga pemanfaatan lahan menjadi lebih optimal. Penelitian menunjukkan bahwa pola tanam segitiga sama sisi dapat meningkatkan efisiensi penyebaran cahaya dan penyerapan unsur hara oleh tanaman, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan produksi kelapa sawit (Dassou, 2025).

Susunan tanaman yang lebih merata pada pola ini juga mendukung pertumbuhan tajuk yang seimbang serta mengurangi ruang kosong di antara tanaman. Efisiensi pemanfaatan cahaya

matahariyanglebihbaikpadapolasegitigasamasisiberkaitaneratdenganpeningkatanproses fotosintesis dan akumulasi biomassa tanaman (Moss, 1992). Oleh karena itu, pola tanam ini banyak direkomendasikan untuk meningkatkan produktivitas kebun kelapa sawit secara optimal.

b) PolaTanamBujurSangkar

Pola tanam bujur sangkar menempatkan tanaman dalam susunan berbentuk segi empat denganjaraktanamyangsamakesegalaarah.Polainimemberikanruangtumbuhyangcukup bagi setiap tanaman, sehingga mengurangi persaingan antar tanaman pada fase awal pertumbuhan.Namun,dibandingkanpolasegitigasamasisi,efisiensipemanfaatanlahanpada pola bujur sangkar relatif lebih rendah jika tidak diimbangi dengan pengelolaan kebun yang intensif.

Beberapa penelitian menyarankan penerapan teknik pemangkasan pelepah dan pengelolaan tajuk secara optimal agar distribusi cahaya tetap merata dan produktivitas kebun dapat dipertahankan(Noviantoetal.,2022).Denganruangtumbuhyanglebihluas,tanamankelapa sawitpadapolabujursangkarcenderungmampumembentukbiomassavegetatifdangeneratif secara optimal, yang mendukung produksi jangka panjang(Syakir et al., 2020).

c) PolaTanamdenganTanamanSela(Tumpangsari)

Pola tanam dengan tanaman sela atau sistem tumpangsari merupakan sistem budidaya yang memanfaatkan ruang di antara tanaman kelapa sawit, khususnya pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM), dengan menanam tanaman semusim seperti jagung (*Zea mays*) dan kedelai (*Glycine max*). Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani sebelum kelapa sawit memasuki fase produksi.

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan tumpangsari pada kebun kelapa sawit muda dapat memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman utama (Afrizal, 2018; Hayati et al., 2018; Kusumawati et al., 2019). Selain manfaat ekonomi, sistem tanaman sela juga berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah melalui penambahan bahan organik, perbaikan struktur tanah, serta pengendalian gulma secara alami (Novianto et al., 2022; Bukri et al., 2024).

Interaksipositifantaratanamankelapasawitdantanamanseladalampemanfaatancahaya, ruang,danunsurharaterbuktimampumeningkatkanefisiensipenggunaansumberdayalahan, sehingga mendukung produktivitas dan keberlanjutan sistem perkebunan (Koussihouèdé et al., 2020).

1.7.6 Pengaruh Jarak Tanam terhada pPertumbuhandan Produksi

Jarak tanam merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksikelapa sawit(*Elaeisguineensis* Jacq.). PenelitianHayata etal. (2020)menunjukkan bahwa jarak tanam 8×8 m menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih tinggi dibandingkan jarak tanam 9×9 m. Namun, jarak tanam 9×9 m cenderung meningkatkan berat tandan buah segar dan produktivitas tanaman secara keseluruhan, meskipun pertumbuhan awalnya lebih lambat.

Firmansyah (2018) menekankan bahwa faktor lingkungan, termasuk jarak tanam, dapat memengaruhi kondisi morfologis dan respons fisiologis tanaman. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemahaman kondisi lingkungan sekitar tanaman dalam merancang strategi penanaman yang efektif.

Nuretal.(2018)melaporkanbahwajaraktanam70cm×25cmmemberikanhasilterbaikbagi pertumbuhandanproduksitanamanjagungyangditanambersamaandengankelapasawit.Hal inimenunjukkanbahwapengaturanjaraktanamtidakhanyapentinguntukkelapasawit,tetapi juga berpengaruh terhadap tanaman sela yang biasa diintegrasikan dalam sistem pertanian campuran.

Nasamsir dan Indrayadi (2016) menambahkan bahwa agroekosistem tempat kelapa sawit ditanam memengaruhi karakteristik fisik dan produksi tanaman, di mana hasil panen menunjukkan variasi sesuai jarak tanam yang diterapkan. Selain itu, Syakir et al. (2020) menemukan bahwa jarak tanam yang tepat dalam model peremajaan kelapa sawit dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas, serta mengoptimalkan pemanfaatan ruang lahan.

Peneliti	JarakTanam	Parameteryang Diamati	Hasil/TemuanUtama
Hayataetal., 2020	8×8m	Pertumbuhanvegetatif (tinggitanaman, jumlah daun)	Pertumbuhan vegetatif lebih tinggidibandingjarak9×9m
Hayataetal., 2020	9×9m	Berat tandan buah segar, produktivitas	Produktivitas lebih tinggi meskipun pertumbuhan awal lebih lambat

Firmansyah, 2018	Tidakspesifik	Kondisi morfologis danfisiologistanaman	Lingkungantermasukjarak tanam memengaruhi morfologi dan respons fisiologis

Nuretal.,2018	70cm×25cm (untuktanaman sela jagung)	Pertumbuhandan hasil jagung	Hasilterbaikuntuktanaman selayangditanambersama kelapa sawit
Nasamsir &Indrayadi,2016	Berbagaijarak	Karakteristikfisikdan produksikelapa sawit	Hasilproduksibervariasi sesuaijaraktanamdan agroekosistem
Syakiretal., 2020	Tidakspesifik	Pertumbuhan dan produksi tanaman, pemanfaatanruang	Jarak tanam efektif meningkatkan pertumbuhan, produksi, dan pemanfaatan lahan

1.8 Pemupukan Dan Pemeliharaan

1.8.1. Pemupukan

Pemupukan merupakan suatu tindakan perawatan tanaman. Pemupukan memberikan pengaruh besar terhadap produksi dan pertumbuhan tanaman. Tujuan dari pemupukan adalah memberikan tambahan unsur hara pada kandungan tanah. Penambahan tersebut, akan membantu ketersediaan kebutuhan tanaman dalam menyerap unsur hara di dalam tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman (Norasyifah et. al., 2019). Pemupukan pada zaman sekarang banyak menggunakan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dapat menimbulkan kerugian karena mencemari lingkungan dan menciptakan residu pada tanah. Penggunaan pupuk kimia memberikan akibat pada mikroorganisme pada tanah mati. Penguraian secara organik didalam tanah akibat sisa-sisa pupuk tidak mampu terserap dan memberikan gangguan. Akan tetapi, agar dapat unsur hara tetap tersedia maka diperlukan pupuk organik (Milyana, P, & S, 2019).

Salah satu pupuk organik yaitu pupuk guano. Pupuk ini merupakan pupuk yang terbuat dari kotoran hewanyaitu kelelawaratau burung laut. Pupuk ini mengandung unsur hara yaitu N sebesar 15 %, P sebesar 54%, K sebesar 1,7%. Pupuk guano merupakan pupuk yang memiliki kandungan P dan merupakan pupuk yang tidak kalah dibandingkan dengan pupuk organik lainnya (Suhartono, Sholehah, & Murdianto, 2020). Pupuk ini memiliki kandungan yang sangat bagus untuk pertumbuhan. Pupuk ini mengandung nitrogen, fosfor, dan potasium (Karnilawati, Fadhli, & Muksalmina, 2020). Pupuk guano yang berasal dari kelelawar

banyak mengandung unsur hara yaitu C, N,mineral. Hal ini mampu menyuburkan tanah dan memperbaiki tekstur tanah (Taofik, Setiati, & Purnama, 2018).

Pembuatan pupuk terdiri dari bentuk butiran dan juga non butiran. Pengetahuan akan pupuk guano masih minim dikalangan masyarakat. Masyarakat masih banyak ketergantungan terhadap pupuk kimia seperti pupuk urea dan sebagainya. Proses yang lama dari pupuk organik membuat masyarakat tidak tertarik dan lebih suka dengan pupuk kimia. Pengetahuan masyarakat tentang keseimbangan kandungan unsur hara dalam tanah masih minim, sehingga masyarakat belum tahu bahwa penggunaaan pupuk kimia secara terus-menerus menyebabkan reduksi unsur hara dan mengurangi kesuburan tanah.

7 Jenis Pupuk

Pupuk merupakan komoditi untuk menjadikan tanaman lebih produktif dengan menambahkan suplemen unsur makro dan mikro sehingga kualitas maupun kuantitas Produk pertanian maupun perkebunan akan lebih baik. Pupuk terbagi menjadi 3 jenis diantaranya:

Pupuk Organik (natural)

1. Pupuk Anorganik (unsur-unsur kimia)
2. Pupuk Cair

Pemupukan harus berimbang dalam penggunaannya antara pupuk organik dan pupuk anorganik berbanding 40:60 agar unsur-unsur yang ada dapat terserap oleh tanaman dengan baik. Pupuk majemuk NPK dilihat dari proses pembuatannya dibagi menjadi 3 jenis diantaranya:

1. Compounds

Bahan baku sebelum dicampur dalam satu adonan disamakan terlebih dahulu luas permukaannya agar dapat menyatu dan merata menjadi satu sehingga dalam satu butiran terdapat unsur-unsur yang sama sesuai dengan formulasinya.

2. *Blending*

Bahan baku dari masing-masing unsur dibuat butiran dengan ukuran/size yang sama kemudian dicampur sesuai dengan formulasinya.

3. Mixture

Bahan baku dengan berbagai buntuk fisik (powder, granul, kristal) dicampur menjadi satu sesuai dengan formulasinya.

Pupuk anorganik yang digunakan harus sesuai dosis yang tepat, artinya tidak berlebihan dan tidak kekurangan. Pemberian pupuk anorganik secara berlebihan akan mengakibatkan kerusakan tanah karena sifat pupuk anorganik yaitu cepat terserapnya zat hara sehingga menjadikan tanah tersebut menjadi miskin hara. Apabila kekurangan pupuk anorganik maka tanaman tersebut menjadi kekurangan makanan kimiawi untuk tanaman, sehingga tanaman tersebut kekurangan unsur hara dalam pertumbuhannya (Shinta, 2014).

Pemberian pupuk anorganik dengan dosis berlebih dapat memberikan efek negatif pada lingkungan mikroba, khususnya pada daerah yang dekat dengan partikel pupuk. Hal tersebut dapat meningkatkan konsentrasi garam dalam larutan tanah sehingga menyebabkan ketidakseimbangan hara, pH rendah, pH tinggi atau nitrit tinggi. Pemberian pupuk anorganik dalam jumlah sedikit memberikan efek menguntungkan pada komunitas mikroba heterotrofik dan memberikan efek positif pada struktur tanah, perbaikan ketersediaan hara dan meningkatkan kandungan humus (Rasti, 2013).

Penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dan berlebihan akan mematikan mikroorganisme yang ada di dalam tanah. Oleh karena itu, pada tanahtanah yang sudah miskin mikroorganisme, penggunaan atau pemberian pupuk mikrobiologis atau biofertilizer merupakan salah satu cara terbaik dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah. Penggunaan pupuk mikrobiologis tidak akan meninggalkan residu pada hasil tanaman sehingga aman bagi kesehatan manusia. Selain itu yang terpenting adalah penggunaannya dapat meningkatkan kesuburan tanah, memacu pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan produksi tanaman (Lingga, 2002).

Pupuk NPK adalah pupuk majemuk yang memiliki komposisi unsur hara yang seimbang dan dapat larut secara perlahanlahan. Pupuk NPK memiliki beberapa keunggulan antara lain sifatnya yang lambat larut sehingga dapat mengurangi kehilangan unsur hara akibat pencucian, penguapan, dan penjerapan oleh koloid tanah. Salah satu cara untuk mengurangi biaya produksi serta meningkatkan kualitas lahan dan hasil tanaman adalah dengan pemberian pupuk majemuk

seperti pupuk NPK. Keuntungan menggunakan pupuk majemuk adalah penggunaannya yang lebih efisien baik dari segi pengangkutan maupun penyimpanan (Pirngadi, 2005).

Unsur nitrogen berpengaruh terhadap aktivator enzim untuk pembentukan asam amino dan protein berguna untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif serta mendorong pertumbuhan meristem ujung batang. Nitrogen adalah unsur essensial untuk pertumbuhan tanaman. Peran nitrogen bagi tanaman yaitu untuk 15 merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, khususnya batang, cabang dan daun serta berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang berguna dalam proses fotosintesis (Lingga, 2002).

Unsur fosfor (P) dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar selain N dan K. Tanaman menyerap sebagian besar unsur hara P dalam bentuk ion orthofosfat primer (H2PO4). Apabila tanaman kekurangan unsur P antara lain menyebabkan tanaman tumbuh dengan lambat, tanaman menjadi kerdil, perkembangan akar terhambat, tepi daun, cabang dan batang berwarna keunguan atau merah yang kemudian mengering dan menjadi kering (Endah, 2008).

Supari, (1999) dalam Sari, (2009) menyatakan, unsur kalium (K) berperan selama pertumbuhan tanaman yaitu tahan terhadap penyakit. Tanaman yang cukup akan unsur kalium menyebabkan tanaman lebih tegar, sehingga proses fotosintesis dan proses metabolisme berjalan dengan baik. Kalium berperan dalam proses membuka dan menutupnya stomata, menunjang proses pembentukan akar, memperkuat daun, bunga dan buah sehingga tidak mudah layu dan gugur (Endah, 2008).

1.8.2 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman merupakan aspek yang memegang peranan penting dalam tumbuh kembang tanaman. Secara umum pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) serta pemeliharaan spesifik untuk tanaman tertentu. Namun dalam penerapannya seringkali melakukan pemeliharaan tanpa melihat kondisi dari tanaman. Waktu dan dosis dari penyiraman, pemupukan dan pestisida yang tidak sesuai dengan keadaan kelembaban media tanam, dan suhu udara pada lingkungan tanaman. Bagi tanaman pemeliharaan yang keliru dapat menjadikan tanaman dalam kondisi tidak baik. Bukan hanya tidak dapat tumbuh dan berkembang secara optimal namun tanaman bisa layu bahkan mati. Sementara itu tanaman dengan kondisi tidak baik tersebut dapat membawa petaka bagi pemilik tanaman karena hasil produksi yang gagal.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan pemeliharaan tanaman, yaitu: Kondisi kelembaban media tanam, dan suhu udara pada lingkungan tanaman serta waktu

dan dosis dalam penerapan pemeliharaan yang dibutuhkan tanaman sesuai dengan jenis tanaman tersebut. Kelembaban media tanam adalah jumlah partikel-partikel air yang berada pada media tanam yang berpengaruh pada tingkat kelembaban tanah, dan suhu udara adalah kadar uap di udara yang juga mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman, sedangkan komposisi merupakan kuantitas untuk dosis pemberian air, pupuk dan pestisida, Serta waktu adalah jadwal dan frekuensi pada pemeliharaan tanaman tersebut.

Pada saat ini pemeliharaan tanaman masih dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia, dimana pemilik tanaman biasanya melakukan penyiraman menggunakan gembor dan mencampur pupuk atau pesitisida dengan air untuk melakukan pemupukan dan pestisida. Pemeliharaan tanaman secara manual sering terjadi kesalahan dalam prosesnya yaitu: Pemilik tanaman melakukan penyiraman, pumupukan dan pestisida pada jadwal yang tidak tepat,melakukan pumupukan dan pestisida dengan konsentrasi dan dosis yang tidak sesuai dan sulitnya untuk mengetahui keadaan kelembaban tanah pada media tanam dan suhu udara pada lingkungan tanaman yang menjadikan penyiraman tidak efisien. Selain itu, faktor kelalaian manusia seperti malas dan terlupa karena adanya aktifitas atau kesibukan yang lain menjadikan jadwal pemeliharaan tanaman menjadi tidak teratur, dan saat pemilik tanaman sedang tidak berada dilokasi penanaman, pemeliharaan tanaman tidak dapat dilakukan, Sehingga pemeliharaan tanaman tidak dilakukan secara intensif dan berkala yang mengakibatkan pemeliharaan tanaman menjadi terabaikan.

1 Jenis Jenis Pemeliharaan Tanaman

Berikut adalah jenis-jenis pemeliharaan tanaman yang umum dilakukan dalam kegiatan budidaya pertanian:

1.7 Penyiraman Tanaman

Penyiraman merupakan kegiatan pemberian air secara teratur kepada tanaman untuk mempertahankan kelembapan tanah. Air merupakan unsur penting dalam proses fotosintesis dan metabolisme tanaman. Frekuensi dan jumlah air disesuaikan dengan kebutuhan spesifik jenis tanaman dan kondisi iklim. Menurut Jones (2008), penyiraman yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pertumbuhan akar dan mencegah stres kekeringan pada tanaman.

2 Pemupukan

Pemupukan adalah pemberian bahan yang mengandung unsur hara untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman. Tanah yang subur merupakan kunci

keberhasilan budidaya tanaman. Unsur hara utama seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) harus tersedia dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman (Brady & Weil, 2002). Pemupukan dapat dilakukan secara organik maupun anorganik sesuai dengan kebutuhan dan kondisi tanah

3 Penyiangan

Penyiangan adalah kegiatan menghilangkan gulma atau tanaman pengganggu yang tumbuh di sekitar tanaman utama. Gulma bersaing dengan tanaman utama dalam memperoleh cahaya, air, dan nutrisi tanah sehingga dapat mengurangi hasil panen. Menurut Radosevich et al. (2007), pengendalian gulma yang efektif merupakan salah satu faktor penting dalam budidaya tanaman karena dapat memperbaiki efisiensi penggunaan sumber daya.

4 Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan penyakit merupakan ancaman utama terhadap keberhasilan produksi tanaman. Hama dapat berupa serangga, nematoda, atau hewan pengganggu lainnya, sedangkan penyakit dapat disebabkan oleh bakteri, jamur, virus, atau organisme lain. Pengendalian dilakukan melalui pendekatan mekanis, biologis, maupun kimia. Smith (2014) menyatakan bahwa strategi pengendalian terpadu (PHT) merupakan pendekatan yang efektif untuk mengurangi kerusakan tanaman tanpa merusak lingkungan.

5 Pemangkasan dan Penyangga

Pemangkasan dilakukan untuk mengatur bentuk tanaman, merangsang pertumbuhan tunas baru, serta meningkatkan sirkulasi udara. Tanaman merambat atau berbatang lunak sering membutuhkan penyangga atau ajir untuk mencegah batang patah dan membantu pertumbuhan vertikal (Hartmann et al., 2010).

2 Elemen Pemeliharaan Tanaman

Berikut adalah elemen pemeliharaan tanaman yang umum dilakukan dalam kegiatan budidaya pertanian:

5.7 Pengaturan Air Tanah

Air adalah komponen penting dalam metabolisme tanaman, fotosintesis, pembentukan sel, dan transportasi nutrisi (Taiz & Zeiger, 2015). Suplai air yang tidak tepat dapat menyebabkan stres kekeringan atau kondisi anaerob di dalam tanah, yang keduanya menghambat pertumbuhan akar dan penyerapan unsur hara.

Irigasi yang efektif mempertimbangkan kebutuhan tanaman per fase tumbuh serta karakteristik tanah.

5.8 Pengelolaan Nutrisi Tanaman

Tanaman membutuhkan unsur hara makro dan mikro untuk menjalankan fungsi fisiologisnya (Mengel & Kirkby, 2001). Unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) berperan penting dalam sintesis protein, pengembangan akar, dan pembentukan bunga/fruktifikasi. Sedangkan unsur mikro seperti magnesium (Mg), besi (Fe), dan seng (Zn) berperan dalam aktivitas enzim dan metabolisme klorofil. Pemberian pupuk harus diatur berdasarkan analisis tanah untuk mencegah defisiensi maupun kelebihan nutrisi.

5.9 Penanggulangan Gulma

Gulma mengancam produksi tanaman dengan bersaing dalam hal cahaya, air, dan hara (Chauhan, 2012). Penanggulangan gulma dapat dilakukan secara mekanik, manual, maupun kimia dengan herbisida selektif. Strategi penanggulangan yang terpadu penting untuk mencegah gulma yang tahan terhadap pengendalian tunggal.

5.10 Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan patogen tanaman merupakan faktor utama yang menyebabkan kerugian produksi. Menurut Pimentel (2005), hama dan penyakit dapat mengurangi hasil panen hingga lebih dari 30% jika tidak dikendalikan. Pengendalian yang efektif mencakup pendekatan biologis (pemanfaatan musuh alami), kultural (rotasi tanaman, sanitasi), dan kimiawi (insektisida/fungisida) dengan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT).

1. Penataan dan Perbaikan Struktur Tanaman

Pemangkasan, penjarangan, dan penyangga tanaman membantu memperbaiki sirkulasi udara, penetrasi cahaya, serta distribusi sumber daya internal tanaman (Rowland, 1994). Hal ini penting terutama pada tanaman buah dan hortikultura untuk meningkatkan kualitas bunga dan buah.

1.8.3 Tujuan dan Manfaat Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman bertujuan untuk menjaga tanaman dalam kondisi optimal sehingga mampu menghasilkan hasil yang maksimal. Beberapa manfaat pemeliharaan tanaman antara lain:

1. Meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman melalui pemenuhan kebutuhan nutrisi dan air.
2. Mengurangi persaingan dengan gulma sehingga sumber daya lebih difokuskan untuk tanaman utama.
3. Mencegah kerusakan akibat hama dan penyakit yang dapat mengganggu proses fisiologis tanaman.
4. Mengatur struktur tanaman dan mengoptimalkan pencahayaan untuk fotosintesis yang efisien.

1.8.4 Pemupukan dengan Komponen Pemeliharaan Tanaman

Pemupukan memiliki hubungan yang erat dengan berbagai kegiatan pemeliharaan tanaman lainnya. Pemupukan yang tepat dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman lebih tahan terhadap stres lingkungan, hama, dan penyakit. Sebaliknya, tanaman yang dipelihara dengan baik—misalnya melalui penyiraman yang cukup dan penyiangan yang rutin—akan mampu menyerap unsur hara secara lebih efektif (Brady & Weil, 2002).

Selain itu, pemupukan berpengaruh terhadap pertumbuhan gulma. Tanah yang dipupuk tanpa disertai penyiangan yang baik dapat meningkatkan kompetisi hara antara tanaman utama dan gulma. Oleh karena itu, pemupukan harus diintegrasikan dengan kegiatan pemeliharaan lain agar manfaatnya dapat dirasakan secara optimal.

1.8.5 Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman Berkelanjutan

Dalam sistem pertanian berkelanjutan, pemupukan diarahkan untuk mendukung pemeliharaan tanaman jangka panjang tanpa merusak kesuburan tanah. Penggunaan pupuk organik, pemupukan berimbang, serta pengelolaan tanah yang baik menjadi bagian penting dari pemeliharaan tanaman modern (FAO, 2017).

Hubungan antara pemupukan dan pemeliharaan tanaman bersifat saling mendukung, di mana pemupukan menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman, sementara pemeliharaan yang baik memastikan nutrisi tersebut dapat dimanfaatkan secara efisien.

1.8.6 Implikasi Interaksi Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman

Interaksi antara pemupukan dan berbagai aspek pemeliharaan tanaman menunjukkan bahwa pemupukan tidak dapat dilakukan secara terpisah. Pemupukan yang efektif harus terintegrasi dengan kegiatan pemeliharaan lain agar pertumbuhan tanaman optimal dan penggunaan input pertanian menjadi efisien.

Pendekatan pemeliharaan tanaman terpadu yang mengintegrasikan pemupukan, pengelolaan air, pengendalian gulma, serta pengendalian hama dan penyakit menjadi kunci dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian.

1.9 Pengendalian Hama Dan Penyakit

1.9.1 Pembahasan

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu komoditas strategis nasional yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Namun, produktivitas kelapa sawit sering menghadapi kendala berupa serangan hama dan penyakit tanaman. Organisme pengganggu tanaman (OPT) pada kelapa sawit dapat menyerang sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan, sehingga berpotensi menurunkan produksi tandan buah segar (TBS) secara signifikan (Susanto et al., 2020).

Hama utama pada kelapa sawit antara lain ulat pemakan daun seperti Metisa plana, Setora nitens, dan Darna trima, serta hama vertebrata seperti tikus. Serangan hama defoliator dapat menurunkan luas daun efektif, mengganggu proses fotosintesis, dan pada akhirnya menurunkan produksi minyak sawit (Sihombing & Purba, 2019).

Penyakit utama kelapa sawit meliputi penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh jamur Ganoderma boninense, penyakit bercak daun, serta penyakit busuk pucuk pada tanaman muda. Penyakit Ganoderma merupakan penyakit paling merusak karena dapat menyebabkan kematian tanaman dan penurunan produktivitas kebun dalam jangka panjang (Susanto & Prasetyo, 2018).

1.9.2 Tujuan Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit

Pengendalian hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit bertujuan untuk menjaga populasi hama dan intensitas penyakit agar berada di bawah ambang ekonomi, sehingga kerugian produksi dapat ditekan seminimal mungkin. Ambang ekonomi menjadi dasar pengambilan keputusan pengendalian agar tindakan yang dilakukan tetap efisien dan ekonomis (Prasetyo et al., 2021).

Selain itu, tujuan pengendalian adalah menjaga kesehatan tanaman dan keberlanjutan produktivitas kebun. Tanaman kelapa sawit yang sehat memiliki pertumbuhan vegetatif dan generatif yang optimal sehingga mampu menghasilkan TBS dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi. Pengendalian yang tepat juga bertujuan menjaga umur ekonomis tanaman agar tetap panjang (Susanto et al., 2020).

Tujuan lain yang tidak kalah penting adalah menjaga keseimbangan ekosistem perkebunan dan mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Penggunaan pestisida yang berlebihan

dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, musuh alami, serta kesehatan pekerja kebun (FAO, 2019).

1.9.3 Metode Pengendalian Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit

1. Pengendalian Kultur Teknis pada Kelapa Sawit

Pengendalian kultur teknis merupakan langkah awal yang sangat penting dalam pengelolaan OPT kelapa sawit. Metode ini dilakukan melalui penerapan teknik budidaya yang baik (Good Agricultural Practices/GAP) sehingga lingkungan kebun menjadi kurang sesuai bagi perkembangan hama dan patogen (Prasetyo et al., 2021).

Contoh pengendalian kultur teknis pada kelapa sawit meliputi sanitasi kebun dengan membersihkan tunggul dan sisa tanaman sakit, pengelolaan gulma yang tepat, pengaturan jarak tanam, serta pemupukan berimbang untuk meningkatkan ketahanan tanaman. Sanitasi kebun sangat penting dalam menekan sumber inokulum Ganoderma boninense di lapangan (Susanto & Prasetyo, 2018).

2. Pengendalian Mekanis dan Fisik pada Kelapa Sawit

Pengendalian mekanis dan fisik dilakukan dengan cara mengurangi populasi hama secara langsung. Pada perkebunan kelapa sawit, metode ini sering diterapkan untuk mengendalikan hama tikus melalui pemasangan perangkap atau gropyokan, serta pemangkasan pelepah yang terserang hama dan penyakit (Sihombing & Purba, 2019).

Selain itu, penggunaan perangkap feromon dan perangkap cahaya juga dapat diterapkan untuk memonitor dan menekan populasi hama serangga tertentu. Metode ini relatif aman bagi lingkungan, namun efektivitasnya sangat bergantung pada intensitas serangan dan luas areal kebun.

3. Pengendalian Biologis pada Kelapa Sawit

Pengendalian biologis menjadi salah satu metode yang semakin dikembangkan dalam perkebunan kelapa sawit berkelanjutan. Metode ini memanfaatkan musuh alami untuk menekan populasi hama dan patogen secara alami (Prasetyo et al., 2021).

Contoh pengendalian biologis pada kelapa sawit antara lain pemanfaatan burung hantu (Tyto alba) untuk mengendalikan hama tikus, penggunaan parasitoid Trichogramma untuk mengendalikan hama ulat, serta pemanfaatan jamur entomopatogen seperti Metarhizium anisopliae dan Beauveria bassiana. Untuk penyakit Ganoderma, agen hayati seperti Trichoderma spp. telah banyak diteliti dan digunakan sebagai agen pengendali hayati (Susanto & Prasetyo, 2018).

4. Pengendalian Kimia pada Kelapa Sawit

Pengendalian kimia dilakukan dengan menggunakan pestisida apabila serangan hama dan penyakit telah melampaui ambang ekonomi. Pada perkebunan kelapa sawit, penggunaan insektisida dan fungisida harus dilakukan secara selektif dan bijaksana agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme bukan sasaran (FAO, 2019).

Penggunaan pestisida harus mengikuti prinsip tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, dan tepat cara. Dalam sistem perkebunan berkelanjutan, pestisida kimia digunakan sebagai pilihan terakhir setelah metode lain tidak mampu mengendalikan serangan OPT secara efektif (Prasetyo et al., 2021).

5. Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada Perkebunan Kelapa Sawit

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) merupakan pendekatan paling dianjurkan dalam pengelolaan OPT kelapa sawit. PHT mengombinasikan berbagai metode pengendalian secara harmonis dengan mempertimbangkan aspek ekologi, ekonomi, dan sosial (Susanto et al., 2020).

Prinsip utama PHT pada kelapa sawit meliputi pengamatan rutin (monitoring) populasi hama dan penyakit, pelestarian musuh alami, penerapan budidaya tanaman sehat, serta pengambilan keputusan pengendalian berdasarkan ambang ekonomi. Penerapan PHT terbukti mampu menekan serangan OPT sekaligus mendukung keberlanjutan perkebunan kelapa sawit (Prasetyo et al., 2021).

1.9.4 Faktor-Faktor Hama dan Penyakit pada Kelapa Sawit

Tingkat serangan hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit tidak terjadi secara acak, melainkan dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang saling berkaitan.

Faktor-faktor tersebut meliputi kondisi lingkungan, teknik budidaya, umur tanaman, serta sistem pengelolaan perkebunan.

1. Faktor Lingkungan

Kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang memengaruhi perkembangan hama dan penyakit kelapa sawit. Suhu udara, kelembapan, dan curah hujan sangat berpengaruh terhadap siklus hidup hama dan patogen. Lingkungan dengan kelembapan tinggi dan curah hujan besar sangat mendukung perkembangan penyakit yang disebabkan oleh jamur, seperti penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh Ganoderma boninense (Semangun, 2008).

Selain itu, kondisi tanah yang tergenang dan drainase yang buruk dapat mempercepat penyebaran patogen tular tanah. Perubahan iklim juga berpotensi meningkatkan intensitas serangan hama tertentu akibat perubahan pola musim dan suhu lingkungan (Susanto & Prasetyo, 2013).

2. Faktor Teknik Budidaya

Teknik budidaya yang tidak tepat dapat meningkatkan kerentanan tanaman kelapa sawit terhadap serangan hama dan penyakit. Penggunaan bibit yang tidak sehat atau tidak bersertifikat berisiko membawa patogen sejak awal penanaman. Pemupukan yang tidak berimbang, terutama kekurangan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, dapat menurunkan ketahanan tanaman terhadap OPT (Pahan, 2012).

Sanitasi kebun yang buruk, seperti tidak membersihkan sisa tanaman sakit atau tunggul kelapa sawit lama, dapat menjadi sumber inokulum penyakit Ganoderma. Oleh karena itu, penerapan budidaya tanaman sehat merupakan langkah penting dalam menekan tingkat serangan OPT.

3. Faktor Umur dan Fase Pertumbuhan Tanaman

Umur tanaman kelapa sawit juga memengaruhi tingkat serangan hama dan penyakit. Tanaman pada fase pembibitan dan tanaman belum menghasilkan (TBM) umumnya lebih rentan terhadap serangan penyakit daun dan hama pengisap. Sementara itu, tanaman menghasilkan (TM) lebih rentan terhadap penyakit kronis seperti busuk pangkal batang (Turner & Gillbanks, 2003).

Semakin tua umur tanaman, risiko serangan penyakit tertentu cenderung meningkat karena akumulasi patogen di dalam tanah dan jaringan tanaman.

4. Faktor Populasi dan Keanekaragaman Musuh Alami

Keberadaan dan keseimbangan musuh alami sangat berpengaruh terhadap tingkat serangan hama. Perkebunan yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi cenderung memiliki populasi musuh alami yang stabil, sehingga mampu menekan populasi hama secara alami. Sebaliknya, penggunaan pestisida kimia secara berlebihan dapat membunuh musuh alami dan menyebabkan ledakan populasi hama (Untung, 2006).

Pengelolaan perkebunan berbasis Pengendalian Hama Terpadu (PHT) sangat dianjurkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan menekan serangan hama secara berkelanjutan.

5. Faktor Manajemen dan Sistem Pengelolaan Perkebunan

Sistem manajemen perkebunan yang baik sangat menentukan keberhasilan pengendalian hama dan penyakit. Monitoring yang rutin dan deteksi dini memungkinkan tindakan pengendalian dilakukan sebelum serangan mencapai tingkat merugikan secara ekonomi. Kurangnya pengawasan lapangan dan keterlambatan pengendalian sering menyebabkan serangan OPT semakin meluas (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019).

1.9.5 Monitoring dan Deteksi Dini Hama dan Penyakit Kelapa Sawit

Monitoring dan deteksi dini merupakan komponen kunci dalam pengendalian hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit. Upaya ini bertujuan untuk mengetahui sejak awal keberadaan dan perkembangan organisme pengganggu tanaman (OPT), sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan secara tepat waktu, tepat sasaran, dan efisien secara ekonomi.

1. Pengertian Monitoring dan Deteksi Dini

Monitoring hama dan penyakit kelapa sawit adalah kegiatan pengamatan dan pencatatan secara rutin terhadap populasi hama, intensitas serangan, serta gejala penyakit yang muncul di lapangan. Deteksi dini merupakan bagian dari monitoring yang berfokus pada identifikasi awal gejala serangan sebelum mencapai tingkat ambang ekonomi (Susanto et al., 2018).

2. Tujuan Monitoring dan Deteksi Dini

Tujuan utama monitoring dan deteksi dini hama dan penyakit kelapa sawit meliputi:

- Mengetahui jenis hama dan penyakit yang menyerang tanaman
- Menentukan tingkat populasi dan intensitas serangan OPT
- Menentukan waktu pengendalian yang tepat berdasarkan ambang ekonomi
- Mencegah penyebaran serangan secara luas
- Mengurangi penggunaan pestisida yang tidak perlu

Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2019), monitoring yang baik dapat menekan kerugian hasil hingga 30–50% akibat serangan OPT.

3. Metode Monitoring Hama dan Penyakit Kelapa Sawit

a. Monitoring Visual Lapangan

Monitoring visual dilakukan dengan mengamati langsung kondisi tanaman, terutama bagian daun, pelepah, batang, dan pangkal batang. Gejala seperti daun berlubang, bercak nekrotik, tanaman layu, atau pembusukan pada pangkal batang menjadi indikator awal adanya serangan hama atau penyakit (Pahan, 2012).

b. Monitoring Populasi Hama

Monitoring populasi hama dilakukan dengan menghitung jumlah hama per tanaman atau per satuan luas tertentu. Contohnya adalah pengamatan ulat pemakan daun (Setothosea asigna) dan kumbang tanduk (Oryctes rhinoceros) pada titik sampel tertentu di kebun (Susanto & Prasetyo, 2018).

c. Monitoring Penyakit Tanaman

Monitoring penyakit dilakukan dengan mengidentifikasi gejala spesifik penyakit, seperti:

5. Busuk pangkal batang akibat Ganoderma boninense
6. Penyakit bercak daun akibat jamur patogen
7. Penyakit busuk pelepah

Penyakit Ganoderma sering dideteksi melalui perubahan warna daun, pelepah patah, dan pembusukan pangkal batang. Deteksi dini sangat penting karena penyakit ini bersifat kronis dan sulit dikendalikan jika sudah parah (Susanto et al., 2019).

4. Teknologi dalam Monitoring dan Deteksi Dini

Perkembangan teknologi telah mendorong penerapan sistem monitoring berbasis digital. Beberapa perkebunan kelapa sawit telah menggunakan:

1. Aplikasi berbasis Android untuk pencatatan serangan OPT
2. Sistem GPS untuk pemetaan sebaran hama dan penyakit
3. Database digital untuk analisis tren serangan

Penggunaan aplikasi monitoring berbasis Android terbukti meningkatkan kecepatan pelaporan dan ketepatan pengambilan keputusan dalam pengendalian hama dan penyakit kelapa sawit (Susanto et al., 2020).

5. Peran Monitoring dalam Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Monitoring dan deteksi dini merupakan fondasi utama dalam penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Tanpa monitoring yang baik, pengendalian sering dilakukan secara reaktif dan berlebihan, terutama penggunaan pestisida kimia (Untung, 2018).

Dalam PHT, pengendalian hanya dilakukan jika hasil monitoring menunjukkan bahwa populasi hama atau intensitas penyakit telah melampaui ambang ekonomi, sehingga lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.9.6 Pengendalian Hama dan Penyakit Kelapa Sawit

Pengendalian hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit menghadapi berbagai tantangan yang bersifat teknis, ekologis, ekonomi, dan manajerial. Kompleksitas ekosistem perkebunan, luas area tanam, serta dinamika organisme pengganggu tanaman (OPT) menyebabkan pengendalian tidak selalu berjalan efektif. Tantangan dan kendala ini perlu dipahami agar strategi pengendalian, khususnya Pengendalian Hama Terpadu (PHT), dapat diterapkan secara optimal.

1. Luas Areal Perkebunan dan Kesulitan Monitoring

Salah satu kendala utama dalam pengendalian OPT kelapa sawit adalah luasnya areal perkebunan, terutama pada perkebunan skala besar. Luasan lahan yang mencapai ribuan hektare menyulitkan pelaksanaan monitoring secara intensif dan merata. Akibatnya, serangan hama dan penyakit sering terlambat terdeteksi dan telah menyebar luas sebelum tindakan pengendalian dilakukan (Susanto et al., 2018).

2. Penyakit Kronis yang Sulit Dikendalikan

Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh Ganoderma boninense merupakan tantangan terbesar dalam perkebunan kelapa sawit. Penyakit ini bersifat:

- Kronis
- Menular melalui tanah dan sisa akar
- Sulit dikendalikan dengan metode kimia

Menurut Susanto et al. (2019), hingga saat ini belum ditemukan metode pengendalian tunggal yang benar-benar efektif untuk mengendalikan Ganoderma. Pengendalian lebih bersifat pencegahan dan pengelolaan jangka panjang, sehingga membutuhkan biaya dan waktu yang besar.

3. Resistensi Hama terhadap Pestisida

Penggunaan pestisida kimia secara terus-menerus dan tidak sesuai prinsip PHT dapat menyebabkan resistensi hama, seperti pada ulat pemakan daun dan kumbang tanduk (Oryctes rhinoceros). Resistensi ini menyebabkan pestisida menjadi kurang efektif, sehingga dosis dan frekuensi aplikasi cenderung meningkat (Untung, 2018). Kondisi ini tidak hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan organisme non-target.

4. Dampak Lingkungan dan Penurunan Musuh Alami

Pengendalian kimia yang berlebihan dapat menurunkan populasi musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid. Hilangnya musuh alami menyebabkan keseimbangan ekosistem terganggu dan berpotensi memicu ledakan populasi hama sekunder (Prasetyo & Susanto, 2020).

Selain itu, residu pestisida dapat mencemari tanah dan air, sehingga bertentangan dengan prinsip perkebunan berkelanjutan dan sertifikasi seperti ISPO dan RSPO.

5. Keterbatasan Pengetahuan dan Keterampilan SDM

Kendala lain yang sering dijumpai adalah kurangnya pemahaman pekerja kebun dan petani mengenai identifikasi hama, penyakit, dan ambang ekonomi. Kesalahan identifikasi sering menyebabkan tindakan pengendalian yang tidak tepat sasaran (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019).

Kurangnya pelatihan dan pendampingan teknis membuat penerapan PHT di lapangan belum optimal, terutama pada perkebunan rakyat.

6. Faktor Iklim dan Perubahan Lingkungan

Perubahan iklim, seperti peningkatan curah hujan dan suhu, turut memengaruhi dinamika hama dan penyakit kelapa sawit. Kondisi lembap dan basah mendukung perkembangan patogen jamur, sedangkan suhu tinggi dapat mempercepat siklus hidup serangga hama (FAO, 2020).

Perubahan iklim juga menyebabkan pola serangan OPT menjadi tidak menentu, sehingga menyulitkan perencanaan pengendalian berbasis kalender tanam.

7. Keterbatasan Biaya dan Sarana Pendukung

Pengendalian hama dan penyakit yang efektif membutuhkan biaya untuk monitoring, pengendalian biologis, aplikasi teknologi, serta pelatihan SDM. Pada perkebunan rakyat, keterbatasan modal sering menjadi kendala utama dalam menerapkan pengendalian yang berkelanjutan (Pahan, 2012).

Akibatnya, petani cenderung memilih cara cepat dengan pestisida kimia, meskipun berisiko dalam jangka panjang.

BAB II
PEMBIBITAN

2.1 Persiapan Lahan Pembibitan

Pembibitan kelapa sawit merupakan salah satu tahap paling penting dalam rangkaian kegiatan budidaya, karena kualitas bibit yang dihasilkan akan sangat menentukan produktivitas tanaman di masa depan. Sebelum pembibitan dilakukan, tahap persiapan lahan menjadi fondasi yang harus diperhatikan secara serius agar bibit dapat tumbuh optimal. Persiapan lahan pembibitan bukan hanya sekadar membersihkan area dari gulma atau vegetasi, tetapi juga mencakup proses penentuan lokasi, analisis tanah, pengaturan drainase, dan perencanaan tata letak. Setiap langkah dalam proses ini memiliki konsekuensi langsung terhadap pertumbuhan akar, penyerapan unsur hara, dan kesehatan bibit. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai kondisi fisik lahan menjadi prasyarat sebelum dilakukan kegiatan operasional pembibitan.

Pemilihan lokasi pembibitan harus mempertimbangkan aspek fisiografi, kimia tanah, dan ketersediaan air. Lokasi yang ideal untuk pembibitan kelapa sawit biasanya berada di area datar atau berlereng landai dengan kemiringan maksimal 8%. Tanah yang digunakan sebaiknya memiliki tekstur lempung berpasir hingga lempung liat, karena jenis tanah ini mampu menahan air dan unsur hara secara seimbang. Keberadaan sumber air permanen seperti sungai kecil atau sumur bor juga menjadi faktor penting agar kebutuhan irigasi bibit dapat terpenuhi sepanjang tahun. Selain itu, lokasi harus mudah dijangkau kendaraan untuk memudahkan distribusi bibit menuju lahan penanaman utama, serta memiliki drainase alami yang baik untuk menghindari genangan air.

Sebelum lahan dibuka, perlu dilakukan survei topografi dan analisis tanah untuk memastikan kesesuaian kondisi lahan dengan kebutuhan pembibitan. Survei ini biasanya mencakup pengukuran pH, kandungan bahan organik, kadar unsur hara utama (N, P, K), serta struktur tanah. Hasil analisis tersebut akan menjadi dasar untuk menentukan perlakuan awal terhadap tanah seperti pemberian kapur pertanian (dolomit) untuk menetralkan pH yang terlalu asam, atau penambahan pupuk kandang untuk memperbaiki struktur dan kesuburan tanah. Penggunaan alat GPS dan peta kontur juga membantu dalam penataan area pembibitan agar drainase dan tata letak bedengan dapat diatur secara efisien.

Pembersihan lahan merupakan tahap awal yang penting setelah lokasi pembibitan ditentukan. Semua sisa vegetasi, akar tanaman liar, dan batu-batu besar harus dibersihkan secara menyeluruh. Biasanya kegiatan ini dilakukan dengan cara mekanis menggunakan traktor, cangkul, dan parang,

tergantung pada luas lahan dan kondisi vegetasi. Pembakaran terbuka sebaiknya dihindari karena dapat merusak struktur tanah dan mengurangi populasi mikroorganisme menguntungkan. Sisa-sisa tanaman yang telah dibersihkan dapat dikumpulkan dan dijadikan kompos, yang kemudian digunakan kembali sebagai bahan organik untuk memperkaya media tanam. Pembersihan lahan juga harus memperhatikan keberlanjutan lingkungan agar tidak menimbulkan erosi atau pencemaran air.

Setelah lahan bersih, tahap berikutnya adalah pengolahan tanah. Pengolahan dilakukan untuk memperbaiki aerasi, mempermudah penetrasi akar, serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Tahap ini biasanya melibatkan kegiatan pembajakan dan penggaruan yang dilakukan dua hingga tiga kali hingga tanah menjadi gembur dan rata. Pada saat yang sama, dapat dilakukan penambahan pupuk dasar seperti rock phosphate, urea, dan pupuk kandang sesuai rekomendasi analisis tanah. Pengolahan tanah juga menjadi waktu yang tepat untuk memperbaiki kemiringan lahan dengan sistem teras atau bedengan agar air tidak menggenang saat hujan.

Drainase adalah komponen vital dalam sistem pembibitan kelapa sawit. Kelebihan air dapat menyebabkan pembusukan akar dan memperlambat pertumbuhan bibit, sedangkan kekurangan air akan menghambat penyerapan hara. Oleh karena itu, sistem drainase harus dirancang dengan hati-hati agar air dapat dialirkan keluar dengan cepat tanpa menyebabkan erosi. Saluran drainase utama biasanya dibuat mengelilingi area pembibitan dan dihubungkan dengan parit-parit kecil antarbedengan. Idealnya, saluran ini memiliki kedalaman sekitar 50–60 cm dan kemiringan yang cukup agar aliran air tetap lancar. Pemasangan pipa-pipa kecil dapat membantu pengaturan air secara lebih terkontrol, terutama pada musim hujan.

Pembuatan bedengan merupakan tahap lanjutan setelah drainase selesai. Bedengan berfungsi sebagai area tempat polybag bibit diletakkan, dan harus dirancang dengan ukuran dan jarak yang ideal untuk memudahkan pengelolaan.

Umumnya, bedengan dibuat dengan lebar 1,2–1,5 meter, panjang disesuaikan dengan luas lahan, dan tinggi sekitar 15–20 cm dari permukaan tanah. Setiap bedengan diberi parit kecil di antaranya untuk aliran air hujan. Permukaan bedengan perlu diratakan agar polybag tidak miring atau tergenang air. Pada tahap ini, penting juga untuk memastikan orientasi bedengan sejajar dengan arah aliran air utama guna mencegah genangan.

Naungan atau shading juga merupakan elemen penting dalam tahap persiapan pembibitan, terutama pada fase awal pertumbuhan bibit yang masih rentan terhadap sinar matahari langsung.

Naungan biasanya dibuat dari bahan alami seperti daun kelapa, alang-alang, atau paranet sintetis yang memiliki tingkat kerapatan 50–70%. Struktur naungan sebaiknya dibuat kuat dan mudah dibongkar saat bibit sudah cukup kuat untuk beradaptasi dengan cahaya penuh. Penempatan shading juga harus memperhatikan arah sinar matahari agar distribusi cahaya merata dan tidak menghambat fotosintesis bibit.

Selanjutnya, persiapan media tanam menjadi fokus penting dalam tahap pembibitan. Media tanam yang baik harus mampu menopang pertumbuhan akar, memiliki aerasi yang cukup, dan kaya unsur hara. Umumnya, media tanam terdiri dari campuran tanah topsoil, pasir halus, dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1. Campuran ini diayak agar homogen, kemudian diisi ke dalam polybag berukuran 15×23 cm untuk pre-nursery dan 40×50 cm untuk main nursery. Setiap polybag diberi lubang drainase di bagian bawah untuk mencegah genangan air. Sebelum digunakan, media tanam dapat disterilisasi dengan cara dikeringkan di bawah sinar matahari selama beberapa hari untuk membunuh hama dan patogen tanah.

Penataan polybag pada lahan pembibitan perlu dilakukan secara sistematis untuk mempermudah perawatan dan memastikan setiap bibit mendapat sinar matahari, air, dan nutrisi yang seimbang. Pola penataan biasanya berbentuk barisan dengan jarak antarpolybag sekitar 45–50 cm untuk memudahkan aliran udara dan akses perawatan. Setiap baris diberi nomor atau kode agar kegiatan pemantauan pertumbuhan bibit dan pencatatan data lebih teratur. Dalam praktik manajemen modern, sebagian perkebunan besar menggunakan sistem grid atau petak numerik yang disertai peta layout, sehingga memudahkan penelusuran bila ada bibit yang tidak tumbuh optimal. Kerapian penataan polybag juga mencegah terjadinya tumpukan air di satu titik yang bisa memicu serangan jamur atau pembusukan akar.

Sistem irigasi di area pembibitan menjadi aspek penting karena bibit kelapa sawit membutuhkan suplai air yang teratur namun tidak berlebihan. Dua sistem umum yang diterapkan adalah irigasi manual dan irigasi sprinkler. Irigasi manual umumnya dilakukan di kebun skala kecil dengan menyiram menggunakan gembor atau selang, sedangkan irigasi sprinkler lebih efisien untuk pembibitan luas karena mampu menyebarkan air secara merata. Sistem sprinkler sebaiknya diatur agar mampu memberikan kelembapan tanah antara 60–80% tanpa menimbulkan genangan. Untuk efisiensi air, beberapa perkebunan juga mengadopsi sistem irigasi tetes (drip irrigation), yang lebih hemat dan mampu mengatur frekuensi penyiraman secara otomatis sesuai kelembapan tanah.

Pemupukan dasar di lahan pembibitan menjadi langkah penting untuk memastikan media tanam memiliki unsur hara yang cukup bagi pertumbuhan awal bibit. Pupuk yang digunakan biasanya

terdiri dari campuran urea sebagai sumber nitrogen, TSP atau SP-36 untuk fosfor, dan KCl untuk kalium, serta ditambah pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang. Takaran dan frekuensi pemberian pupuk tergantung pada hasil analisis tanah dan umur bibit. Umumnya, pupuk diberikan setiap dua minggu sekali dengan dosis ringan namun teratur. Pemupukan juga dilakukan dengan hati-hati agar tidak mengenai daun muda karena dapat menimbulkan luka bakar pada jaringan tanaman. Penggunaan pupuk slow release kini mulai banyak diterapkan karena lebih efisien dan ramah lingkungan.

Selain unsur hara makro, bibit kelapa sawit juga membutuhkan unsur mikro seperti magnesium, seng, boron, dan tembaga dalam jumlah kecil namun berperan penting dalam proses fotosintesis dan pembentukan klorofil. Kekurangan unsur mikro sering kali menyebabkan daun muda menguning atau pertumbuhan terhambat. Oleh karena itu, pemberian pupuk daun (foliar fertilizer) secara berkala dapat menjadi solusi efektif. Penyemprotan pupuk daun biasanya dilakukan pagi atau sore hari untuk menghindari penguapan berlebih. Dalam praktik modern, beberapa perusahaan menggunakan sensor nutrisi dan kelembapan tanah untuk mengatur jadwal pemupukan secara otomatis, sehingga kebutuhan tanaman dapat dipenuhi dengan presisi tinggi.

Pengaturan pH tanah di area pembibitan tidak kalah penting karena tingkat keasaman yang tidak sesuai dapat menghambat penyerapan unsur hara. pH ideal untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit berkisar antara 5,0 hingga 6,5. Jika pH terlalu rendah, tanah perlu diberi dolomit atau kapur pertanian dalam dosis yang disesuaikan berdasarkan analisis laboratorium. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi, dapat dilakukan penambahan bahan organik seperti kompos atau gambut untuk meningkatkan keasaman alami tanah. Pengukuran pH sebaiknya dilakukan secara berkala setiap bulan untuk memastikan kestabilan kondisi tanah, karena curah hujan tinggi dapat mengubah keseimbangan ion di dalam media tanam.

Penataan jalur akses di area pembibitan juga merupakan bagian dari manajemen lahan yang baik. Jalur akses berfungsi untuk memudahkan pergerakan pekerja, alat, serta kendaraan ringan seperti traktor kecil atau gerobak dorong. Jalur ini biasanya dibuat dengan lebar sekitar 1,5 hingga 2 meter, dan diatur di antara blok-blok bedengan dengan jarak yang proporsional. Permukaan jalan dapat dilapisi dengan kerikil halus atau sisa serbuk kayu untuk mencegah tanah menjadi licin saat musim hujan. Dalam perkebunan besar, jalur akses bahkan dirancang melingkar sehingga seluruh area pembibitan dapat dijangkau tanpa perlu memutar arah kendaraan secara berlebihan.

Faktor keberlanjutan lingkungan harus menjadi perhatian sejak tahap persiapan lahan. Limbah organik hasil pembersihan lahan sebaiknya tidak dibuang sembarangan, melainkan diolah kembali

menjadi kompos atau pupuk hijau. Air limpasan dari saluran drainase dapat diarahkan menuju kolam sedimentasi agar sedimen tidak mencemari badan air sekitar. Selain itu, area pembibitan sebaiknya dilengkapi dengan jalur vegetatif berupa rumput atau tanaman penutup tanah untuk menekan erosi. Prinsip zero burning (tanpa pembakaran) dan konservasi tanah menjadi acuan dalam praktik budidaya kelapa sawit berkelanjutan yang sesuai standar ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) dan RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil).

Setelah seluruh sistem lahan siap, tahap berikutnya adalah pemasangan label dan sistem identifikasi bibit. Setiap polybag harus diberi label berisi informasi tentang asal benih, tanggal penanaman, dan nomor batch. Hal ini penting untuk pelacakan bila terjadi masalah pertumbuhan atau anomali bibit. Dalam sistem digitalisasi modern, beberapa perkebunan sudah menggunakan kode QR atau sistem barcode untuk mendata setiap bibit sehingga pencatatan bisa dilakukan menggunakan perangkat seluler. Sistem ini membantu efisiensi manajemen pembibitan dan memastikan setiap bibit dapat ditelusuri kembali ke sumbernya.

Selanjutnya, pemeriksaan akhir dilakukan sebelum bibit disemai. Pemeriksaan mencakup kondisi fisik lahan, kebersihan saluran air, kesesuaian ukuran polybag, serta keberadaan gulma yang mungkin tumbuh kembali. Tahap ini juga memastikan bahwa media tanam telah cukup lembap dan bebas dari organisme pengganggu. Jika ditemukan area tergenang, segera diperbaiki dengan memperdalam parit atau memperbaiki kemiringan bedengan. Pemeriksaan ini biasanya dilakukan oleh mandor atau asisten kebun sebelum kegiatan penyemaian dimulai, dan dicatat dalam laporan harian pembibitan.

Dalam sistem pembibitan kelapa sawit modern, efisiensi tenaga kerja dan penggunaan lahan menjadi kunci utama. Oleh karena itu, desain tata letak area pembibitan sering kali mengadopsi prinsip ergonomi dan efisiensi waktu kerja. Bedengan disusun sedemikian rupa agar kegiatan penyiraman, pemupukan, dan pemantauan bibit dapat dilakukan dengan gerakan minimal tanpa mengganggu area lain. Beberapa perkebunan besar juga menerapkan sistem rotasi kerja berdasarkan blok pembibitan untuk memastikan semua bibit mendapat perhatian merata. Prinsip lean management juga mulai diterapkan untuk mengurangi pemborosan waktu, bahan, dan tenaga.

Selain aspek teknis, persiapan lahan pembibitan juga perlu mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Kegiatan pembukaan lahan sebaiknya melibatkan masyarakat sekitar untuk menciptakan hubungan kerja yang saling menguntungkan. Hal ini juga membantu mengurangi konflik lahan dan meningkatkan penerimaan sosial terhadap kegiatan perkebunan. Beberapa perusahaan bahkan menjadikan program pembibitan sebagai sarana pemberdayaan masyarakat

dengan melatih mereka dalam teknik perawatan bibit dan manajemen pembibitan kecil. Dengan demikian, kegiatan pembibitan tidak hanya menghasilkan bibit berkualitas, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi lokal.

Penerapan standar keselamatan kerja pada tahap persiapan lahan juga wajib diperhatikan. Pekerja harus menggunakan alat pelindung diri seperti sepatu bot, sarung tangan, dan helm kerja saat mengoperasikan alat berat atau memindahkan material. Area kerja perlu diberi tanda peringatan dan jalur aman bagi pejalan kaki. Pelatihan tentang keselamatan dan prosedur penanganan alat diberikan sebelum kegiatan dimulai. Dengan penerapan standar keselamatan, risiko kecelakaan kerja dapat ditekan seminimal mungkin, sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif.

Pengendalian hama dan penyakit sejak tahap awal persiapan lahan pembibitan harus dilakukan secara preventif. Lahan yang baru dibuka sering menjadi tempat berkembang biaknya serangga, nematoda, atau jamur patogen yang dapat menyerang bibit muda. Sebelum polybag diisi, sebaiknya media tanam disterilisasi terlebih dahulu dengan cara dijemur selama beberapa hari di bawah sinar matahari atau dikukus dengan uap panas jika memungkinkan. Selain itu, penggunaan fungisida dan insektisida alami seperti ekstrak daun mimba atau serai wangi dapat membantu mengendalikan organisme pengganggu tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pendekatan pengendalian hama terpadu (Integrated Pest Management) menjadi standar yang disarankan agar ekosistem tanah tetap seimbang dan produktif.

Kegiatan pemantauan lingkungan sekitar pembibitan juga sangat penting untuk memastikan stabilitas mikroklimat. Bibit kelapa sawit sangat peka terhadap fluktuasi suhu dan kelembapan, sehingga pengukuran kondisi mikroklimat dilakukan secara rutin. Termometer dan hygrometer dapat ditempatkan di beberapa titik strategis untuk memantau suhu dan kelembapan udara setiap hari. Bila suhu terlalu tinggi, sistem penyiraman tambahan dapat diaktifkan untuk menurunkan suhu sekitar. Sebaliknya, jika kelembapan berlebihan, ventilasi alami melalui pengaturan naungan dapat dilakukan. Penerapan sistem sensor otomatis kini semakin umum, memungkinkan manajer kebun memantau kondisi lingkungan melalui perangkat digital.

Setelah seluruh sarana pembibitan siap, dilakukan tahap pengujian drainase dan sistem irigasi. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa seluruh bagian lahan memiliki kemampuan aliran air yang seragam tanpa menyebabkan genangan. Air dialirkan ke seluruh parit dan pipa untuk melihat kelancaran aliran. Bila ditemukan penyumbatan atau aliran tidak merata, maka dilakukan perbaikan dengan memperdalam saluran atau mengganti pipa yang rusak. Pengujian drainase juga

memastikan tanah tidak mengalami erosi akibat aliran air yang terlalu deras. Setelah sistem air berfungsi baik, barulah lahan siap digunakan untuk penyemaian bibit unggul.

Faktor ketersediaan bahan dan sarana pembibitan seperti polybag, pupuk, media tanam, dan bahan naungan harus dikelola dengan sistem inventarisasi yang tertib. Manajemen pembibitan yang baik selalu menyimpan cadangan bahan sekitar 10–15% dari total kebutuhan untuk mengantisipasi kerusakan atau kehilangan. Bahan yang mudah rusak seperti pupuk organik dan kompos harus disimpan di tempat teduh dan kering agar kualitasnya tidak menurun. Pengaturan gudang penyimpanan yang bersih dan terorganisir juga memudahkan pengawasan stok serta menghindari kontaminasi hama tikus atau rayap yang sering merusak bahan organik. Sistem logistik pembibitan menjadi bagian integral dari manajemen lahan yang efisien.

Sarana pendukung lain seperti rumah alat, gudang pupuk, area kompos, dan tempat penampungan air juga harus disiapkan sejak awal. Rumah alat berfungsi menyimpan peralatan kerja seperti sekop, cangkul, gembor, dan alat semprot agar terjaga dari hujan dan sinar matahari langsung. Gudang pupuk ditempatkan di lokasi yang jauh dari sumber air untuk menghindari pencemaran, sedangkan tempat kompos disiapkan di bagian lahan yang memiliki aliran air lancar. Kolam penampungan air biasanya dibuat dengan kapasitas cukup untuk memenuhi kebutuhan irigasi minimal tujuh hari tanpa hujan. Perencanaan infrastruktur ini memperkuat ketahanan sistem pembibitan terhadap perubahan cuaca ekstrem.

Perawatan sarana dan prasarana pembibitan dilakukan secara berkala agar fungsi seluruh fasilitas tetap optimal. Saluran air harus dibersihkan dari lumpur atau dedaunan yang dapat menghambat aliran, sementara bedengan diperiksa agar tidak terjadi penurunan permukaan tanah akibat pemadatan. Naungan diperbaiki bila rusak, dan paranet diganti bila kerapatannya menurun. Pengawasan dilakukan oleh kepala pembibitan setiap minggu dan hasilnya dicatat dalam laporan evaluasi rutin. Dengan sistem perawatan berkala, umur pakai fasilitas bisa diperpanjang dan efisiensi kerja tetap terjaga. Pengelolaan sarana ini menjadi indikator profesionalitas dalam manajemen perkebunan kelapa sawit modern.

Sistem dokumentasi juga berperan penting dalam tahapan persiapan lahan pembibitan. Semua kegiatan mulai dari pembersihan lahan, pengolahan tanah, hingga pemasangan drainase harus didokumentasikan secara tertulis dan visual. Dokumentasi ini tidak hanya berguna sebagai arsip, tetapi juga menjadi bukti kepatuhan terhadap standar sertifikasi seperti ISPO dan RSPO. Setiap data lapangan yang dicatat—seperti waktu kerja, jumlah tenaga, volume bahan, dan hasil pemeriksaan tanah—dapat digunakan untuk evaluasi biaya dan perencanaan pembibitan

berikutnya. Penggunaan perangkat lunak manajemen kebun mempermudah pengarsipan data secara digital dan meningkatkan akurasi perencanaan operasional.

Kegiatan audit internal atau pemeriksaan mutu juga termasuk dalam persiapan lahan pembibitan yang baik. Audit dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh tahapan sudah memenuhi standar operasional prosedur (SOP) yang ditetapkan oleh perusahaan atau instansi terkait. Tim auditor mengevaluasi aspek teknis seperti efisiensi drainase, kerapatan naungan, dan kesesuaian tata letak bedengan. Jika ditemukan ketidaksesuaian, segera dilakukan tindakan korektif agar lahan siap digunakan secara optimal. Proses audit ini penting karena hasil pembibitan yang berkualitas tinggi hanya dapat diperoleh dari sistem kerja yang disiplin dan terukur sejak tahap awal.

Selain manajemen teknis, aspek estetika dan kebersihan lahan pembibitan juga berpengaruh terhadap efektivitas kerja dan citra profesional. Area pembibitan yang tertata rapi dengan jalur bersih dan tanaman penutup tanah yang hijau akan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman. Gulma yang tumbuh di sekitar bedengan harus dicabut secara rutin agar tidak menjadi sarang hama. Penempatan tong sampah dan area pembuangan limbah organik yang teratur juga menunjukkan kepedulian terhadap kebersihan lingkungan. Dalam banyak kebun besar, kebersihan lahan pembibitan menjadi salah satu parameter penilaian dalam inspeksi kualitas oleh manajemen.

Sebagai penutup tahap persiapan lahan pembibitan, dilakukan uji kesiapan akhir sebelum dimulainya penyemaian. Uji ini mencakup pengecekan seluruh sistem irigasi, struktur bedengan, keseragaman media tanam, dan kesiapan tenaga kerja. Semua hasil pemeriksaan dicatat dan disetujui oleh manajer kebun sebagai tanda bahwa lahan siap digunakan. Tahap ini menandai berakhirnya proses persiapan yang panjang dan menjadi awal dari fase pertumbuhan bibit kelapa sawit yang akan menentukan keberhasilan kebun di masa depan. Dengan pelaksanaan persiapan lahan yang matang, risiko kegagalan bibit dapat ditekan, dan produktivitas tanaman kelapa sawit akan meningkat secara signifikan pada fase produksi kelak.

Efisiensi tenaga kerja menjadi faktor kunci dalam pengelolaan pembibitan modern. Dalam tahap persiapan lahan, perencanaan jadwal kerja yang baik akan menghindarkan tumpang tindih kegiatan antara pembersihan, pembuatan bedengan, dan pemasangan sistem irigasi. Setiap kelompok kerja sebaiknya memiliki tanggung jawab spesifik, misalnya tim drainase, tim media tanam, dan tim sarana pendukung. Pengawasan harian dilakukan oleh mandor pembibitan untuk memastikan seluruh pekerjaan mengikuti standar waktu dan kualitas yang ditetapkan. Penerapan sistem rotasi tenaga kerja juga disarankan agar semua pekerja memahami berbagai aspek teknis dan dapat saling menggantikan bila diperlukan.

Teknologi mekanisasi mulai diterapkan dalam persiapan lahan pembibitan, terutama untuk mempercepat proses pengolahan tanah dan distribusi media tanam. Penggunaan mini traktor, mesin pencampur media, serta sprayer otomatis mampu meningkatkan efisiensi kerja hingga 40% dibanding cara manual. Di perkebunan besar, kendaraan bermotor kecil digunakan untuk mengangkut polybag dan pupuk ke seluruh area pembibitan, sehingga tenaga kerja dapat lebih fokus pada kegiatan pemeliharaan. Walaupun investasi awalnya cukup besar, mekanisasi terbukti menurunkan biaya operasional jangka panjang dan meningkatkan konsistensi hasil bibit yang dihasilkan.

Aspek pelatihan dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia juga termasuk bagian penting dari tahap persiapan pembibitan. Sebelum pekerjaan dimulai, seluruh tenaga kerja diberikan pelatihan teknis mengenai standar keselamatan kerja, cara mengolah tanah, membuat bedengan, dan menata sistem drainase. Pelatihan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan, tetapi juga membangun kesadaran akan pentingnya mutu bibit dalam keseluruhan rantai produksi kelapa sawit. Dengan tenaga kerja yang terlatih, kesalahan teknis seperti ketidaksesuaian jarak tanam atau genangan air akibat drainase buruk dapat diminimalkan sejak awal.

Dalam konteks keberlanjutan, penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan di area pembibitan kini menjadi prioritas. Misalnya, penggunaan paranet dari bahan daur ulang, pemanfaatan pupuk organik hasil fermentasi limbah kebun, serta pengurangan penggunaan pestisida kimia sintetis. Prinsip eco-nursery ini bertujuan menjaga keseimbangan ekosistem tanah, meningkatkan populasi mikroorganisme menguntungkan, dan mengurangi emisi karbon dari kegiatan pembibitan. Beberapa perusahaan kelapa sawit bahkan telah mengadopsi sistem sertifikasi “Green Nursery” yang menilai sejauh mana proses pembibitan mereka menerapkan praktik ramah lingkungan.

Penerapan sistem digitalisasi dan Internet of Things (IoT) di pembibitan kelapa sawit mulai berkembang pesat. Melalui sensor kelembapan, pH, dan suhu tanah yang terhubung dengan aplikasi berbasis awan, pengelola dapat memantau kondisi lahan secara real time. Sistem ini memungkinkan pengambilan keputusan cepat apabila terjadi ketidakseimbangan lingkungan, misalnya kekeringan atau kelebihan air di suatu area. Data yang dikumpulkan secara otomatis juga digunakan untuk membuat laporan evaluasi dan perencanaan kebutuhan pupuk maupun air. Teknologi ini menjadikan pembibitan lebih cerdas, efisien, dan responsif terhadap perubahan kondisi lapangan.

Pengelolaan energi juga tidak dapat diabaikan dalam tahapan persiapan lahan pembibitan. Sumber energi alternatif seperti tenaga surya dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan pompa air atau

sistem irigasi otomatis. Dengan menggunakan panel surya, biaya operasional dapat ditekan dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil berkurang. Selain ramah lingkungan, sistem energi terbarukan juga menjamin keberlanjutan pembibitan pada daerah terpencil yang belum memiliki akses listrik memadai. Implementasi ini menunjukkan bahwa sektor perkebunan kelapa sawit pun dapat bertransformasi menuju pertanian hijau berbasis teknologi.

Kegiatan pemantauan kualitas air di area pembibitan juga harus menjadi bagian dari prosedur tetap. Air yang digunakan untuk irigasi sebaiknya diuji secara berkala untuk memastikan tidak mengandung logam berat atau bahan kimia berbahaya. Kualitas air yang buruk dapat memengaruhi kesehatan bibit dan menurunkan produktivitas jangka panjang. Pengujian dilakukan di laboratorium atau menggunakan alat portabel dengan parameter seperti pH air, kandungan nitrat, dan kadar padatan terlarut. Jika ditemukan kontaminasi, sumber air perlu difiltrasi atau diganti dengan air dari sumur yang lebih aman.

Aspek sosial juga menjadi bagian dari sistem manajemen pembibitan yang bertanggung jawab. Pekerja yang terlibat dalam persiapan lahan harus diberikan upah yang layak, waktu istirahat cukup, serta akses terhadap fasilitas dasar seperti air bersih dan tempat istirahat. Dengan memperhatikan kesejahteraan tenaga kerja, motivasi dan produktivitas akan meningkat. Selain itu, partisipasi masyarakat lokal dalam kegiatan pembibitan menciptakan rasa memiliki dan memperkuat hubungan sosial antara perusahaan dan komunitas sekitar. Praktik ini juga sejalan dengan prinsip pembangunan perkebunan berkelanjutan berbasis kesejahteraan sosial.

Monitoring pascapersiapan lahan dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas setiap tahap yang telah dilaksanakan. Evaluasi mencakup aspek teknis seperti kondisi bedengan, stabilitas drainase, kualitas media tanam, dan kesiapan sarana irigasi. Laporan hasil evaluasi digunakan sebagai dasar perbaikan sistem pada tahap pembibitan berikutnya. Dengan pendekatan evaluatif dan berkelanjutan, manajemen pembibitan dapat meningkatkan mutu secara konsisten dari tahun ke tahun. Dokumentasi hasil evaluasi juga menjadi bukti komitmen perusahaan dalam menerapkan praktik pertanian berbasis sains dan transparansi operasional.

Sebagai penutup keseluruhan tahap persiapan lahan pembibitan, perlu ditekankan bahwa keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat bergantung pada keseriusan dan ketelitian di fase awal ini. Persiapan lahan yang terencana, ramah lingkungan, serta dikelola dengan prinsip efisiensi akan menghasilkan bibit unggul yang siap tumbuh menjadi tanaman produktif. Setiap tahapan—mulai dari analisis tanah, pengaturan drainase, hingga manajemen tenaga kerja—merupakan investasi jangka panjang bagi keberlanjutan perkebunan. Dengan fondasi pembibitan yang kuat,

seluruh sistem produksi kelapa sawit dapat mencapai produktivitas optimal dan memenuhi standar keberlanjutan global.

2.2 Manajemen Media Tanaman

Media tanam (metan) disebut juga dengan media tumbuh, bagi tanaman umumnya berupa tanah. Puluhan bahan yang berbeda yang digunakan dalam berbagai kombinasi untuk membuat media tumbuh buatan sendiri atau komersial. Media tanam umumnya memiliki berbagai nutrisi, mineral, air, vitamin, serta kandungan lain yang tentunya dibutuhkan oleh tanaman, sehingga peran akar berperan penting dalam menyerap kandungan hara yang dimiliki media tanam bisa lebih optimal.

Fungsi Media Tanam

1. Fungsi penyokong tanaman

Media tanam berfungsi sebagai penyokong tanaman dengan menyediakan struktur fisik yang kokoh untuk menahan berat batang, daun, dan buah, serta mencegah roboh akibat angin atau gravitasi

2. Fungsi penyedia nutrisi/hara

Media tanam berfungsi sebagai penyedia nutrisi atau hara utama bagi tanaman dengan menyimpan dan melepaskan unsur makro (n, p, k, ca, mg) serta mikro (fe, zn, cu) secara bertahap untuk mendukung pertumbuhan akar, batang, dan tandan buah.

3. Fungsi penyedia air

Media tanam berfungsi sebagai penyedia air dengan menyimpan kelembaban optimal (field capacity 60-70%) agar tanaman sawit dapat menyerap air melalui akar primer dan sekunder tanpa kekeringan atau genangan yang menghambat respirasi.

Air dari media berfungsi sebagai pelarut hara, pengatur turgor sel untuk buka stomata fotosintesis, dan transport fotosintat ke tandan buah; defisit air kurangi produksi cpo hingga 20% di musim kemarau. Di kebun dewasa, drainase parit dan rorak jaga muka air tanah 50-80 cm di bawah permukaan untuk aerasi sekaligus suplai air stabil

Jenis-Jenis Media Tanam

Secara umum, jenis media tanam terbagi menjadi media tanam organik, anorganik dan air. Perbedaannya yaitu media tanam organik bahannya memiliki kandungan unsur mineral yang tinggi, sedangkan media tanam anorganik bahannya berasal dari proses pelapukan batuan induk dalam bumi.

1. Media tanam organik

Media tanam organik berasal dari bahan alami seperti sisa tumbuhan atau hewan yang kaya nutrisi, cocok untuk bibit sawit karena mudah terurai dan mendukung mikrobiologi tanah. Contoh kompos

2. Media tanam anorganik

Media tanam anorganik berasal dari material mineral atau batuan yang tidak mudah terurai, ideal untuk meningkatkan drainase dan aerasi pada pembibitan sawit tanpa menyumbang nutrisi signifikan. Contoh pasir, kerikil/ pecahan batu bata

3. Media tanam air

Media tanam air merujuk pada sistem hidroponik, di mana air kaya nutrisi menjadi media utama pengganti tanah untuk pertumbuhan tanaman sawit bibit atau tanaman hortikultura, dengan akar terendam atau dialiri larutan mineral tanpa substrat padat. Adapun contoh yang termasuk jenis media tanam lain adalah sebagai berikut:

a) Arang

Media tanam arang merupakan jenis media tanam organik yang berasal dari kayu maupun hasil pembakaran batok kelapa. Arang sangat cocok dipakai untuk dipakai sebagai media tanam anggrek.terutama pada tanaman-tanaman yang ditanam di daerah dengan kelembapan yang tinggi. Keunikan yang dimiliki media tanam jenis arang yaitu bahannya tidak mudah lapuk, yang membuatnya tidak mudah ditumbuhi jamur. Selain itu, media ini juga memiliki sifat buffer atau penyangga sehingga, tidak terlalu bisa mengikat air dalam jumlah banyak.

b) Pupuk kandang

Pupuk kandang adalah media tanam organik yang terbuat dari kotoran hewan. Pupuk kandang yang digunakan sebagai media tanam adalah yang berwarna hitam pekat. Hal tersebut menandakan bahwa pupuk kandang itu sudah matang dan steril. Pemilihan tersebut bertujuan untuk mencegah munculnya bakteri cendawan yang bisa merusak tanaman. Alasan pupuk

kandang bisa dijadikan pilihan media tanam yang baik adalah karena mengandung unsur hara yang lengkap, seperti fosfor (p), kalium (k) dan natrium (n).

c) Sekam padi

Jenis media tanam organik selanjutnya yaitu sekam padi. Sekam padi berasal dari proses gilingan kulit biji padi (oryza sativa). Sekam padi yang biasa digunakan sebagai media tanam bisa berupa sekam mentah atau sekam padi yang dibakar. Keduanya sama-sama memiliki tingkat porositas yang sama. Penggunaan sekam bakar sebagai media tanam tidak perlu disterilisasi lagi. Alasannya, mikroba patogennya telah mati selama proses pembakaran. Kelemahannya, sekam bakar akan cenderung lebih mudah lapuk. Di sisi lain, sekam yang tidak dibakar akan mudah mengikat air dan tidak mudah lapuk. Namun, sekam mentah cenderung minim akan unsur hara.

d) cocopeat

Cocopeat adalah media tanam yang berasal dari sisa-sisa sabut kelapa. Biasanya, yang dipakai untuk media tanam adalah serat kelapa. Cocopeat sifatnya hampir sama seperti arang sekam, tetapi kemampuan untuk menyimpan airnya lebih tinggi. Maka dari itu, media tanam cocopeat cocok digunakan pada daerah yang kering dengan curah hujan yang rendah.

e) rockwool

Media tanam rockwool adalah jenis media tanam yang ramah lingkungan, karena terbuat dari kombinasi batu, seperti batu kapur, batuan basalt, batu bara yang dipanaskan dengan suhu sekitar 1.600°. Setelah meleleh, gabungan batu tersebut berubah menjadi serat-serat. Kelebihan rockwool yaitu mengandung ph yang cenderung tinggi sehingga cocok untuk dijadikan media tanam bagi beberapa jenis tanaman.

Seberapa Penting Media Tumbuh Bagi Tanaman?

Media tumbuh merupakan hal terpenting bagi tumbuh kembangnya sawit para penggiat pertanian. Manajemen media tanam merupakan aspek krusial dalam budidaya tanaman, baik untuk pertanian konvensional. Proses ini mencakup pemilihan bahan media yang tepat,

pengolahan awal, pemupukan, pengairan, serta pemeliharaan rutin untuk memastikan ketersediaan nutrisi, air, oksigen, dan drainase yang optimal bagi perkembangan akar tanaman. Media tanam yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan hasil panen hingga 30-50% karena mencegah masalah seperti busuk akar, kekeringan, atau kekurangan hara.

Teknik Pengolahan Dan Sterilisasi

Pengolahan dimulai dengan penyaringan media untuk menghilangkan batu atau sampah, diikuti pencampuran homogen menggunakan sekop atau mixer. Sterilisasi kimiawi pakai fungisida seperti mankozeb 2 g/liter, sedangkan biologis dengan trichoderma sp. 5 g/kg media untuk menekan patogen. Untuk media bekas, olah ulang dengan mencampur 50% bahan segar, jemur, dan tambah kapur dolomit 1-2% jika ph turun di bawah 5,5. Uji laboratorium sederhana: tes ph dengan kertas lakmus, atau tes drainase dengan menuang 1 liter air dan catat waktu kering (ideal <30 menit).

Pemeliharaan Dan Monitoring Rutin

Pemeliharaan meliputi irigasi berdasarkan metode tensiometer (kekeringan pada -20 cb), pemupukan lanjutan dengan urea 1 g/liter setiap 2 minggu, dan penggantian media setiap 6-12 bulan untuk tanaman tahunan. Pantau gejala seperti daun menguning (kekurangan fe) atau akar hitam (overwatering), lalu sesuaikan dengan analisis tanah sederhana. Di lahan terbuka, tambah mulsa organik 5 cm untuk menjaga kelembaban dan mengurangi erosi. Pendekatan berkelanjutan gunakan kompos dari limbah rumah tangga untuk mengurangi biaya hingga 70%.

Manfaat Dan Tantangan Manajemen Media Tanam

Manajemen yang baik meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama, efisiensi air hingga 40%, dan produktivitas panen. Tantangan utama adalah pemadatan media seiring waktu (kurangi dengan 20% perlit) dan kontaminasi salinisasi di daerah pesisir (bilas dengan air hujan). Petani pemula disarankan mulai skala kecil 10-20 pot untuk uji coba, lalu skalakan berdasarkan hasil. Integrasi teknologi seperti sensor iot untuk monitoring ph real-time semakin populer di pertanian modern.

Manajemen media tanam untuk kelapa sawit fokus pada pembibitan awal (pre-nursery dan main nursery) hingga penanaman di lahan utama, memastikan media menyediakan nutrisi, aerasi, drainase, dan ph optimal (5,5-6,5) agar bibit tumbuh kuat dan produktif hingga usia dewasa.

Proses ini krusial karena kelapa sawit sensitif terhadap genangan air dan kekurangan hara, terutama di lahan marginal seperti gambut atau tanah masam.

Syarat Fisik Dan Kimia Media

Media tanam ideal bersifat gembur dengan porositas 40-60% untuk aerasi akar, kapasitas menahan air 20-30%, dan drainase baik guna cegah busuk akar. Ph dijaga 5,5-6,5 dengan tambahan kapur dolomit (1-2 ton/ha) jika tanah terlalu asam, kandungan organik minimal 2-3% dukung mikroba pengurai hara. Lahan pembibitan pilih mineral rata (<5% kemiringan), dekat sumber air, dengan sistem drainase parit 50-100 cm dalam.

Komposisi Media Untuk Pembibitan

Untuk pre-nursery, campur tanah mineral 70% + pasir 20% + bahan organik (kompos/pelepah sawit) 10%, disaring halus hindari batu atau gumpalan.

- Main nursery: polybag ukuran 40x50 cm isi top soil + pupuk kandang + sekam bakar (rasio 7:2:1), tambah npk 15-15-15 (10-15 g/polybag).
- Alternatif limbah: kompos pelepah sawit 50% + fiber/kotoran sapi 50% tingkatkan kehijauan daun dan pertumbuhan hingga 20% lebih baik daripada top soil saja.
- Tanah gambut: campur 50% gambut kering + 50% top soil, ayak bersih, fermentasi 14 hari untuk kurangi asam organik.

Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan Sebelum Menanam Sawit

Sebelum memulai penanaman sawit, ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan untuk memastikan keberhasilan dan produktivitas tanaman, di antaranya:

Iklim

Pohon sawit memerlukan paparan sinar matahari langsung selama 5 hingga 7 jam setiap hari untuk mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhannya secara optimal. Selain itu, curah hujan yang ideal untuk pertumbuhan pohon sawit berkisar antara 1.500 hingga 4.000 mm per tahun. Hujan yang cukup membantu menjaga kelembaban tanah dan mendukung kesehatan tanaman. Di sisi lain, suhu lingkungan yang paling sesuai bagi perkebunan sawit yang menciptakan kondisi yang nyaman bagi pertumbuhan tanaman berkisar antara 24 hingga 28 derajat celcius.

Pohon sawit

Meskipun sawit dapat tumbuh pada berbagai ketinggian, tanaman ini tumbuh paling baik di daerah dengan ketinggian sekitar 1.500 meter di atas permukaan laut. Kecepatan angin yang moderat, sekitar 5 hingga 6 km per jam, juga penting karena dapat membantu proses penyerbukan dan meningkatkan kesehatan tanaman sawit secara keseluruhan.

Jenis tanah yang paling cocok untuk menanam sawit adalah tanah yang bebas dari batuan, dengan ph antara 4 hingga 6. Tanah ini harus memiliki tingkat kesuburan yang tinggi untuk mendukung pertumbuhan akar dan kesehatan tanaman. Selain itu, perkebunan sawit sebaiknya dilengkapi dengan sistem drainase yang efektif, memastikan permukaan air berada pada kedalaman yang memadai. Kondisi solum (kedalaman) tanah juga harus dalam keadaan cukup, idealnya sekitar 80 cm, untuk mendukung pertumbuhan akar yang optimal dan mencegah masalah genangan air yang dapat merugikan tanaman.

Jarak tanam

Jarak tanam juga sangat penting dalam budidaya sawit karena mempengaruhi pertumbuhan, kesehatan, dan hasil tanaman. Jarak tanam yang optimal, biasanya antara 8 hingga 10 meter antar tanaman, memungkinkan setiap pohon sawit mendapatkan akses yang cukup terhadap cahaya matahari, nutrisi, dan air.

Jarak yang tepat juga mengurangi kompetisi antara tanaman, meminimalkan risiko penyebaran penyakit, serta mempermudah perawatan dan panen. Dengan jarak tanam yang sesuai, tanaman sawit dapat tumbuh dengan lebih sehat dan produktif, menghasilkan buah yang lebih berkualitas dan memaksimalkan efisiensi penggunaan lahan.

Tahapan penanaman sawit

Beberapa tahapan yang umum dilakukan saat akan menanam sawit antara lain:

1. Persiapan lahan

Pembersihan dan pengolahan tanah dengan membersihkan area tanam dari gulma, batu, dan sisa tanaman sebelumnya. Tanah juga bisa dicangkul atau dibajak untuk meningkatkan struktur tanah, serta memudahkan penanaman. Sistem drainase harus dipastikan bekerja dengan

baik untuk menghindari genangan air yang dapat merusak akar tanaman. Sebab, sistem drainase yang efektif membantu menjaga kelembaban tanah yang optimal.

2. Pemilihan bibit

Bibit dari varietas unggul yang sudah terbukti produktif dan direkomendasikan oleh kementerian pertanian agar buah memiliki potensi hasil yang bagus sehingga bisa menghasilkan produk-produk turunan yang berkualitas.

Sebelum bibit dimasukkan ke dalam lubang tanam, daun-daunnya dipangkas hingga 1,25 sampai 1,5 meter dari pangkal pelepah, membentuk kerucut dengan kemiringan 30 hingga 45 derajat. Dua minggu sebelum penanaman, bibit diputar posisinya agar akar yang telah menembus tanah bisa terputus, memungkinkan akar tersebut beregenerasi sebelum bibit dipindahkan ke lahan.

3. Proses penanaman

Proses menanam sawit bisa diteruskan dengan menggali lubang tanam dengan ukuran yang sesuai, biasanya 60x60x60 cm, dan tempatkan bibit di dalam lubang tersebut. Isi lubang dengan tanah, pastikan akar bibit tidak terjepit, dan siram dengan air untuk membantu penyesuaian. Setelah ditanam, lakukan penyiraman secara rutin untuk menjaga kelembaban tanah. Berikan pupuk sesuai untuk mendukung pertumbuhan awal tanaman. Kita juga perlu memantau tanaman secara berkala untuk mendeteksi adanya hama atau penyakit. Gunakan metode perlindungan seperti insektisida atau fungisida jika diperlukan.

4. Perawatan dan pemeliharaan

Agar pohon sawit yang ditanam menghasilkan kualitas terbaik, jangan lupa untuk selalu memeliharanya dengan baik. Bisa dimulai dengan melakukan penyiraman secara teratur terutama selama musim kemarau. Pupuk tanaman dengan jenis pupuk yang mengandung nutrisi lengkap dan sesuaikan frekuensi pemupukan dengan fase pertumbuhan tanaman. Jangan lupa untuk mengecek dan mengidentifikasi tanda-tanda hama atau penyakit seperti daun menguning, bercak-bercak pada daun, atau gangguan pertumbuhan. Jika terdapat tanda yang tidak biasa, tindakan

pengendalian yang tepat bisa dilakukan, seperti penggunaan pestisida alami atau teknik pengendalian biologis.

Selanjutnya, lakukan pemangkasan untuk menghilangkan daun yang mati atau rusak dan menjaga bentuk tanaman agar tetap ideal. Pemangkasan juga membantu meningkatkan sirkulasi udara dan penyerapan cahaya.

Menanam sawit yang memerlukan persiapan yang matang dan peralatan yang tidak sedikit, termasuk dalam hal sistem irigasi dan drainase yang membutuhkan pipa khusus untuk memastikan bahwa tanaman sawit mendapatkan suplai air yang optimal. Jangan khawatir, dengan menggunakan pipa stainless steel atau carbon steel terbaik dengan merek terkemuka seperti gba, sumitomo, pantech, dan superinox, anda dapat memastikan distribusi air yang efisien dan tahan lama, mendukung pertumbuhan tanaman sawit yang sehat dan produktif.

Manajemen Media Tanaman Pada Sawit

Penyiapan bedengan

Diusahakan arah bedengan memanjang dari barat ke timur. Panjang bedengan disesuaikan dengan keadaan lapangan (10-20 m). Lebar bedengan 1,2 m. Jarak antar bedengan 0,6-1 m. Tepi bedengan dibuat palang dari papan, dengan panjang 10-20 m, tinggi 10 cm dan tebal 2 cm atau bambu atau balok kayu berdiameter 5 cm.

Norma kerja: tenaga kerja yang diperlukan untuk pembuatan bedengan untuk menampung sebanyak 12.000 kecambah adalah = 7 - 9 hk, pembuatan peneduh = 3-5 hk.

Penyiapan media tanam

Tanah yang digunakan untuk media adalah tanah lapisan atas (topsoil) dan tidak bercampur dengan batu–batu/ kerikil. Tekstur tanah sebaiknya lempung berliat (40% debu, 30% pasir dan 30% liat) dan mempunyai sifat drainase yang baik. Top soil diayak dengan lubang ayakan 1 cm x 1 cm untuk memisahkan bongkah-bongkah tanah dan sisa-sisaakar/ kerikil.

Tumpukan tanah yang telah diayak ditutup dengan terpal plastik agar tidak kehujanan. Tanah yang telah diayak dicampur merata dengan pupuk rp sebanyak 15 g/ babybag (1 m^3 tanah dicampur 15 kg pupuk rp untuk 1000 babybag).

Pada waktu pencampuran tanah dengan pupuk rp harus merata, dan tanah harus kering. Apabila top soil tidak tersedia, maka dapat digunakan tanah sub soil dicampur dengan pome, dengan perbandingan volume 1 : 0,5 (tanah : pome). Babybag yang telah diisi dengan campuran ini segera disiram dengan air pada kapasitas lapang dan harus dibiarkan selama satu minggu, sebelum ditanami.

Apabila top soil dan pome tidak tersedia, maka dapat digunakan 1 m3 tanah sub soil dicampur dengan 15 kg pupuk compound 15:15:6:4 dan 5 kg pupuk rp untuk 1000 babybag. Babybag yang telah diisi dengan campuran ini segera disiram dengan air pada kapasitas lapang dan harus dibiarkan selama satu minggu, sebelum ditanami.

Norma kerja, tenaga kerja yang diperlukan untuk pengumpulan top soil dan pengayakan untuk 12.000 polybag adalah = 9-12 hk.



Penyiapan media tanam

Pengisian dan penyusunan babybag

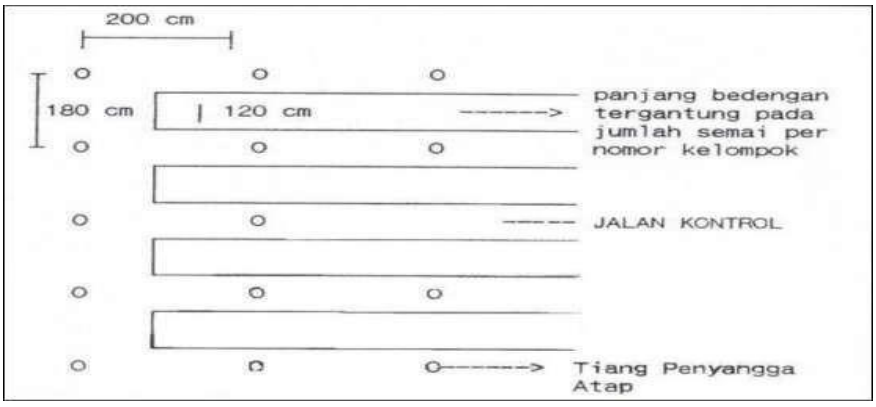
Jangan sekali-kali mengisi tanah basah apalagi yang berkadar liat tinggi ke dalam polybag karena akan terjadi pemadatan yang akan berakibat buruk terhadap pertumbuhan akar. Babybag yang digunakan harus sesuai standar, dengan ukuran lebar 14 cm x panjang 23 cm x tebal 0,1 mm, warna hitam dan terdapat lubanglubang drainase.

Kebutuhan babybag untuk per hektar tanaman di lapangan = 200 lembar + 2%. Babybag diisi dengan media tanam yang telah disiapkan. Isikan tanah tersebut ke babybag (± 1 kg/

babybag) dan dipadatkan. Babybag disusun rapat dan rapi sehingga membentuk bedengan selebar ± 120 cm (12 babybag) dan panjangnya bergantung pada jumlah bibit per nomor kelompok.

Penyiraman dilakukan setiap hari pada kapasitas lapang. Pinggiran bedeng diberi palang kayu/ bambu agar baby bag tidak roboh. Antara bedengan dibuat jalan kontrol dengan lebar ± 50 cm memanjang persemaian. Barisan babybag yang paling pinggir diusahakan terletak ± 50 cm dari tepi atap naungan. Baby bag harus siap minimal 1 (satu) minggu sebelum kecambah ditanam dan disiram setiap hari pada kapasitas lapang sampai waktu penanaman kecambah.

Norma kerja: tenaga kerja yang diperlukan untuk pengisian polybag dan penyusunan di bedengan sebanyak 12.000 polybag adalah = 75-85 hk.



Gambar 3. Lay out bedengan pada pre nursery



Gambar 4. Lahan pembibitan pre nursery

Penyiapan naungan

Naungan untuk pre-nursery tidak mutlak dan dapat ditiadakan jika penyiraman terjamin baik dan teratur. Naungan hanya direkomendasikan apabila penyiraman tidak terjamin atau kurang baik. Untuk bahan atap naungan bisa dipakai pelepah daun sawit ataupun plastik net dengan 60% shading (naungan). Tinggi tiang atap sekitar 2 m (dengan bagian tiang sedalam 0,3m tertanam di dalam tanah) dan lebar jarak antara 2 tiang sekitar 1,5m.

Sekitar 10 minggu setelah tanam (dua daun) naungan berangsur-angsur dikurangi sehingga dalam waktu 2 minggu kemudian naungan sama sekali dihilangkan (setiap selang waktu 4 hari naungan dikurangi seperempatnya). Jangan memakai naungan yang terlalu gelap dan naungan harus dibongkar setelah 12 minggu dari penanaman kecambah.

Norma keja: tenaga kerja yang diperlukan untuk pembuatan naungan bedengan yang menampung sebanyak 12.000 polybag adalah = 3- 5 hk.

Seleksi kecambah

Kecambah diseleksi sebelum ditanam. Ciri kecambah normal dilihat pada diferensiasinya yaitu pucuk (*plumula*) dan akar (*radicula*). Plumula bentuknya meruncing berwarna putih sedangkan radicula bentuknya agak tumpul, panjangnya ± 8 – 25 mm berwarna gading dengan posisi saling bertolak belakang. Apabila plumula kembar, plumula yang lebih lemah harus dibuang. Kemudian kecambah ditanam seperti biasa.

kecambah yang harus dibuang dengan kondisi sebagai berikut :

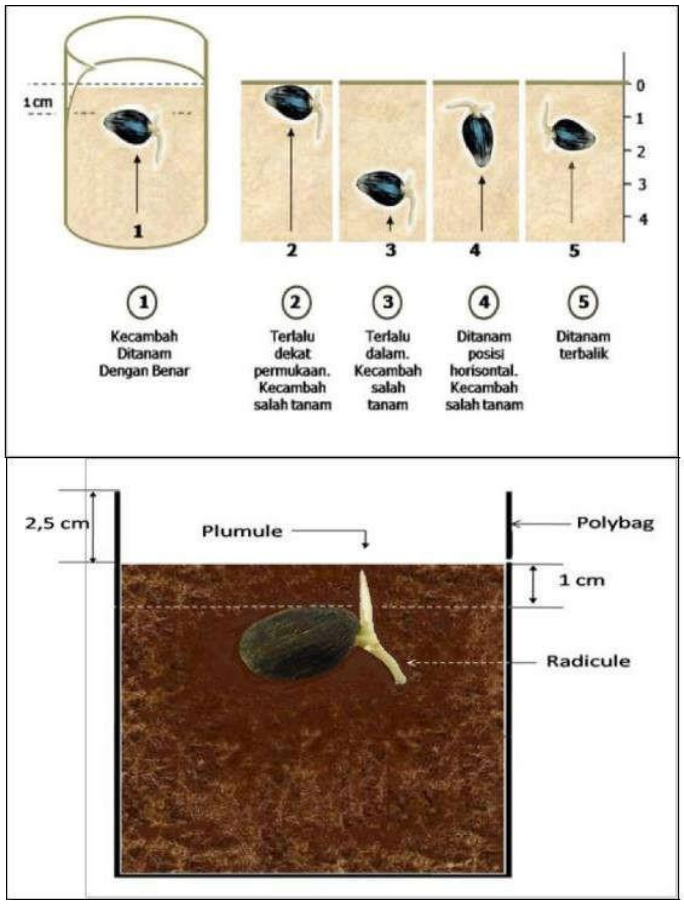
- Kecambah abnormal.
- Radicula dan atau plumula busuk/ rusak.
- Radicula dan plumula searah.
- Terdapat jamur.

Penanaman kecambah

Kecambah yang diterima harus disimpan dan dibuka di tempat yang ternaungi/ tidak terkena sinar matahari langsung.

Kecambah yang masih dalam bungkusan plastik sebelum dibuka terlebih dulu dipisah-pisahkan sesuai dengan nomor kelompoknya. Sebelum ditanam, semua bungkusan plastik kecambah dibuka dan disimpan ditempat yang sejuk. Kecambah harus segera ditanam pada hari itu juga atau paling lama 1 (satu) hari setelah penerimaan kecambah. Penanaman kecambah harus

dilakukan per kelompok. Sebelum penanaman kecambah, babybag yang telah diisi tanah harus disiram terlebih dahulu.



Gambar. Orientasi dan kedalaman tanam benih

Penanaman kecambah harus dilakukan dengan hati-hati/ teliti agar akar dan pucuk tidak patah, dengan cara sebagai berikut:

- Buat lubang tepat di tengah babybag sedalam 2 – 2,5 cm dengan menggunakan jari.
- Letakkan kecambah dengan posisi bagian akar di sebelah bawah dan pucuk menghadap keatas.
- Timbun kembali dengan tanah setebal 1 – 1,5 cm dan tidak boleh dipadatkan.
- Kecambah yang belum jelas perbedaan bakal akar dan daunnya dapat ditunda penanamannya, sedangkan yang terlalu panjang akarnya dapat dipertahankan sampai 5 cm dari pangkalnya, selebihnya harus dipotong.

- Setelah penanaman, papan label harus dipasang dengan mencantumkan nama kelompok kecambah yang ditanam.

Penyiraman

Penyiraman bibit dilakukan 2 kali sehari (pagi dan sore). Bila pada malam hari turun hujan > 8 mm, maka besok paginya tidak perlu disiram. Kebutuhan air adalah 0,2 – 0,3 liter per babybag per hari. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan selang air yang dilengkapi dengan kepala gembor di ujungnya, agar tanah tidak keluar dari babybag atau selang air *lay flat*.

Penyiraman dapat juga dilakukan dengan gembor dan persediaan air diambil dari drum yang ditempatkan pada setiap modul pre-nursery. Penyiraman adalah salah satu perlakuan pemeliharaan yang terpenting dan harus dilaksanakan dengan sebaik-baiknya terutama dalam fase awal di pre-nursery

Norma kerja: tenaga kerja yang diperlukan untuk penyiraman bibit pre nursery sebanyak 12.000 polybag adalah = 40-44 hk.

Pemupukan

Aplikasi pemupukan harus disesuaikan dengan program yang telah direkomendasikan. Di pre nursery selalu dilakukan pemupukan dengan cara menyiramkan larutan pupuk (dengan menggunakan gembor).

Penyiraman dengan larutan pupuk baru dapat dilakukan jika penyiraman dengan air pada sore hari telah selesai. Untuk memudahkan pelaksanaan pemberian pupuk dalam bentuk larutan, maka direkomendasikan untuk membuat larutan stok terlebih dahulu. Larutan stok ini harus diencerkan sebelum disemprotkan/ disiramkan ke bibit. Larutan stok urea merupakan larutan 300 g urea dalam 3 liter air. Untuk membuat larutan semprot/ siram sebanyak 15 liter (setara dengan volume 1 knapsak sprayer), tambahkan 300 ml larutan stock urea ke dalam 14.700 ml air, lalu diaduk merata. Larutan ini cukup untuk 300 bibit.

Larutan stok npk merupakan larutan 300 g npk 15.15.6.4 dalam 3 liter air. Untuk larutan semprot/ siram sebanyak 15 liter (setara dengan volume 1 knapsak *sprayer*) tambahkan 300 ml larutan stok npk ke dalam 14.700 ml air, lalu diaduk merata. Larutan ini cukup untuk 300 bibit.

Pemberian larutan pupuk dapat dilakukan dengan pompa semprot (knapsack sprayer) atau dengan gembor (disiram). Gunakan pompa semprot yang bebas dari herbisida dan atau pestisida. Penyemprotan larutan pupuk dapat digabung dengan fungisida atau insektisida.

Apabila muncul gejala akibat defisiensi unsur hara yang spesifik atau gejala-gejala lain karena efek pemupukan, maka harus segera dilakukan penanganan, riwayat perlakuan sebelumnya dengan disertai foto dari gejala yang dimaksud. Gejala defisiensi hara yang spesifik dari unsur tersebut dibawah ini, dapat diperlakukan sebagai berikut:

- Boron
  Dilakukan penyemprotan dengan 2,5 gram hgfb per liter (konsentrasi 0,25%).
- Magnesium
  Dilakukan penyemprotan dengan 10 gram (mgso4 . 7h2o) per liter (konsentrasi 1%).
- Copper
  Dilakukan penyemprotan dengan 0,5 gram (cuso4 5h2o) per liter (konsentrasi 0,05%).

setelah umur bibit 12 minggu di babybag pindahkan ke largebag. Jika pada umur 12 minggu bibit belum dipindahkan dari babybag, maka pemupukan harus tetap dilanjutkan dengan dosis umur 11 minggu yaitu 30 gram urea/ 15 liter air/ 300 bibit setiap minggu sampai bibit dipindahkan. Jangan memberikan pupuk dalam bentuk granular pada babybag.

Pemberian mulsa dan pengendalian opt

Pemberian mulsa.Mulsa berupa cangkang ditabur dalam babybag disekitar bibit setebal 2,5 cm menutupi permukaan tanah (mulsa tidak boleh menyentuh bibit). Mulsa yang terbawa air hujan atau penyiraman segera diganti. Fiber atau alang-alang (yang tidak berbunga) dapat juga digunakan untuk mulsa dengan catatan air penyiraman masih dapat masuk kedalam tanah. Pemberian mulsa dapat mencegah petumbuhan gulma di dalam polybag.

Pengendalian gulma.Pengendalian gulma di pre-nusery hanya dilakukan dengan cara manual yaitu dengan mencabuti seluruh jenis gulma yang tumbuh di dalam babybag. Gulma yang telah dicabuti, dikumpulkan dan disingkirkan dari areal pembibitan. Bersamaan dengan pengendalian gulma tersebut, untuk bibit yang doyong dilakukan penegakan, sedangkan untuk bibit yang akarnya tersembul dilakukan penambahan tanah ke dalam babybag.

Pengendalian Hama Dan Penyakit.Waspada terhadap gejala serangan hama dan penyakit, agar tidak terjadi out break. Untuk pembibitan diperlukan stok insektisida dan fungisida di gudang kebun adalah 4 x 3,5 liter/ ha atau 3,5 kg/ ha per jenis insektisida maupun fungisida. Hindari penyimpanan insektisida dan fungisida tercampur dengan bahan lainnya, seperti herbisida dan pupuk. Pompa semprot yang dipakai untuk insektisida/ fungisida harus khusus dan tidak boleh dipakai untuk keperluan lainnya.

Seleksi bibit

Seleksi bibit atau afkir di pre-nursery dilakukan sebelum bibit ditransplanting ke main nursery (umur 2,5 - 3 bulan). Seleksi bibit dilakukan untuk membuang bibit yang mempunyai bentuk dan pertumbuhan yang abnormal serta bibit yang terserang hama dan penyakit.

Tabel 3. Standar fisik bibit kelapa sawit pre nursery

umur (bulan)	Jumlah daun	Diameter batang (cm)	Tinggi (cm)
2-3	3	0.9	13.3
3-4	4	1.2	21.5
4-5	5	1.4	30.7
5-6	7	1.8	39.9
6-7	9	2.7	52.2
7-8	11	3.5	64.3
8-9	13	4.5	88.3
9-10	14	5.9	101.1
10-11	15	5.9	114.1
11-12	15	6.0	126.9
12-13	16	6.2	139.6
13-14	16	6.4	153.2

Bibit yang abnormal dikumpulkan secara terpisah, dan harus diperiksa kembali untuk kemudian segera dimusnahkan. Pada kondisi normal, seleksi selama di pre-nursery $\pm$ 5 – 10 % dari populasi bibit. Seleksi bibit dilakukan petak per petak dengan membandingkannya pada pertumbuhan rata-rata di petak tersebut.

Bibit yang normal mempunyai bentuk daun "*lanceolate*", dimana tiap daun yang keluar pada akhirnya pertumbuhannya akan lebih besar dari daun yang terdahulu.

Pemisahan dan perawatan *doubletone*

Pada saat transplanting bibit ke pembibitan utama (mn), semua bibit kembar dipisahkan dan ditempatkan segera pada tempat terpisah. Babybag bibit doubletone disiram dengan air supaya cukup lembab, kemudian dibelah pada bagian tengah (diantara dua bibit doubletone tersebut) dengan menggunakan pisau yang tajam, untuk menghasilkan 2 bibit. Setiap bibit memiliki setengah bagian tanah babybag. Kemudian bibit tersebut dimasukkan dalam babybag yang baru dan ditambahkan tanah yang sudah dicampur dengan pupuk rp (1 m^3 tanah dicampur 10 kg pupuk rp).

Bibit ditaruh dalam bedengan yang diberi naungan dan papan dengan label sesuai dengan label asalnya. Bibit disiram dengan sistem kabut. Penyiraman dilakukan selama 10 jam per hari selama 14 hari. Jika sistem penyiraman kabut tidak ada, dapat disiram dengan air empat kali dari standar penyiraman di pre nursery.

Pemupukan dilakukan dengan aturan yang berlaku di pre nursery. Penyemprotan insektisida dan fungisida dilaksanakan setiap minggu sekali. Jaringan tanaman yang mati digunting, dikumpulkan untuk selanjutnya dibakar dilluar lokasi pembibitan. Apabila pertumbuhan bibit doubletone telah stabil dan daun baru jelas telah tumbuh ($\pm$ 1 bulan) maka naungan dapat diambil secara progresif (bertahap). Apabila bibit telah benar-benar kuat, lakukan seleksi (1,5 bulan setelah pemisahan *doubletone*), kemudian pindahkan ke main nursery.

Persiapan tempat untuk menyusun seluas 1 hektar dilakukan dengan tenaga manusia dengan cara pembersihan lahan, bebas tunggul dan lahan dapat disusun polybag besar.

Ukuran polybag dan media tanam

Ukuran polybag besar adalah adalah 0,15 cm x 40 mm x50 cm lay flat (setelah diisi tanah diameter -/+ 25 cm dan tinggi -/+ 29 cm) berwarna hitam dengan 4 baris lubang perforasi berjarak 5 cm. Letak lubang perforasi berdiameter 5 mm dalam barisannya dimulai dari 15 cm dari bagian atas kantong plastic kearah bawah sebanyak 5 lubang dengan jarak masing- masing lubang 5 cm. Total lubang perforasi sebanyak 80 buah.

Untuk sisipan dicadangkan 1 bibit apm per hektar ditanam pada polybag ukuran 0,18mm x 50cm x 60 cm. Ketebalan polybag harus merata, hal ini dapat dilihat dengan cara mengamatinya dibalik sinar matahari, tidak ada bagian yang terang karena tipis. Kelenturan polybag harus cukup agar tidak rusak atau mudah robek akibat terik matahari.

Tanah 1 m^3 untuk 55 polybag. Tanah di polybag besar harus dilubangi dan selanjutnya dimasukkan 100 gram pupuk rock phosphate ke lubang polybag.

Pengisian polybag

Polybag harus sudah siap diisi tanah minimal 4 minggu sebelum pemin-dahan bibit dari *pre-nursery*, untuk mendapatkan tingkat kepadatan tanah yang stabil setelah dilakukan penyiraman setiap hari.

Cara pengisian *polybag* besar:

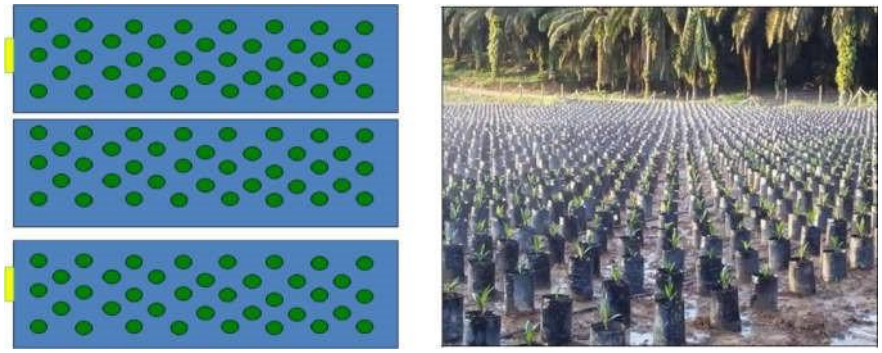
- ✓ Polybagharusdibalik sebelumdiisi tanahagar *polybag*dapat berdiri tegak dan silendris.
- ✓ Media tanah harus disaring melalui saringan 1,5 cm x 1,5 cm untuk menghindari adanya gumpalan-gumpalan tanah, sampah, akar tana-man dll.
- ✓ Persiapkan media tanam dan isikan ke dalam *polybag*. Hindarkan pemadatan tanah dalam *polybag* dengan cara menekan kuat ke arah bawah.
- ✓ Guncang *polybag* pada waktu pengisian untuk memadatkan tanah dan mencegah agar tidak ada bagian yang mengkerut/terlipat. Isilah sampai mencapai ketinggian 2,5 cm dari bibir *polybag.*

Penempatan polybag

Bibit ditanam dengan jarak tanam 90 cm segitiga sama sisi, sedangkan bibit apm untuk sisipan ditanam dengan jarak 150 cm segitiga sama sisi.

Untuk dapat menempatkan *polybag* dengan rapi, terlebih dahulu dilakukan pemancangan di dua sisi petak memakai alat meteran dan kawat licin atau tali rami, dengan menggunakan bahan

cat dan anak pancang. Sewaktu menyusun *polybag,* kedua tangan pekerja harus berada pada dasar *polybag.*



Gambar. Penyusunan polybag di areal pembibitan

Transplanting di polybag besar

Tata cara pelaksanaan *transplanting* dari *polybag* kecil ke *polybag* besar dilakukan sebagai berikut:

- Untuk tempat pemindahan bibit *polybag* kecil dibuat beberapa kotak kayu, dan dapat menggunakan pisau silet/*cutter* untuk menyayat *polybag* kecil. Dibutuhkan kereta sorong atau *trailer mini tractor* untukmemindahkan kotak berisi bibit kecil dari *pre- nursery.*
- Pastikan *polybag* besar sudah tersusun benar dengan posisi tegak dan telah diisi tanah.
- Satu hari sebelum *transplanting*, siram tanah di *polybag* besar sampai jenuh air, guna memudahkan pembuatan lubang tanam pada keesokan harinya.
- Buat lubang di tengah *polybag* dengan menggunakan alat pelubang yang sudah dipersiapkan. Kedalaman lubang dibuat ± 20 cm atau disesuaikan dengan tinggi tanah di *polybag* kecil.
- Siram bibit di *pre-nursery* sebelum dipindahkan.
- Angkat bibit *pre-nursery* hati-hati dan disusun ke atas masingmasing kotak kayu sebagai tempat pengangkutannya dan diangkut ke lokasi *polybag* besar.
- Turunkan bibit dilokasi *polybag* besar dan letakkan hati-hati satu demi satu di samping masing-masing *polybag* besar.
- Apabila menggunakan *cutter*, sayat *polybag* kecil secara vertikal di sepanjang sisinya, keluarkan bibit lengkap dengan tanahnya dari *polybag* kecil secara hati-hati, masukkan

ke dalam lubang tanam di *polybag* besar. (bila lubang terlalu dalam harus terlebih dahulu diisitanah untuk disesuaikan kedalamannya, dan bila lubang terlalu dangkal harus terlebih dahulu didalamkan). Tekan sedikit untuk memadatkan tanah dan lakukan penambahan tanah sehingga permukaan tanah dari *polybag* kecil sama dengan permukaan tanah *polybag* besar atau ± 5cm di bawah bibir *polybag* besar.

- Lakukan penyiraman secukupnya segera sesudah *transplanting*.

Perawatan

Perawatan bertujuan membersihkan gulma yang tumbuh di dalam maupun di luar di antara *polybag*. Semua peralatan yang dipakai untuk kegiatan perawatan seperti alat semprot, ember, takaran dan pengaduk, harus diberi tulisan "khusus herbisida" secara jelas dengan warna merah, dan disimpan terpisah dari peralatan lainnya, sehingga dipastikan bahwa peralatan ini tidak digunakan untuk kegiatan penyemprotan pupuk daun maupun pengendalian hama dan penyakit. Penggunaan apd harus dipastikan secara lengkap pada saat pekerja melakukan penyemprotan dengan menggunakan pestisida.

Penyiraman

Penyiraman setara dengan 6 mm curah hujan untuk setiap kali penyiraman. Penyiraman harus dilakukan pagi dan sore dengan menggunakan gembor.

Penambahan tanah.Penambahan tanah di dalam *polybag* dilakukan seperlunya untuk mem-pertahankan permukaan tanah ± 5 cm di bawah bibir *polybag*.Norma tk = 60-70 hk

Pemberian mulsa.Mulsa diberikan secara merata di atas permukaan tanah dalam *polybag* segera setelah penanaman. Mulsa yang dianjurkan adalah cangkang, apabila tidak tersedia cangkang dapat juga digunakan fiber atau potongan lalang kering.

2.3 pemilihan benih unggul

Pertanian adalah sektor fundamental Pertanian merupakan sektor fundamental yang menopang ketahanan pangan global. Peningkatan produksi dan kualitas hasil pertanian selalu menjadi fokus utama dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Salah satu pilar terpenting dalam upaya tersebut adalah penggunaan bahan tanam berkualitas tinggi, yang dikenal sebagai benih unggul. Benih yang baik merupakan fondasi keberhasilan budidaya karena sangat menentukan potensi

hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta kemampuan adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan.Benih unggul umumnya memiliki tingkat viabilitas dan vigor yang tinggi, sehingga mampu tumbuh secara seragam dan menghasilkan produktivitas yang optimal. Penggunaan benih bermutu juga berkontribusi pada efisiensi input produksi, seperti pupuk dan pestisida, karena tanaman tumbuh lebih sehat dan responsif terhadap perlakuan budidaya. Oleh karena itu, pemilihan dan penggunaan benih unggul menjadi langkah strategis dalam meningkatkan hasil pertanian baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Namun, dalam praktiknya, masih banyak petani yang menggunakan benih bermutu rendah atau benih hasil simpanan sendiri tanpa melalui proses seleksi dan sertifikasi yang memadai. Kondisi ini dapat menyebabkan rendahnya produktivitas, meningkatnya risiko serangan organisme pengganggu tanaman, serta ketidakkonsistenan hasil panen. Selain itu, keterbatasan pengetahuan petani mengenai karakteristik benih unggul dan akses terhadap benih berkualitas juga menjadi tantangan dalam pengembangan sektor pertanian.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk, peran benih unggul menjadi semakin krusial. Oleh karena itu, diperlukan upaya berkelanjutan dalam pengembangan, penyediaan, dan pemanfaatan benih unggul sebagai bagian dari strategi peningkatan produktivitas pertanian dan pencapaian ketahanan pangan nasional.

Secara umum, benih adalah biji atau bagian tanaman lain (seperti stek, tunas, atau umbi) yang digunakan untuk memperbanyak tanaman. Dalam konteks pertanian modern, benih bermutu adalah benih yang memenuhi standar kualitas genetik, fisik, dan fisiologis. Secara umum, benih adalah biji atau bagian tanaman lainnya—seperti stek, tunas, rimpang, umbi, atau stolon—yang digunakan sebagai bahan untuk memperbanyak tanaman secara generatif maupun vegetatif. Benih berfungsi sebagai awal kehidupan tanaman baru karena mengandung embrio serta cadangan makanan yang diperlukan untuk proses perkecambahan dan pertumbuhan awal.

Dalam konteks pertanian modern, benih tidak hanya dipandang sebagai bahan tanam, tetapi juga sebagai faktor penentu keberhasilan produksi tanaman. Oleh karena itu, dikenal istilah benih bermutu, yaitu benih yang memenuhi standar kualitas tertentu yang mencakup:

Memberikan pemahaman komprehensif mengenai definisi, kriteria, metode, dan peran strategis pemilihan benih unggul dalam mencapai produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Pemilihan benih unggul merupakan fondasi utama dalam sistem produksi pertanian karena menentukan potensi hasil, efisiensi budidaya, dan keberlanjutan agroekosistem. Benih unggul didefinisikan sebagai benih bermutu tinggi yang memiliki kemurnian genetik, daya tumbuh dan vigor tinggi, serta mampu beradaptasi baik terhadap kondisi lingkungan setempat. Kriteria benih unggul meliputi viabilitas dan vigor yang tinggi, keseragaman pertumbuhan, ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleransi terhadap cekaman abiotik (seperti kekeringan atau salinitas), serta potensi hasil yang stabil dan tinggi. Metode pemilihan benih dilakukan melalui pemuliaan tanaman (konvensional maupun bioteknologi), uji adaptasi dan multilokasi, sertifikasi benih, serta seleksi berbasis karakter agronomis dan molekuler untuk memastikan mutu dan kesesuaian dengan kebutuhan petani. Secara strategis, penggunaan benih unggul berperan meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil, menekan penggunaan input kimia melalui ketahanan alami tanaman, memperbaiki efisiensi sumber daya, dan mendukung ketahanan pangan jangka panjang. Dengan demikian, pemilihan benih unggul tidak hanya berkontribusi pada peningkatan hasil panen, tetapi juga menjadi instrumen kunci dalam mewujudkan pertanian yang berdaya saing, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

2.3.1 Dasar-Dasar Benih dan Varietas Unggul

- Varietas dan Varietas Unggul

Varietas (Kultivar): Sekelompok tanaman yang dapat dibedakan berdasarkan ciri-ciri morfologi, fisiologi, atau sifat lainnya, dan tetap stabil saat diperbanyak.

Varietas Unggul: Varietas tanaman yang telah melalui proses pemuliaan dan seleksi ketat serta terbukti memiliki keunggulan tertentu dibandingkan varietas lain, seperti potensi hasil tinggi, ketahanan terhadap hama/penyakit, atau toleransi terhadap lingkungan ekstrem.

- Pengertian Pemilihan Benih Unggul

Pemilihan Benih Unggul adalah suatu proses atau tindakan menyeleksi dan menggunakan bahan tanam dari varietas unggul yang telah teruji dan bersertifikat, serta memiliki mutu genetik, fisik, dan fisiologis yang tinggi, dengan tujuan untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang optimal, seragam, dan hasil panen yang maksimal.

- Komponen Mutu Benih

Benih unggul mencakup tiga mutu utama:

Mutu Genetik: Kebenaran varietas, kemurnian genetik yang tinggi (tidak tercampur dengan varietas lain atau sifat buruk), dan potensi sifat unggul (misalnya hasil tinggi, cepat berbuah, tahan penyakit).

Mutu Fisiologis: Kemampuan daya hidup (viabilitas) benih yang ditunjukkan oleh daya kecambah (persentase benih yang mampu tumbuh menjadi kecambah normal dalam kondisi optimum) dan vigor (kekuatan tumbuh benih dalam kondisi sub-optimum).

Mutu Fisik: Penampilan fisik benih yang prima, meliputi ukuran dan bentuk yang seragam, bernas (padat berisi), kadar air yang rendah dan tepat (misalnya 9-11% untuk padi), serta bersih dari kotoran, biji gulma, atau benih varietas lain.

2.3.2 Kriteria Benih Unggul (Mutu Benih)

Kriteria benih unggul dapat dikelompokkan berdasarkan sifat genetik dan fisio-fisik.

- Kriteria Mutu Genetik

Potensi Hasil Tinggi: Mampu memberikan hasil panen yang berlimpah per satuan luas lahan.

Ketahanan Hama dan Penyakit: Memiliki resistensi atau toleransi terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) tertentu.

Sifat Adaptif: Toleran terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (misalnya kekeringan, keasaman tanah, atau salinitas).

Umur Tanaman: Memiliki umur panen yang sesuai dengan kebutuhan budidaya (misalnya genjah/cepat panen).

Kualitas Produk: Menghasilkan produk panen dengan kualitas yang diinginkan pasar (misalnya rasa, warna, ukuran, atau kandungan gizi).

- Kriteria Mutu Fisiologis dan Fisik

Daya Kecambah Tinggi: Minimal 80% (standar umum).

Vigor Tumbuh Kuat: Mampu tumbuh dengan cepat dan seragam.

Kadar Air Optimal: Kadar air yang rendah dan sesuai untuk penyimpanan jangka panjang (umumnya 9%-12%).

Kemurnian Fisik Tinggi: Bebas dari benda asing (kotoran, kerikil) dan biji gulma.

Bernas dan Seragam: Benih terlihat padat berisi, ukurannya seragam, dan tidak cacat (tidak berlubang atau berjamur).

2.3.3 Pentingnya Pemilihan Benih Unggul

Pemilihan benih unggul memiliki peran strategis yang sangat signifikan dalam pertanian.

1. Peningkatan Produktivitas

Daya Hasil Maksimal: Benih unggul dipilih berdasarkan sifat genetiknya yang memiliki potensi hasil yang jauh lebih tinggi dibandingkan benih lokal atau biasa.

Populasi Tanaman Optimal: Daya kecambah yang tinggi memastikan persentase tanaman hidup di lahan mencapai target, sehingga populasi per hektar optimal dan hasil panen maksimal.

Keseragaman Tanaman: Benih yang seragam (genetik dan fisik) menghasilkan tanaman dengan pertumbuhan yang merata, memudahkan pengelolaan budidaya, dan memungkinkan panen serentak.

2. Efisiensi dan Penghematan Biaya

Pengurangan Biaya Pestisida: Ketahanan genetik terhadap hama dan penyakit mengurangi ketergantungan dan frekuensi penyemprotan pestisida kimia.

Pemanfaatan Lahan Efisien: Produktivitas yang tinggi dari benih unggul memungkinkan petani mendapatkan hasil lebih banyak dari luasan lahan yang sama.

Penghematan Waktu: Varietas genjah dapat mengurangi waktu tunggu panen, memungkinkan percepatan rotasi tanam atau peningkatan Indeks Pertanaman (IP). Benih unggul umumnya memiliki ketahanan genetik yang lebih baik terhadap serangan hama dan penyakit tertentu. Ketahanan ini memungkinkan tanaman tumbuh dengan kondisi kesehatan yang lebih stabil tanpa memerlukan intervensi kimia secara berlebihan. Dengan berkurangnya tingkat serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), frekuensi dan dosis penggunaan pestisida kimia dapat ditekan. Hal ini tidak hanya menurunkan biaya produksi yang harus dikeluarkan petani, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan manusia, serta menjaga

keseimbangan ekosistem pertanian. Selain itu, penggunaan pestisida yang lebih rasional dapat membantu mencegah terjadinya resistensi hama dan penyakit terhadap bahan aktif tertentu.

3. Ketahanan dan Keberlanjutan Lingkungan

Adaptasi Perubahan Iklim: Varietas yang toleran terhadap cekaman lingkungan (kekeringan, banjir, suhu ekstrem) membantu petani beradaptasi dengan perubahan iklim yang tak menentu.

Pertanian Berkelanjutan: Pengurangan penggunaan bahan kimia (pestisida) karena resistensi benih unggul mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Peningkatan Kualitas Produk: Benih unggul dapat diprogram untuk menghasilkan produk dengan kandungan nutrisi yang lebih baik dan daya simpan yang lebih lama.

4. Perbandingan Hasil Panen

2.3.4 Metode dan Tahapan Seleksi Benih Unggul

Seleksi benih dapat dilakukan pada level pemuliaan genetik (jangka panjang) dan level petani (seleksi fisik).

- Seleksi Benih oleh Petani (Skala Kecil/Tradisional) (Halaman 6)

Ini adalah metode sederhana untuk memastikan benih yang digunakan bernas (padat berisi) dan bebas penyakit.

Metode Perendaman Air Garam/ZA:

Siapkan larutan air garam (sekitar 3%) atau larutan ZA. Kepadatan larutan diuji dengan memasukkan telur, jika telur terapung, larutan sudah tepat.

Masukkan benih ke dalam larutan.

Benih yang Tenggelam (bernas, padat) adalah benih yang berkualitas.

Benih yang Mengapung (hampa, kosong) harus dibuang.

Benih yang tenggelam dicuci bersih sebelum ditanam.

Seleksi Visual: Memilih benih secara langsung berdasarkan tampilan fisik: bentuk seragam, tidak cacat, tidak berjamur, dan tidak berlubang.

- Seleksi dan Uji Mutu Benih (Skala Produsen/Laboratorium) (Halaman 7)

Ini adalah proses ketat untuk menjamin kualitas benih yang akan dijual.

Uji Daya Kecambah: Menghitung persentase benih yang mampu berkecambah normal dalam kondisi optimal di laboratorium (metode ISTA).

Uji Vigor: Mengukur kekuatan benih untuk tumbuh di bawah kondisi yang kurang menguntungkan (sub-optimum).

Uji Kemurnian Fisik: Menghitung persentase benih murni, kotoran, dan benih tanaman lain.

Uji Kadar Air: Mengukur kadar air benih menggunakan alat khusus untuk memastikan benih aman disimpan.

Uji Kesehatan Benih: Deteksi keberadaan patogen (jamur, bakteri, virus) yang terbawa oleh benih.

VI. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Benih (Halaman 8)

Pemilihan benih unggul harus disesuaikan dengan beberapa faktor penentu:

- Kondisi Agroklimat Lokal

Jenis Tanah: Pemilihan varietas yang sesuai dengan pH tanah, tekstur, dan kandungan hara.

Iklim dan Topografi: Varietas harus sesuai dengan curah hujan, suhu, dan intensitas cahaya di lokasi tanam. Misalnya, varietas padi sawah tadah hujan versus sawah irigasi. Kondisi agroklimat lokal merupakan salah satu faktor utama yang sangat menentukan keberhasilan usaha budidaya pertanian di suatu wilayah. Agroklimat mencakup interaksi antara unsur iklim, seperti suhu udara, curah hujan, kelembapan, intensitas penyinaran matahari, serta pola angin, dengan kondisi lingkungan pertanian dan tanaman yang dibudidayakan. Variasi kondisi agroklimat antarwilayah menyebabkan perbedaan dalam pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman, sehingga pemahaman terhadap karakteristik agroklimat lokal menjadi sangat penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem pertanian.

Curah hujan dan distribusinya sepanjang tahun berperan besar dalam menentukan ketersediaan air bagi tanaman. Wilayah dengan curah hujan tinggi dan merata cenderung lebih sesuai untuk tanaman yang membutuhkan air dalam jumlah besar, sedangkan daerah dengan curah hujan rendah memerlukan strategi pengelolaan air yang lebih intensif, seperti irigasi atau pemilihan varietas toleran kekeringan. Selain itu, suhu udara memengaruhi proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis, respirasi, dan pembungaan. Setiap tanaman memiliki kisaran suhu optimum

untuk tumbuh dan berproduksi secara maksimal, sehingga perbedaan suhu antarwilayah dapat memengaruhi kesesuaian jenis dan varietas tanaman yang dibudidayakan.

Kelembapan udara dan intensitas penyinaran matahari juga menjadi komponen penting dalam kondisi agroklimat lokal. Kelembapan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko serangan penyakit, khususnya penyakit yang disebabkan oleh patogen jamur dan bakteri. Sebaliknya, intensitas cahaya matahari yang cukup sangat dibutuhkan untuk mendukung proses fotosintesis dan pembentukan hasil. Oleh karena itu, penyesuaian waktu tanam, jarak tanam, serta pemilihan varietas yang sesuai dengan kondisi cahaya dan kelembapan setempat menjadi bagian dari strategi adaptasi terhadap agroklimat lokal.

Selain unsur iklim, kondisi agroklimat lokal juga dipengaruhi oleh faktor topografi dan karakteristik lahan, seperti ketinggian tempat, kemiringan lahan, serta jenis dan kesuburan tanah. Faktor-faktor tersebut berinteraksi dengan iklim dalam menentukan mikroklimat suatu daerah. Perubahan iklim global yang ditandai dengan meningkatnya ketidakpastian cuaca semakin memperkuat pentingnya analisis agroklimat lokal sebagai dasar dalam pengambilan keputusan pertanian. Dengan memahami kondisi agroklimat secara menyeluruh, petani dan pemangku kepentingan dapat merancang sistem budidaya yang lebih adaptif, efisien, dan berkelanjutan, serta meminimalkan risiko kegagalan produksi.

Jika Anda ingin, saya dapat menyesuaikan penjelasan ini dengan komoditas tertentu, wilayahspesifik, atau menghubungkannya langsung dengan pemilihan varietas unggul dalam bab selanjutnya.

- Kebutuhan Pasar dan Petani

Permintaan Konsumen: Memilih varietas yang produknya diminati pasar (misalnya, beras pulen, buah manis).

Tujuan Budidaya: Untuk produksi konsumsi, pakan ternak, atau bahan baku industri.

Praktik Budidaya: Memilih varietas yang cocok dengan sistem tanam (misalnya tanam pindah, tanam benih langsung/Tabela, atau tumpang sari). Kebutuhan pasar dan petani merupakan aspek

penting yang harus diperhatikan dalam pengembangan dan pemilihan varietas unggul serta penyediaan benih bermutu. Kesesuaian antara karakteristik produk pertanian dengan permintaan pasar akan menentukan nilai jual, daya saing, dan keberlanjutan usaha tani. Pasar tidak hanya menuntut kuantitas produksi yang tinggi, tetapi juga kualitas hasil yang memenuhi standar tertentu, seperti ukuran, warna, rasa, daya simpan, serta keamanan pangan. Oleh karena itu, varietas dan benih yang digunakan petani perlu mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan preferensi konsumen dan kebutuhan industri pengolahan.

Dari sisi petani, kebutuhan utama mencakup benih yang memiliki potensi hasil tinggi, mudah dibudidayakan, serta adaptif terhadap kondisi lingkungan setempat. Petani cenderung memilih varietas yang memiliki stabilitas hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta risiko kegagalan yang rendah. Selain itu, ketersediaan benih yang berkelanjutan, harga yang terjangkau, dan kemudahan akses juga menjadi pertimbangan penting dalam pengambilan keputusan penggunaan benih. Varietas yang sesuai dengan kebutuhan petani akan meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi, seperti pupuk, pestisida, dan tenaga kerja, sehingga usaha tani menjadi lebih menguntungkan.

Keterkaitan antara kebutuhan pasar dan petani menuntut adanya sinergi antara pemulia tanaman, produsen benih, pemerintah, dan pelaku pasar. Pengembangan varietas unggul idealnya tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas, tetapi juga mempertimbangkan karakteristik yang bernilai ekonomis dan diminati pasar. Dengan demikian, petani tidak hanya mampu meningkatkan produksi, tetapi juga memperoleh kepastian pemasaran dan harga yang lebih baik. Pendekatan berbasis kebutuhan pasar dan petani ini sangat penting dalam menciptakan sistem pertanian yang berorientasi pada permintaan, berdaya saing, dan berkelanjutan, serta berkontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan petani dan ketahanan pangan nasional.

- Sumber dan Sertifikasi Benih

Benih Bersertifikat: Benih yang telah melalui serangkaian pengujian dan diawasi oleh lembaga resmi, memiliki label yang menjamin identitas varietas dan mutunya. Ini adalah pilihan terbaik.

Benih Lokal/Swadaya: Benih yang diproduksi sendiri oleh petani. Perlu dilakukan seleksi ketat (seperti perendaman) untuk menjaga kualitas.

2.3.5 Peran Sertifikasi dan Regulasi Benih

- Pentingnya Benih Bersertifikat

Benih bersertifikat menjamin tiga hal utama:
Jaminan Mutu Genetik: Benar-benar berasal dari varietas unggul yang diklaim.

Jaminan Mutu Fisik: Bersih, bernas, dan kadar airnya sesuai standar.

Jaminan Mutu Fisiologis: Memiliki daya kecambah dan vigor yang tinggi. Benih bersertifikat merupakan benih yang telah melalui serangkaian proses pengujian, pengawasan, dan penilaian mutu oleh lembaga resmi yang berwenang sesuai dengan standar dan regulasi yang berlaku. Proses sertifikasi dilakukan untuk menjamin bahwa benih memiliki kualitas genetik, fisiologis, dan fisik yang sesuai dengan deskripsi varietas serta layak digunakan dalam kegiatan budidaya pertanian. Dengan adanya sertifikasi, benih yang beredar di pasaran memiliki identitas varietas yang jelas, tingkat kemurnian yang terjamin, serta daya tumbuh dan vigor yang memenuhi persyaratan minimal.

Pentingnya penggunaan benih bersertifikat terletak pada perannya sebagai faktor awal yang menentukan keberhasilan produksi pertanian. Benih berkualitas rendah atau tidak jelas asal-usulnya berisiko menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam, penurunan hasil, serta meningkatnya kerentanan terhadap serangan hama dan penyakit. Sebaliknya, benih bersertifikat mampu memberikan pertumbuhan tanaman yang lebih seragam, stabilitas hasil yang lebih baik, serta potensi produksi yang optimal sesuai dengan karakteristik varietasnya. Hal ini sangat penting bagi petani dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani.

Selain menjamin kualitas produksi, benih bersertifikat juga berperan dalam mendukung penerapan pertanian yang berkelanjutan. Benih yang sehat dan bermutu tinggi cenderung lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan serta memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap berbagai cekaman biotik dan abiotik. Dengan demikian, penggunaan benih bersertifikat dapat mengurangi ketergantungan terhadap input produksi lain, seperti pestisida dan pupuk kimia, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dari sisi ekonomi, investasi pada benih bersertifikat memberikan keuntungan jangka panjang karena mampu menekan risiko kegagalan panen dan meningkatkan pendapatan petani

- Sistem Klasifikasi dan Label Benih

Di Indonesia, benih diatur melalui sistem kelas benih (misalnya Benih Penjenis, Benih Dasar, Benih Pokok, Benih Sebar) yang ditandai dengan label warna khusus untuk memudahkan petani.

- Peran Pemerintah dan Lembaga Sertifikasi

Badan pengawas (seperti BPSB - Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih) berperan penting dalam menguji dan mengeluarkan sertifikasi, sehingga petani terlindungi dari benih palsu atau bermutu rendah.

2.3.6 Tantangan dan Prospek Benih Unggul di Indonesia

1. Tantangan

Aksesibilitas dan Harga : Ketersediaan benih unggul di daerah terpencil dan harganya yang terkadang lebih tinggi dari benih biasa.
Peran Petani Tradisional : Masih banyak petani yang menggunakan benih dari hasil panen sendiri (tanpa seleksi yang memadai) atau benih non-sertifikat.
Penyebaran Benih Palsu : Maraknya peredaran benih yang mengatasnamakan varietas unggul namun tidak memiliki mutu yang terjamin.
Dinamika Hama dan Penyakit : Hama dan penyakit terus bermutasi, menuntut pemuliaan tanaman yang berkelanjutan untuk menciptakan varietas baru yang tahan.

2. Prospek dan Inovasi

a) Pemuliaan Tanaman Presisi

Pemuliaan tanaman presisi merupakan pendekatan modern dalam perakitan varietas unggul yang memanfaatkan teknologi molekuler, seperti marka molekuler, pemetaan gen, dan seleksi berbantuan marka (Marker Assisted Selection/MAS). Pendekatan ini memungkinkan pemulia untuk mengidentifikasi gen atau sifat unggul tertentu secara lebih cepat dan akurat, seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleransi terhadap cekaman abiotik, serta potensi hasil yang tinggi. Dengan bantuan teknologi molekuler, proses seleksi tidak hanya bergantung pada penampilan fenotip di lapangan, tetapi juga didasarkan pada informasi genetik tanaman. Hal ini dapat mempercepat siklus pemuliaan, meningkatkan efisiensi, serta mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan varietas unggul baru yang adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk perubahan iklim.

b) Pengembangan Varietas Unggul Lokal

Varietas unggul lokal merupakan hasil pemuliaan atau seleksi tanaman yang disesuaikan dengan kondisi spesifik suatu wilayah, baik dari aspek agroklimat, karakteristik tanah, maupun sistem budidaya yang diterapkan oleh petani setempat. Pengembangan varietas unggul lokal sangat penting karena tanaman yang telah beradaptasi secara optimal dengan lingkungan lokal cenderung memiliki stabilitas hasil yang lebih baik dan tingkat risiko kegagalan yang lebih rendah. Selain itu, proses legalisasi dan pelepasan varietas unggul lokal memberikan kepastian hukum serta meningkatkan kepercayaan petani dalam penggunaannya. Upaya ini juga berperan dalam pelestarian plasma nutfah lokal dan penguatan kemandirian benih di daerah, sehingga ketergantungan terhadap varietas impor atau varietas umum dapat dikurangi.

c) Benih dalam Konsep Smart Farming

Pengembangan benih yang terintegrasi dengan teknologi smart farming merupakan inovasi yang menggabungkan kemajuan bioteknologi dan pertanian presisi. Contohnya adalah benih berlapis nutrisi (seed coating) yang mengandung unsur hara mikro, zat pengatur tumbuh, atau agen hayati yang mendukung pertumbuhan awal tanaman. Selain itu, pengembangan benih yang kompatibel dengan sistem sensor otomatis dan teknologi digital memungkinkan pemantauan pertumbuhan tanaman secara real-time, sehingga pengelolaan budidaya dapat dilakukan secara lebih tepat dan efisien. Integrasi benih dengan teknologi smart farming tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi, tetapi juga mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan berbasis data, sejalan dengan tuntutan pertanian modern di era digital.

2.4 Tahap Pre Nursery

Tahap pre-nursery merupakan fase awal dalam pembibitan kelapa sawit yang sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman di tahap selanjutnya. Pada fase ini, benih kelapa sawit yang telah melalui proses pengecambahan dipindahkan ke media tanam dalam polybag kecil untuk memperoleh lingkungan tumbuh yang optimal sebelum memasuki tahap main nursery. Fase ini umumnya berlangsung selama 3 hingga 4 bulan, di mana bibit masih sangat rentan terhadap kondisi lingkungan, kekurangan hara, serta serangan hama dan penyakit. Oleh karena itu,

pengelolaan yang cermat, termasuk pengaturan media tanam, penyiraman, dan pemupukan, menjadi kunci utama dalam menghasilkan bibit berkualitas unggul yang siap tumbuh di fase pembesaran berikutnya.

Langkah pertama dalam tahap pre-nursery adalah pemilihan benih unggul yang telah disertifikasi oleh lembaga resmi seperti Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) atau lembaga benih yang diakui pemerintah. Benih yang digunakan sebaiknya berasal dari persilangan Dura × Pisifera yang menghasilkan varietas Tenera, karena tipe ini memiliki produktivitas minyak tinggi dan kualitas tandan buah segar yang baik. Sebelum disemai, benih perlu diperiksa daya kecambahnya melalui uji viabilitas. Benih dengan daya tumbuh di atas 85% dianggap layak untuk digunakan. Pemilihan benih unggul tidak hanya menjamin pertumbuhan awal yang baik, tetapi juga berdampak langsung terhadap produktivitas jangka panjang di kebun produksi.

Sebelum penanaman, benih yang baru menetas dari proses pengecambahan (biasanya umur 80–90 hari setelah perendaman) perlu diperiksa kondisi fisiologisnya. Benih yang sehat memiliki radikula putih, plumula kokoh, dan tidak menunjukkan gejala busuk atau bercak hitam. Setiap benih ditanam pada polybag kecil berukuran 15×23 cm dengan lubang drainase di bagian bawah untuk mencegah genangan air. Penanaman dilakukan dengan posisi plumula menghadap ke atas, sedangkan radikula diarahkan ke bawah agar akar dapat tumbuh lurus. Setelah ditanam, polybag disusun rapi di atas bedengan dengan jarak sekitar 20×20 cm untuk memastikan sirkulasi udara yang baik dan akses perawatan yang mudah.

Media tanam dalam tahap pre-nursery harus memiliki struktur ringan, gembur, dan kaya bahan organik agar akar muda dapat berkembang optimal. Komposisi media yang umum digunakan terdiri dari tanah topsoil, pasir halus, dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1. Media tersebut diayak terlebih dahulu untuk menghilangkan kerikil dan bahan kasar yang dapat menghambat pertumbuhan akar. Pupuk kandang yang digunakan sebaiknya telah matang sempurna agar tidak menimbulkan panas atau amonia yang dapat membakar akar bibit. Sebelum digunakan, media tanam juga dapat disterilisasi dengan cara dijemur selama 3–5 hari di bawah sinar matahari untuk mengurangi populasi hama dan patogen.

Setelah media tanam dan polybag siap, dilakukan penyusunan bedengan dengan sistem drainase yang baik. Bedengan dibuat dengan lebar 1,2–1,5 meter dan tinggi sekitar 20 cm dari permukaan tanah untuk mencegah genangan air. Di antara bedengan disediakan parit kecil selebar 30 cm sebagai saluran air. Di atas bedengan dipasang naungan atau paranet dengan tingkat kerapatan 50–70% untuk melindungi bibit muda dari sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan daun

terbakar. Naungan juga membantu menjaga kelembapan lingkungan dan mengurangi penguapan berlebih dari media tanam. Pengaturan naungan ini sangat penting, terutama pada minggu-minggu pertama setelah tanam.

Kegiatan penyiraman di pre-nursery harus dilakukan dengan disiplin dan cermat karena bibit kelapa sawit sangat sensitif terhadap kekeringan maupun kelebihan air. Penyiraman dilakukan dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari menggunakan gembor atau sprinkler halus agar air tersebar merata. Volume air yang diberikan harus cukup membasahi seluruh media tanam tetapi tidak menyebabkan genangan. Pada musim hujan, frekuensi penyiraman bisa dikurangi sesuai kondisi kelembapan tanah. Untuk meningkatkan efisiensi, beberapa kebun modern sudah menggunakan sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah yang mampu mengatur penyiraman secara real-time.

Pemupukan awal diberikan setelah bibit berumur sekitar dua minggu atau setelah daun pertama terbuka sempurna. Jenis pupuk yang digunakan biasanya berupa pupuk NPK dengan kandungan seimbang seperti 15:15:15 atau 12:12:17+2MgO, dalam dosis ringan dan diberikan secara hati-hati agar tidak mengenai daun muda. Pemupukan dilakukan dengan interval dua minggu sekali dan dapat disesuaikan dengan hasil pengamatan pertumbuhan bibit. Selain pupuk butiran, pupuk daun cair juga dapat diberikan setiap dua minggu untuk mempercepat pertumbuhan vegetatif. Penggunaan pupuk secara tepat waktu dan dosis seimbang akan menghasilkan bibit dengan batang kokoh dan daun hijau mengilap.

Pengendalian gulma menjadi pekerjaan rutin yang harus dilakukan selama tahap pre-nursery. Gulma yang tumbuh di sekitar polybag akan bersaing dengan bibit dalam menyerap air dan unsur hara. Penyiangan dilakukan secara manual menggunakan tangan atau alat kecil agar tidak merusak akar bibit. Herbisida sebaiknya dihindari karena dapat menyebabkan fitotoksisitas pada tanaman muda. Gulma yang dicabut dikumpulkan dan dijauhkan dari area pembibitan agar tidak menjadi sarang hama. Kegiatan ini biasanya dilakukan setiap satu minggu sekali bersamaan dengan pengecekan kondisi polybag dan saluran air.

Hama dan penyakit sering muncul pada kondisi lingkungan yang lembap dan kurang terawat. Serangan yang umum terjadi di fase pre-nursery antara lain ulat pemakan daun, kutu daun (Aphids), serta jamur penyebab busuk akar seperti Pythium sp. atau Rhizoctonia sp.. Pengendalian dilakukan secara preventif dengan menjaga kebersihan area pembibitan dan memastikan drainase berfungsi baik. Bila serangan mulai terlihat, dapat dilakukan penyemprotan dengan pestisida nabati seperti ekstrak daun mimba, serai wangi, atau bawang putih. Penggunaan bahan kimia

sintetis hanya disarankan bila serangan sudah parah dan dengan dosis rendah sesuai anjuran teknis dari ahli tanaman.

Selama masa pre-nursery, kegiatan pemantauan pertumbuhan bibit dilakukan secara berkala untuk menilai kesehatan dan perkembangan tanaman. Parameter yang diamati meliputi tinggi bibit, jumlah daun, warna daun, serta kondisi akar. Bibit yang menunjukkan pertumbuhan abnormal, seperti daun menguning, layu, atau batang membengkok, segera dipisahkan dan diperiksa penyebabnya. Pencatatan hasil pengamatan dilakukan setiap dua minggu untuk memudahkan evaluasi dan perencanaan tindakan koreksi. Sistem pelabelan juga diterapkan dengan kode atau nomor batch agar setiap kelompok bibit dapat ditelusuri asal-usul benihnya.

Setelah bibit berumur sekitar satu bulan, biasanya dilakukan kegiatan penjarangan untuk mengatur jarak antar-polybag agar bibit mendapatkan ruang tumbuh yang lebih luas. Penjarangan ini bertujuan mencegah terjadinya persaingan antar tanaman dalam mendapatkan cahaya dan udara. Polybag yang berisi bibit lemah atau cacat biasanya disisihkan dan diganti dengan bibit cadangan. Kegiatan ini menjadi momen penting dalam seleksi tahap awal, karena hanya bibit sehat dan vigor yang dipertahankan untuk pembesaran di main nursery. Penataan ulang posisi polybag dilakukan dengan hati-hati agar akar tidak terganggu dan media tanam tidak retak.

Kondisi iklim di lokasi pembibitan harus dijaga tetap stabil sepanjang periode pre-nursery. Suhu ideal untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit berkisar antara 28–32°C dengan kelembapan udara 60–80 persen. Naungan paranet harus diperiksa secara berkala untuk memastikan tingkat kerapatan masih sesuai kebutuhan. Bila sinar matahari terlalu terik, kerapatan naungan dapat ditambah dengan lapisan tambahan. Sebaliknya, jika kelembapan terlalu tinggi dan menyebabkan jamur, sebagian paranet dapat dibuka untuk meningkatkan sirkulasi udara. Pengelolaan mikroklimat seperti ini menjadi salah satu indikator profesionalisme dalam manajemen pembibitan.

Perhatian khusus juga perlu diberikan terhadap sistem drainase di area prenursery. Parit kecil yang dibangun di antara bedengan harus dijaga agar tidak tersumbat oleh lumpur atau sisa media tanam. Drainase yang buruk akan menimbulkan genangan air, yang dapat menyebabkan akar bibit membusuk dan pertumbuhan menjadi terhambat. Setiap selesai hujan, petugas sebaiknya memeriksa kondisi aliran air dan membersihkan parit jika terdapat sedimen yang menumpuk. Dalam beberapa kebun besar, drainase bahkan dilengkapi sistem kontrol otomatis untuk menjaga tinggi muka air sesuai batas aman.

Selain pengendalian gulma, hama, dan penyakit, kebersihan area pembibitan juga mencakup pengelolaan limbah. Daun atau bibit mati tidak boleh dibiarkan menumpuk di sekitar bedengan karena dapat menjadi media tumbuh bagi jamur atau sarang serangga. Limbah organik dapat dikumpulkan dan dikomposkan secara terpisah untuk dijadikan pupuk kembali. Sementara limbah plastik seperti polybag rusak harus dikumpulkan di tempat khusus untuk daur ulang. Prinsip kebersihan dan sirkulasi limbah ini sangat ditekankan dalam standar sertifikasi keberlanjutan seperti ISPO dan RSPO yang kini menjadi acuan industri kelapa sawit global.

Manajemen tenaga kerja di tahap pre-nursery memerlukan pembagian tugas yang jelas dan sistem pencatatan yang teratur. Setiap pekerja harus memahami standar prosedur operasional, mulai dari penyiraman, pemupukan, hingga pencatatan hasil pengamatan pertumbuhan. Pengawasan harian dilakukan oleh mandor pembibitan untuk memastikan semua kegiatan sesuai jadwal dan standar mutu. Komunikasi antar tim penting agar setiap masalah lapangan dapat segera ditangani, misalnya bila ditemukan gejala penyakit atau kerusakan sistem irigasi. Dengan disiplin kerja yang tinggi, efisiensi pembibitan dapat ditingkatkan secara signifikan.

Kegiatan pencatatan data pertumbuhan bibit dilakukan dalam buku log atau sistem digital untuk mempermudah analisis. Data yang dicatat meliputi jumlah bibit sehat, bibit abnormal, tingkat kematian, serta hasil tindakan perbaikan yang telah dilakukan. Catatan tersebut tidak hanya berfungsi untuk evaluasi internal, tetapi juga menjadi dokumen penting ketika dilakukan audit kebun atau sertifikasi mutu. Dengan sistem pencatatan yang baik, setiap bibit dapat ditelusuri dari asal benih hingga tahap pemindahan ke main nursery. Pendekatan berbasis data ini menjadikan pembibitan lebih akuntabel dan transparan.

Pada fase umur dua hingga tiga bulan, bibit mulai menunjukkan perbedaan kecepatan pertumbuhan. Bibit yang vigor memiliki batang lurus, daun hijau tua, dan sistem perakaran kuat. Sementara itu, bibit yang pertumbuhannya terhambat biasanya menunjukkan daun kekuningan atau terpuntir. Seleksi lanjutan dilakukan untuk memastikan hanya bibit berkualitas yang diteruskan ke tahap berikutnya. Bibit yang lemah dapat dibuang atau digunakan untuk pelatihan teknis karyawan. Dengan demikian, efisiensi penggunaan sumber daya dan mutu bibit yang dipindahkan tetap terjaga tinggi.

Untuk mempersiapkan bibit menuju main nursery, dilakukan kegiatan hardening atau penyesuaian terhadap kondisi lingkungan terbuka. Naungan dikurangi secara bertahap agar bibit terbiasa dengan intensitas cahaya matahari yang lebih tinggi. Kegiatan ini penting agar saat dipindahkan ke area pembesaran, bibit tidak mengalami stres fisiologis. Selama proses hardening, penyiraman

tetap dijaga, tetapi frekuensinya dikurangi sedikit demi sedikit. Proses adaptasi ini berlangsung sekitar dua minggu sebelum pemindahan, tergantung kondisi cuaca dan vigor tanaman.

Pemindahan bibit dari pre-nursery ke main nursery dilakukan setelah bibit berumur tiga sampai empat bulan atau telah memiliki empat sampai lima helai daun sempurna. Bibit dicabut dengan hati-hati agar akar tidak rusak, lalu segera ditanam di polybag besar berukuran 40×50 cm. Sebelum penanaman, polybag besar telah diisi dengan media tanam kaya bahan organik. Pemindahan sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari agar bibit tidak mengalami kekeringan akibat suhu tinggi. Setelah dipindahkan, penyiraman dilakukan secara intensif selama minggu pertama untuk membantu proses adaptasi.

Kualitas hasil pre-nursery akan sangat menentukan keberhasilan di main nursery dan fase produksi kebun. Oleh karena itu, evaluasi menyeluruh terhadap seluruh tahapan perlu dilakukan setelah periode pre-nursery berakhir. Evaluasi meliputi penilaian media tanam, efektivitas pemupukan, sistem irigasi, serta kondisi sanitasi lingkungan. Laporan evaluasi ini menjadi dasar perbaikan teknis pada siklus pembibitan berikutnya. Dengan proses evaluasi yang berkesinambungan, sistem pembibitan kelapa sawit dapat terus disempurnakan dan memberikan hasil bibit dengan mutu genetik serta fisiologis yang unggul.

Setelah fase evaluasi, tim pembibitan juga perlu menyusun laporan keuangan sederhana untuk menghitung biaya produksi bibit. Komponen biaya meliputi benih, media tanam, pupuk, tenaga kerja, dan sarana prasarana seperti paranet dan sistem irigasi. Analisis biaya ini membantu manajemen dalam menentukan efisiensi operasional serta perencanaan kebutuhan dana untuk siklus berikutnya. Di beberapa perusahaan besar, analisis biaya bibit menjadi indikator penting dalam audit manajemen kebun. Transparansi dan efisiensi anggaran akan mendukung keberlanjutan ekonomi dalam jangka panjang.

Kegiatan pre-nursery juga menjadi wadah pelatihan bagi calon tenaga kerja baru. Melalui praktik langsung, pekerja dapat memahami siklus hidup kelapa sawit dari benih hingga bibit siap tanam. Pembelajaran lapangan ini memperkuat kemampuan teknis dan meningkatkan rasa tanggung jawab terhadap mutu pekerjaan. Supervisi dari teknisi senior diperlukan untuk memberikan koreksi bila terjadi kesalahan dalam penanaman atau pemeliharaan. Dengan cara ini, proses pembibitan menjadi tidak hanya kegiatan produksi, tetapi juga sarana peningkatan kualitas sumber daya manusia perkebunan.

Peranan teknologi dalam tahap pre-nursery semakin menonjol dengan berkembangnya sistem digital monitoring. Beberapa perkebunan besar telah menggunakan aplikasi berbasis sensor yang memantau suhu, kelembapan, dan ketersediaan air di setiap bedengan. Data yang terekam otomatis ini dikirim ke pusat kendali dan dianalisis untuk menentukan tindakan perawatan yang diperlukan. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan cepat bila terjadi anomali lingkungan, misalnya suhu berlebih atau defisiensi air. Penggunaan sistem pintar seperti ini memperkuat efisiensi kerja dan mengurangi risiko kehilangan bibit.

Pengelolaan sumber air di pre-nursery harus memperhatikan aspek keberlanjutan. Air irigasi sebaiknya berasal dari sumber yang bersih dan tidak mencemari lingkungan sekitar. Pada beberapa perkebunan modern, air hujan ditampung melalui sistem rainwater harvesting untuk digunakan kembali dalam penyiraman. Sistem ini tidak hanya menghemat air, tetapi juga mengurangi beban terhadap sumber air tanah. Pengelolaan air yang baik menjadi bukti nyata bahwa pembibitan kelapa sawit dapat dilakukan secara ramah lingkungan dan efisien.

Aspek keselamatan kerja di area pre-nursery sering kali diabaikan padahal memiliki peran penting dalam menjaga produktivitas tenaga kerja. Pekerja harus menggunakan alat pelindung diri seperti sarung tangan, topi, dan sepatu bot saat melakukan penyiraman, pemupukan, atau pengangkutan media tanam. Pelatihan keselamatan kerja juga perlu diberikan agar tenaga kerja memahami risiko yang mungkin timbul seperti terpeleset di area basah atau kontak langsung dengan pupuk kimia. Dengan penerapan prosedur keselamatan yang baik, kegiatan pembibitan dapat berlangsung tanpa kecelakaan kerja yang merugikan.

Pada aspek keberlanjutan sosial, pembibitan dapat dijadikan sarana pemberdayaan masyarakat lokal. Program kemitraan dengan kelompok tani atau masyarakat sekitar dapat dibangun untuk menyediakan tenaga kerja atau suplai bahan organik seperti pupuk kandang. Dengan demikian, kegiatan pembibitan tidak hanya berdampak ekonomi bagi perusahaan, tetapi juga memberikan nilai tambah sosial bagi komunitas sekitar. Hubungan yang harmonis antara perusahaan dan masyarakat akan menciptakan iklim kerja yang kondusif serta mendukung pembangunan berkelanjutan di sektor perkebunan.

Sistem pengawasan mutu internal harus diterapkan secara konsisten di prenursery. Pemeriksaan dilakukan mulai dari mutu benih, kualitas media tanam, hingga penampilan fisik bibit setiap minggu. Pengawasan ini dapat menggunakan daftar periksa (checklist) yang mencakup kriteria standar bibit sehat. Jika ditemukan ketidaksesuaian, tindakan koreksi segera dilakukan untuk

mencegah kerugian lebih besar. Dengan sistem pengawasan berlapis, risiko kegagalan bibit dapat diminimalkan dan mutu hasil akhir lebih terjamin.

Faktor lingkungan mikro seperti pH tanah dan kandungan unsur hara makro-mikro juga perlu dipantau secara berkala. Pengambilan sampel media tanam dilakukan setiap bulan untuk dianalisis di laboratorium. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penyesuaian dosis pupuk atau penambahan bahan organik. Jika pH tanah terlalu asam, dapat dilakukan pengapuran menggunakan dolomit dalam dosis rendah. Pendekatan berbasis data ilmiah ini membuat pembibitan lebih terukur dan sesuai prinsip agronomi modern.

Sebagai upaya efisiensi, sebagian pembibitan kini mulai mengadopsi sistem modular tray nursery, di mana bibit ditanam dalam wadah kecil berbentuk tray dengan lubang individual. Sistem ini mempermudah penataan, penyiraman, dan pemindahan bibit. Selain itu, penggunaan tray juga menghemat media tanam dan mempercepat proses penanaman. Walaupun masih memerlukan investasi awal yang lebih besar, sistem ini terbukti meningkatkan homogenitas pertumbuhan bibit dan menekan tingkat kematian hingga di bawah 3 persen.

Kegiatan pengendalian hama di era modern juga mulai memanfaatkan teknologi biokontrol. Penggunaan agen hayati seperti Trichoderma sp. dan Bacillus subtilis terbukti efektif mencegah serangan jamur akar tanpa menimbulkan residu kimia. Aplikasi agen hayati dilakukan dengan mencampurkannya pada media tanam atau disemprotkan ke permukaan tanah. Metode ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mendukung keseimbangan mikroba tanah yang penting bagi kesehatan akar. Pendekatan bioteknologi ini menjadi tren baru dalam sistem pembibitan berkelanjutan.

Kegiatan monitoring pertumbuhan dapat diperkuat dengan penggunaan fotografi drone skala kecil untuk melihat pola pertumbuhan dan warna kanopi bibit secara cepat. Teknologi ini membantu mendeteksi area dengan pertumbuhan tidak merata atau tanda kekurangan unsur hara. Data visual dari drone diintegrasikan dengan peta digital sehingga memudahkan perencanaan perawatan lanjutan. Dengan teknologi ini, manajemen pembibitan menjadi lebih presisi dan efisien dalam pengambilan keputusan.

Sistem logistik dan distribusi bahan di area pre-nursery juga merupakan aspek penting yang harus dirancang secara efisien. Setiap kegiatan, mulai dari pengisian media tanam, penyusunan polybag, hingga penyiraman, memerlukan pergerakan bahan dan peralatan yang intensif. Untuk itu, jalur transportasi kecil di antara bedengan sebaiknya disiapkan dengan baik agar pekerja mudah

melintas dan alat bantu seperti troli dapat digunakan. Pengaturan tata letak logistik ini tidak hanya mempermudah pekerjaan harian, tetapi juga menurunkan risiko kerusakan bibit akibat tersenggol atau tertimpa peralatan. Di perkebunan besar, sistem logistik pembibitan bahkan sudah menggunakan barcoding untuk melacak batch bibit secara digital, memastikan transparansi dan efisiensi operasional.

Perawatan akhir sebelum bibit dipindahkan ke main nursery menjadi tahapan yang tidak kalah penting. Selama dua minggu terakhir masa pre-nursery, kegiatan pemupukan dan penyiraman dilakukan dengan pola khusus untuk memperkuat akar dan menstimulasi pertumbuhan vegetatif. Bibit juga diberikan perlakuan tambahan berupa penyemprotan nutrisi daun berbasis unsur mikro seperti Fe, Zn, dan Mn untuk meningkatkan daya tahan terhadap stres. Pembersihan area dan pengecekan akhir kualitas media tanam dilakukan agar tidak ada gangguan sebelum pemindahan. Semua bibit yang telah memenuhi kriteria tinggi minimal dan jumlah daun yang ditentukan diberi label khusus untuk menandai kesiapan pindah tanam.

Kriteria kelayakan bibit untuk dipindahkan ke main nursery biasanya ditentukan oleh standar perusahaan atau panduan teknis seperti dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Secara umum, bibit siap pindah jika telah memiliki empat hingga lima helai daun sempurna, tinggi 25–30 cm, batang lurus, dan akar serabut berkembang baik. Bibit yang belum mencapai ukuran tersebut sebaiknya dibiarkan beberapa minggu lagi di pre-nursery agar tidak mengalami stres saat dipindahkan. Bibit yang terlalu kecil atau memiliki akar cacat biasanya dipisahkan dan tidak digunakan. Seleksi akhir ini menentukan mutu bibit di tahap berikutnya, karena bibit yang sehat di awal akan menghasilkan tanaman produktif di lapangan.

Media tanam sisa dari kegiatan pre-nursery tidak boleh dibuang begitu saja, melainkan dimanfaatkan kembali setelah dilakukan penyaringan dan sterilisasi. Tanah bekas dapat dicampur dengan kompos baru untuk menambah unsur hara organik. Selain efisiensi biaya, praktik ini juga mengurangi limbah dan mendukung prinsip ekonomi sirkular di perkebunan. Namun, jika media tanam sudah terlalu padat atau terinfeksi jamur, sebaiknya tidak digunakan lagi untuk menghindari penyebaran penyakit. Penerapan pengelolaan limbah yang bijak mencerminkan tanggung jawab ekologis yang kini menjadi tuntutan dalam industri kelapa sawit modern.

Integrasi antara pre-nursery dan main nursery harus direncanakan sejak awal agar tidak terjadi keterlambatan pemindahan bibit. Kalender pembibitan dibuat berdasarkan jadwal pengecambahan benih dan kapasitas lahan yang tersedia. Dengan sistem rotasi yang teratur, aliran bibit dari pre-nursery ke main nursery dapat berjalan lancar tanpa penumpukan. Koordinasi antara tim

pembibitan dan manajemen kebun menjadi faktor utama dalam memastikan efisiensi logistik ini. Perencanaan yang matang memungkinkan pemindahan bibit dilakukan tepat waktu, sehingga seluruh siklus budidaya berjalan sesuai target produksi tahunan.

Dalam perkembangan terbaru, beberapa perkebunan besar telah mengembangkan sistem centralized pre-nursery, yaitu pusat pembibitan awal yang melayani beberapa kebun sekaligus. Sistem ini memanfaatkan fasilitas modern seperti rumah kaca berpengatur suhu otomatis, sistem irigasi tetes, dan pengontrol kelembapan berbasis komputer. Keunggulan sistem terpusat ini adalah homogenitas bibit yang tinggi dan efisiensi penggunaan sumber daya. Bibit yang dihasilkan dalam sistem ini memiliki tingkat keseragaman tinggi sehingga memudahkan perawatan di lapangan. Konsep ini juga mendukung standarisasi nasional pembibitan kelapa sawit yang lebih terukur dan profesional.

Selain teknologi rumah kaca, inovasi dalam penggunaan bahan organik alami untuk media tanam juga mulai dikembangkan. Campuran tanah mineral dengan kompos berbasis limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terbukti meningkatkan ketersediaan unsur hara serta memperbaiki struktur tanah. TKKS yang telah melalui proses dekomposisi mampu mempertahankan kelembapan lebih lama tanpa menghambat aerasi akar. Pemanfaatan limbah kebun sebagai media tanam ini menjadi solusi ramah lingkungan yang mengurangi ketergantungan pada bahan eksternal. Inovasi seperti ini sekaligus memperkuat citra positif industri sawit di mata internasional.

Peranan lembaga penelitian seperti PPKS, IPB, dan Balai Penelitian Tanaman Industri dalam mengembangkan teknologi pre-nursery tidak dapat diabaikan. Mereka secara rutin melakukan riset untuk meningkatkan efisiensi pembibitan, termasuk formula pupuk cair, agen hayati, serta sistem irigasi cerdas. Kolaborasi antara penelitian dan praktik lapangan menghasilkan pedoman teknis yang dapat diadopsi oleh perkebunan rakyat maupun perusahaan besar. Dengan dukungan ilmiah ini, sistem pembibitan sawit di Indonesia terus berkembang menuju arah yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain faktor teknis, pengelolaan administrasi pre-nursery juga memiliki peran penting dalam menjaga konsistensi mutu. Setiap tahapan, mulai dari penerimaan benih, penanaman, perawatan, hingga pemindahan, harus terdokumentasi dengan baik. Laporan harian, mingguan, dan bulanan membantu manajemen dalam memantau progres kegiatan. Data tersebut juga digunakan untuk audit internal serta penilaian kepatuhan terhadap standar sertifikasi seperti ISPO atau RSPO.

Dengan dokumentasi yang baik, seluruh proses pembibitan dapat ditelusuri dan dievaluasi kapan pun diperlukan.

Dalam konteks perubahan iklim global, tahapan pre-nursery menjadi salah satu titik krusial dalam mitigasi dampak lingkungan. Penggunaan energi terbarukan seperti pompa air tenaga surya, sistem irigasi hemat air, dan pengelolaan bahan organik menjadi langkah nyata dalam mengurangi emisi karbon di sektor pembibitan. Program ini sejalan dengan komitmen nasional Indonesia untuk mewujudkan perkebunan kelapa sawit berkelanjutan. Melalui penerapan praktik hijau di tahap paling awal, industri sawit dapat membangun reputasi sebagai sektor yang adaptif terhadap tantangan lingkungan global.

Bibit yang dihasilkan dari pre-nursery berkualitas tinggi tidak hanya diukur dari penampilan fisiknya, tetapi juga dari potensi genetiknya. Oleh karena itu, kontrol mutu genetik menjadi bagian penting dalam sistem pembibitan modern. Setiap batch benih harus memiliki dokumen asal-usul (seed source) yang jelas, termasuk nomor sertifikat dan varietas. Kontrol ini menjamin bahwa bibit yang tumbuh di lapangan sesuai dengan spesifikasi produksi yang diharapkan. Sistem ketelusuran genetik ini merupakan bagian dari kebijakan traceability yang kini diterapkan dalam rantai pasok global kelapa sawit.

Selain itu, pendekatan precision nursery management mulai diterapkan di beberapa perkebunan. Melalui analisis data digital dan pemetaan kondisi bibit, pengelola dapat mengetahui kebutuhan spesifik setiap area pembibitan. Misalnya, area dengan pertumbuhan lambat dapat diidentifikasi dan diberi perlakuan pemupukan tambahan. Dengan pendekatan berbasis data, pemborosan sumber daya dapat dikurangi, dan tingkat keberhasilan pembibitan meningkat secara signifikan. Teknologi ini menandai transformasi sistem pembibitan tradisional menuju era pertanian cerdas.

Keberhasilan pre-nursery juga dipengaruhi oleh faktor motivasi dan kesejahteraan tenaga kerja. Karyawan yang merasa dihargai dan bekerja dalam lingkungan aman akan lebih teliti dalam merawat bibit. Oleh karena itu, penyediaan fasilitas pendukung seperti ruang istirahat, air bersih, dan alat pelindung diri merupakan investasi yang penting. Selain meningkatkan produktivitas, hal ini juga memperkuat komitmen perusahaan terhadap tanggung jawab sosial dan kesejahteraan pekerja. Manajemen yang humanis menciptakan suasana kerja positif yang berdampak langsung pada kualitas hasil pembibitan.

Dalam jangka panjang, tahap pre-nursery merupakan cermin dari kualitas manajemen perkebunan secara keseluruhan. Keberhasilan menghasilkan bibit unggul akan menjadi fondasi bagi

produktivitas kebun di masa depan. Setiap kesalahan kecil di tahap ini bisa berakibat besar di kemudian hari, seperti tanaman tidak seragam atau hasil produksi rendah. Oleh karena itu, investasi dalam teknologi, pelatihan, dan sistem pengawasan di pre-nursery adalah langkah strategis untuk menjamin keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

Sebagai penutup, tahap pre-nursery bukan sekadar tempat persemaian sementara, tetapi jantung dari keseluruhan sistem produksi kelapa sawit. Di sinilah benih unggul dipersiapkan menjadi bibit yang kuat, sehat, dan siap menghadapi kondisi lapangan. Keberhasilan di fase ini merupakan hasil sinergi antara ilmu pengetahuan, keterampilan teknis, manajemen sumber daya, dan komitmen terhadap keberlanjutan. Dengan sistem pre-nursery yang dikelola baik, Indonesia dapat terus mempertahankan posisinya sebagai produsen kelapa sawit terbesar dunia yang tidak hanya produktif, tetapi juga bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat.

2.5 Tahap Main Nursery

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang berperan besar dalam perekonomian nasional. Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat ditentukan oleh kualitas bibit yang digunakan pada tahap awal penanaman. Bibit yang sehat dan berkualitas akan menghasilkan tanaman yang produktif, tahan terhadap stres lingkungan, serta mampu menghasilkan tandan buah segar (TBS) secara optimal dalam jangka panjang.

Salah satu tahapan paling penting dalam menghasilkan bibit berkualitas adalah tahap main nursery atau pembibitan utama. Tahap ini merupakan lanjutan dari fase pre-nursery, di mana bibit mulai dikondisikan untuk tumbuh lebih kuat sebelum dipindahkan ke lahan permanen. Kesalahan pengelolaan pada tahap ini dapat berdampak jangka panjang terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit.

Oleh karena itu, pemahaman yang baik mengenai tahapan, teknik, dan manajemen main nursery menjadi hal yang sangat penting bagi keberhasilan perkebunan kelapa sawit.

2.5.1 Pengertian Tahap Main Nursery

Main nursery adalah tahap pembibitan lanjutan kelapa sawit yang dilakukan setelah bibit menyelesaikan fase pre-nursery. Pada tahap ini, bibit yang telah berumur sekitar 3 bulan dipindahkan ke polybag berukuran besar untuk dibesarkan hingga mencapai umur siap tanam, yaitu sekitar 10–12 bulan.

Pada fase main nursery, bibit kelapa sawit mengalami perkembangan pesat terutama pada sistem perakaran, batang, dan daun. Akar primer dan sekunder mulai berkembang lebih luas, batang menjadi lebih kokoh, dan jumlah daun bertambah secara signifikan. Kondisi ini membuat kebutuhan tanaman terhadap air, unsur hara, dan ruang tumbuh menjadi lebih besar dibandingkan fase sebelumnya.

Main nursery juga berfungsi sebagai tahap adaptasi bibit terhadap kondisi lingkungan yang lebih terbuka sebelum ditanam di lahan perkebunan. Bibit yang dikelola dengan baik pada tahap ini akan memiliki daya tahan yang lebih tinggi terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, genangan air, dan serangan organisme pengganggu tanaman.

2.5.2Tujuan dan Fungsi Main Nursery

1. Tujuan Main Nursery

Pelaksanaan tahap main nursery bertujuan untuk:

1. Menghasilkan bibit kelapa sawit yang sehat dan seragam
2. Mengembangkan sistem perakaran yang kuat dan luas
3. Membentuk batang yang kokoh dan daun yang lebar
4. Menyiapkan bibit agar siap ditanam di lapangan
5. Mengurangi tingkat kematian tanaman di awal penanaman
6. Meningkatkan produktivitas kelapa sawit jangka panjang

2. fungsi main nursery

Fungsi utama main nursery adalah sebagai tempat pembesaran bibit agar tanaman dapat tumbuh secara optimal sebelum dipindahkan ke lahan permanen. Selain itu, main nursery juga berfungsi sebagai tempat seleksi bibit, di mana hanya bibit berkualitas tinggi yang akan digunakan untuk penanaman di lapangan.

3. Persyaratan Lokasi Main Nursery

Lokasi main nursery harus dipilih dengan cermat agar mendukung pertumbuhan bibit secara optimal. Beberapa persyaratan lokasi antara lain:

1) Lahan datar atau kemiringan <5%
2) Tidak rawan banjir
3) Dekat dengan sumber air bersih
4) Memiliki sistem drainase yang baik
5) Mudah dijangkau untuk kegiatan perawatan

Drainase yang baik sangat penting untuk mencegah genangan air yang dapat menyebabkan busuk akar dan kematian bibit. Tata letak polybag diatur secara teratur dengan jarak antar polybag sekitar 90–100 cm. Pengaturan jarak ini bertujuan agar setiap bibit memperoleh cahaya matahari yang cukup, sirkulasi udara yang baik, serta memudahkan kegiatan penyiraman dan pemeliharaan.

4. Tata Letak dan Penataan Polybag

Polybag disusun secara teratur dengan jarak antar polybag sekitar 90–100 cm. Penataan ini bertujuan untuk:

- Memberikan ruang tumbuh yang cukup
- Memastikan setiap bibit memperoleh cahaya matahari secara merata
- Mempermudah penyiraman dan pemupukan
- Mengurangi kelembaban berlebih yang dapat memicu penyakit

Tata letak yang rapi juga memudahkan pengawasan dan pemeliharaan bibit. Areal main nursery juga harus dijaga kebersihannya dari gulma dan sampah organik yang dapat menjadi sarang hama dan penyakit.

2.5.3 Media Tanam pada Tahap Main Nursery

1. Pengertian Media Tanam

Media tanam merupakan komponen utama dalam kegiatan pembibitan tanaman, termasuk pada tahap main nursery kelapa sawit. Media tanam didefinisikan sebagai bahan atau campuran bahan yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya sistem perakaran tanaman. Media tanam berfungsi sebagai penopang tanaman sekaligus sebagai penyedia unsur hara, air, dan oksigen yang dibutuhkan untuk menunjang proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Dalam konteks pembibitan kelapa sawit, media tanam memiliki peranan yang sangat penting karena pada fase ini tanaman belum ditanam langsung di tanah lapangan. Seluruh kebutuhan dasar tanaman, khususnya yang berkaitan dengan perakaran, sangat bergantung pada kualitas media tanam yang digunakan. Media tanam yang baik akan menciptakan kondisi lingkungan akar yang optimal sehingga tanaman dapat tumbuh sehat, kuat, dan seragam.

Media tanam tidak hanya berfungsi sebagai tempat melekatnya akar, tetapi juga berperan dalam menjaga keseimbangan antara ketersediaan air dan udara di dalam zona perakaran. Akar tanaman membutuhkan air untuk proses metabolisme, namun juga memerlukan oksigen untuk respirasi. Oleh karena itu, media tanam harus memiliki struktur yang gembur dan porositas yang baik agar mampu menahan air secukupnya tanpa menyebabkan genangan.

Selain itu, media tanam berfungsi sebagai sumber unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman selama masa pembibitan. Unsur hara tersebut dapat berasal dari tanah lapisan atas (top soil), bahan organik, maupun pupuk yang ditambahkan. Media tanam yang subur akan mendukung pertumbuhan akar yang sehat, yang selanjutnya berpengaruh terhadap pertumbuhan bagian atas tanaman seperti batang dan daun.

Kualitas media tanam juga berpengaruh terhadap kemampuan bibit dalam beradaptasi setelah dipindahkan ke lapangan. Bibit yang tumbuh pada media tanam yang baik umumnya memiliki sistem perakaran yang kuat dan seimbang, sehingga lebih tahan terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, genangan air, dan perubahan kondisi tanah. Sebaliknya, media tanam yang kurang baik dapat menyebabkan pertumbuhan akar terhambat, tanaman kerdil, serta menurunkan kualitas bibit secara keseluruhan.

Dengan demikian, media tanam dapat dikatakan sebagai faktor penentu keberhasilan pembibitan kelapa sawit pada tahap main nursery. Pemilihan dan pengelolaan media tanam yang tepat akan memberikan dasar yang kuat bagi pertumbuhan bibit dan keberhasilan budidaya kelapa sawit dalam jangka panjang.

2. Komposisi Media Tanam

Komposisi media tanam merupakan faktor kunci dalam mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tahap main nursery. Media tanam yang baik harus mampu menyediakan unsur hara, air, serta oksigen bagi akar tanaman.

Komposisi media tanam yang umum digunakan adalah campuran top soil, pupuk kandang matang atau kompos, serta bahan organik tambahan seperti sekam padi bakar. Top soil digunakan sebagai komponen utama karena mengandung unsur hara alami dan mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman.

Perbandingan komposisi media tanam yang dianjurkan adalah sebagai berikut:

- Top soil : 70%
- Pupuk kandang matang atau kompos : 20%
- Sekam padi bakar : 10%

Pupuk kandang atau kompos berfungsi meningkatkan kesuburan media serta memperbaiki struktur tanah agar lebih gembur. Sekam padi bakar berperan meningkatkan porositas dan aerasi sehingga akar tidak mudah tergenang air.

Sebelum digunakan, media tanam sebaiknya diayak dan dicampur secara merata untuk menghindari gumpalan tanah. Media juga perlu dikondisikan agar bebas dari hama, penyakit, dan benda asing yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Tabel Perbandingan Media Tanam pada Tahap Main Nursery Kelapa Sawit

No	Jenis Media Tanam	Kelebihan	Kekurangan	Kesesuaian untuk Main Nursery
1	Top Soil	Mengandung unsur hara alami, struktur tanah baik	Dapat memadat bila digunakan sendiri	Sangat sesuai jika dicampur bahan organik
2	Pupuk Kandang Matang	Meningkatkan kesuburan dan aktivitas mikroorganisme	Bila belum matang dapat membawa patogen	Sangat baik sebagai campuran media
3	Kompos	Memperbaiki struktur tanah dan daya simpan air	Kandungan hara bervariasi	Cocok untuk meningkatkan kualitas media
4	Sekam Padi Bakar	Meningkatkan porositas dan aerasi	Kandungan hara rendah	Sangat baik sebagai bahan tambahan
5	Pasir	Memperlancar drainase	Tidak mengandung unsur hara	Kurang disarankan kecuali jumlah kecil

Tabel di atas menunjukkan bahwa penggunaan satu jenis media tanam saja kurang optimal. Oleh karena itu, kombinasi beberapa bahan media tanam sangat dianjurkan agar diperoleh media yang seimbang antara kesuburan, aerasi, dan kemampuan menahan air.

3. Syarat Media Tanam

Media tanam yang baik harus:

- Tidak mudah memadat
- Memiliki porositas yang baik
- Mampu menahan air secukupnya
- Mengandung unsur hara makro dan mikro

- Memiliki pH 5,5–6,5

Media yang tidak memenuhi syarat dapat menghambat pertumbuhan akar dan menyebabkan tanaman kerdil.

4. Polybag sebagai Wadah Tanam

Polybag merupakan wadah tanam utama yang digunakan pada tahap main nursery untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit hingga siap tanam di lapangan. Pemilihan polybag yang tepat sangat berpengaruh terhadap perkembangan sistem perakaran dan kondisi fisik tanaman.

Polybag yang umum digunakan berukuran 40 cm x 50 cm dan terbuat dari plastik hitam tebal agar tidak mudah robek serta mampu bertahan selama masa pembibitan. Warna hitam berfungsi untuk menekan pertumbuhan alga dan menjaga kestabilan suhu media tanam di dalam polybag.

Polybag harus dilengkapi dengan lubang drainase di bagian samping dan bawah. Lubang drainase ini berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan air sehingga mencegah terjadinya genangan yang dapat menyebabkan busuk akar. Jumlah dan posisi lubang drainase harus cukup agar sirkulasi air dan udara di dalam media tanam tetap terjaga.

Penggunaan polybag berukuran besar bertujuan untuk memberikan ruang tumbuh yang optimal bagi akar tanaman. Akar yang berkembang dengan baik akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara. Dengan demikian, polybag tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga sebagai media pendukung utama pertumbuhan bibit kelapa sawit.

5. Pemindahan Bibit dari Pre-Nursery

Pemindahan bibit dari tahap pre-nursery ke main nursery merupakan proses penting yang harus dilakukan dengan hati-hati. Kesalahan pada tahap ini dapat menyebabkan stres tanaman, pertumbuhan terhambat, bahkan kematian bibit.

Bibit yang dipindahkan harus memenuhi kriteria tertentu, antara lain berumur sekitar 3 bulan, memiliki 3–4 helai daun normal, batang tegak dan kuat, serta sistem perakaran yang sehat. Bibit yang menunjukkan gejala serangan hama atau penyakit tidak dianjurkan untuk dipindahkan.

Proses pemindahan dilakukan dengan cara memindahkan bibit beserta media tanamnya ke dalam polybag besar. Bibit harus ditanam tegak dan posisi leher akar tidak boleh terlalu dalam maupun

terlalu dangkal. Setelah pemindahan, bibit perlu disiram secukupnya untuk membantu adaptasi terhadap media dan lingkungan baru.

Pemindahan bibit sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari stres akibat suhu tinggi. Dengan teknik pemindahan yang benar, bibit akan mampu beradaptasi dengan cepat dan melanjutkan pertumbuhannya secara optimal.

6. Penyiraman

Penyiraman merupakan kegiatan penting dalam pemeliharaan bibit. Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembaban media tanam dan mendukung proses fisiologis tanaman.

Penyiraman yang tidak tepat dapat menyebabkan stres tanaman. Penyiraman merupakan kegiatan pemeliharaan yang sangat penting dalam tahap main nursery karena air berperan langsung dalam proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, penyerapan unsur hara, dan pengaturan suhu tanaman.

Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembaban media tanam agar tetap berada pada kondisi optimal. Bibit kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah cukup, namun tidak berlebihan. Kekurangan air dapat menyebabkan tanaman layu dan pertumbuhan terhambat, sedangkan kelebihan air dapat menimbulkan genangan yang merusak sistem perakaran.

Frekuensi penyiraman umumnya dilakukan 1–2 kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari. Pada musim kemarau, intensitas penyiraman dapat ditingkatkan, sedangkan pada musim hujan perlu dikurangi sesuai kondisi media tanam.

Teknik penyiraman harus dilakukan secara merata hingga air mencapai seluruh bagian media tanam. Penyiraman yang baik akan membantu tanaman tumbuh sehat dan mempercepat adaptasi bibit selama masa pembibitan.

7. Pemupukan

Pemupukan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman selama pertumbuhan. Pupuk yang umum digunakan antara lain:

- NPK
- Urea
- KCl
- Rock phosphate

Pemupukan dilakukan secara berkala dengan dosis yang disesuaikan dengan umur tanaman. Pemupukan yang tepat akan mendukung pertumbuhan daun, batang, dan akar secara seimbang.

Pemupukan merupakan salah satu kegiatan pemeliharaan terpenting pada tahap main nursery karena berhubungan langsung dengan ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan bibit kelapa sawit. Pada fase ini, bibit mengalami pertumbuhan vegetatif yang sangat cepat sehingga membutuhkan unsur hara dalam jumlah cukup dan seimbang.

Tujuan utama pemupukan pada tahap main nursery adalah untuk mendukung pertumbuhan daun, batang, dan sistem perakaran agar berkembang secara optimal. Kekurangan unsur hara dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun menguning, tanaman kerdil, serta menurunnya kualitas bibit. Sebaliknya, pemupukan berlebihan juga dapat menyebabkan keracunan tanaman dan merusak akar.

Jenis pupuk yang umum digunakan pada tahap main nursery meliputi pupuk makro dan mikro. Pupuk makro yang sering diaplikasikan antara lain NPK, urea, KCl, dan rock phosphate. Unsur nitrogen (N) berperan dalam pembentukan daun dan klorofil, fosfor (P) mendukung perkembangan akar, sedangkan kalium (K) berfungsi meningkatkan kekuatan batang dan ketahanan tanaman terhadap stres.

Pemupukan dilakukan secara bertahap dan berkala sesuai dengan umur bibit. Pada awal fase main nursery, dosis pupuk diberikan lebih rendah untuk menghindari stres tanaman, kemudian ditingkatkan secara bertahap seiring bertambahnya umur bibit. Aplikasi pupuk dapat dilakukan dengan cara ditabur melingkar di sekitar batang tanaman atau dilarutkan dalam air dan disiramkan.

Pelaksanaan pemupukan harus disertai dengan penyiraman yang cukup agar pupuk dapat larut dan terserap oleh akar tanaman secara optimal. Dengan pemupukan yang tepat dan teratur, bibit kelapa sawit akan tumbuh sehat, seragam, dan siap ditanam di lapangan.

Tabel Jadwal Pemupukan Bibit Kelapa Sawit Tahap Main Nursery

Umur Bibit (Bulan)	Jenis Pupuk	Dosis per Bibit	Frekuensi Aplikasi	Keterangan
3–4 bulan	NPK (15:15:15)	5–10 gram	1 kali/bulan	Dosis awal untuk adaptasi bibit
5–6 bulan	NPK (15:15:15)	10–15 gram	1 kali/bulan	Mendukung pertumbuhan daun
7–8 bulan	NPK + Urea	15–20 gram	1 kali/bulan	Memacu pertumbuhan vegetatif
9–10 bulan	NPK + KCl	20–25 gram	1 kali/bulan	Memperkuat batang dan akar
11–12 bulan	NPK + Rock Phosphate	25–30 gram	1 kali/bulan	Persiapan bibit siap tanam

Tabel jadwal pemupukan di atas bersifat umum dan dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan, jenis tanah, serta pertumbuhan bibit di lapangan. Penyesuaian dosis dan frekuensi pemupukan perlu dilakukan berdasarkan hasil pengamatan kondisi tanaman.

8. Pengendalian Gulma

Gulma dapat bersaing dengan bibit dalam memperoleh air, unsur hara, dan cahaya. Oleh karena itu, gulma harus dikendalikan secara rutin melalui penyiangan manual.

Pengendalian gulma yang baik akan membantu menjaga lingkungan tumbuh bibit tetap bersih dan sehat. Pengendalian gulma merupakan bagian penting dalam pemeliharaan bibit kelapa sawit di main nursery.

Keberadaan gulma yang tidak dikendalikan dapat menurunkan kualitas bibit karena menyebabkan kompetisi nutrisi dan meningkatkan kelembaban lingkungan yang berpotensi memicu serangan hama dan penyakit. Oleh karena itu, pengendalian gulma harus dilakukan secara rutin dan berkesinambungan.

Metode pengendalian gulma pada tahap main nursery umumnya dilakukan secara manual, yaitu dengan mencabut gulma yang tumbuh di dalam maupun di sekitar polybag. Penyiangan dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak akar bibit kelapa sawit. Selain itu, area antar polybag juga perlu dibersihkan untuk menjaga kebersihan lingkungan nursery.

Pengendalian gulma yang baik akan menciptakan lingkungan tumbuh yang bersih, sehat, dan mendukung pertumbuhan bibit secara optimal. Dengan demikian, bibit dapat memanfaatkan air dan unsur hara secara maksimal tanpa adanya persaingan dari gulma.

9. Pengendalian Hama dan Penyakit

Pengendalian hama dan penyakit bertujuan untuk menjaga kesehatan bibit. Pencegahan dilakukan dengan menjaga kebersihan lingkungan, sistem drainase yang baik, serta penggunaan pestisida atau agen hayati bila diperlukan.

Bibit yang terserang hama dan penyakit harus segera ditangani agar tidak menular ke tanaman lain.

13. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin meliputi:

- Penyiraman
- Pemupukan
- Penyiangan
- Pemangkasan daun rusak
- Pengawasan pertumbuhan

Pemeliharaan yang dilakukan secara konsisten akan menghasilkan bibit yang seragam, sehat, dan siap tanam.

Pemeliharaan rutin merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan secara terus-menerus untuk menjaga kondisi bibit kelapa sawit tetap sehat dan tumbuh optimal selama berada di main nursery. Kegiatan pemeliharaan ini harus dilakukan secara konsisten dan terjadwal.

Pemangkasan daun yang rusak perlu dilakukan untuk mencegah penyebaran penyakit dan mengarahkan energi tanaman pada pertumbuhan daun yang sehat. Selain itu, pengawasan pertumbuhan dilakukan untuk memantau perkembangan tinggi tanaman, jumlah daun, serta

kondisi kesehatan bibit. Pemeliharaan rutin yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan bibit yang seragam, kuat, dan memiliki daya adaptasi tinggi saat dipindahkan ke lahan perkebunan.

10. Seleksi Bibit

Seleksi bibit dilakukan untuk memisahkan bibit yang tumbuh tidak normal, kerdil, atau terserang penyakit. Bibit yang lolos seleksi akan dipelihara hingga mencapai umur siap tanam.

Seleksi bibit merupakan tahap penting dalam pembibitan kelapa sawit yang bertujuan untuk memastikan hanya bibit berkualitas tinggi yang dipertahankan hingga siap tanam. Seleksi dilakukan secara berkala sejak awal fase main nursery hingga menjelang penanaman di lapangan.

Bibit yang diseleksi meliputi tanaman yang menunjukkan pertumbuhan tidak normal, kerdil, daun sempit, batang lemah, atau terserang hama dan penyakit. Bibit dengan sistem perakaran yang tidak berkembang dengan baik juga harus dieliminasi karena berpotensi gagal tumbuh di lapangan.

Proses seleksi bibit dilakukan melalui pengamatan visual terhadap kondisi tanaman, seperti warna daun, jumlah daun, tinggi tanaman, dan kekokohan batang. Bibit yang tidak memenuhi standar dipisahkan atau dimusnahkan agar tidak menjadi sumber penularan penyakit.

Seleksi bibit bertujuan untuk meningkatkan keseragaman tanaman di lapangan dan mendukung produktivitas kebun dalam jangka panjang. Dengan seleksi yang ketat dan terencana, kualitas bibit kelapa sawit yang dihasilkan akan lebih terjamin.

2.6 Kriteria Bibit Siap Tanam

Bibit sawit siap tanam apabila:

- Berumur 10–12 bulan
- Tinggi 120–150 cm
- Memiliki 5–7 helai daun
- Batang kokoh
- Akar berkembang baik

Bibit dengan kriteria tersebut memiliki peluang hidup tinggi di lapangan. Kriteria bibit siap tanam merupakan standar penting yang digunakan untuk menentukan kelayakan bibit kelapa sawit sebelum dipindahkan ke lahan perkebunan. Bibit yang memenuhi kriteria siap tanam memiliki peluang hidup tinggi serta mampu tumbuh dan berproduksi secara optimal.

Kondisi sistem perakaran juga menjadi indikator utama bibit siap tanam. Akar harus berkembang dengan baik, tidak melingkar berlebihan, dan mampu mengisi media tanam secara optimal. Akar yang sehat berwarna putih kecokelatan dan tidak berbau busuk.

Bibit yang memenuhi seluruh kriteria tersebut memiliki kemampuan adaptasi tinggi saat ditanam di lapangan serta berpotensi menghasilkan tanaman kelapa sawit yang produktif dan berumur panjang. Kualitas bibit kelapa sawit siap tanam sangat ditentukan oleh mutu benih sejak tahap awal pembibitan. Menurut Atikah dan Tsan (2017), daya kecambah atau vigor benih merupakan faktor genetik utama yang berperan dalam menentukan kemampuan bibit untuk tumbuh secara optimal di persemaian. Benih dengan vigor tinggi umumnya berkecambah lebih cepat, yaitu sekitar 3–5 hari, sehingga menghasilkan bibit yang tumbuh lebih seragam dan stabil. Sebaliknya, benih dengan vigor rendah memerlukan waktu perkecambahan yang lebih lama, bahkan lebih dari 14 hari, sehingga berpotensi menghasilkan bibit dengan pertumbuhan yang tidak merata serta tingkat kelainan yang lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas bibit tidak hanya dipengaruhi oleh pengelolaan di persemaian, tetapi juga sangat bergantung pada potensi genetik benih sejak awal pembentukan (Atikah & Tsan, 2017).

Kualitas akhir bibit kelapa sawit sangat berkaitan dengan kondisi genetik benih yang digunakan. Benih dengan vigor tinggi memiliki cadangan energi dan aktivitas metabolisme yang lebih baik, sehingga mampu mendukung pertumbuhan awal secara optimal. Hal ini menyebabkan bibit tumbuh lebih sehat, lebih kuat, serta memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik pada tahap pertumbuhan selanjutnya, baik di pembibitan maupun setelah dipindahkan ke lapangan (Atikah & Tsan, 2017). Dalam penelitian ini, benih diklasifikasikan menjadi benih kuat dan benih lemah berdasarkan kecepatan perkecambahannya. Benih kuat adalah benih yang berkecambah dalam waktu relatif singkat, sedangkan benih lemah membutuhkan waktu perkecambahan yang lebih lama. Pengelompokan ini penting sebagai dasar evaluasi kualitas bibit karena berkaitan langsung dengan tingkat keseragaman pertumbuhan dan risiko munculnya kelainan, serta menjadi pertimbangan dalam praktik pembibitan kelapa sawit dari aspek teknis dan ekonomis (Atikah & Tsan, 2017).

2.6.1 Parameter Pertumbuhan Vegetatif

Pada tahap pra-pembibitan, kelayakan bibit dievaluasi melalui berbagai parameter Pertumbuhan vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit yang berasal dari benih kuat maupun benih lemah tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada parameter umum seperti tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan kandungan klorofil relatif.

Kedua kelompok bibit masih mampu memenuhi standar pertumbuhan dasar, yaitu tinggi tanaman lebih dari 20 cm dan jumlah daun minimal empat helai. Namun demikian, perbedaan yang lebih jelas terlihat pada beberapa karakter morfologi tertentu yang berkaitan erat dengan tingkat vigor bibit (Atikah & Tsan, 2017).

Kesamaan tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan bahwa faktor lingkungan, seperti ketersediaan air dan nutrisi di persemaian, berperan besar dalam mendukung pertumbuhan dasar bibit. Dengan pengelolaan pembibitan yang baik, bibit yang berasal dari benih lemah masih mampu mencapai standar pertumbuhan minimum yang ditetapkan, meskipun potensi genetiknya lebih rendah (Atikah & Tsan, 2017).

Bibit yang berasal dari benih kuat memiliki lebar daun dan diameter batang yang lebih besar dibandingkan bibit dari benih lemah. Karakter ini mencerminkan kemampuan fotosintesis yang lebih tinggi serta struktur batang yang lebih kokoh. Diameter batang yang baik juga menunjukkan sistem perakaran yang lebih kuat, sehingga bibit memiliki peluang hidup dan pertumbuhan yang lebih tinggi setelah ditanam di lapangan (Atikah & Tsan, 2017).

2.6.2 Pemusnahan Dan Standar Siap Tanam

Tahap akhir penentuan bibit kelapa sawit siap tanam dilakukan melalui proses pemusnahan atau seleksi terhadap bibit yang mengalami kelainan. Bibit yang berasal dari benih lemah umumnya memiliki tingkat pemusnahan yang lebih tinggi dibandingkan bibit dari benih kuat. Kelainan yang sering ditemukan meliputi daun sempit, bibit kerdil, daun keriput, serta bibit chimera. Kondisi ini menunjukkan adanya kerentanan genetik yang lebih besar pada benih dengan vigor rendah, sehingga memerlukan seleksi yang lebih ketat sebelum penanaman di lapangan (Atikah & Tsan, 2017).

Tingkat pemusnahan yang tinggi mencerminkan kualitas genetik benih yang lebih rendah dan menjadi pertimbangan penting dalam menentukan kelayakan bibit untuk ditanam. Seleksi bibit yang ketat diperlukan untuk memastikan bahwa hanya bibit yang

sehat dan normal yang digunakan, sehingga produktivitas tanaman di masa depan dapat terjaga (Atikah & Tsan, 2017).

Meskipun memiliki tingkat pemusnahan yang lebih tinggi, benih lemah masih mampu menghasilkan persentase bibit normal yang cukup tinggi apabila dikelola dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa benih lemah tetap memiliki nilai praktis dan ekonomis, terutama bagi petani skala kecil, karena harganya lebih terjangkau dan masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanam dengan pengelolaan pembibitan yang tepat (Atikah & Tsan, 2017).

2.6.3 Fondasi Mutu Bibit, Seleksi Benih Dan Tahapan Pengecambahan

Mutu bibit kelapa sawit yang layak tanam ditentukan sejak fase awal pembibitan, khususnya melalui pemilihan benih unggul dan pelaksanaan proses pengecambahan yang benar. Benih berkualitas diperoleh dari hasil persilangan terkontrol antara Dura (D) sebagai tetua betina dan Pisifera (P) sebagai tetua jantan, yang menghasilkan varietas hibrida Tenera (T) dengan potensi produksi optimal. Proses persilangan dan distribusi benih hanya diperbolehkan dilakukan oleh produsen bersertifikat guna menjamin kemurnian genetik serta mencegah penggunaan benih ilegal atau benih “aspal” (asli tetapi palsu) yang berisiko menghasilkan bibit cacat dan tidak seragam (Banowati et al., 2024). Setelah seleksi, benih menjalani serangkaian perlakuan teknis berupa perendaman dan perlakuan suhu tinggi (hot room) untuk mematahkan dormansi, kemudian dilanjutkan dengan proses pengecambahan (germinasi) di lingkungan steril. Vigor benih, yang ditunjukkan oleh kecepatan dan keseragaman perkecambahan, menjadi faktor dasar yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan serta daya hidup bibit pada tahap pembibitan berikutnya (Atikah & Tsan, 2017).

Penggunaan benih unggul merupakan faktor penentu keberhasilan usaha perkebunan kelapa sawit dalam jangka panjang. Persilangan Dura dan Pisifera menghasilkan bibit Tenera yang memiliki karakter cangkang tipis hingga sedang, daging buah lebih tebal, serta rendemen minyak yang tinggi. Sebaliknya, benih yang diperoleh dari sumber tidak resmi umumnya berasal dari buah brondolan tanpa kejelasan riwayat persilangan, sehingga menghasilkan bibit dengan pertumbuhan tidak seragam, daya tahan rendah terhadap hama dan penyakit, serta potensi produksi yang rendah (Banowati et al., 2024; Atikah & Tsan, 2017).

Benih kelapa sawit memiliki sifat dormansi alami yang memerlukan perlakuan khusus agar dapat berkecambah secara optimal. Tahapan pengecambahan meliputi penyimpanan benih pada cold storage, perlakuan suhu tinggi di hot room (39–41°C) selama 1–3 hari untuk mematahkan dormansi, serta proses germinasi di ruang steril. Pelaksanaan proses yang terkontrol dan higienis ini bertujuan untuk meningkatkan persentase kecambah sehat sekaligus menekan risiko kegagalan tumbuh dan serangan patogen sejak fase awal pertumbuhan bibit (Banowati et al., 2024).

2.6.4 Evaluasi Pembibitan – Parameter Pertumbuhan Vegetatif

Bibit yang telah berkecambah selanjutnya dipelihara pada tahap pembibitan (nursery), yang umumnya dilaksanakan melalui dua fase, yaitu pra-pembibitan selama 3–4 bulan menggunakan baki semai dengan sistem semi-apung, serta pembibitan utama di polybag berukuran besar hingga bibit siap dipindahkan ke lapangan. Pada tahap ini, penilaian kelayakan bibit dilakukan secara berkala berdasarkan parameter pertumbuhan vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun seluruh bibit mendapatkan perlakuan lingkungan dan pemupukan yang sama, bibit yang berasal dari benih dengan vigor tinggi (perkecambahan 3–5 hari) menunjukkan performa yang lebih baik. Meskipun tidak terdapat perbedaan signifikan pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang daun, bibit dari benih vigor tinggi memiliki lebar daun dan diameter batang yang lebih besar secara nyata. Diameter batang menjadi indikator penting karena mencerminkan akumulasi biomassa serta kekuatan sistem perakaran yang berperan besar dalam menunjang adaptasi dan pertumbuhan bibit di lapangan (Atikah & Tsan, 2017).

Penerapan sistem pembibitan dua tahap bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sekaligus mutu bibit. Tahap pra-pembibitan menggunakan baki semai dengan sistem semi-apung mampu menghemat ruang, media tanam, dan tenaga kerja. Setelah bibit berumur sekitar 3–4 bulan dan memiliki 3–4 helai daun, bibit dipindahkan ke polybag besar pada pembibitan utama guna menyediakan ruang tumbuh perakaran yang lebih luas sebelum ditanam di lapangan (Banowati et al., 2024; Atikah & Tsan, 2017).

Selain tinggi dan jumlah daun, diameter batang dan lebar daun merupakan indikator yang lebih sensitif dalam menilai kualitas genetik dan kekuatan bibit. Bibit dengan diameter batang kecil berpotensi mengalami pembesaran kelerasan yang tidak normal, sehingga memicu pertumbuhan akar adventif yang abnormal. Sebaliknya, bibit dengan diameter batang besar dan seragam menunjukkan kondisi fisiologis yang sehat dan

kesiapan yang lebih baik untuk tumbuh serta bersaing di lingkungan lapangan (Atikah & Tsan, 2017).

2.6.5 Tahap Akhir Penilaian Bibit Siap Tanam

Penentuan akhir kelayakan bibit dilakukan melalui proses pemusnahan (culling) terhadap bibit yang menunjukkan gejala abnormal. Tahap ini merupakan bentuk pengendalian mutu yang sangat penting agar hanya bibit berkualitas tinggi yang ditanam di kebun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit yang berasal dari benih dengan vigor rendah (perkecambahan lebih dari 14 hari) memiliki persentase pemusnahan yang lebih tinggi (5,67%) dibandingkan bibit dari benih vigor tinggi (2,67%). Bibit yang harus dieliminasi meliputi bibit kerdil, daun sempit menyerupai rumput, daun bengkok, menggulung, keriput, serta bibit chimera dan collante. Bibit yang lolos seleksi dan dinyatakan siap tanam umumnya berumur 9–12 bulan, memiliki penampilan sehat, jumlah pelepah minimal 8–10 helai, serta batang kokoh dengan diameter sesuai standar varietas, misalnya lebih dari 8 cm pada varietas Dami Mas (Banowati et al., 2024; Atikah & Tsan, 2017).

Pemusnahan bibit yang tidak normal merupakan langkah preventif dan investasi jangka panjang bagi produktivitas kebun. Penanaman bibit abnormal berpotensi menghasilkan tanaman yang tidak produktif, rentan terhadap serangan penyakit seperti Ganoderma, serta dapat menurunkan kinerja kebun secara keseluruhan. Pada pembibitan yang dikelola dengan baik, tingkat pemusnahan bibit seharusnya berada di bawah 20%, bahkan dapat ditekan hingga kurang dari 10% apabila menggunakan benih unggul dan manajemen pembibitan yang optimal (Banowati et al., 2024; Atikah & Tsan, 2017).

Bibit kelapa sawit dinyatakan siap tanam apabila telah mencapai umur 9–12 bulan dan memenuhi kriteria morfologis tertentu. Umur tersebut menunjukkan bahwa bibit telah memiliki ketahanan fisiologis yang memadai untuk menghadapi kondisi lapangan. Parameter fisik seperti jumlah pelepah daun dan diameter batang menjadi indikator nyata dari kesehatan dan vigor bibit. Bibit yang memenuhi standar ini memiliki peluang hidup, pertumbuhan, dan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan bibit yang ditanam sebelum mencapai kriteria yang ditetapkan (Banowati et al., 2024).

2.6.5 Faktor Iklim Sebagai Penentu Utama Pertumbuhan Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman tropis yang sangat bergantung pada kondisi iklim, terutama suhu udara, curah hujan, dan intensitas penyinaran matahari. Tanaman ini tumbuh optimal di wilayah tropis basah yang berada pada kisaran 15° Lintang Utara hingga 15° Lintang Selatan. Ketersediaan air yang cukup dan merata sepanjang tahun menjadi faktor krusial, dengan kebutuhan curah hujan ideal sekitar 2.000–2.500 mm per tahun. Periode kering yang berkepanjangan, yaitu lebih dari 2–3 bulan dengan curah hujan di bawah 75 mm per bulan, dapat menyebabkan gangguan fisiologis berupa terhambatnya pembentukan daun, bunga, dan buah, serta menimbulkan defisit air. Sebaliknya, curah hujan yang terlalu tinggi juga berdampak negatif karena dapat mengganggu proses penyerbukan akibat serbuk sari yang hanyut oleh air hujan (Banowati et al., 2024). Dari aspek suhu, kelapa sawit memerlukan suhu rata-rata tahunan antara 24–29°C, dengan suhu optimum produksi berada pada kisaran 25–27°C. Suhu yang terlalu rendah, seperti pada daerah dataran tinggi, akan memperlambat proses metabolisme tanaman dan berujung pada penurunan produktivitas (BAHAN AJAR BUDIDAYA TANAMAN KELAPA SAWIT).

Kelapa sawit membutuhkan curah hujan yang tinggi dan terdistribusi merata sepanjang tahun, sehingga tanaman ini hanya dapat dibudidayakan secara optimal di wilayah tropis basah. Ketidakteraturan distribusi hujan akan menyebabkan stres fisiologis pada tanaman, di mana kelebihan air pada musim hujan dapat memicu pembusukan akar serta kegagalan penyerbukan, sementara kekeringan pada musim kemarau yang panjang akan menghentikan pertumbuhan vegetatif dan menyebabkan gugurnya bunga serta buah muda (Banowati et al., 2024). Suhu berperan langsung dalam mengatur laju fotosintesis, respirasi, dan seluruh proses fisiologis tanaman. Peningkatan ketinggian tempat akan menurunkan suhu udara, sehingga lokasi perkebunan kelapa sawit idealnya berada pada ketinggian 0–500 meter di atas permukaan laut (dpl). Selain itu, kelapa sawit memerlukan penyinaran matahari langsung selama 5–7 jam per hari untuk mendukung proses fotosintesis yang optimal, yang pada akhirnya menentukan pembentukan dan jumlah tandan buah yang dihasilkan (BAHAN AJAR BUDIDAYA TANAMAN KELAPA SAWIT).

2.6.6 Karakteristik Tanah Yang Mendukung Produktivitas

Selain faktor iklim, kondisi tanah sebagai media tumbuh memiliki peranan penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan kelapa sawit. Tanaman ini dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, seperti Latosol, Podzolik Merah Kuning, dan Aluvial, selama memenuhi persyaratan fisik dan kimia tertentu. Dari sisi fisik, tanah harus memiliki drainase yang baik, tekstur yang relatif gembur (lempung hingga lempung liat berdebu), serta kedalaman efektif tanah (solum) minimal 80 cm tanpa adanya lapisan padas yang menghambat penetrasi akar. Sistem perakaran kelapa sawit bersifat serabut dan relatif dangkal, sehingga tanah yang padat atau memiliki lapisan keras akan membatasi penyerapan air dan unsur hara. Secara kimia, tanah dengan pH antara 4,0–6,0 tergolong sesuai, dengan kondisi optimum berada pada kisaran pH 5,0–5,5. Pada tanah yang terlalu masam, ketersediaan unsur hara makro seperti fosfor dan kalium menurun, sementara toksisitas aluminium dan mangan meningkat dan dapat merusak sistem perakaran (Banowati et al., 2024).

Tanah dengan drainase buruk akan menyebabkan genangan air yang mengurangi aerasi di zona perakaran dan meningkatkan risiko pembusukan akar. Tekstur tanah yang terlalu liat akan menghambat penetrasi akar dan memperbesar peluang genangan, sedangkan tanah yang terlalu berpasir tidak mampu menahan air dan nutrisi secara optimal. Kedalaman solum yang memadai memungkinkan akar menyebar lebih luas sehingga mampu menopang pertumbuhan tajuk yang besar dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara (Banowati et al., 2024).

Derajat keasaman tanah sangat menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman kelapa sawit. Pada kisaran pH 5,0–5,5, sebagian besar unsur hara esensial berada dalam bentuk yang mudah diserap oleh akar. Tanah yang terlalu masam atau terlalu basa akan menghambat ketersediaan nutrisi, sehingga pemupukan menjadi tidak efisien dan berbiaya tinggi. Oleh karena itu, analisis tanah sebelum penanaman menjadi langkah penting untuk menentukan kebutuhan perbaikan tanah, seperti pemberian kapur pertanian guna menaikkan pH ke tingkat optimal (BAHAN AJAR BUDIDAYA TANAMAN KELAPA SAWIT).

2.6.7 Integrasi Syarat Tumbuh Dalam Praktik Budidaya Berkelanjutan

Keberhasilan budidaya kelapa sawit tidak hanya ditentukan oleh pemenuhan faktor iklim dan tanah secara terpisah, tetapi oleh pengelolaan keduanya secara terpadu dan

berkelanjutan. Sebelum investasi perkebunan dilakukan, evaluasi kesesuaian lahan perlu dilaksanakan untuk mengidentifikasi karakteristik iklim dan tanah serta mengelompokkan lahan ke dalam kelas kesesuaian, yaitu sangat sesuai (S1), sesuai (S2), cukup sesuai (S3), dan tidak sesuai (N). Lahan S1 memerlukan input minimal, sedangkan lahan S2 dan S3 membutuhkan intervensi manajemen yang lebih intensif guna mengatasi faktor pembatas. Sebagai contoh, pada lahan dengan kemiringan lebih dari 15%, penerapan teknik konservasi tanah seperti teras individu dan rorak menjadi keharusan untuk menekan laju erosi. Pada tanah masam dengan pH di bawah 4, aplikasi kapur pertanian secara berkala diperlukan untuk meningkatkan pH tanah ke kisaran optimum. Dengan demikian, pemahaman yang komprehensif mengenai syarat tumbuh menjadi dasar utama dalam penerapan Praktik Pertanian Baik (*Good Agricultural Practice* – GAP) yang mampu menghasilkan produktivitas tinggi secara berkelanjutan (Banowati et al., 2024. Evaluasi kesesuaian lahan merupakan proses sistematis untuk mencocokkan kebutuhan tumbuh kelapa sawit dengan karakteristik biofisik lahan yang tersedia. Hasil evaluasi berupa peta kesesuaian lahan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemilihan lokasi perkebunan, perencanaan pola tanam, serta penentuan kebutuhan input seperti pupuk, amelioran, dan infrastruktur pendukung (BAHAN AJAR BUDIDAYA TANAMAN KELAPA SAWIT).

Tidak ada lahan yang sepenuhnya ideal, sehingga keberhasilan perkebunan sangat bergantung pada kemampuan mengelola keterbatasan lahan yang ada. Pada lahan gambut, misalnya, pengelolaan tinggi muka air tanah harus dilakukan secara ketat untuk mencegah degradasi gambut dan emisi karbon. Sementara itu, pada lahan kering, penyediaan irigasi tambahan dapat menjadi solusi untuk menjamin ketersediaan air selama musim kemarau. Pendekatan manajemen yang spesifik lokasi inilah yang membedakan kebun kelapa sawit yang produktif dan berkelanjutan dari yang kurang optimal (Banowati et al., 2024).

2.6.7 Pengendalian Hama & Penyakit (Detail)

Pengendalian hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit merupakan aspek penting dalam sistem budidaya yang berkelanjutan. Keberhasilan pengelolaan hama tidak hanya ditentukan oleh penggunaan pestisida, tetapi oleh pemahaman menyeluruh terhadap ekologi, dinamika populasi organisme pengganggu, dan kesehatan agroekosistem. Tanaman kelapa sawit yang sehat mampu mempertahankan produktivitas tinggi selama lebih dari dua dekade. Oleh karena itu, penerapan sistem pengendalian yang terpadu, efisien, dan ramah lingkungan menjadi kebutuhan mutlak

dalam manajemen perkebunan modern. Pendekatan ilmiah dan sistematis dalam memahami penyebab serta pola serangan menjadi dasar utama dari setiap strategi pengendalian yang efektif.

Sistem Integrated Pest Management (IPM) atau Pengendalian Hama

Terpadu menjadi kerangka kerja utama dalam pengelolaan hama kelapa sawit.

Konsep IPM menekankan penggunaan kombinasi berbagai metode pengendalian — mulai dari pengendalian biologis, kultur teknis, mekanis, hingga kimiawi — secara sinergis dan berimbang. Tujuannya bukan untuk memusnahkan seluruh populasi hama, melainkan menjaga keseimbangan ekosistem agar populasi hama tetap berada di bawah ambang ekonomi yang merugikan. Dengan cara ini, biaya produksi dapat ditekan, risiko resistensi hama berkurang, dan dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan secara signifikan.

Hama yang menyerang kelapa sawit dapat diklasifikasikan berdasarkan fase pertumbuhan tanaman, yaitu hama pada fase pembibitan, tanaman muda, dan tanaman menghasilkan. Pada fase pembibitan, hama yang sering dijumpai antara lain ulat kantong (Metisa plana dan Mahasena corbetti), kumbang tanduk (Oryctes rhinoceros), serta belalang pemakan daun. Hama ini menyerang bagian daun muda dan pucuk tanaman sehingga menghambat pertumbuhan awal. Pada fase tanaman muda hingga menghasilkan, muncul pula serangan tikus, kumbang sagu (Rhynchophorus ferrugineus), dan ulat api (Setora nitens) yang dapat menyebabkan kerusakan serius. Pemahaman terhadap jenis dan siklus hidup masing-masing hama menjadi langkah pertama dalam menentukan strategi pengendalian yang tepat.

Pengendalian secara biologis menjadi salah satu metode paling efektif dan ramah lingkungan dalam sistem IPM. Musuh alami seperti predator, parasitoid, dan patogen alami dapat digunakan untuk menekan populasi hama tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem. Contohnya, burung hantu (Tyto alba) sangat efektif dalam mengendalikan populasi tikus di perkebunan kelapa sawit. Satu ekor burung hantu dewasa mampu memangsa hingga empat ekor tikus setiap malam. Oleh karena itu, banyak perusahaan perkebunan membangun rumah burung hantu (RBO) di sekitar area tanam sebagai bagian dari sistem pengendalian alami. Keberadaan musuh alami ini juga menjadi indikator bahwa ekosistem perkebunan dikelola secara berkelanjutan.

Selain burung hantu, serangga parasitoid seperti Trichogramma spp. dan Brachymeria carinata digunakan untuk mengendalikan populasi ulat api dan ulat kantong. Serangga ini bertelur di dalam telur hama sehingga menghentikan siklus perkembangannya. Agen hayati lain yang banyak digunakan adalah jamur entomopatogen seperti Beauveria bassiana dan Metarhizium anisopliae,

yang mampu menginfeksi hama melalui kontak langsung dan menyebabkan kematian alami. Aplikasi agen hayati dilakukan dengan cara penyemprotan spora pada daun atau media tanam sesuai jenis hama yang ditargetkan. Pendekatan ini terbukti efektif sekaligus ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu kimia.

Pengendalian kultur teknis juga berperan penting dalam menjaga populasi hama tetap terkendali. Praktik kultur teknis mencakup kegiatan seperti sanitasi kebun, pengaturan jarak tanam, pemangkasan pelepah yang berlebihan, serta pengelolaan residu organik. Misalnya, pengangkatan pelepah tua dan tandan kosong yang menumpuk dapat mencegah perkembangan kumbang tanduk yang biasa bertelur di bahan organik membusuk. Selain itu, pembersihan gulma di sekitar batang tanaman membantu mengurangi habitat bagi hama tanah seperti siput dan rayap. Dengan perawatan kebun yang teratur, populasi hama dapat ditekan secara alami tanpa harus bergantung pada pestisida.

Pengendalian mekanis dilakukan dengan cara langsung menyingkirkan atau membunuh hama menggunakan peralatan sederhana. Pada fase pembibitan, hama seperti ulat atau belalang dapat dikumpulkan secara manual dan dimusnahkan. Kegiatan ini biasanya dilakukan pada pagi atau sore hari saat hama aktif bergerak. Pengendalian mekanis juga mencakup pemasangan perangkap feromon untuk menangkap kumbang sagu dan kumbang tanduk. Perangkap ini memanfaatkan senyawa kimia pengundang yang menarik hama jantan sehingga mengurangi keberhasilan perkembangbiakan. Meskipun sederhana, metode ini sangat efektif jika dilakukan secara teratur dan melibatkan tenaga kerja terlatih.

Pengendalian kimia masih digunakan dalam kondisi tertentu, terutama ketika populasi hama telah melebihi ambang ekonomi. Namun, penggunaan pestisida harus dilakukan secara bijak dan selektif. Jenis pestisida yang dipilih sebaiknya berspektrum sempit dan tidak membunuh musuh alami. Penyemprotan dilakukan dengan dosis sesuai anjuran dan disertai alat pelindung diri bagi pekerja. Rotasi bahan aktif juga penting untuk mencegah resistensi hama terhadap zat kimia. Selain itu, pencatatan penggunaan pestisida wajib dilakukan untuk keperluan audit dan pengawasan sertifikasi. Dengan prinsip kehati-hatian ini, pengendalian kimia tetap menjadi bagian terkendali dari sistem IPM.

Penyakit tanaman kelapa sawit juga menjadi ancaman serius yang dapat menurunkan produktivitas dan umur ekonomis kebun. Penyakit yang umum dijumpai antara lain busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur Ganoderma boninense, busuk pucuk (Erwinia sp.), bercak daun (Curvularia sp.), serta antraknosa yang disebabkan oleh Colletotrichum gloeosporioides.

Penyakitpenyakit ini dapat menyerang pada berbagai fase pertumbuhan, mulai dari bibit hingga tanaman dewasa. Deteksi dini dan pencegahan merupakan strategi terbaik, karena pengobatan terhadap tanaman yang sudah terinfeksi sering kali sulit dan mahal. Oleh karena itu, monitoring kesehatan tanaman harus dilakukan secara rutin.

Jamur Ganoderma boninense merupakan patogen paling berbahaya pada kelapa sawit karena dapat menyebabkan kematian pohon secara permanen. Penyakit ini menular melalui kontak akar dan sisa tunggul pohon yang terinfeksi. Gejalanya ditandai dengan layunya daun bagian bawah, pelepah menguning, dan munculnya tubuh buah jamur di pangkal batang. Pengendalian Ganoderma dilakukan dengan pendekatan terpadu, yaitu sanitasi lahan, pemakaian bibit toleran, dan aplikasi agen hayati seperti Trichoderma spp.. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Trichoderma harzianum pada lubang tanam dapat menurunkan intensitas serangan hingga 40%. Upaya ini perlu dikombinasikan dengan pengawasan rutin untuk mencegah penyebaran patogen ke area sehat.

Penyakit busuk pucuk yang disebabkan oleh bakteri Erwinia sp. biasanya menyerang tanaman muda di lapangan atau bibit di main nursery. Penyakit ini berkembang cepat pada kondisi lembap dan aerasi buruk. Tanda serangan awal berupa daun muda yang layu dan berbau busuk. Pengendalian dilakukan dengan memperbaiki drainase, menghindari luka pada batang muda, serta penyemprotan bakterisida berbahan tembaga. Pencegahan jauh lebih efektif dibanding pengobatan karena infeksi yang sudah parah sulit disembuhkan. Oleh sebab itu, kebersihan lingkungan dan pemeliharaan kebun menjadi langkah utama dalam menekan perkembangan penyakit ini.

Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh jamur Curvularia sp., Helminthosporium sp., dan Drechslera sp. kerap ditemukan pada fase pembibitan dan tanaman muda. Serangan penyakit ini menyebabkan munculnya bercak berwarna cokelat kehitaman di permukaan daun yang lama-kelamaan melebar dan menyebabkan jaringan daun mengering. Bila tidak dikendalikan, fotosintesis tanaman akan terganggu dan pertumbuhan bibit menjadi terhambat. Pengendalian dapat dilakukan dengan menjaga sirkulasi udara antarpolybag, menghindari penyiraman berlebihan, serta melakukan penyemprotan fungisida kontak berbahan mankozeb atau klorotalonil secara selektif. Pencegahan juga dapat dilakukan dengan mensterilisasi alat pertanian dan menghindari pemakaian air tergenang untuk penyiraman.

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur Colletotrichum gloeosporioides biasanya muncul pada kondisi kelembapan tinggi. Penyakit ini menyerang daun muda dan tandan bunga betina, menyebabkan bunga gugur sebelum terbentuk buah. Gejalanya berupa bercak bulat

kehitaman dengan tepi berwarna kuning pucat. Pengendalian dilakukan dengan memangkas dan membakar bagian tanaman yang terinfeksi agar tidak menjadi sumber inokulum. Penyemprotan fungisida sistemik berbahan aktif difenokonazol atau tebukonazol dapat diterapkan bila serangan sudah menyebar luas. Namun, pengendalian hayati menggunakan jamur antagonis Trichoderma spp. dan bakteri Pseudomonas fluorescens kini menjadi pilihan utama karena lebih ramah lingkungan dan mampu menekan perkembangan patogen secara alami.

Selain penyakit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri, serangan oleh nematoda parasit seperti Radopholus similis dan Pratylenchus coffeae juga dapat mengganggu pertumbuhan akar kelapa sawit. Nematoda ini merusak jaringan akar sehingga penyerapan air dan nutrisi terganggu. Gejala yang tampak di atas permukaan tanah adalah daun menguning dan pertumbuhan terhambat. Pengendalian dilakukan dengan rotasi tanaman penutup tanah yang bukan inang nematoda, penggunaan bibit bebas nematoda, serta aplikasi bahan organik seperti pupuk kandang matang dan kompos yang mengandung mikroorganisme antagonis. Dalam kasus berat, penggunaan nematisida alami berbasis ekstrak tanaman seperti mimba (Azadirachta indica) juga efektif menekan populasi nematoda.

Teknologi biokontrol kini berkembang pesat dalam pengelolaan hama dan penyakit kelapa sawit. Pemanfaatan agen hayati seperti Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, dan Trichoderma harzianum telah terbukti efektif menekan populasi hama dan patogen. Selain itu, riset terbaru menunjukkan bahwa kombinasi antara agen hayati dan bahan organik fermentasi seperti bio-slurry atau pupuk hayati cair dapat memperkuat daya tahan tanaman terhadap infeksi. Biofungisida berbasis mikroba lokal menjadi alternatif pengganti fungisida kimia yang aman bagi manusia dan lingkungan. Dengan pengelolaan yang tepat, sistem biokontrol mampu menjaga kesehatan kebun tanpa ketergantungan tinggi pada bahan kimia sintetis.

Sistem monitoring dan deteksi dini juga menjadi bagian penting dalam pengendalian hama dan penyakit yang efektif. Pemasangan perangkap feromon, penandaan area rawan serangan, dan inspeksi rutin setiap blok kebun harus dilakukan oleh tim pengamatan khusus. Setiap hasil pengamatan dicatat dalam buku log harian atau sistem digital untuk memudahkan analisis tren populasi hama. Penggunaan drone dan sensor citra multispektral kini mulai diterapkan di beberapa perkebunan besar untuk mendeteksi area stres tanaman akibat serangan hama atau penyakit. Dengan sistem ini, pengendalian dapat dilakukan secara presisi hanya pada area yang membutuhkan tindakan, sehingga efisiensi biaya dan efektivitas pengendalian meningkat secara signifikan.

Integrasi teknologi digital dalam pengendalian hama dan penyakit dikenal dengan istilah Smart Plantation Management. Melalui perangkat lunak berbasis GIS (Geographic Information System), manajer kebun dapat memantau kondisi tanaman secara real time. Data dari sensor kelembapan tanah, suhu, curah hujan, dan citra udara diolah untuk memprediksi potensi munculnya hama. Model prediktif ini membantu petani mengambil tindakan preventif sebelum terjadi ledakan populasi. Dengan demikian, pendekatan digital tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mendukung prinsip early warning system yang menjadi kunci dalam pengelolaan perkebunan modern berbasis keberlanjutan.

Dalam pengendalian hama, salah satu tantangan besar adalah munculnya resistensi terhadap pestisida kimia. Resistensi terjadi akibat penggunaan bahan aktif yang sama secara terus-menerus tanpa rotasi atau pengawasan dosis. Untuk mengatasinya, diperlukan strategi rotasi pestisida dengan mekanisme kerja berbeda, serta penggunaan pestisida berbasis biologi. Selain itu, pengendalian harus dilakukan secara kolektif antarblok dan antarperkebunan yang berdekatan, karena hama tidak mengenal batas administrasi lahan. Koordinasi lintas perusahaan, terutama dalam kasus serangan hama regional seperti ulat kantong dan kumbang tanduk, menjadi langkah penting agar pengendalian lebih efektif dan menyeluruh.

Selain resistensi, dampak lingkungan dari penggunaan pestisida berlebihan juga menjadi perhatian global. Residu kimia dapat mencemari air dan tanah, membahayakan organisme bukan target, termasuk manusia. Oleh karena itu, kebijakan pemerintah melalui sertifikasi ISPO dan RSPO mewajibkan penerapan prinsip Good Agricultural Practices (GAP) dan Integrated Pest Management. Petani dan pekerja harus dilatih dalam pemakaian pestisida yang aman, termasuk prosedur penyimpanan, kalibrasi alat semprot, serta pengelolaan limbah kemasan. Pelatihan rutin ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan teknis tetapi juga membangun kesadaran tentang pentingnya praktik perkebunan yang bertanggung jawab.

Dalam konteks sosial-ekonomi, pengendalian hama dan penyakit juga berkaitan dengan kesejahteraan petani kecil (smallholders). Banyak kebun rakyat menghadapi kesulitan dalam memperoleh pestisida berkualitas dan agen hayati yang teruji. Untuk itu, diperlukan dukungan dari lembaga penelitian, pemerintah daerah, dan perusahaan inti dalam bentuk pelatihan, distribusi bahan pengendali, serta penyediaan sarana monitoring. Program kemitraan seperti Farmer Field School terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan petani dalam mengenali gejala serangan dan menentukan langkah pengendalian yang tepat. Pendekatan partisipatif ini memperkuat kapasitas masyarakat dalam menjaga produktivitas dan keberlanjutan kebun.

Sistem rotasi tanaman dan pengelolaan penutup tanah juga termasuk strategi tidak langsung dalam menekan hama dan penyakit. Penanaman cover crop seperti Mucuna bracteata atau Centrosema pubescens dapat memperbaiki kesuburan tanah sekaligus mengurangi populasi gulma dan serangga pengganggu. Tanaman penutup juga membantu menjaga kelembapan tanah, menekan erosi, dan menciptakan habitat alami bagi musuh alami hama. Dengan demikian, fungsi ekologis kebun dapat dipertahankan dalam keseimbangan yang dinamis. Kombinasi antara pengelolaan vegetasi dan rotasi lahan menciptakan ekosistem yang lebih tahan terhadap gangguan biologis.

Kegiatan pengawasan kesehatan tanaman atau plant health surveillance sebaiknya dilakukan secara berjenjang mulai dari mandor hingga manajer kebun. Setiap unit kerja wajib memiliki jadwal pemeriksaan rutin dan formulir pelaporan standar. Informasi yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menentukan status kebun, apakah berada pada kondisi aman, waspada, atau bahaya. Sistem pelaporan ini membantu manajemen dalam pengambilan keputusan cepat. Di beberapa perkebunan, sistem digital berbasis aplikasi telah menggantikan laporan manual sehingga proses analisis menjadi lebih cepat dan akurat. Langkah ini menandai pergeseran paradigma dari pengendalian reaktif menjadi pengendalian preventif berbasis data.

Selain pengendalian langsung terhadap hama dan penyakit, pengelolaan kesuburan tanah dan keseimbangan nutrisi tanaman juga memegang peranan penting. Tanaman yang kekurangan unsur hara cenderung lebih rentan terhadap serangan patogen. Misalnya, kekurangan kalium dapat memperlemah jaringan daun, sementara defisiensi fosfor dapat menghambat pertumbuhan akar sehingga meningkatkan risiko infeksi akar. Oleh karena itu, pemupukan berimbang sesuai hasil analisis tanah dan daun menjadi bagian tak terpisahkan dari sistem pengendalian hama terpadu. Tanaman yang sehat secara fisiologis akan memiliki ketahanan alami lebih baik terhadap serangan organisme pengganggu.

Dalam pengendalian penyakit jamur, prinsip higienitas alat pertanian harus ditegakkan secara disiplin. Setiap alat yang digunakan untuk memotong pelepah, melakukan okulasi, atau mengambil sampel tanah harus disterilisasi sebelum dan sesudah digunakan. Alat yang terkontaminasi dapat menjadi media penyebaran spora patogen antarblok kebun. Prosedur sederhana seperti pencelupan alat ke dalam larutan alkohol 70% atau sodium hipoklorit mampu mengurangi risiko penularan. Penerapan protokol biosekuriti ini merupakan langkah kecil namun berdampak besar dalam menjaga kebersihan dan kesehatan kebun secara keseluruhan.

Dalam sistem perkebunan modern, laboratorium diagnostik menjadi fasilitas penting untuk identifikasi patogen secara akurat. Melalui analisis mikroskopis dan uji PCR, penyebab penyakit

dapat diketahui dengan pasti dalam waktu singkat. Dengan diagnosis yang tepat, pengendalian dapat dilakukan secara spesifik dan efisien. Beberapa perusahaan besar bahkan telah membangun laboratorium mikrobiologi di kawasan perkebunan untuk mendukung pengawasan rutin. Inovasi ini mempercepat respons terhadap serangan hama dan penyakit, sekaligus meningkatkan kapasitas penelitian lapangan untuk pengembangan teknologi baru.

Pendekatan ekologi lanskap juga penting dalam mengendalikan penyebaran hama di skala luas. Hama seperti ulat api dan kumbang sagu sering berpindah dari satu blok ke blok lain mengikuti arah angin dan ketersediaan makanan. Dengan menanam vegetasi penahan angin atau membangun zona penyangga (buffer zone), penyebaran ini dapat ditekan. Selain itu, konservasi area berhutan di sekitar kebun berperan sebagai habitat bagi predator alami. Keseimbangan antara area produksi dan area konservasi menjamin stabilitas ekosistem perkebunan dalam jangka panjang.

Kebijakan pengendalian hama dan penyakit di tingkat perusahaan harus dituangkan dalam dokumen Standard Operating Procedure (SOP) yang terstruktur. SOP mencakup identifikasi, ambang ekonomi, metode pengendalian, serta prosedur keselamatan kerja. Dengan adanya standar ini, setiap tindakan pengendalian dapat dilakukan secara seragam dan terdokumentasi. Pengawasan dari tim audit internal memastikan pelaksanaan di lapangan sesuai pedoman. Selain meningkatkan efisiensi, keberadaan SOP juga menjadi bukti kepatuhan terhadap standar sertifikasi internasional.

Dalam konteks globalisasi industri sawit, transparansi dan keberlanjutan menjadi isu utama yang tak terpisahkan dari sistem pengendalian hama. Perusahaan dituntut tidak hanya menjaga produktivitas, tetapi juga menunjukkan komitmen terhadap praktik ramah lingkungan. Penggunaan bahan kimia berbahaya secara bertanggung jawab, pengelolaan limbah pestisida, serta pelestarian keanekaragaman hayati menjadi indikator penting dalam penilaian keberlanjutan. Oleh karena itu, strategi pengendalian hama dan penyakit kini harus dipandang bukan sekadar aspek teknis, melainkan bagian dari sistem manajemen lingkungan dan sosial perusahaan secara utuh.

Pengembangan sumber daya manusia menjadi pilar utama dalam keberhasilan sistem pengendalian hama dan penyakit. Pekerja lapangan, mandor, dan asisten kebun harus dibekali dengan pelatihan berkala tentang identifikasi hama, penggunaan alat semprot, dan penerapan prinsip IPM. Pelatihan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga membentuk sikap peduli terhadap kelestarian lingkungan. Dengan sumber daya manusia yang kompeten, seluruh sistem pengendalian dapat berjalan efektif, efisien, dan berkesinambungan.

Akhirnya, pengendalian hama dan penyakit bukanlah upaya sesaat, melainkan proses berkelanjutan yang menuntut disiplin, pengetahuan, dan komitmen tinggi. Setiap unsur, mulai dari petani hingga manajer kebun, memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tanaman. Kunci keberhasilan terletak pada integrasi antara teknologi modern, praktik tradisional yang bijak, dan pendekatan ekologi yang seimbang. Dengan penerapan sistem pengendalian terpadu yang konsisten, industri kelapa sawit Indonesia akan mampu menjaga produktivitas tinggi tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

2.7 Tata letak pola tanam

Tata letak dan pola tanam merupakan tahap krusial dalam perencanaan perkebunan kelapa sawit yang menentukan efisiensi produksi dan keberlanjutan jangka panjang. Perancangan pola tanam tidak hanya berkaitan dengan jarak antar pohon, tetapi juga mencakup orientasi barisan terhadap arah matahari, kontur lahan, sistem drainase, serta akses transportasi internal kebun. Tata letak yang baik memungkinkan tanaman mendapatkan sinar matahari optimal, mempermudah pemeliharaan, dan mendukung pengelolaan panen secara efisien. Dalam praktik modern, rancangan pola tanam disusun berdasarkan hasil survei topografi dan pemetaan menggunakan teknologi Geographic Information System (GIS) untuk memastikan presisi yang tinggi.

Prinsip dasar dalam penataan kebun kelapa sawit adalah keseimbangan antara produktivitas dan konservasi. Setiap hektare lahan harus dirancang sedemikian rupa agar menghasilkan produksi optimal tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem sekitarnya. Faktor seperti kemiringan lahan, ketinggian dari permukaan laut, dan jenis tanah menjadi parameter utama dalam menentukan arah barisan tanam. Pada lahan datar, barisan tanaman biasanya diorientasikan dari utara ke selatan agar setiap pohon memperoleh pencahayaan merata sepanjang hari. Sedangkan pada lahan bergelombang, barisan disesuaikan mengikuti kontur tanah untuk mencegah erosi dan menjaga kestabilan struktur tanah.

Penentuan jarak tanam merupakan aspek teknis utama dalam perancangan tata letak. Jarak tanam yang umum digunakan di perkebunan modern adalah 9 meter × 9 meter dalam pola segitiga sama sisi atau dikenal sebagai pola triangular system. Pola ini menghasilkan kerapatan sekitar 143 pohon per hektare dan memberikan ruang yang cukup untuk perkembangan tajuk serta sistem akar. Keunggulan pola segitiga dibandingkan pola bujur sangkar adalah distribusi sinar matahari yang lebih merata dan efisiensi lahan yang lebih tinggi. Namun, jarak tanam bisa sedikit dimodifikasi tergantung pada kesuburan tanah dan varietas kelapa sawit yang digunakan.

Selain pola segitiga, beberapa perkebunan juga menerapkan pola double hedge row atau rectangular pattern dengan jarak tanam 9 meter × 7,8 meter. Pola ini memungkinkan penggunaan alat mekanis seperti harvester dan minitractor di antara barisan tanaman. Sistem ini sangat populer di perkebunan besar yang sudah menerapkan mekanisasi panen dan perawatan. Namun, penerapan pola ini memerlukan pengaturan drainase dan jalan panen yang presisi agar tidak terjadi genangan air pada barisan tertentu. Dalam praktiknya, pemilihan pola tanam harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi ruang, kemudahan perawatan, dan kondisi topografi setempat.

Penentuan titik tanam di lapangan biasanya dilakukan dengan sistem patok atau ajir yang diatur berdasarkan peta rancangan. Pemasangan ajir dilakukan menggunakan tali ukur dan teodolit agar posisi tanaman presisi sesuai desain. Setiap ajir menandai lokasi di mana lubang tanam akan dibuat, sehingga keteraturan jarak dan arah barisan terjaga. Pada lahan luas, ajir biasanya diberi kode blok dan nomor urut untuk memudahkan pencatatan dan pengawasan. Kesalahan kecil dalam penempatan ajir dapat berdampak besar terhadap keteraturan kebun, karena akan memengaruhi jalur panen, jalan inspeksi, dan efisiensi pemeliharaan jangka panjang.

Pada lahan bergelombang, tata letak pola tanam disesuaikan dengan kontur permukaan tanah melalui sistem contour planting. Prinsip utama metode ini adalah menanam sejajar dengan garis kontur untuk mengurangi laju aliran air permukaan dan mencegah erosi. Di antara barisan tanaman dibuat teras atau jalur konservasi air yang berfungsi menahan endapan tanah. Sistem ini sangat penting diterapkan di daerah perbukitan seperti Sumatra Barat, Kalimantan Tengah, dan Sulawesi yang memiliki topografi curam. Selain melindungi tanah, pola tanam kontur juga meningkatkan ketersediaan air di sekitar akar tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan yang lebih stabil.

Untuk lahan dengan kemiringan lebih dari 15%, penerapan sistem terrace planting atau teras bangku menjadi keharusan. Pembuatan teras dilakukan secara mekanis menggunakan bulldozer dengan lebar antara 3 hingga 4 meter tergantung kondisi lereng. Setiap teras dilengkapi dengan saluran drainase di bagian dalam untuk mengalirkan air hujan berlebih. Penanaman dilakukan pada bagian tengah teras agar tanaman memiliki ruang cukup bagi perkembangan akar dan tidak mudah roboh. Meskipun biaya awal pembuatan teras cukup tinggi, manfaatnya dalam jangka panjang sangat besar karena mencegah kehilangan tanah subur akibat erosi dan longsor.

Drainase merupakan komponen penting dalam tata letak pola tanam yang sering kali diabaikan. Kelapa sawit membutuhkan kondisi tanah yang lembap namun tidak tergenang. Oleh karena itu, sistem drainase harus dirancang seimbang agar mampu mengalirkan air berlebih tanpa mengeringkan tanah secara berlebihan. Di lahan gambut, dibangun parit utama (main drain), parit

sekunder, dan parit tersier dengan kemiringan tertentu. Parit utama mengalirkan air ke sungai atau kanal besar, sedangkan parit sekunder menghubungkan antarblok. Sistem ini dikendalikan melalui pintu air agar tinggi muka air tanah dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman. Pengelolaan drainase yang tepat menjamin pertumbuhan akar yang sehat dan mencegah penyakit akar akibat genangan.

Jalan kebun juga menjadi bagian integral dalam tata letak lahan. Jalan utama berfungsi sebagai akses transportasi tandan buah segar (TBS) dari blok ke tempat pengumpulan hasil, sementara jalan koleksi dan inspeksi digunakan untuk perawatan. Lebar jalan disesuaikan dengan jenis kendaraan yang digunakan. Di perkebunan modern, jalan utama biasanya memiliki lebar 6–8 meter dengan permukaan diperkeras menggunakan batu padas atau koral. Jalur inspeksi dibuat lebih sempit sekitar 3 meter untuk dilalui sepeda motor atau kendaraan ringan. Tata letak jalan harus disusun sedemikian rupa agar dapat menghubungkan setiap blok kebun secara efisien tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman.

Selain jalan, lokasi fasilitas pendukung seperti rumah pompa, gudang pupuk, dan tempat istirahat pekerja juga harus diperhitungkan dalam desain tata letak. Fasilitas tersebut idealnya ditempatkan di area yang mudah dijangkau dan aman dari risiko banjir. Gudang pupuk, misalnya, harus berada di lokasi kering dan memiliki ventilasi cukup untuk menjaga kualitas bahan. Rumah pompa air ditempatkan di titik terendah dekat sumber air agar efisiensi pengaliran optimal. Penempatan yang terencana dengan baik meminimalkan waktu transportasi dan mendukung kelancaran kegiatan operasional kebun sehari-hari.

Pola tanam juga berkaitan erat dengan sistem blok kebun yang menjadi dasar manajemen operasional. Setiap blok biasanya berukuran antara 25 hingga 30 hektare, tergantung pada kondisi topografi dan infrastruktur. Blok dibatasi oleh jalan atau parit yang jelas agar mudah dikenali di lapangan. Setiap blok memiliki nomor identitas unik dan data tanaman seperti tahun tanam, klon benih, serta kondisi kesuburan tanah. Pembagian ini memudahkan kegiatan pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Dengan sistem blok yang tertata baik, efisiensi tenaga kerja meningkat karena kegiatan dapat diatur secara terencana dan terukur.

Pada lahan gambut, tata letak pola tanam memiliki tantangan tersendiri. Permukaan tanah gambut yang lembek memerlukan sistem penataan khusus untuk mencegah penurunan permukaan dan genangan air. Oleh karena itu, tanaman ditanam di atas gundukan atau mound dengan tinggi 50–70 cm untuk menjaga posisi akar tetap di atas muka air tanah. Parit kecil di antara gundukan berfungsi mengalirkan air berlebih dan menstabilkan kelembapan. Selain itu, penggunaan tanaman penutup tanah seperti Nephrolepis biserrata atau Calopogonium mucunoides dianjurkan

untuk memperkuat struktur permukaan gambut. Dengan manajemen ini, lahan gambut dapat diolah secara produktif tanpa merusak keseimbangannya.

Faktor orientasi matahari juga sangat menentukan dalam desain pola tanam. Barisan yang sejajar dengan arah utara–selatan memungkinkan penyinaran yang lebih merata ke seluruh tajuk tanaman. Penyinaran yang optimal meningkatkan proses fotosintesis dan produksi tandan buah segar. Sebaliknya, jika barisan terlalu condong ke arah timur–barat, sebagian tanaman akan ternaungi dan pertumbuhan menjadi tidak seragam. Oleh karena itu, orientasi barisan selalu diperhitungkan berdasarkan hasil pengukuran kompas dan citra satelit. Pengaturan ini juga membantu dalam penentuan jalur panen agar tidak berlawanan dengan arah sinar matahari, memudahkan pekerja saat memanen buah.

Pengaturan jarak antarblok kebun juga menjadi hal penting untuk mempertahankan efisiensi sirkulasi udara dan menghindari penyebaran penyakit. Jalur pembatas antarblok biasanya berupa jalan inspeksi selebar 3–4 meter atau parit kecil yang berfungsi ganda sebagai saluran drainase. Jalur ini juga digunakan untuk mobilitas pekerja dan transportasi pupuk. Beberapa perkebunan menanami batas blok dengan tanaman pelindung seperti bambu atau Gliricidia sepium untuk mengurangi hembusan angin kencang dan menjaga kelembapan mikroklimat. Dengan tata batas yang teratur, pembagian wilayah kerja menjadi jelas dan kegiatan lapangan lebih terkontrol.

Dalam tata letak kebun modern, faktor keselamatan kerja dan akses darurat juga menjadi pertimbangan utama. Jalur evakuasi dan titik kumpul harus dimasukkan ke dalam peta desain kebun, terutama di wilayah rawan banjir atau kebakaran. Setiap blok memiliki jalur keluar ganda yang dapat diakses kendaraan darurat. Papan penanda dan rambu arah dipasang di titik strategis agar mudah dikenali oleh pekerja maupun pengunjung. Upaya ini menunjukkan bahwa tata letak kebun bukan hanya soal efisiensi produksi, tetapi juga mencerminkan tanggung jawab manajemen terhadap keselamatan dan keamanan operasional.

Sistem irigasi tambahan kadang diperlukan di daerah yang memiliki curah hujan rendah atau musim kering panjang. Tata letak saluran irigasi harus terintegrasi dengan pola tanam agar distribusi air merata ke seluruh area. Saluran utama dialirkan dari sumber air seperti sungai atau waduk kecil menuju pipa distribusi sekunder. Setiap blok memiliki titik kontrol yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Penerapan teknologi irigasi tetes atau sprinkler modern mulai diperkenalkan di perkebunan besar untuk meningkatkan efisiensi air. Dengan desain irigasi yang baik, tanaman tidak mengalami stres air dan produktivitas dapat dipertahankan meskipun musim kering berlangsung lama.

Pola tanam juga berhubungan erat dengan strategi konservasi lingkungan. Dalam rancangan kebun berkelanjutan, area konservasi seperti sempadan sungai, daerah rawa, dan hutan kecil tetap dipertahankan sebagai zona penyangga. Zona ini tidak ditanami kelapa sawit, tetapi dibiarkan alami untuk melestarikan keanekaragaman hayati. Lebar zona penyangga minimal 50 meter di sisi sungai besar dan 20 meter di sisi sungai kecil sesuai ketentuan ISPO dan RSPO. Selain fungsi ekologis, keberadaan zona hijau ini membantu menjaga kualitas air dan mengurangi risiko erosi di tepi lahan. Prinsip tata ruang ekologis ini kini menjadi bagian tak terpisahkan dalam desain tata letak perkebunan modern.

Pola tanam ideal juga mempertimbangkan aspek pemanenan jangka panjang. Jalur panen harus cukup lebar agar buah dapat diangkut tanpa merusak tanaman di sekitarnya. Arah barisan tanaman diatur agar memudahkan pekerja saat memotong tandan buah segar dan menurunkan ke jalan koleksi. Pada lahan miring, jalur panen dibuat sejajar kontur untuk mencegah tergelincirnya buah. Dalam perkebunan mekanis, jarak antarbarisan disesuaikan dengan lebar mesin panen agar dapat melintas tanpa mengganggu tanaman. Semua perencanaan ini dilakukan sejak awal agar kegiatan panen dapat berjalan efisien dan berkesinambungan.

Pada skala besar, tata letak kebun juga memperhitungkan posisi Estate Office, Workshop, dan Collection Point (TPH). Ketiga elemen ini membentuk jaringan logistik yang memastikan kelancaran aliran bahan dan hasil panen. Kantor kebun biasanya ditempatkan di lokasi yang mudah diakses dari jalan utama dan memiliki pandangan langsung ke beberapa blok kerja. Workshop atau bengkel ditempatkan di dekat jalan produksi untuk memudahkan perawatan alat berat. Sementara TPH diletakkan di tengah blok agar jarak angkut buah dari tanaman ke tempat pengumpulan tidak melebihi 200 meter. Sistem ini memastikan waktu tempuh tandan buah segar ke pabrik tetap singkat sehingga kualitas minyak terjaga.

Tata letak kebun kelapa sawit yang baik juga harus memperhatikan sistem pengelolaan topografi kompleks. Di daerah berbukit atau bergelombang, variasi ketinggian lahan menyebabkan perbedaan kondisi drainase dan kelembapan tanah. Oleh karena itu, rancangan pola tanam dibuat berdasarkan pemetaan kontur dan elevasi menggunakan teknologi drone mapping dan LiDAR (Light Detection and Ranging). Data topografi tersebut digunakan untuk menentukan posisi teras, arah saluran air, dan penempatan barisan tanaman agar tidak terjadi genangan di lembah maupun kekeringan di puncak bukit. Dengan pendekatan ini, manajemen lahan menjadi lebih presisi dan risiko kerusakan tanah dapat diminimalkan.

Selain faktor topografi, kondisi tanah juga memengaruhi penentuan pola tanam. Tanah liat berat cenderung memiliki porositas rendah sehingga memerlukan jarak tanam lebih renggang untuk mengoptimalkan aerasi dan perkembangan akar. Sebaliknya, pada tanah berpasir dengan drainase baik, jarak tanam dapat sedikit lebih rapat karena risiko genangan kecil. Analisis laboratorium tanah dilakukan sebelum rancangan tata letak disusun untuk menentukan kandungan bahan organik, pH, dan kapasitas tukar kation (KTK). Berdasarkan hasil analisis tersebut, pola tanam disesuaikan agar produktivitas tanaman tidak terganggu oleh kondisi fisik tanah yang tidak seragam.

Pola tanam juga mempertimbangkan keberadaan pohon pelindung atau tanaman sela pada tahap awal pertumbuhan. Di beberapa kebun, tanaman legum penutup tanah seperti Pueraria javanica atau Centrosema pubescens ditanam di antara barisan kelapa sawit muda untuk menekan gulma dan menambah unsur nitrogen alami. Tanaman sela seperti pisang atau jagung dapat pula ditanam sementara untuk memanfaatkan ruang terbuka dan memberikan pendapatan tambahan. Namun, jarak dan pola tanam tanaman sela harus diatur sedemikian rupa agar tidak bersaing dengan kelapa sawit dalam hal cahaya dan nutrisi. Strategi ini meningkatkan efisiensi lahan dan mempercepat stabilisasi ekosistem kebun baru.

Aspek konservasi tanah dan air menjadi bagian penting dalam tata letak pola tanam modern. Setiap barisan tanaman harus memiliki jalur konservasi berupa parit kecil, silt pit, atau lubang resapan air di antara dua pohon untuk meningkatkan infiltrasi air hujan. Di lahan berlereng, dibuat contour bund (tanggul kontur) yang berfungsi memperlambat aliran air dan menahan partikel tanah. Penerapan sistem konservasi ini tidak hanya menjaga kesuburan tanah, tetapi juga mengurangi limpasan air yang dapat membawa sedimen ke sungai atau kanal utama. Kebijakan konservasi yang diterapkan sejak awal akan menjamin keberlanjutan produksi tanpa merusak lingkungan.

Dalam tata letak perkebunan modern, penggunaan teknologi digital kini semakin dominan. Desain pola tanam disusun menggunakan perangkat lunak seperti AutoCAD, ArcGIS, atau QGIS untuk menghasilkan peta kebun digital yang akurat. Setiap blok, jalan, parit, dan fasilitas dicatat dalam koordinat GPS sehingga mudah dimonitor dari sistem manajemen kebun terpusat. Dengan sistem ini, perubahan topografi, kehilangan tanaman, dan efisiensi jarak dapat dipantau secara real-time. Pendekatan ini dikenal sebagai precision plantation management dan mulai banyak diterapkan oleh perusahaan besar di Indonesia dan Malaysia untuk meningkatkan produktivitas sekaligus efisiensi biaya operasional.

Selain pemetaan digital, penerapan drone survey juga menjadi bagian dari manajemen tata letak modern. Drone digunakan untuk memantau keseragaman jarak tanam, mendeteksi area tergenang air, dan mengidentifikasi tanaman yang mati atau kurang tumbuh. Citra udara beresolusi tinggi yang dihasilkan membantu manajer kebun membuat keputusan cepat dalam perbaikan tata letak atau penggantian tanaman. Integrasi antara teknologi drone dan sistem informasi geografis (GIS) menciptakan basis data spasial yang kuat, memungkinkan perencanaan ulang tata letak dengan cepat bila terjadi kerusakan akibat banjir, longsor, atau serangan hama masif.

Tata letak juga harus memperhitungkan arah aliran angin dominan di wilayah perkebunan. Di daerah pesisir atau terbuka, angin kencang dapat menyebabkan daun patah atau tanaman roboh jika arah barisan tidak sejajar dengan arah angin. Oleh karena itu, barisan tanaman disusun sejajar arah angin utama agar gaya dorong angin tersebar merata. Selain itu, tanaman pelindung seperti Gliricidia sepium atau Casuarina equisetifolia sering ditanam di sisi luar blok sebagai penahan angin alami. Upaya ini melindungi tanaman muda dari kerusakan fisik dan membantu menjaga kelembapan mikro di sekitar kebun.

Salah satu prinsip penting dalam desain tata letak adalah minimum disturbance principle atau prinsip gangguan minimal terhadap ekosistem asli. Dalam penerapannya, area dengan vegetasi alami, habitat satwa liar, dan aliran sungai tidak boleh diganggu oleh pola tanam baru. Jalur penyangga vegetatif disisakan di sekitar sungai dan kawasan konservasi. Penentuan batas area konservasi dilakukan sebelum pola tanam utama diterapkan untuk menghindari pelanggaran terhadap standar sertifikasi seperti ISPO dan RSPO. Pendekatan ini menyeimbangkan antara kepentingan ekonomi dan tanggung jawab lingkungan, menciptakan kebun sawit yang produktif sekaligus berkelanjutan.

Konsistensi pola tanam juga penting untuk kemudahan manajemen jangka panjang. Pola tanam yang tidak seragam menyulitkan perencanaan pemupukan, panen, dan penyiangan karena setiap barisan memiliki jarak berbeda. Oleh karena itu, sejak tahap awal, desain pola tanam harus disesuaikan dengan ukuran alat kerja dan sistem panen yang akan digunakan. Dalam perkebunan yang telah mengadopsi mekanisasi penuh, barisan tanaman harus cukup lebar untuk memungkinkan alat panen otomatis melintas tanpa mengganggu tanaman. Standarisasi pola tanam menjadi faktor utama dalam menjaga efisiensi dan akurasi seluruh kegiatan kebun.

Penentuan arah tata letak juga memiliki pengaruh terhadap tingkat erosi dan kehilangan unsur hara. Barisan tanaman yang mengikuti arah lereng akan mempercepat aliran air hujan ke bawah dan membawa serta lapisan tanah subur. Sebaliknya, penanaman sejajar kontur akan menahan air

dan memperkaya kelembapan tanah. Oleh karena itu, survei topografi yang teliti wajib dilakukan sebelum menentukan arah tanam. Penerapan prinsip ini tidak hanya mempertahankan kesuburan tanah, tetapi juga mengurangi kebutuhan pupuk kimia karena unsur hara alami tetap tersedia di zona perakaran.

Selain faktor teknis, tata letak kebun juga memperhitungkan aspek estetika dan keamanan. Tata ruang yang tertata rapi dengan barisan tanaman lurus memberikan kesan profesional dan memudahkan pengawasan. Jalur inspeksi ditempatkan di titik strategis untuk memudahkan pengendalian hama dan pemantauan pertumbuhan tanaman. Di area perkebunan besar, zona perumahan pekerja dan fasilitas sosial juga diintegrasikan ke dalam desain tata ruang untuk mendukung kesejahteraan tenaga kerja. Desain yang memperhatikan kenyamanan dan keamanan ini menunjukkan bahwa tata letak kebun tidak hanya soal efisiensi, tetapi juga aspek sosial dan keseimbangan lingkungan kerja.

Pola tanam yang efisien juga memudahkan sistem pencatatan data kebun. Setiap barisan atau blok dapat diidentifikasi dengan kode GPS, sehingga data pertumbuhan, hasil panen, dan pemupukan dapat dimasukkan secara digital ke dalam sistem. Pendekatan ini disebut smart plantation management system. Dengan sistem ini, manajer kebun dapat memantau produktivitas setiap blok dan mengidentifikasi area yang membutuhkan intervensi khusus. Teknologi seperti Internet of Things (IoT) mulai diterapkan untuk memantau kelembapan tanah dan kondisi drainase secara otomatis, menjadikan tata letak kebun lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Dalam perkebunan yang berkelanjutan, tata letak pola tanam juga dirancang untuk memudahkan rotasi replanting atau peremajaan tanaman. Barisan yang teratur memudahkan pembuangan batang lama dan pengangkutan bahan tanam baru. Jalur akses sementara disiapkan agar kegiatan replanting tidak mengganggu blok produktif di sekitarnya. Dengan tata letak yang dirancang sejak awal untuk memfasilitasi peremajaan, proses regenerasi kebun dapat berjalan efisien tanpa mengurangi produktivitas jangka panjang. Pendekatan ini menjadi strategi penting bagi kebun yang telah beroperasi lebih dari 25 tahun.

Dalam konteks tata kelola modern, tata letak kebun yang baik juga menjadi alat kendali biaya produksi. Dengan pola tanam yang efisien, jarak tempuh transportasi buah, pupuk, dan alat berat menjadi lebih pendek, sehingga konsumsi bahan bakar berkurang signifikan. Selain itu, pemeliharaan drainase, jalan, dan fasilitas lainnya menjadi lebih mudah karena struktur ruang yang terencana. Efisiensi spasial ini memberikan dampak ekonomi besar bagi manajemen kebun

dan meningkatkan daya saing perusahaan di tingkat global. Tata letak yang baik bukan hanya peta teknis, tetapi juga strategi ekonomi yang menentukan profitabilitas jangka panjang.

Desain tata letak yang memperhitungkan keberlanjutan lingkungan kini menjadi standar wajib dalam sertifikasi internasional. Prinsip-prinsip High Conservation Value (HCV) dan High Carbon Stock (HCS) diterapkan dalam perencanaan pola tanam agar area dengan nilai ekologis tinggi tetap terlindungi.

Data biodiversitas dikumpulkan sebelum pembukaan lahan dan digunakan untuk menentukan batas area tanam. Sistem zonasi konservasi diterapkan agar kegiatan pertanian dan ekologi berjalan berdampingan. Dengan pendekatan ini, perkebunan kelapa sawit dapat beroperasi secara produktif tanpa merusak habitat alami dan kualitas ekosistem sekitar.

Pola tanam juga berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan pupuk dan pestisida. Dengan tata letak yang teratur, aplikasi bahan kimia dapat dilakukan lebih presisi dan merata. Penggunaan alat semprot mekanis atau traktor pupuk menjadi lebih mudah karena jalur antarbarisan seragam. Hal ini tidak hanya menghemat bahan, tetapi juga mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Di sisi lain, efisiensi pemupukan meningkatkan pertumbuhan tanaman yang seragam dan mempercepat waktu panen. Dengan demikian, desain tata letak yang baik berperan langsung dalam menjaga keseimbangan antara produktivitas dan keberlanjutan lingkungan.

Tata letak yang baik juga membantu dalam pengendalian penyakit menular antar tanaman. Dengan jarak antarbarisan yang ideal, sirkulasi udara meningkat dan kelembapan berlebih dapat dikurangi. Hal ini menekan perkembangan penyakit seperti busuk pangkal batang (Ganoderma boninense) yang menyukai kondisi lembap. Jalur antarblok yang terbuka memudahkan mobilisasi petugas sanitasi kebun untuk melakukan pengawasan dan pembersihan area terinfeksi. Dengan demikian, tata letak kebun bukan hanya faktor teknis, tetapi juga elemen penting dalam strategi pengendalian penyakit secara terpadu.

Ke depan, pengembangan tata letak kebun kelapa sawit akan semakin terintegrasi dengan konsep smart agriculture. Sensor tanah, sistem drone, dan analisis citra satelit akan digunakan secara rutin untuk memperbarui peta produktivitas dan pola pertumbuhan tanaman. Tata letak tidak lagi statis, melainkan dinamis dan dapat dioptimalkan secara berkelanjutan sesuai kondisi lapangan. Kebun-kebun besar mulai bertransformasi menjadi data-driven plantation, di mana setiap keputusan penataan ulang berdasarkan data ilmiah dan teknologi presisi.

Dengan demikian, tata letak pola tanam tidak hanya menjadi dasar produksi, tetapi juga fondasi transformasi digital perkebunan modern.

Pada akhirnya, tata letak pola tanam mencerminkan filosofi manajemen kebun yang terencana, efisien, dan berwawasan lingkungan. Setiap titik tanam, jalur air, jalan, dan blok merupakan hasil kompromi antara kebutuhan ekonomi, teknis, dan ekologis. Dengan tata letak yang dirancang matang, perkebunan kelapa sawit dapat beroperasi dengan produktivitas tinggi, biaya rendah, serta dampak lingkungan minimal. Pola tanam yang ideal bukan hanya menghasilkan panen melimpah, tetapi juga menjadi simbol profesionalisme dan tanggung jawab sosial dalam pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan

2.8 Lubang Tanam Dan Ajir

2.8.1 Lubang Tanam

Agroteknologi kelapa sawit berkembang pesat seiring meningkatnya peran komoditas ini sebagai penghasil minyak nabati utama dunia. Namun, di balik kemajuan tersebut, masih terdapat berbagai "lubang" atau kesenjangan yang mencerminkan ketidakseimbangan antara potensi teknologi yang tersedia dengan penerapannya di lapangan. Lubang-lubang ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berkaitan dengan aspek ekologis, sosial, dan kelembagaan yang saling berkelindan. Salah satu kesenjangan paling nyata adalah perbedaan yang signifikan antara potensi hasil tanaman kelapa sawit secara genetik dengan produktivitas aktual di kebun, khususnya pada perkebunan rakyat. Banyak penelitian menunjukkan bahwa varietas unggul kelapa sawit secara teoritis mampu menghasilkan lebih dari 30 ton tandan buah segar per hektare per tahun, namun di tingkat petani kecil produktivitas sering kali hanya mencapai separuhnya. Hal ini menunjukkan bahwa agroteknologi yang ada belum sepenuhnya diadopsi atau belum sesuai dengan kondisi spesifik lahan dan sumber daya petani.

Kesenjangan tersebut sangat berkaitan dengan praktik pengelolaan tanah dan pemupukan. Dalam banyak kasus, pemupukan kelapa sawit masih dilakukan secara umum tanpa mempertimbangkan kebutuhan spesifik tanah dan tanaman. Padahal, sebagian besar perkebunan sawit di Indonesia berada pada lahan marginal seperti ultisol, oxisol, dan tanah gambut yang memiliki keterbatasan kesuburan alami. Penggunaan pupuk kimia secara terusmenerus tanpa diimbangi bahan organik menyebabkan degradasi kualitas tanah, penurunan kandungan bahan organik, serta melemahnya aktivitas biologi tanah. Kondisi ini menciptakan lubang dalam agroteknologi sawit karena pendekatan pemupukan modern seharusnya tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil jangka pendek, tetapi juga pada keberlanjutan kesuburan tanah dalam jangka panjang. Minimnya penerapan manajemen hara spesifik lokasi dan teknologi pemupukan presisi memperbesar risiko inefisiensi pupuk dan pencemaran lingkungan.

Selain aspek tanah dan hara, lubang besar dalam agroteknologi sawit juga terlihat pada pengendalian hama dan penyakit. Hingga saat ini, banyak perkebunan masih bergantung pada pestisida kimia sebagai solusi utama, sementara pendekatan pengendalian hama terpadu belum diterapkan secara optimal. Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh Ganoderma boninense merupakan contoh nyata keterbatasan teknologi pengendalian penyakit pada kelapa sawit. Penyakit ini bersifat mematikan, sulit dideteksi pada tahap awal, dan belum memiliki metode pengendalian yang benar-benar efektif di skala lapangan. Meskipun berbagai penelitian

telah dilakukan terkait agen hayati, varietas toleran, dan teknik sanitasi, penerapannya masih terbatas dan hasilnya belum konsisten. Kondisi ini menunjukkan adanya jurang antara hasil penelitian dengan praktik agronomi di lapangan.

Perubahan iklim juga memperlebar lubang dalam agroteknologi kelapa sawit. Pola curah hujan yang semakin tidak menentu, meningkatnya frekuensi kekeringan dan banjir, serta kenaikan suhu udara berdampak langsung pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kelapa sawit sangat sensitif terhadap stres air, baik kekurangan maupun kelebihan. Namun demikian, hingga kini pengembangan varietas kelapa sawit yang toleran terhadap stres abiotik masih sangat terbatas. Sistem budidaya juga belum sepenuhnya dirancang untuk menghadapi variabilitas iklim, misalnya melalui teknologi konservasi air, pengelolaan drainase adaptif, atau sistem peringatan dini berbasis data iklim. Hal ini menandakan bahwa agroteknologi sawit masih bersifat reaktif, belum proaktif dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim.

Lubang lainnya terlihat pada aspek mekanisasi dan digitalisasi pertanian. Walaupun teknologi pertanian modern seperti penggunaan drone, sensor tanah, sistem informasi geografis, dan kecerdasan buatan telah berkembang pesat, penerapannya dalam perkebunan sawit, khususnya pada skala kecil, masih sangat terbatas. Kegiatan panen dan pemeliharaan tanaman sebagian besar masih mengandalkan tenaga kerja manual yang padat karya dan memiliki risiko ergonomi tinggi. Rendahnya adopsi teknologi ini disebabkan oleh keterbatasan modal, kurangnya keterampilan teknis, serta belum tersedianya teknologi yang benar-benar sesuai dengan kondisi sosial dan ekonomi petani sawit rakyat. Akibatnya, efisiensi usaha tani menjadi rendah dan potensi peningkatan produktivitas melalui inovasi teknologi belum termanfaatkan secara optimal.

Aspek pengelolaan limbah dan sirkularitas juga mencerminkan lubang dalam agroteknologi sawit. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah dalam jumlah besar, seperti tandan kosong, limbah cair pabrik kelapa sawit, dan abu boiler, yang sebenarnya memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi atau bahan pembenah tanah. Namun, pemanfaatan limbah ini masih terbatas dan sering kali tidak terintegrasi dengan sistem budidaya di kebun. Padahal, konsep pertanian berkelanjutan menuntut adanya siklus tertutup yang meminimalkan limbah dan memaksimalkan efisiensi sumber daya. Keterbatasan teknologi, regulasi, dan investasi menjadi faktor utama yang menyebabkan potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal.

Selain aspek teknis budidaya yang telah dibahas, lubang dalam agroteknologi kelapa sawit juga sangat nyata pada tahap peremajaan tanaman atau replanting. Banyak perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah memasuki umur tua dengan produktivitas yang menurun drastis, namun proses

replanting berjalan lambat. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan teknologi yang mampu menjamin keberlanjutan pendapatan petani selama masa tanaman belum menghasilkan. Secara teknis, metode replanting yang tersedia masih memiliki kelemahan, baik dari sisi biaya, risiko serangan hama dan penyakit, maupun degradasi tanah pasca pembongkaran tanaman tua. Kurangnya pengembangan teknologi replanting yang efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan di lapangan dengan solusi teknologi yang tersedia. Padahal, keberhasilan replanting menjadi faktor kunci dalam menjaga produktivitas jangka panjang sektor kelapa sawit nasional.

Lubang lain yang tidak kalah penting terletak pada keterbatasan pengembangan varietas unggul yang adaptif terhadap kondisi lokal. Selama ini, pengembangan varietas kelapa sawit lebih banyak berfokus pada peningkatan potensi hasil dan rendemen minyak, sementara karakter adaptif terhadap cekaman lingkungan, seperti kekeringan, genangan, dan kemasaman tanah, belum menjadi prioritas utama. Akibatnya, varietas yang ditanam sering kali tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi agroekologi setempat. Kondisi ini memperbesar risiko kegagalan produksi, terutama pada lahan marginal. Kesenjangan antara kebutuhan varietas adaptif dengan ketersediaan bahan tanam unggul mencerminkan lubang dalam agroteknologi pemuliaan kelapa sawit yang masih perlu diperkuat melalui riset jangka panjang.

Permasalahan lain yang memperdalam lubang dalam agroteknologi sawit adalah keterbatasan integrasi antara sistem budidaya dengan aspek konservasi lingkungan. Perkebunan kelapa sawit sering dikaitkan dengan isu degradasi lingkungan, seperti hilangnya keanekaragaman hayati, penurunan kualitas air, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Secara teknologi, pendekatan agroekologi yang mampu menyeimbangkan produktivitas dengan konservasi masih belum diterapkan secara luas. Praktik seperti penanaman tanaman penutup tanah, pemanfaatan vegetasi penyangga di sekitar sungai, serta pengelolaan lanskap berbasis ekosistem masih dianggap sebagai tambahan, bukan bagian inti dari sistem agroteknologi sawit. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi budidaya sawit belum sepenuhnya bertransformasi dari sistem produksi konvensional menuju sistem yang berbasis keberlanjutan ekologis.

Kesenjangan juga terlihat pada pemanfaatan data dan informasi dalam pengambilan keputusan agronomi. Dalam agroteknologi modern, keputusan pemupukan, irigasi, dan pengendalian hama idealnya berbasis data yang akurat dan terkini. Namun, pada banyak perkebunan sawit, terutama skala kecil, keputusan agronomi masih didasarkan pada pengalaman turun-temurun atau rekomendasi umum yang belum tentu sesuai dengan kondisi aktual tanaman dan lahan. Rendahnya

literasi teknologi dan terbatasnya akses terhadap sistem informasi pertanian menyebabkan potensi teknologi berbasis data belum termanfaatkan. Kondisi ini menciptakan lubang besar dalam penerapan konsep pertanian presisi pada komoditas kelapa sawit.

Aspek sosial dan kelembagaan juga berkontribusi terhadap munculnya lubang dalam agroteknologi sawit. Teknologi yang baik tidak akan efektif tanpa dukungan kelembagaan yang kuat dan sistem penyuluhan yang memadai. Banyak petani sawit rakyat menghadapi keterbatasan akses terhadap pelatihan, pembiayaan, dan pendampingan teknis. Akibatnya, inovasi teknologi sering kali hanya berhenti pada tingkat penelitian atau perkebunan besar, tanpa benar-benar diadopsi oleh petani kecil. Kesenjangan ini memperlihatkan bahwa agroteknologi sawit tidak dapat dipisahkan dari konteks sosial-ekonomi masyarakat yang mengelolanya. Tanpa pendekatan partisipatif dan penguatan kelembagaan petani, berbagai inovasi teknologi akan sulit diimplementasikan secara luas.

Lebih jauh lagi, lubang dalam agroteknologi sawit juga berkaitan dengan kurangnya sinergi antara penelitian, kebijakan, dan praktik lapangan. Hasil-hasil penelitian sering kali tidak sepenuhnya terhubung dengan kebutuhan nyata di kebun karena keterbatasan mekanisme diseminasi teknologi. Di sisi lain, kebijakan yang ada belum selalu berbasis pada bukti ilmiah terkini, sehingga kurang mendorong adopsi teknologi berkelanjutan. Ketidaksinkronan ini menyebabkan inovasi berjalan lambat dan tidak optimal dalam menjawab tantangan produksi dan lingkungan yang semakin kompleks.

Dalam konteks pembangunan pertanian berkelanjutan, lubang dalam agroteknologi kelapa sawit juga terlihat dari belum optimalnya integrasi antara sistem produksi dan prinsip keberlanjutan jangka panjang. Selama beberapa dekade, pengembangan teknologi sawit lebih berorientasi pada peningkatan hasil dan efisiensi ekonomi, sementara dimensi ekologis dan sosial sering kali diposisikan sebagai faktor sekunder. Pendekatan ini menghasilkan sistem budidaya yang secara produktif mampu menghasilkan volume besar, namun rentan terhadap tekanan lingkungan dan dinamika sosial. Ketergantungan yang tinggi terhadap input eksternal seperti pupuk kimia dan pestisida telah meningkatkan biaya produksi sekaligus menimbulkan risiko degradasi lingkungan, yang pada akhirnya dapat menurunkan daya dukung lahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa agroteknologi sawit masih membutuhkan transformasi paradigma dari sistem intensifikasi konvensional menuju sistem yang lebih adaptif dan regeneratif.

Keterbatasan dalam penerapan konsep pertanian regeneratif pada perkebunan kelapa sawit merupakan lubang yang semakin relevan dalam diskursus ilmiah. Praktik-praktik seperti

peningkatan bahan organik tanah, konservasi biodiversitas fungsional, dan pemanfaatan interaksi biologis alami masih belum menjadi bagian utama dari teknologi budidaya sawit. Padahal, berbagai studi menunjukkan bahwa peningkatan kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati mikro dapat meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan ketahanan tanaman terhadap stres biotik maupun abiotik. Kurangnya pengembangan dan diseminasi teknologi yang berbasis pada proses ekologi ini mencerminkan keterbatasan agroteknologi sawit dalam menjawab tantangan keberlanjutan jangka panjang.

Lubang lain yang semakin terasa adalah rendahnya kapasitas sistem agroteknologi sawit dalam menghadapi dinamika pasar dan tuntutan global. Industri kelapa sawit kini berada di bawah sorotan internasional terkait isu keberlanjutan, emisi karbon, dan jejak lingkungan. Namun, teknologi budidaya di tingkat kebun belum sepenuhnya dirancang untuk memenuhi standar keberlanjutan global tersebut. Misalnya, pengukuran dan pengelolaan emisi gas rumah kaca di tingkat kebun masih sangat terbatas, sementara praktik mitigasi seperti pengelolaan residu tanaman dan optimalisasi penggunaan pupuk nitrogen belum diintegrasikan secara sistematis. Hal ini menciptakan kesenjangan antara tuntutan pasar global dengan kemampuan teknologi budidaya di tingkat lapangan.

Aspek pendidikan dan pengembangan sumber daya manusia juga menjadi bagian penting dari lubang dalam agroteknologi sawit. Penerapan teknologi pertanian modern membutuhkan tenaga kerja yang terampil dan memiliki pemahaman agronomi yang baik. Namun, dalam praktiknya, sebagian besar tenaga kerja di perkebunan sawit memiliki tingkat pendidikan formal yang terbatas dan minim pelatihan berkelanjutan. Sistem pelatihan yang ada sering kali bersifat sporadis dan belum terintegrasi dengan perkembangan teknologi terbaru. Akibatnya, banyak inovasi agroteknologi yang tidak dapat diterapkan secara optimal karena keterbatasan kapasitas sumber daya manusia di lapangan. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa pembangunan agroteknologi sawit harus diiringi dengan investasi serius dalam pendidikan dan pelatihan.

Selain itu, lubang dalam agroteknologi sawit juga tercermin pada lemahnya pendekatan lintas disiplin dalam penelitian dan pengembangan. Banyak penelitian sawit masih dilakukan secara sektoral, dengan fokus sempit pada aspek tertentu seperti pemupukan, pemuliaan, atau proteksi tanaman, tanpa mempertimbangkan interaksi kompleks antar komponen sistem pertanian. Padahal, sistem perkebunan sawit merupakan ekosistem buatan yang kompleks, di mana perubahan pada satu komponen dapat memengaruhi komponen lainnya. Kurangnya pendekatan

sistemik dan holistik dalam riset menyebabkan solusi teknologi yang dihasilkan sering kali tidak efektif ketika diterapkan di lapangan dengan kondisi yang beragam.

Dalam konteks kebijakan publik, lubang dalam agroteknologi sawit juga muncul akibat ketidaksesuaian antara kebijakan dan kapasitas teknologi yang tersedia. Beberapa kebijakan mendorong peningkatan produktivitas dan keberlanjutan secara bersamaan, namun tidak selalu disertai dengan dukungan teknologi dan infrastruktur yang memadai. Sebagai contoh, kebijakan pembatasan perluasan lahan sawit menuntut peningkatan produktivitas di lahan yang ada, tetapi teknologi untuk intensifikasi berkelanjutan belum sepenuhnya siap atau terjangkau oleh petani kecil. Ketidakseimbangan ini menciptakan tekanan tambahan bagi pelaku usaha tani sawit dan memperlebar kesenjangan antara target kebijakan dan realitas lapangan.

Lebih jauh lagi, lubang dalam agroteknologi sawit juga berkaitan dengan rendahnya tingkat inovasi lokal yang berbasis pada pengetahuan dan kearifan setempat. Banyak teknologi budidaya yang diadopsi merupakan hasil adaptasi dari sistem perkebunan besar atau hasil penelitian luar negeri, yang belum tentu sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi dan agroekologi lokal. Kurangnya partisipasi petani dalam proses inovasi menyebabkan teknologi yang dikembangkan sering kali kurang relevan atau sulit diterapkan. Hal ini menegaskan perlunya pendekatan inovasi partisipatif yang melibatkan petani sebagai subjek utama dalam pengembangan agroteknologi sawit.

Pada akhirnya, akumulasi berbagai lubang dalam agroteknologi kelapa sawit menunjukkan bahwa tantangan utama ke depan bukan hanya menciptakan teknologi baru, tetapi juga memastikan bahwa teknologi tersebut relevan, adaptif, dan dapat diakses oleh seluruh pelaku usaha tani. Transformasi agroteknologi sawit harus bergerak menuju sistem yang lebih inklusif, berbasis ekologi, dan responsif terhadap perubahan iklim serta tuntutan pasar global. Tanpa upaya tersebut, kesenjangan antara potensi dan realisasi dalam produksi kelapa sawit akan terus melebar, dan keberlanjutan sektor ini akan semakin terancam.

2.8.2 Ajir

Ajir merupakan salah satu komponen teknis yang sering dianggap sederhana dalam agroteknologi kelapa sawit, namun memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan awal pertumbuhan tanaman, terutama pada fase tanaman belum menghasilkan. Dalam konteks budidaya kelapa sawit, ajir berfungsi sebagai penanda titik tanam yang memastikan kesesuaian jarak, arah, dan posisi tanaman sesuai dengan rancangan kebun. Ketepatan pemasangan ajir menjadi dasar bagi terciptanya tata letak tanaman yang teratur dan efisien, sehingga seluruh input budidaya seperti cahaya, air, dan unsur hara dapat dimanfaatkan secara optimal oleh setiap

tanaman. Meskipun secara teknis ajir hanya berupa patok kayu atau bahan sederhana lainnya, kesalahan dalam pengaturan ajir dapat menimbulkan dampak jangka panjang terhadap produktivitas kebun.

Dalam agroteknologi sawit modern, pemasangan ajir tidak hanya berkaitan dengan penentuan jarak tanam, tetapi juga berhubungan erat dengan sistem perencanaan kebun secara keseluruhan. Jarak tanam yang ditentukan melalui ajir berpengaruh langsung terhadap kompetisi antar tanaman dalam memperoleh cahaya matahari, air, dan unsur hara. Kelapa sawit membutuhkan ruang tumbuh yang cukup luas agar tajuk dan sistem perakarannya dapat berkembang secara optimal. Apabila ajir dipasang terlalu rapat atau tidak mengikuti pola tanam yang dianjurkan, maka pada fase tanaman dewasa akan terjadi saling tindih tajuk yang mengurangi efisiensi fotosintesis dan meningkatkan kelembapan mikro yang dapat memicu serangan hama dan penyakit. Sebaliknya, jarak tanam yang terlalu lebar menyebabkan pemanfaatan lahan menjadi tidak efisien dan menurunkan potensi produksi per satuan luas.

Selain menentukan jarak tanam, ajir juga berperan dalam pengaturan arah barisan tanaman. Arah barisan yang tepat, misalnya mengikuti arah timur–barat atau disesuaikan dengan kontur lahan, bertujuan untuk mengoptimalkan penerimaan cahaya matahari sepanjang hari dan meminimalkan erosi pada lahan miring. Dalam kondisi topografi yang bergelombang hingga berbukit, kesalahan pemasangan ajir dapat menyebabkan ketidakteraturan barisan tanaman yang menyulitkan pelaksanaan kegiatan pemeliharaan seperti pemupukan, pengendalian gulma, dan panen. Dengan demikian, ajir bukan hanya alat penanda, tetapi juga instrumen awal dalam pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

Peranan ajir menjadi semakin penting pada tahap replanting kebun kelapa sawit. Pada kegiatan peremajaan, lahan bekas tanaman tua sering mengalami perubahan struktur tanah akibat aktivitas pembongkaran dan penggunaan alat berat. Dalam kondisi ini, pemasangan ajir yang tepat membantu memastikan bahwa tanaman baru ditanam pada posisi yang ideal, tidak terlalu dekat dengan sisa akar tanaman lama, serta sesuai dengan desain kebun yang baru.

Tanpa sistem ajir yang baik, risiko ketidakteraturan jarak tanam dan penurunan keseragaman tanaman akan meningkat, yang pada akhirnya berdampak pada variasi pertumbuhan dan hasil panen di masa mendatang.

Dalam perspektif agroteknologi, ajir juga berkaitan dengan efisiensi manajemen kebun. Tata letak tanaman yang teratur memudahkan perencanaan dan pelaksanaan kegiatan budidaya, mulai dari

pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, hingga panen. Barisan tanaman yang lurus dan seragam memungkinkan penggunaan alat dan teknologi mekanisasi secara lebih efektif. Sebaliknya, kebun dengan tata letak yang tidak teratur akibat pemasangan ajir yang kurang tepat akan menghadapi kesulitan dalam penerapan mekanisasi dan teknologi pertanian modern. Hal ini menunjukkan bahwa ajir memiliki kontribusi tidak langsung terhadap tingkat adopsi teknologi lanjutan dalam perkebunan kelapa sawit.

Aspek lain yang sering luput dari perhatian adalah hubungan antara ajir dan konservasi lingkungan. Penempatan ajir yang mempertimbangkan kontur lahan dan sistem drainase dapat membantu mengurangi risiko erosi dan genangan air. Pada lahan dengan kemiringan tertentu, ajir dapat dipasang mengikuti garis kontur untuk mendukung sistem konservasi tanah dan air. Dengan demikian, ajir berfungsi sebagai bagian dari strategi pengelolaan lahan yang ramah lingkungan. Kesalahan dalam penentuan titik tanam dapat menyebabkan akumulasi air di sekitar pangkal tanaman atau mempercepat aliran permukaan yang berpotensi mengikis lapisan tanah atas yang subur.

Dalam praktik di lapangan, pemasangan ajir sering kali menghadapi berbagai kendala, terutama pada perkebunan rakyat. Keterbatasan tenaga terampil, kurangnya pemahaman teknis, serta tekanan waktu sering menyebabkan pemasangan ajir dilakukan secara kurang teliti. Akibatnya, kesalahan yang terjadi pada tahap awal ini sulit diperbaiki dan akan berdampak sepanjang umur tanaman kelapa sawit yang dapat mencapai lebih dari dua puluh tahun. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pentingnya peran ajir dalam agroteknologi sawit dengan perhatian yang diberikan terhadap pelaksanaannya di lapangan.

Seiring berkembangnya teknologi pertanian, konsep ajir juga mengalami perkembangan. Pada perkebunan skala besar, penggunaan teknologi pemetaan lahan berbasis sistem informasi geografis dan GPS mulai menggantikan metode ajir konvensional. Namun, pada sebagian besar kebun sawit rakyat, ajir manual masih menjadi metode utama yang paling praktis dan terjangkau. Oleh karena itu, peningkatan kualitas penerapan ajir melalui pelatihan dan pendampingan teknis menjadi langkah penting dalam memperbaiki kinerja agroteknologi sawit secara keseluruhan.

Keberadaan ajir dalam sistem agroteknologi kelapa sawit juga memiliki implikasi langsung terhadap keseragaman pertumbuhan tanaman pada fase awal penanaman. Keseragaman ini merupakan faktor penting karena kelapa sawit adalah tanaman tahunan yang memiliki umur produktif panjang. Apabila sejak awal terjadi ketidakteraturan jarak dan posisi tanam akibat pemasangan ajir yang kurang tepat, maka perbedaan pertumbuhan antar tanaman akan semakin

nyata seiring bertambahnya umur tanaman. Tanaman yang posisinya tidak ideal cenderung mengalami keterbatasan ruang tumbuh, baik di atas permukaan tanah maupun di dalam tanah, sehingga perkembangan tajuk dan sistem perakarannya tidak optimal. Kondisi ini pada akhirnya akan berpengaruh terhadap perbedaan waktu mulai berbuah, jumlah tandan, serta bobot tandan buah segar yang dihasilkan.

Dalam konteks efisiensi pemanfaatan lahan, ajir juga berperan penting dalam menentukan populasi tanaman per satuan luas. Populasi tanaman yang sesuai rekomendasi merupakan hasil dari perhitungan agronomis yang mempertimbangkan kebutuhan ruang tumbuh, daya dukung tanah, serta potensi produksi maksimal. Kesalahan pemasangan ajir dapat menyebabkan populasi tanaman terlalu tinggi atau terlalu rendah. Populasi yang terlalu tinggi akan meningkatkan kompetisi antar tanaman dan mempercepat penurunan produktivitas pada fase tanaman dewasa, sedangkan populasi yang terlalu rendah akan menyebabkan potensi lahan tidak termanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, ajir berfungsi sebagai alat awal untuk menerjemahkan konsep teoritis jarak tanam ke dalam praktik lapangan yang nyata.

Peranan ajir juga berkaitan dengan pengelolaan sistem perakaran kelapa sawit. Kelapa sawit memiliki sistem perakaran yang luas dan sensitif terhadap kondisi lingkungan tanah. Tata letak tanaman yang diatur melalui ajir akan menentukan pola sebaran akar dan interaksi antar perakaran tanaman. Pada jarak tanam yang ideal, akar dapat berkembang secara optimal tanpa saling menekan, sehingga penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih efisien. Sebaliknya, ketidakteraturan jarak tanam akibat ajir yang tidak akurat dapat menyebabkan zona perakaran saling tumpang tindih secara berlebihan, yang berpotensi menurunkan efisiensi pemupukan dan meningkatkan risiko kekurangan hara pada tanaman tertentu.

Dalam praktik manajemen kebun, ajir juga memiliki peran strategis dalam mendukung kegiatan pemeliharaan jangka panjang. Barisan tanaman yang lurus dan teratur memudahkan pembuatan piringan, gawangan, serta jalur panen. Hal ini berdampak langsung pada efisiensi tenaga kerja dan waktu kerja. Pada kebun yang tata letaknya tidak teratur, aktivitas pemeliharaan sering kali membutuhkan tenaga dan biaya lebih besar karena sulitnya akses dan ketidakefisienan pergerakan tenaga kerja. Dengan demikian, kualitas pemasangan ajir pada tahap awal penanaman memiliki implikasi ekonomi yang signifikan sepanjang umur tanaman kelapa sawit.

Ajir juga berhubungan erat dengan aspek ergonomi dan keselamatan kerja di perkebunan. Tata letak tanaman yang rapi dan konsisten akan memudahkan pekerja dalam melakukan kegiatan panen, sehingga risiko kecelakaan kerja dapat ditekan. Pada kebun dengan barisan tanaman yang tidak teratur, pekerja panen sering menghadapi medan kerja yang lebih sulit, terutama pada lahan berbukit atau bergelombang. Hal ini menunjukkan bahwa ajir tidak hanya berperan dalam aspek

agronomis, tetapi juga berkontribusi terhadap aspek sosial dan keselamatan kerja dalam sistem perkebunan kelapa sawit.

Seiring berkembangnya konsep pertanian presisi, ajir juga mulai dipandang sebagai bagian dari sistem perencanaan kebun berbasis data. Pada perkebunan besar, penentuan titik tanam kini banyak dilakukan menggunakan teknologi pemetaan digital, GPS, dan sistem informasi geografis. Namun, prinsip dasar yang digunakan tetap sama, yaitu penentuan jarak dan posisi tanaman secara akurat. Pada perkebunan rakyat, ajir manual masih menjadi metode utama karena keterbatasan akses terhadap teknologi canggih. Oleh sebab itu, peningkatan kualitas penerapan ajir melalui pelatihan teknis menjadi langkah penting untuk menjembatani kesenjangan teknologi antara perkebunan besar dan kebun rakyat.

Dalam perspektif keberlanjutan, ajir juga memiliki peran dalam mendukung pengelolaan lanskap perkebunan yang lebih ramah lingkungan. Penempatan titik tanam yang mempertimbangkan area konservasi, sempadan sungai, dan jalur drainase dapat membantu mengurangi tekanan terhadap lingkungan sekitar. Ajir yang dipasang dengan mempertimbangkan aspek konservasi akan membantu menciptakan tata letak kebun yang lebih harmonis dengan ekosistem sekitar. Hal ini menunjukkan bahwa ajir dapat menjadi instrumen awal dalam penerapan prinsip-prinsip perkebunan kelapa sawit berkelanjutan.

Secara keseluruhan, ajir merupakan komponen fundamental dalam agroteknologi kelapa sawit yang memiliki dampak luas dan jangka panjang. Walaupun bersifat sederhana, ajir menjadi dasar bagi keberhasilan seluruh sistem budidaya kelapa sawit. Kesalahan pada tahap ini akan sulit diperbaiki dan dapat memengaruhi produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan kebun selama puluhan tahun. Oleh karena itu, ajir harus dipandang sebagai bagian integral dari perencanaan dan pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang profesional dan berbasis ilmu pengetahuan.

Dalam praktik pengelolaan perkebunan kelapa sawit, keberhasilan penerapan ajir juga sangat dipengaruhi oleh tahap persiapan lahan yang dilakukan sebelumnya. Lahan yang telah dibersihkan dan diratakan dengan baik akan memudahkan pemasangan ajir secara presisi.

Sebaliknya, pada lahan yang persiapannya kurang optimal, seperti masih terdapat sisa-sisa tunggul, akar besar, atau permukaan tanah yang tidak rata, pemasangan ajir sering kali mengalami deviasi dari rencana awal. Deviasi ini dapat menyebabkan ketidaktepatan titik tanam yang kemudian berimplikasi pada ketidakteraturan barisan tanaman. Oleh karena itu, ajir tidak dapat dipisahkan dari kualitas perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pembukaan lahan, karena keduanya saling menentukan dalam membentuk struktur kebun kelapa sawit yang ideal.

Lebih lanjut, ajir juga memiliki keterkaitan erat dengan sistem pengelolaan air di perkebunan kelapa sawit. Pada lahan datar hingga bergelombang, terutama di wilayah dengan curah hujan tinggi, pengaturan jarak dan posisi tanaman melalui ajir harus mempertimbangkan keberadaan saluran drainase dan arah aliran air. Penanaman yang tidak memperhatikan sistem drainase dapat menyebabkan genangan air di sekitar pangkal tanaman, yang berpotensi menurunkan pertumbuhan akar dan meningkatkan risiko serangan penyakit tular tanah. Dalam konteks ini, ajir berfungsi sebagai alat bantu untuk mengintegrasikan desain sistem tanam dengan sistem tata air kebun, sehingga lingkungan tumbuh tanaman dapat dikendalikan secara lebih baik.

Pada lahan gambut dan lahan basah lainnya, peranan ajir menjadi semakin krusial. Kondisi tanah yang lunak dan mudah berubah menyebabkan posisi titik tanam dapat bergeser apabila ajir tidak dipasang dengan kuat dan akurat. Selain itu, penentuan jarak tanam pada lahan gambut harus mempertimbangkan potensi penurunan permukaan tanah atau subsidensi. Kesalahan dalam pemasangan ajir pada kondisi ini dapat menyebabkan tanaman tumbuh miring atau tidak stabil, yang pada akhirnya mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menopang tajuk dan tandan buah. Hal ini menunjukkan bahwa ajir harus disesuaikan dengan karakteristik lahan agar fungsinya dalam agroteknologi sawit dapat berjalan optimal.

Ajir juga berperan dalam mendukung keberhasilan kegiatan pemupukan dan pengelolaan nutrisi tanaman. Dengan tata letak tanaman yang seragam dan teratur, distribusi pupuk dapat dilakukan secara lebih merata dan efisien. Piringan tanaman yang terbentuk di sekitar titik tanam menjadi seragam ukurannya, sehingga dosis pupuk yang diberikan dapat disesuaikan secara tepat. Apabila titik tanam tidak konsisten akibat pemasangan ajir yang tidak akurat, maka ukuran piringan dan jarak aplikasi pupuk menjadi bervariasi, yang berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan penyerapan hara antar tanaman. Kondisi ini mempertegas bahwa ajir memiliki kontribusi tidak langsung terhadap efektivitas manajemen hara dalam perkebunan kelapa sawit.

Dalam jangka panjang, keteraturan tanaman yang dihasilkan dari pemasangan ajir yang baik juga mempengaruhi pola produksi kebun. Kebun dengan struktur tanaman yang seragam cenderung memiliki distribusi produksi yang lebih stabil dari tahun ke tahun. Sebaliknya, kebun dengan tata letak yang tidak teratur sering menunjukkan variasi produksi yang tinggi antar blok atau bahkan antar tanaman. Variasi ini menyulitkan perencanaan panen dan manajemen hasil, serta dapat menurunkan efisiensi operasional kebun. Dengan demikian, ajir berperan sebagai fondasi awal dalam menciptakan stabilitas produksi kelapa sawit.

Aspek manajerial juga tidak terlepas dari pembahasan ajir dalam agroteknologi sawit. Pemasangan ajir yang dilakukan secara sistematis mencerminkan tingkat profesionalisme pengelolaan kebun. Dalam perkebunan besar, standar operasional prosedur pemasangan ajir biasanya telah ditetapkan secara rinci, termasuk spesifikasi bahan ajir, jarak tanam, dan metode pengukuran. Namun, pada perkebunan rakyat, standar tersebut sering kali belum diterapkan secara konsisten. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan kualitas kebun yang pada akhirnya berdampak pada kesenjangan produktivitas antara perkebunan besar dan kebun rakyat. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas petani dalam memahami dan menerapkan teknik ajir yang benar merupakan bagian penting dari upaya peningkatan kinerja agroteknologi sawit secara nasional.

Selain itu, ajir juga memiliki nilai strategis dalam konteks evaluasi dan pemantauan kebun. Tata letak tanaman yang rapi memudahkan identifikasi tanaman bermasalah, baik yang mengalami pertumbuhan terhambat, serangan hama dan penyakit, maupun kerusakan fisik. Dengan barisan tanaman yang jelas, kegiatan sensus tanaman dan pemetaan kondisi kebun dapat dilakukan secara lebih sistematis. Hal ini sangat penting dalam mendukung pengambilan keputusan manajerial berbasis data, yang menjadi salah satu tuntutan utama dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit modern.

Pada akhirnya, pembahasan mengenai ajir dalam agroteknologi kelapa sawit menegaskan bahwa keberhasilan sistem budidaya tidak hanya ditentukan oleh teknologi canggih atau input bernilai tinggi, tetapi juga oleh ketepatan penerapan teknologi dasar pada tahap awal penanaman. Ajir merupakan simbol dari perencanaan yang matang dan penerapan prinsip agronomi yang benar sejak awal. Keseriusan dalam memasang ajir secara tepat mencerminkan komitmen terhadap pengelolaan kebun yang berkelanjutan, produktif, dan efisien. Oleh karena itu, ajir harus terus mendapat perhatian dalam pengembangan dan penerapan agroteknologi kelapa sawit, baik pada skala perkebunan besar maupun kebun rakyat.

2.9 Penanaman Kelapa Sawit

2.9.1 Perkebunan Kelapa Sawit Pembangunan Berkelanjutan

Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia merupakan bagian dari strategi pembangunan berkelanjutan yang mempertimbangkan keterpaduan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Pertumbuhan luas areal tanam kelapa sawit yang sangat pesat sejak pertengahan abad ke-20 sering dikaitkan dengan isu deforestasi. Namun, analisis spasial berbasis data satelit menunjukkan bahwa sebagian besar ekspansi kelapa sawit berlangsung pada lahan non-hutan, seperti lahan terlantar, bekas pertanian, dan area

terdegradasi, sementara konversi dari hutan primer hanya terjadi dalam proporsi yang sangat kecil (Gunarso et al., 2012; Purba & Sipayung, 2017).

Dari perspektif ekologis, tanaman kelapa sawit memiliki peran penting dalam penyerapan karbon dioksida dan peningkatan biomassa lahan. Dibandingkan lahan terbuka atau sistem pertanian musiman, kebun sawit berfungsi lebih efektif sebagai penyerap karbon, sehingga berkontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Hal ini sejalan dengan konsep pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan yang menekankan pemanfaatan lahan secara efisien tanpa mengurangi kemampuan lingkungan dalam mendukung generasi mendatang (FAO, 1996; Purba & Sipayung, 2017).

Secara ekonomi, sektor kelapa sawit menjadi penggerak utama pembangunan nasional dan daerah melalui kontribusinya terhadap devisa ekspor serta penciptaan lapangan kerja. Keterlibatan petani rakyat dalam pengelolaan perkebunan sawit meningkatkan inklusivitas ekonomi dan mendorong peningkatan pendapatan masyarakat pedesaan. Selain itu, pertumbuhan sektor ini turut memengaruhi dinamika pasar minyak nabati global, menjadikan Indonesia sebagai salah satu aktor utama dalam perdagangan minyak sawit dunia (Purba & Sipayung, 2017).

Dari sisi sosial, pengembangan perkebunan kelapa sawit berkontribusi pada pengurangan kemiskinan, pemerataan pendapatan, serta pembangunan infrastruktur di berbagai wilayah sentra produksi. Dengan demikian, penanaman kelapa sawit tidak hanya dipandang sebagai kegiatan ekonomi, tetapi juga sebagai instrumen pembangunan wilayah dan keadilan sosial. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan yang holistik agar pertumbuhan industri sawit tetap selaras dengan prinsip keberlanjutan lingkungan dan sosial (Purba & Sipayung, 2017).

Dalam kerangka pembangunan berkelanjutan, penanaman kelapa sawit di Indonesia tidak semata-mata diposisikan sebagai kegiatan ekonomi, melainkan sebagai bagian dari sistem pertanian multifungsi yang memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan lingkungan. Melalui pengelolaan penanaman yang tepat, kebun kelapa sawit berkontribusi dalam siklus karbon dengan kemampuan menyerap karbon dioksida, sehingga berpotensi menekan emisi gas rumah kaca sekaligus meningkatkan produktivitas lahan yang sebelumnya mengalami degradasi. Atas dasar tersebut, diperlukan dukungan kebijakan pemerintah yang mendorong penerapan standar dan sertifikasi keberlanjutan, seperti Roundtable on

Sustainable Palm Oil (RSPO), guna memperkuat citra industri kelapa sawit Indonesia di tingkat global.

Penerapan sertifikasi ini diharapkan mampu memastikan bahwa perluasan areal tanam tetap sejalan dengan prinsip keseimbangan sosial, ekonomi, dan ekologi tanpa mengorbankan keberadaan hutan primer maupun habitat satwa liar. Temuan historis juga menunjukkan bahwa kontribusi ekspansi kelapa sawit terhadap deforestasi relatif lebih kecil dibandingkan dengan sektor lain, seperti pertambangan dan pertanian subsisten, sehingga pengelolaan sawit yang berkelanjutan dapat menjadi bagian dari solusi pembangunan nasional (Purba & Sipayung, 2017).

2.9.2 Teknik Peremajaan (Replanting) Kelapa Sawit

Peremajaan tanaman kelapa sawit merupakan langkah strategis untuk menjaga keberlanjutan produksi ketika tanaman telah melewati umur ekonomis dan mengalami penurunan hasil. Replanting bertujuan menggantikan tanaman tua dengan bibit unggul yang memiliki potensi produksi lebih tinggi, sehingga produktivitas kebun dapat dipulihkan secara optimal (Pramuhadi et al., 2020).

Pada lahan mineral, kegiatan peremajaan diawali dengan persiapan lahan secara intensif, seperti pengolahan tanah untuk memperbaiki aerasi dan drainase, pencacahan tanaman tua, serta pembuatan lubang tanam. Karakteristik tanah mineral yang relatif padat menyebabkan proses ini membutuhkan waktu kerja yang lebih panjang, namun penting untuk mencegah pemadatan tanah dan gangguan pertumbuhan akar (Pramuhadi et al., 2020).

Pelaksanaan replanting kelapa sawit perlu disesuaikan dengan karakteristik jenis tanah agar proses penanaman berjalan efisien dan berkelanjutan. Secara teknis, tahapan peremajaan tanaman kelapa sawit meliputi:

1.Persiapan Lahan

Pada lahan mineral, persiapan lahan dilakukan melalui ripping dan pengolahan tanah untuk mengatasi kompaksi serta memperbaiki aerasi dan drainase. Sementara itu, pada lahan gambut, persiapan lahan difokuskan pada pengelolaan stabilitas tanah untuk mencegah degradasi dan erosi (Pramuhadi et al., 2020).

2.Pembersihan Tanaman Tua

Tanaman kelapa sawit yang tidak produktif ditebang dan dibersihkan melalui kegiatan chipping dan deboling guna mengurangi sumber penyakit serta mempermudah kegiatan penanaman ulang (Pramuhadi et al., 2020).

3.Pembuatan Lubang Tanam (Holing)

Holing dilakukan menggunakan alat berat seperti excavator dengan kedalaman dan diameter lubang yang disesuaikan dengan kondisi tanah. Pada lahan mineral, kegiatan ini memerlukan waktu lebih lama dibandingkan lahan gambut akibat tingkat kepadatan tanah yang lebih tinggi (Pramuhadi et al., 2020).

4.Penanaman Bibit

Bibit unggul ditanam dengan jarak tanam optimal untuk mencapai populasi ideal per hektar, sehingga pertumbuhan tanaman tidak mengalami kompetisi hara yang berlebihan (Pramuhadi et al., 2020).

5.Penanaman Tanaman Penutup Tanah

Tanaman penutup tanah berbasis leguminosa ditanam pasca-replanting untuk menjaga stabilitas tanah, mengurangi erosi, dan meningkatkan kesuburan lahan, terutama pada lahan gambut (Pramuhadi et al., 2020).

Sebaliknya, pada lahan gambut, proses replanting dilakukan dengan tahapan penebangan tanaman tua, pembersihan sisa batang, pembuatan lubang tanam, dan penanaman bibit baru. Meskipun memerlukan pengelolaan khusus untuk mencegah degradasi lingkungan, lahan gambut menunjukkan efisiensi waktu kerja yang lebih baik karena struktur tanahnya yang lebih gembur, sehingga kegiatan penanaman dapat dilakukan lebih cepat (Pramuhadi et al., 2020).

Secara umum, tahapan peremajaan kelapa sawit dapat disusun secara sistematis meliputi persiapan lahan, pengelolaan residu tanaman tua, pembuatan lubang tanam, penanaman bibit dengan jarak tanam optimal, serta penanaman tanaman penutup tanah untuk konservasi lahan. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan produktivitas kebun secara berkelanjutan dengan tetap memperhatikan karakteristik masing-masing tipe lahan (BPS, 2017; Pramuhadi et al., 2020).

Analisis menunjukkan bahwa proses penanaman kelapa sawit pada kegiatan replanting perlu disesuaikan dengan karakteristik jenis tanah. Pada lahan mineral, kegiatan holing dan penanaman memerlukan waktu lebih lama akibat perlunya ripping untuk mengatasi kompaksi tanah, sedangkan pada lahan gambut efisiensi kerja relatif lebih tinggi karena struktur tanah yang lebih gembur meskipun memiliki risiko erosi. Oleh karena itu, penggunaan alat berat seperti excavator dengan kedalaman lubang tanam yang optimal direkomendasikan untuk mendukung pertumbuhan akar bibit baru. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas hingga 5– 8,4 ton minyak per hektar, sekaligus menekan dampak lingkungan melalui penanaman tanaman penutup tanah berbasis leguminosa, serta mengurangi biaya operasional hingga 47% pada lahan gambut dibandingkan lahan mineral (Pramuhadi et al., 2020).

2.9.3 Penanaman Kelapa Sawit Dalam Sistem Budidaya Perkebunan

Penanaman kelapa sawit merupakan tahap awal yang sangat menentukan keberhasilan budidaya dan produktivitas jangka panjang. Praktik penanaman yang baik dimulai dari pemilihan bibit unggul, pengaturan jarak tanam, serta persiapan lubang tanam sesuai standar teknis untuk mendukung pertumbuhan akar dan tajuk tanaman secara optimal (Dwipa & Akhir, 2017).

Tanaman kelapa sawit tumbuh optimal pada kondisi lingkungan tropis dengan curah hujan tinggi, suhu yang relatif stabil, serta ketinggian tempat rendah. Oleh karena itu, kesesuaian lahan menjadi faktor utama dalam perencanaan penanaman. Bibit dipelihara di pembibitan selama lebih dari satu tahun untuk memastikan pertumbuhan seragam dan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi sebelum dipindahkan ke lapangan (Dwipa & Akhir, 2017).

Tahapan penanaman di lapangan meliputi pemancangan pola tanam, penanaman bibit dengan orientasi barisan tertentu, serta pemeliharaan awal berupa penyiraman, pengendalian gulma, dan pemupukan lanjutan. Selain itu, penggunaan tanaman penutup tanah dianjurkan untuk menjaga kesuburan tanah dan mencegah erosi pada fase awal pertumbuhan tanaman (Dwipa & Akhir, 2017).

Melalui penerapan teknik penanaman yang tepat dan terencana, tanaman kelapa sawit dapat tumbuh sehat, produktif, dan berkontribusi pada peningkatan produksi perkebunan

secara berkelanjutan (Dwipa & Akhir, 2017). Materi ini juga menekankan teknik penanaman kecambah kelapa sawit yang dilakukan secara berkelompok dengan pembagian tugas yang jelas, meliputi pembuatan lubang tanam dangkal, penempatan kecambah, dan penutupan kembali tanah untuk mendukung pertumbuhan awal yang optimal. Selain itu, pemancangan dilakukan menggunakan pola mata lima guna mencapai kerapatan tanam yang efisien, dengan jarak tanam yang disesuaikan terhadap karakter tanaman dan kondisi lahan untuk mencegah kompetisi hara. Melalui penyajian rangkuman materi serta latihan terstruktur, mahasiswa diarahkan untuk memahami pentingnya ketelitian dan presisi dalam penanaman sebagai faktor penentu kesehatan tanaman dan kualitas produksi perkebunan (Dwipa & Akhir, 2017).

2.9.4 Budidaya Kelapa Sawit Berbasis Kompetensi Lapangan

Budidaya kelapa sawit menuntut penguasaan keterampilan teknis yang mencakup seluruh siklus produksi, mulai dari persiapan lahan hingga pemeliharaan tanaman. Penanaman merupakan tahapan kunci karena berpengaruh langsung terhadap kualitas pertumbuhan dan produktivitas tanaman pada fase berikutnya (Nora & Mual, n.d.).

Kegiatan penanaman diawali dengan pemancangan dan pembuatan lubang tanam sesuai jarak ideal, dilanjutkan dengan pengangkutan bibit secara hati-hati untuk menghindari kerusakan sistem perakaran. Bibit kemudian ditanam dengan teknik yang memastikan akar berkembang secara optimal dan tanaman mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan setempat (Nora & Mual, n.d.).

Secara sistematis, budidaya kelapa sawit mencakup pemenuhan syarat tumbuh tanaman, penanaman tanaman utama, penggunaan tanaman penutup tanah, konservasi tanah dan air, serta kegiatan peremajaan tanaman tua. Selain itu, pemeliharaan lanjutan seperti kastrasi, penunasan, dan penyisipan tanaman dilakukan untuk menjaga keseragaman dan produktivitas kebun (Nora & Mual, n.d.).

Pendekatan budidaya berbasis kompetensi ini menekankan keseimbangan antara peningkatan produksi dan keberlanjutan sumber daya lahan, sehingga pengelolaan perkebunan kelapa sawit dapat memberikan manfaat ekonomi jangka panjang tanpa mengabaikan aspek lingkungan dan sosial (Nora & Mual, n.d.).

Bahan ajar ini juga memberikan pemahaman mengenai perkembangan awal penanaman kelapa sawit di Indonesia, yang dimulai dari introduksi bibit pada pertengahan abad ke-19 dan selanjutnya berkembang menjadi pusat perkebunan di Sumatera Utara pada awal abad ke-20. Pada fase awal tersebut, teknik penanaman dilakukan melalui proses adaptasi bertahap terhadap kondisi lahan, sebelum akhirnya diterapkan pola pemancangan segitiga untuk memperoleh kerapatan tanam yang optimal. Penanaman bibit disertai pemupukan dasar dengan dosis tertentu per lubang tanam guna mendukung perkembangan sistem perakaran. Melalui pembelajaran ini, mahasiswa diarahkan untuk menerapkan teknik penanaman yang tepat guna mencapai produktivitas tinggi serta mencegah munculnya bibit dengan pertumbuhan abnormal, seperti bentuk daun yang tidak normal (Nora & Mual, n.d.).

Budidaya kelapa sawit berbasis kompetensi menekankan penguasaan tahapan teknis penanaman dan pemeliharaan yang aplikatif.
Secara sistematis, kegiatan budidaya meliputi:

1.Pemenuhan Syarat Tumbuh Tanaman

Penanaman kelapa sawit dilakukan pada lahan dengan ketinggian, suhu, dan drainase yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman (Nora & Mual, n.d.).

2.Pemancangan dan Pembuatan Lubang Tanam

Pemancangan dilakukan menggunakan pola segitiga atau mata lima untuk memperoleh kerapatan tanam optimal, diikuti pembuatan lubang tanam dengan ukuran standar (Nora & Mual, n.d.).

3.Pengangkutan dan Penanaman Bibit

Bibit diangkut dari pembibitan secara hati-hati untuk mencegah kerusakan akar, kemudian ditanam dengan teknik yang memastikan posisi akar tidak terlipat dan mampu berkembang secara optimal (Nora & Mual, n.d.).

4.Penanaman Tanaman Penutup Tanah

Tanaman penutup tanah ditanam untuk mengurangi erosi, menjaga kelembapan tanah, serta meningkatkan kandungan bahan organik lahan (Nora & Mual, n.d.).

5.Pemeliharaan Awal Tanaman

Pemeliharaan meliputi penyiraman, pemupukan lanjutan, pengendalian gulma, serta kegiatan kastrasi dan penunasan untuk menjaga pertumbuhan tanaman tetap seragam (Nora & Mual, n.d.).

2.9.5 Teknik Budidaya Kelapa Sawit Modern Dan Berkelanjutan

Budidaya kelapa sawit modern berkembang seiring dengan kebutuhan peningkatan produktivitas dan tuntutan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini menekankan penerapan teknologi pada seluruh tahapan budidaya, mulai dari perencanaan penanaman hingga pengelolaan kebun jangka panjang, dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta mengurangi dampak lingkungan. Indonesia sebagai produsen utama minyak sawit dunia memiliki kepentingan strategis dalam mengadopsi sistem budidaya yang adaptif terhadap perubahan iklim dan dinamika pasar global (Sari et al., n.d.).

Tahap awal budidaya modern diawali dengan analisis kesesuaian lahan melalui uji tanah dan pemetaan spasial untuk memastikan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan optimal tanaman. Persiapan lahan dilakukan secara mekanis dengan tetap memperhatikan prinsip konservasi tanah, diikuti dengan pembuatan lubang tanam berukuran standar yang dilengkapi pemupukan dasar. Penanaman bibit unggul dilakukan pada waktu yang tepat, terutama pada awal musim hujan, guna meningkatkan tingkat keberhasilan hidup tanaman pada fase awal pertumbuhan (Sari et al., n.d.).

Budidaya kelapa sawit modern mengintegrasikan inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Tahapan penanaman dan pengelolaan kebun secara modern meliputi:

1.Analisis dan Perencanaan Lahan

Analisis kesesuaian lahan dilakukan melalui uji tanah dan pemetaan berbasis sistem informasi geografis untuk menentukan lokasi tanam yang optimal (Sari et al., n.d.).

2.Pemilihan dan Penanaman Bibit Unggul

Bibit berdaya hasil tinggi dipilih dan ditanam pada lubang tanam yang telah diberi pemupukan dasar, dengan pengaturan jarak tanam yang mendukung optimalisasi cahaya dan nutrisi (Sari et al., n.d.).

3.Pemancangan Berbasis Teknologi

Pemancangan dilakukan dengan bantuan GPS untuk meningkatkan akurasi posisi tanam, sehingga populasi tanaman per hektar dapat dikontrol secara presisi (Sari et al., n.d.).

4.Pemeliharaan Awal Berbasis Data

Pemeliharaan dilakukan melalui pemupukan presisi, pengendalian hama ramah lingkungan, serta pemantauan kondisi tanaman menggunakan teknologi digital dan sensor tanah (Sari et al., n.d.).

5.Peremajaan dan Pengelolaan Jangka Panjang

Replanting direncanakan secara berkala untuk menjaga siklus produksi, disertai integrasi agroforestri dan pemanfaatan lahan marginal guna meningkatkan keberlanjutan lingkungan dan produktivitas kebun (Sari et al., n.d.).

Pemeliharaan awal tanaman dilakukan dengan pendekatan berbasis data, seperti pemupukan presisi yang disesuaikan dengan hasil analisis tanah dan kebutuhan hara tanaman. Pengendalian organisme pengganggu tanaman diarahkan pada metode ramah lingkungan, termasuk pemanfaatan musuh alami, sehingga ketergantungan terhadap pestisida kimia dapat dikurangi. Selain itu, penerapan teknologi pemantauan, seperti penggunaan sistem digital dan penginderaan jauh, membantu pengelola kebun dalam memantau kondisi tanaman secara berkala dan mengambil keputusan secara tepat waktu (Sari et al., n.d.).

Dalam jangka panjang, budidaya kelapa sawit modern menekankan pentingnya perencanaan siklus produksi melalui kegiatan peremajaan tanaman secara berkala. Replanting dilakukan untuk menggantikan tanaman yang telah melewati umur produktif dengan bibit baru berdaya hasil tinggi, sehingga produktivitas kebun tetap terjaga. Pendekatan ini juga diarahkan pada pemanfaatan lahan marginal serta integrasi sistem

agroforestri guna meningkatkan keanekaragaman hayati dan mengurangi tekanan terhadap hutan alam (Sari et al., n.d.).

Buku ini memperluas pemahaman mengenai praktik penanaman awal kelapa sawit di Indonesia yang bermula dari introduksi bibit pada pertengahan abad ke-19 dan pengembangannya di Kebun Raya Bogor. Teknik penanaman pada periode tersebut telah menerapkan pengaturan jarak tanam tertentu melalui pola pemancangan untuk mengoptimalkan penerimaan cahaya dan ruang tumbuh tanaman. Proses penanaman dilakukan dengan pembuatan lubang tanam yang disertai pemupukan dasar guna mendukung adaptasi awal bibit terhadap kondisi lingkungan setempat. Seiring perkembangan skala perkebunan, penggunaan teknologi modern seperti sistem informasi geografis dan sensor tanah direkomendasikan untuk meningkatkan ketepatan perencanaan, efisiensi operasional, serta meminimalkan kesalahan dalam penanaman berskala luas (Sari et al., n.d.).

Selanjutnya, buku ini menegaskan adanya evolusi teknik penanaman kelapa sawit dari pendekatan awal yang bersifat adaptif menuju sistem modern berbasis teknologi. Perkembangan ini ditandai dengan penerapan pemancangan berbasis GPS untuk meningkatkan akurasi posisi tanam, serta pemahaman yang lebih mendalam terhadap kebutuhan spesifik tanaman, seperti pengelolaan drainase dan pemupukan presisi. Integrasi inovasi tersebut diarahkan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan melalui penerapan strategi agroekologi yang lebih holistik dalam sistem budidaya kelapa sawit (Sari et al., n.d.).

BAB III
PEMELIHARAA TANAMAN BELUM MENGHASILKAN (TBM)

3.1 Pemupukan

Pemupukan adalah memberikan unsur-unsur hara ke dalam tanah dalam jumlah yang cukup, sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman. Pemupukan perlu dilakukan karena kandungan unsur hara dalam tanah bervariasi dan berubah-ubah disebabkan terjadinya kehilangan unsur hara melalui pencucian (Susila dkk, 2010). Pemupukan tidak hanya diaplikasikan pada tanaman produktif tetapi juga pada tanaman belum produktif. Tanaman belum produktif yang dipupuk pertumbuhan dan perkembangannya lebih baik, dibanding dengan tanaman yang tidak dipupuk (Maliangkay dkk, 2013).

Pemupukan bertujuan meningkatkan daya dukung tanah terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman. Oleh karena itu, pemupukan harus dilakukan dengan tepat, meliputi tepat dosis, tepat jenis, tepat cara, dan tepat cara. Sistem pemupukan yang demikian disebut pemupukan empat tepat. (Setyamidjaja, 2000). Menurut De Datta (1981), ada dua kemungkinan sering tidak tercapainya tingkat efisiensi pemupukan yang diharapkan, yaitu (1) hara-hara pupuk yang tidak dapat banyak diserap oleh tanaman, sebab pupuk diberikan pada saat yang tidak tepat, terjadi salah penempatan pupuk, atau berubahnya hara-hara pupuk menjadi tidak tersedia, dan (2) walaupun diserap oleh tanaman, hara tidak digunakan untuk pembentukan biji akibat masih adanya factor-faktor pembatas pertumbuhan tanaman lainnya, seperti kekurangan air atau kekahatan hara lain (Haji dkk, 2010).

Penempatan pemberian pupuk dibenamkan ke dalam tanah, unsur hara yang terkandung dalam pupuk bisa langsung mendekati perakaran, sehingga lebih optimal dalam pertumbuhan suatu tanaman. Penempatan kandungan unsur hara bahan organik yang berada dekat dengan sistem perakaran, maka kandungan unsur hara tersebut dapat diserap dengan optimal oleh tanaman (Lakitan, 1995). Secara teknis, penempatan pemberian pupuk dengan cara ditutup kembali dengan tanah atau dibenamkan, lebih efektif dan efisien untuk pertumbuhan tanaman (Akil M, 2006) cit. (Hartono dkk, 2012).

3.1.1 Pemupukan Kelapa Sawit

Kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) merupakan tanaman penghasil minyak nabatı yang memiliki keunggulan lebih jika dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak nabatı yang lain, yaitu memiliki produktivitas yang tinggi mencapai 4 ton ha-1 Crude Palm Oil (CPO), umur ekonomis yang panjang dan mudah beradaptasi dengan lingkungannya. Minyak kelapa sawit juga merupakan bahan baku pembuatan bahan pangan maupun non pangan, dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (renewable). Indonesia merupakan salah satu negara produsen kelapa sawit yang terus berkembang. Perkembangan luas dan produksi perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama sepuluh tahun terakhir terus meningkat hingga mencapai 10.01 juta hektar pada tahun 2013 dan merupakan perkebunan kelapa sawit yang terluas di dunia. Demikian pula produksinya pada tahun 2013 mencapai 27.74 juta ton dengan produktivitas 3 855 kg ha-1 dan menduduki posisi pertama di dunia melampaui Malaysia (Ditjenbun, 2013).

Pemeliharaan dilakukan untuk memperoleh hasil produksi kelapa sawit sesuai dengan yang diinginkan, pemeliharaan tersebut meliputi pemeliharaan pembibitan kelapa sawit, pemeliharaan Tanaman Belum Menghasilkan (TBM), dan pemeliharaan Tanaman Menghasilkan (TM). Pemeliharaan pembibitan kelapa sawit sangat mempengaruhi pada

tingkat keberhasilan suatu perusahaan perkebunan. Pemeliharaan pembibitan meliputi penyiraman, pemupukan, penyiangan gulma, penyemprotan hama dan penyakit, konsolidasi, dan pembuatan parit antar bedengan.

Pemupukan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan produktivitas tanaman. Kelapa sawit memerlukan pemupukan baik pada tahap pembibitan, tanaman belum menghasilkan, maupun tanaman menghasilkan. Tanaman kelapa sawit yang tidak dipupuk satu kali dapat berakibat penurunan produksi tanaman hingga beberapa tahun.

Pemupukan kelapa sawit bertujuan untuk menambah unsur-unsur hara yang kurang atau tidak tersedia didalam tanah, yang mana unsur hara tersebut diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan vegetatif dan generatit agar didapatkan tandan buah segar yang optimal. Menurut Sutarta dan Winanna (2002) pemupukan merupakan suatu upaya untuk menyediakan unsur hara yang cukup guna mendorong pertumbuhan vegetatif yang sehat dan produksi TBS hingga mencapai produktivitas maksimum.

Pemupukan merupakan faktor yang sangat penting untuk meningkatkan produksi. Biaya yang dikeluarkan untuk pemupukan berkisar antara 40-60% dari biaya pemeliharaan tanaman secara keseluruhan atau sekitar 24% dari total biaya produksi. Pemupukan pada tanaman kelapa sawit harus dapat menjamin pertumbuhan vegetatif dan generatif yang normal sehingga dapat memberikan produksi Tandan Buah Segar (TBS) yang optimal serta menghasilkan minyak sawit mentah yang tinggi baik kualitas maupun kuantitas (Adiwiganda, 2007). Efektivitas pemupukan berhubungan dengan persentase hara pupuk yang diserap tanaman.

Tanaman kelapa sawit termasuk tanaman keras. Untuk menunjang pertumbuhan akar, batang dan daun, pohon sawit tetap memerlukan pupuk. Pupuk adalah suatu bahan yang digunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah dan memperbaiki keadaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman pupuk yang digunakan baik pupuk organik maupun anorganik. Tingkat kesuburan tanah sangat Identik dengan keseimbangan biologı, tısıka dan kimia tanah, namun dengan saat ini pemberian pupuk banyak diberikan secara terus menerus dan dosis berlebihan akan merusak keseimbangan.

Pemupukan kelapa sawit dalam hal ini tidak bisa dilakukan sembarangan atau terus-menerus setiap hari diberi pupuk. Waktu pemupukan kelapa sawit biasanya dilakukan ketika curah hujannya kecil dan tidak boleh ketika sedang musim hujan. Pupuk yang baik sebaiknya dapat memperbaiki kemasaman tanah dan merangsang perakaran. Sehingga proses

pemupukan kelapa sawit bisa berjalan dengan baik. Dengan kata lain dalam pemupukan kelapa sawit juga harus diperhatikan prosedurnya untuk hasil yang maksimal.

Pemupukan kelapa sawit merupakan salah satu proses yang sangat penting untuk mempertahankan produksi buah kelapa sawit. Pohon kelapa sawit ini berbuah sekitar dua minggu sekali, atau dengan kata lain pemilik kebun kelapa sawit akan panen kelapa sawit setiap dua minggu sekali. Namun, setiap periode dua minggu tersebut bukan tidak mungkin buah yang dihasilkan tidak sama. Terkadang dua minggu pertama panen besar, tetapi selang dua minggu ke empat agak menurun. Hal ini bisa saja disebabkan dari prosedur pemupukan kelapa sawit yang belum maksimal.

Faktor yang mempengaruhi produksi kelapa sawit adalah umur tanaman berpengaruh nyata. Umur tanaman kelapa sawit di atas 22 tahun, mempengaruhi produksi kelapa sawit (Alfayanti dan Zul Efendi. 2013).

3.1.2 Tujuan Pemupukan

Adapun tujuan dari pemupukan adalah sebagai berikut:

- Pemupukan adalah pemberian unsur hara yang dibutuhkan tanaman yang tidak atau dalam jumlah yang sangat terbatas terdapat dalam tanah yaitu penambahan bahan tertentu kedalam tanah agar tanah tersebut menjadi subur. Untuk memberikan keseimbangan dalam kebutuhan tanaman kelapa sawit maka diperlukan penambahan pemberian unsur hara yang dibutuhkan (Justus von Liebig 1840)
- Memberikan panduan pelaksanaan pemupukan pada pembibitan, pemeliharaan tanaman belum menghasilkan (IBM) dan pemeliharaan tanaman menghasilkan [TM].
- Diperoleh pertumbuhan tanaman dan produktivitas yang standar.
- Memberikan asupan makanan pada tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Pemupukan pada tanaman perkebunan merupakan usaha untuk menambah unsur hara yang efektif dan berimbang secara langsung atau tidak langsung diberikan kepada tanaman guna mencapai (TBS) Tandan Buah Segar. Salah satu tanaman perkebunan yang memerlukan pemupukan secara rutin, cukup, dan berimbang yaitu tanaman kelapa sawit. Tanaman ini membutuhkan proses pemupukan yang baik, karena unsur hara yang tersedia didalam tanah semakin berkurang. Hal itu dikarenakan kemampuan kelapa sawit dalam mengabsorbsi unsur hara sangat rendah.

Penyebaran feeding root (penyerapan akar) pada tanaman kelapa sawit dibatasi pada 0-60 cm. Selain itu variasi iklim yang lebih cenderung menurun tingkat kesuburan tanahnya, dalam kondisi terlalu kering maupun terlalu basah berpengaruh terhadap kondisi kesuburan tanah pada kedalaman 0-60 cm

Akibatnya pada tandan buah segar (TBS) mengalami penurunan pertumbuhan dan produksi tanaman. Disisi lain, pengaruh cuaca dan gulma mengakibatkan pupuk menguap ke udara. Sehingga jumlah pupuk yang tersedia di dalam tanah pada pohon kelapa sawit sedikit demi sedikit mengalami penurunan.

Teknik pemupukan diharapkan mampu memaksimalkan penyerapan nutrisi di dalam tanah dengan mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi yang nyata pada tanaman sawit. Sebaliknya, teknik pemupukan yang tidak baik dapat merusak dan menambah biaya pengeluaran yang lebih banyak.

Menurut Bapak Kurniawan selaku Penyuluh Pertanian Muda BPP Kabupaten Nunukan, menjelaskan bahwa sebelum melakukan pemupukan, terlebih dahulu melakukan persiapan sebelum pemupukan yang disebut pra pemupukana

3.1.3 Metode Pemupukan

Usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi tanaman yaitu melalui metode pemberian pupuk yang tepat. Terdapat beberapa cara aplikasi pemupukan, diantaranya adalah dengan cara disebar, dengan cara ditugal serta dengan cara dikocor, dimana masing-masing cara aplikası pemupukan int memberikan hasıl yang berbeda bagi pertumbuhan dan hasil tanaman (J. Prummel 2009)

Berikut beberapa metode pemupukan yang bisa dilakukan petani.

1. Disebar (broadcasting)

Pemupukan dilakukan dengan cara meyebar pupuk secara merata pada tanah-tanah di sekitar pertanaman atau pada waktu pembajakan/penggaruan terakhir.Pemupukan dengan cara disebar biasanya dilakukan sehari sebelum tanam, kemudian diinjak-injak agar pupuk masuk ke dalam tanah. Cara pemupukan ini biasanya digunakan untuk memupuk tanaman padı, kacang-kacangan dan lain-lain yang mempunyai jarak tanam rapat.

2.Larikan atau Barisan (ring placement)

Pemupukan dilakukan dengan cara menaburkan pupuk di antara larikan tanaman. Untuk tanaman tahunan, pupuk bisa ditaburkan melingkarı tanaman dengan jarak tegak lurus dengan daun terjauh (tajuk daun).

Cara ini dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- pupuk yang digunakan relatif sedikit,
- Jarak tanam antartanaman yang dipupuk cukup jarang dan jarak antara barisan
- pertanaman cukup jarang.
- kesuburan tanah rendah,
- tanaman dengan perkembangan akar yang sedikit.
- untuk tanah tegalan atau darat.

3.Ditempatkan dalam Lubang (spot placement)

Pemupukan ini dilakukan dengan cara memebenamkan pupuk ke dalam lubang di samping batang sedalam kurang lebih 10 cm dan ditutup dengan tanah. Atau bisa juga dikocor dengan cara menyiramkan pupuk jarak 5-10 cm dari pangkal batang.

4.Pemupukan Melalui Daun Tanaman (Spraying)

Pemupukan ini dilakukan dengan cara melarutkan pupuk dalam air dengan konsentrasi sangat rendah kemudian disemprotkan langsung pada daun dengan alat penyemprot biasa (hand sprayer).

Sebelum melakukan penyemprotan, ada beberapa hal yang harus diperhatikan

- Konsentrasi larutan pupuk yang dibuat harus sangat rendah atau mengikuti petunjuk dalam kemasan pupuk. Jika konsentrasinya lebih rendah darı anjuran maka untuk mengimbanginya bisa memperbanyak frekuensi pemupukan, misalnya dari setiap 10 harı bisa dipercepat jadi seminggu sekali.
- Pupuk daun disemprotkan ke bagian daun yang menghadap ke bawah karena mulut daun (stomata) umumnya menghadap ke bawah atau bagaim punggung daun.
- Pupuk hendaknya disemprotkan ketika matahari tidak sedang terik-teriknya. Paling ideal dilakukan sore atau pagi.

- Penyemprotan pupuk daun tidak dilakukan pada saat hujan, karena beresiko pupuk daun akan habis tercuci oleh air hujan.

3.1.4 Cara Tepat Pemupukan

Tata cara pemupukan yang baik dan benar juga perlu dilakukan, agar proses pemupukan menjadi lebih tepat. Berikut cara pemupukan yang tepat dengan 5 Tepat, yaitu Tepat jenis, Tepat dosis, Tepat waktu, Tepat tempat, dan Tepat cara (Pusluhtan 2015).

a) Tepat jenis

Tepat jenis yaitu pada saat pemupukan haruslah tepat dalam menentukan jenis pupuk apa yang dibutuhkan oleh tanaman. Unsur Urea jika tanaman kekurangan unsur N. SP 36 jika tanaman kekurangan unsur P. Jika pupuk yang digunakan salah, tanaman yang kita pupuk tidak akan bagus.

b) Tepat dosis

Tepat dosis yaitu pada saat pemupukan dosis yang diberikan harus tepat atau sesuai dengan kebutuhan tanaman. Tepat dosis disini dimaksudkan agar dosis yang kita berikan ke tanaman tidak terlalu banyak atau terlalu sedikit jika pemberian pupuk sedikit tanaman masih kekurangan unsur yang dibutuhkan, terlalu banyak tentu tanaman akan over dosis dan bisa menjadi toksic.

c) Tepat waktu

Tepat waktu disini yaitu pada saat pemberian pupuk yang baik dan benar hendaknya disesuaikan kapan tanaman tersebut membutuhkan asupan lebih unsur hara atau pada waktu yang tepat. Hal ini agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal.

d).Tepat tempat

Tepat tempat maksudnya pada saat pemupukan harus memperhatikan tempat atau lokasi tanaman sehingga dapat mengaplikasikan pemupukan secara tepat. Misal lokasi pemupukan berada pada ketinggian dan kecepatan angin besar, maka tidak disarankan. menggunakan pupuk yang berbentuk cair dan disemprotkan. Pemupukan juga memperhatikan cara peletakan pupuk pada tanaman. Hal ini mempengaruhi hasil penyerapan tanaman akan asupan pupuk.

e).Tepat cara

Tepat cara yaitu pada saat pemupukan cara kita harus benar. Cara pemberian pupuk yang salah akan membuat pupuk terbuang sia-sia ataupun tercuci oleh air dan terdenitrifikasi sehingga tidak dapat diserap atau ditangkap langsung oleh tanaman. Untuk itu cara pemupukan harus benar dan tepat sasaran

3.1.6 Pendukung Keberhasilan Pemupukan

Menurut Robbins (2002) teknik kegiatan yang mendukung keberhasilan pemupukan dan pra pemupukan yaitu:

1. Pembersihan piringan dan buka piringan

Merupakan kegiatan membersihkan gulma dan kayu dibawah tajuk tanaman. Proses ini dimaksudkan untuk menghindari persaingan unsur hara dan sanitasi dari pupuk yang diberikan.

2. Pembuatan pasar panen

Pembuatan pasar panen yaitu pembuatan jalan diantara beberapa jejer tanaman sawit untuk memudahkan penebaran pupuk yang akan diaplikasikan pada tanaman.

3. Pembersihan gawangan mati

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, untuk menjaga agar jumlah unsur hara yang ada ditanah tidak berkurang, maka perebut unsur hara seperti gulma dan beberapa tanaman jenis polong-polongan yang menjulur di pohon sawit harus dibersihkan. Setelah semua persiapan pra pemupukan selesai, tahap selanjutnya adalah tips pemupukan yang baik dan benar. Keefektifan dan efisiensi pemupukan ditentukan oleh pengelolaan pemupukan yang tepat.

Selain itu ada tiga hal yang harus dipahami dalam pemupukan tanaman budidaya yaitu: (1) Tanah; (2) Tanaman; dan (3) Pupuk. Ketiganya saling berkaitan dan menunjang untuk menghasilkan tanaman yang benar-benar subur dan produktif (J.B. Lawes 1843).

a.Tanah

Tanah mempunyai arti penting bagi tanaman. Dalam mendukung kehidupan tanaman, tanah memiliki fungsi sebagai berikut:

- Memberikan unsur hara dan sebagai media perakaran.

- Menyediakan air dan sebagai tempat penampungan (reservoar) air.
- Menyediakan udara untuk respirasi akar.
- Sebagai tempat bertumpunya tanaman.

Tanah yang dikehendaki tanaman adalah tanah yang subur. Tanah yang subur adalah tanah yang mampu untuk menyediakan unsur hara yang cocok, dalam jumlah yang cukup serta dalam keseimbangan yang tepat dan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan suatu spesies tanaman.

b. Struktur Tanah

Struktur tanah memang ada bermacam-macam. Akan tetapi, yang dikehendaki ialah struktur tanah yang remah. Keuntungan struktur tanah demikian ialah udara dan air tanah berjalan lancar, temperaturnya stabil. Keadaan tersebut sangat memacu pertumbuhan jasad renik tanah yang memegang peranan penting dalam proses pelapukan bahan organik di dalam tanah. Oleh karena itu, untuk memperbaiki strutur tanah ini dianjurkan untuk diberi pupuk organik (pupuk kandang, kompos, atau pupuk hijau).

Salah satu contoh tanah yang berstruktur jelek adalah tanah liat. Tanah ini tersusun atas partikel-partikel yang cukup kecil. Sangat kecil kalau dibandingkan dengan tanah pasir. Partikel tanah liat kurang lebih sama dengan seperseratus kali partikel tanah pasir. kehalusannya membuat tanah liat cenderung menggumpal, terlebih pada musim hujan, dan amat rakus menghisap air. Jeleknya lagi, tanah liat akan menahan air dengan ketat sehingga keadaannya menjadi lembab dan udara pun berputar cukup lambat. Bila nantinya kering, tanah liat akan menggumpal seperti batu dan sifatnya pun kian kedap terhadap udara. Itu sebabnya kerap kali dijumpai tanah liat banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuat keramik dan batu bata. Tentunya tanaman kalau ditanam pada tanah tersebut, kehidupannya akan menderita karena akarnya tak mampu menembus lapisan tanah padat.

Ada pula tanah yang struktur terlalu porous, seperti tanah pasir. Pada tanah tersebut tanaman juga tidak akan tumbuh subur. Pasalnya, sifat porous tanah tersebut sangat mudals. merembeskan air yang mengangkut zat-zat makanan hingga jauh ke dalam tanah. Akibatnya, zat-zat makanan yang dibutuhkan tanaman tersebut tidak bisa terjangkau oleh akar.

Lalu, mengapa tanaman yang ditanam bukan di tanah pasir dan tanah liat masih saja tumbuh kerempeng seperti kurang makan? Kasus serupa ini memang paling banyak terjadi

dan sering dikeluhkan petani. Ini ada hubungannya dengan kesuburan tanah yang meliputi: kandungan hara, derajat keasaman (pH), pengolahan tanah, dan segi perawatan lain.

c.PH Tanah

Menurut Sorensen (1909) pH tanah sangat penting untuk pemupukan salah satunya sebagai berikut:

a. Menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman. Umumnya unsur hara yang diserap oleh akar pada pH 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara mudah larut dalam air.
b. Derajat keasaman atau pH tanah juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Pada tanah masam. Banyak ditemukan unsur aluminiun yang selain bersifat racun juga mengikat phosphor, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Pada tanah masam unsur-unsur mikro menjadi mudah larut sehingga ditemukan unsur mikro, seperti Fe, Zn, Mn, Cu dalam jumlah yang terlalu besar. Akibatnya juga menjadi racun bagi tanaman. Pada tanah alkali, ditemukan juga unsur yang dapat meracuni tanaman, yaitu natrium (Na) dan molibdenum (Mo).
c. Derajat keasaman atau při tanah sangat mempengaruhi perkembangan mikroorganisme di dalam tanah. Pada pH 5.5-7 bakteri dan jamur pengurai bahan organik dapat berkembang dengan baik.

Dapat disimpulkan, secara umum pH yang ideal bagi pertumbuhan tanaman adalah mendekati netral (6,5-7). Namun, kenyataannya setiap jenis tanaman memiliki kesesuaian pH yang berbeda-beda seperti yang tertera.

Tindakan pemupukan tidak akan efektif apabila pH tanah diluar batas optimum. Pupuk yang telah ditebarkan tidak akan mampu diserap tanaman dalam jumlah yang diharapkan. Karenanya, pH tanah sangat penting diketahui jika efisiensi pemupukan ingin dicapai. Pemilihan jenis pupuk tanpa mempertimbangkan pH tanah juga dapat memperburuk pH tanah.

3.1.5 Klasifikasi Pupuk

Pupuk merupakan bahan atau zat nutrisi (baik anorganik maupun organik) yang dipasok atau ditambahkan pada tanaman agar tanaman tersebut berkembang dan mendapatkan hasil yang optimal. Pupuk yang dibutuhkan oleh tanaman untuk meningkatkan nutrisi dalam tanah. Pupuk dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu pupuk alami dan pupuk sintetis (Prihmantoro dalam Mirnaini, 2013).

a. Pupuk alam (Organik)

Pupuk alam atau pupuk organik merupakan pupuk yang terbentuk dari penguraian sisa-sisa tanaman, hewan, dan manusia. Pupuk organik memiliki keunggulan sebagai berikut (Lingga dan Marsono, 2013):

1. Memperbaiki struktur tanah.

2. Menaikkan daya serap tanah terhadap air.

3. Menaikkan kondisi kehidupan dalam tanah.

4 Sebagai sumber zat makanan dalam tanah.

b. Pupuk Buatan (Anorganik)

Pupuk anorganik adalah pupuk yang dibuat oleh pabrik-pabrik pupuk dengan meramu bahan-bahan kimia (anorganik) berkadar hara tinggi. Pupuk anorganik memiliki bentuk, warna dan cara penggunaan yang beragam. Keanekaragaman pupuk anorganik sangat menguntungkan petani yang memahami aturan pakai, sifat sifat dan manfaatnya bagi tanaman.

Adapun keuntungan dari penggunaan pupuk anorganik adalah sebagai berikut (Lingga dan Marsono, 2013):

1. Pemberian dapat terukur dengan tepat karena pupuk anorganik biasanya memiliki takaran hara yang pas.

2. Kebutuhan tanaman akan hara dapat dipenuhi dengan perbandingan yang tepat.

3. Pupuk anorganik dapat tersedia dalam jumlah cukup atau mudah didapatkan dalam jumlah yang diinginkan.

4. Proses pengangkutan pupuk anorganik lebih mudah karena relatif sedikit dibandingkan pupuk organik.

3.2 Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma merupakan salah satu komponen kunci dalam sistem pengelolaan kebun kelapa sawit yang berkelanjutan dan berorientasi pada efisiensi produksi jangka panjang. Keberhasilan budidaya kelapa sawit, khususnya pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM), sangat ditentukan oleh kemampuan pengelola kebun dalam menekan kompetisi gulma secara efektif dan efisien sejak awal pertumbuhan tanaman. Pada fase ini, tanaman kelapa sawit masih memiliki sistem perakaran dan tajuk yang belum berkembang optimal, sehingga daya saingnya terhadap gulma relatif rendah dibandingkan fase tanaman menghasilkan.

Gulma yang tidak dikendalikan dengan baik dapat menurunkan produktivitas lahan melalui persaingan langsung dalam pemanfaatan sumber daya lingkungan, seperti cahaya matahari, air, dan unsur hara tanah. Selain itu, keberadaan gulma dalam populasi tinggi dapat meningkatkan biaya operasional perkebunan akibat kebutuhan pengendalian berulang serta penggunaan input tambahan. Kondisi ini juga berpotensi memperbesar risiko gangguan biotik lainnya, karena beberapa jenis gulma dapat berperan sebagai inang alternatif bagi hama dan penyakit tanaman kelapa sawit.

Oleh karena itu, pengendalian gulma tidak hanya dipandang sebagai kegiatan pemeliharaan rutin, tetapi sebagai strategi manajemen yang terintegrasi dalam sistem budidaya kelapa sawit. Pendekatan pengendalian yang tepat, terencana, dan berkelanjutan akan berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pemanfaatan lahan, stabilitas pertumbuhan tanaman, serta pencapaian produktivitas optimal pada fase tanaman menghasilkan, sebagaimana ditegaskan dalam berbagai kajian pengelolaan gulma pada perkebunan kelapa sawit (Purba, 2020; Stone, 2023; Iskandar, 2022).

3.2.1 Pengertian Dan Tujuan Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma adalah serangkaian tindakan terencana yang bertujuan untuk mengurangi dominasi gulma sehingga keberadaannya berada di bawah ambang ekonomi yang merugikan tanaman utama. Dalam konteks perkebunan kelapa sawit, pengendalian gulma tidak dimaksudkan

untuk menghilangkan gulma secara total, melainkan menekan populasinya agar tidak mengganggu proses fisiologis tanaman sawit.

Tujuan utama pengendalian gulma meliputi:

1. Mengurangi persaingan antara gulma dan tanaman kelapa sawit dalam memperoleh cahaya, air, dan unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan (Stone, 2023).
2. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya lahan, terutama air dan nutrisi tanah, sehingga penyerapan oleh tanaman sawit menjadi lebih optimal.
3. Menurunkan potensi berkembangnya hama dan penyakit, karena beberapa jenis gulma dapat berperan sebagai inang alternatif patogen atau serangga pengganggu.

Pengendalian gulma menjadi sangat krusial pada fase TBM karena sistem perakaran sawit masih belum berkembang sempurna dan daya saing tanaman terhadap gulma relatif rendah. Oleh karena itu, strategi pengendalian yang tepat sejak awal akan menentukan kualitas pertumbuhan tanaman hingga memasuki fase menghasilkan (Purba, 2020).

3.2.2 Peranan Dan Dampak Gulma Terhadap Tanaman Kelapa Sawit

Pengendalian gulma merupakan serangkaian tindakan yang direncanakan secara sistematis dengan tujuan menekan dominasi gulma agar keberadaannya berada di bawah ambang ekonomi yang dapat merugikan tanaman utama. Dalam sistem budidaya kelapa sawit, pengendalian gulma tidak diarahkan untuk menghilangkan gulma secara keseluruhan, melainkan mengelola populasinya sehingga tidak mengganggu proses fisiologis, pertumbuhan, dan perkembangan tanaman sawit secara optimal.

Tujuan utama pengendalian gulma meliputi beberapa aspek penting, antara lain:

1. Mengurangi tingkat persaingan antara gulma dan tanaman kelapa sawit dalam memperoleh cahaya, air, serta unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan dan pembentukan biomassa tanaman (Stone, 2023).
2. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya lahan, khususnya ketersediaan air dan nutrisi tanah, sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman kelapa sawit dapat berlangsung secara maksimal dan lebih terarah.
3. Menekan potensi berkembangnya hama dan penyakit tanaman, mengingat beberapa jenis gulma berfungsi sebagai inang alternatif bagi patogen maupun serangga pengganggu yang dapat menurunkan kesehatan tanaman kelapa sawit.

Pengendalian gulma menjadi sangat krusial pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) karena pada tahap ini sistem perakaran dan tajuk tanaman kelapa sawit masih belum berkembang

secara sempurna. Kondisi tersebut menyebabkan daya saing tanaman terhadap gulma relatif rendah, sehingga risiko terjadinya kompetisi sumber daya menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, penerapan strategi pengendalian gulma yang tepat dan konsisten sejak awal pertumbuhan tanaman akan sangat menentukan kualitas pertumbuhan vegetatif dan kesiapan tanaman kelapa sawit dalam memasuki fase menghasilkan (Purba, 2020).

3.2.3 Jenis - Jenis Gulma Pada Perkebunan Kelapa Sawit

Gulma yang berkembang di perkebunan kelapa sawit umumnya merupakan tumbuhan berpembuluh yang memiliki tingkat adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan perkebunan. Karakteristik utama gulma di areal kelapa sawit meliputi laju pertumbuhan yang cepat, sistem perakaran yang kuat dan agresif, serta kemampuan menyebar dan mendominasi ruang tumbuh di bawah tajuk tanaman, khususnya pada fase Tanaman Belum Menghasilkan.

Berdasarkan morfologi dan siklus hidupnya, beberapa kelompok gulma yang umum dijumpai di perkebunan kelapa sawit antara lain:

1. Gulma rumput-rumputan (Poaceae), seperti *Ottochloa nodosa*, yang memiliki kemampuan regenerasi tinggi, toleran terhadap pemotongan, dan cepat menutupi permukaan tanah.
2. Gulma berdaun lebar (broadleaf), yang umumnya memiliki sistem perakaran lebih kuat serta kemampuan bersaing tinggi dalam penyerapan unsur hara dan air.
3. Gulma semusim dan tahunan, yang ditandai oleh kemampuan berkecambah cepat, menghasilkan biji dalam jumlah besar, serta memiliki siklus hidup yang mendukung penyebaran luas di areal perkebunan (Mawandha, 2022).

Keanekaragaman jenis gulma tersebut menuntut penerapan strategi pengendalian yang spesifik, selektif, dan adaptif terhadap karakteristik masing-masing gulma. Hal ini disebabkan setiap kelompok gulma menunjukkan respons yang berbeda terhadap metode pengendalian, baik secara mekanis, kultur teknis, maupun kimia, sehingga pemilihan teknik yang tepat menjadi faktor penting dalam keberhasilan pengendalian gulma secara berkelanjutan (Stone, 2023; Andriani, 2024).

3.2.4 Pengendalian Gulma Pada Tanaman Belum Menghasilkan (Tbm)

Prinsip pengendalian gulma pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) difokuskan pada upaya melindungi pertumbuhan awal tanaman kelapa sawit agar dapat berkembang secara optimal tanpa mengalami tekanan kompetisi gulma yang berlebihan. Pada tahap ini, tanaman sawit masih

berada dalam fase adaptasi dan pembentukan sistem perakaran serta tajuk, sehingga sangat sensitif terhadap gangguan dari gulma.

Prinsip utama yang diterapkan dalam pengendalian gulma TBM meliputi:

- Menekan tingkat persaingan gulma secara efektif dan terarah tanpa menimbulkan kerusakan fisik maupun fisiologis pada tanaman utama.
- Meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan bahan kimia, melalui pemilihan metode dan dosis yang tepat.
- Mengutamakan efektivitas pengendalian dalam jangka panjang, sehingga hasil yang dicapai tidak hanya bersifat sementara, tetapi mampu menjaga kondisi lahan tetap kondusif bagi pertumbuhan tanaman sawit.

Pendekatan yang direkomendasikan dalam pengendalian gulma pada TBM adalah pengendalian gulma terpadu atau *Integrated Weed Management*, yaitu pengombinasian berbagai metode pengendalian seperti mekanis, kultur teknis, kimia, dan biologis yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan jenis gulma yang dominan. Pendekatan terpadu ini dinilai lebih berkelanjutan, efisien secara ekonomi, serta mampu mengurangi ketergantungan pada satu metode pengendalian tertentu dalam jangka panjang (Stone, 2023; Seng et al., 2024).

3.2.5 Metode Pengendalian Gulma

A. Pengendalian Mekanis

Pengendalian mekanis merupakan metode pengendalian gulma yang dilakukan dengan memanfaatkan tenaga manusia maupun penggunaan alat mekanis untuk membersihkan gulma secara langsung dari areal pertanaman. Kegiatan pengendalian ini meliputi berbagai tindakan fisik, seperti pencabutan gulma hingga ke bagian akar, pembabatan bagian tajuk gulma, serta pengolahan tanah dangkal yang bertujuan merusak sistem perakaran dan menghambat kemampuan gulma untuk tumbuh kembali. Pendekatan ini bekerja secara langsung dengan mengurangi biomassa gulma sehingga tingkat kompetisi terhadap tanaman utama dapat ditekan secara nyata.

Metode pengendalian mekanis relatif efektif diterapkan pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) tahap awal, terutama pada areal dengan tingkat infestasi gulma ringan hingga sedang. Pada tahap ini, ukuran gulma umumnya masih kecil dan sistem perakarannya belum berkembang kuat, sehingga lebih mudah dikendalikan secara fisik. Selain itu, pengendalian mekanis memiliki keunggulan karena tidak melibatkan penggunaan bahan kimia, sehingga relatif aman bagi lingkungan dan tidak menimbulkan residu berbahaya pada tanah maupun tanaman.

Namun demikian, pengendalian mekanis memiliki beberapa keterbatasan, terutama dari sisi kebutuhan tenaga kerja dan keberlanjutan hasil pengendalian. Metode ini memerlukan intensitas tenaga kerja yang tinggi serta harus dilakukan secara berulang, karena sebagian gulma memiliki kemampuan regenerasi yang cepat, baik melalui biji maupun sisa perakaran yang tertinggal di dalam tanah. Apabila tidak dilakukan secara konsisten, gulma dapat tumbuh kembali dalam waktu relatif singkat dan kembali bersaing dengan tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, meskipun efektif pada tahap awal, pengendalian mekanis perlu dikombinasikan dengan metode pengendalian lainnya agar hasil pengendalian lebih bertahan lama dan efisien secara operasional (Purba, 2020).

B. PENGENDALIAN KULTUR TEKNIS

Pengendalian kultur teknis merupakan pendekatan pengelolaan budidaya yang berorientasi pada penciptaan kondisi agroekosistem yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangan gulma, namun tetap mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit secara optimal. Pendekatan ini menitikberatkan pada manipulasi faktor lingkungan melalui penerapan teknik budidaya yang tepatiminimalisir peluang gulma untuk tumbuh, berkembang, dan mendominasi ruang tumbuh sejak fase awal pertanaman. Berbeda dengan pengendalian langsung, kultur teknis bekerja secara preventif dengan memutus siklus hidup gulma melalui pengelolaan lingkungan tumbuh.

Berbagai praktik kultur teknis yang umum diterapkan di perkebunan kelapa sawit meliputi penggunaan mulsa organik, penanaman tanaman penutup tanah, pengaturan jarak tanam, serta manajemen sistem irigasi dan drainase yang tepat. Mulsa organik dan tanaman penutup tanah berfungsi sebagai penghambat fisik dan biologis yang membatasi ruang tumbuh gulma, mengurangi ketersediaan cahaya, serta menekan fluktuasi suhu permukaan tanah. Selain itu, pengaturan jarak tanam yang optimal dapat meningkatkan efisiensi penutupan tajuk tanaman sawit, sehingga secara bertahap mengurangi intensitas cahaya yang mencapai permukaan tanah dan menekan pertumbuhan gulma.

Penggunaan tanaman penutup tanah memiliki peranan yang sangat strategis dalam pengendalian gulma secara kultur teknis. Penutup tanah mampu menghambat penetrasi cahaya matahari ke permukaan tanah, sehingga menurunkan laju perkecambahan biji gulma dan membatasi pertumbuhan gulma baru. Selain berfungsi sebagai penekan gulma, penutup tanah juga berkontribusi dalam menjaga kelembapan tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta memperbaiki struktur tanah. Kondisi tersebut berdampak positif terhadap efisiensi pemanfaatan

unsur hara oleh tanaman kelapa sawit, karena kehilangan hara akibat pencucian dan erosi dapat ditekan secara signifikan (Iskandar, 2022).

Dalam jangka panjang, pengendalian kultur teknis memberikan manfaat ekologis dan ekonomis yang signifikan. Pendekatan ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pengendalian kimia, menekan biaya operasional perkebunan, serta mendukung keseimbangan ekosistem di areal pertanaman. Oleh karena itu, pengendalian kultur teknis tidak hanya berfungsi sebagai metode penunjang, tetapi menjadi komponen penting dalam sistem pengelolaan gulma terpadu yang berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit.

C. PENGENDALIAN KIMIA

Pengendalian kimia merupakan metode pengendalian gulma yang memiliki peran strategis dalam sistem pengelolaan perkebunan kelapa sawit, terutama karena kemampuannya menekan populasi gulma secara cepat, efektif, dan seragam pada areal yang luas. Dalam praktik perkebunan skala besar, metode ini sering menjadi pilihan utama ketika tingkat infestasi gulma tinggi dan pengendalian mekanis atau kultur teknis dinilai kurang efisien dari segi waktu dan biaya. Meskipun demikian, pengendalian kimia bukan sekadar kegiatan penyemprotan herbisida, melainkan suatu proses teknis yang memerlukan perencanaan dan pengelolaan yang cermat agar hasil yang dicapai optimal dan risiko dampak negatif dapat diminimalkan.

Keberhasilan pengendalian kimia sangat ditentukan oleh kesesuaian antara karakteristik gulma sasaran dan bahan aktif herbisida yang digunakan. Setiap jenis gulma memiliki perbedaan morfologi, fisiologi, serta mekanisme toleransi terhadap bahan kimia tertentu, sehingga pemilihan herbisida harus didasarkan pada identifikasi gulma yang akurat. Selain itu, penyesuaian dosis aplikasi menjadi faktor krusial, karena dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan gulma tidak mati sempurna dan berpotensi memicu resistensi, sedangkan dosis yang berlebihan dapat menimbulkan fitotoksisitas pada tanaman kelapa sawit serta meningkatkan residu kimia di lingkungan. Penentuan waktu aplikasi juga berpengaruh besar terhadap efektivitas pengendalian, terutama jika disesuaikan dengan fase pertumbuhan gulma yang paling sensitif terhadap herbisida (Hermanto, 2020).

Di perkebunan kelapa sawit, herbisida berbahan aktif glifosat dan paraquat merupakan jenis yang paling umum digunakan karena spektrum pengendaliannya relatif luas dan aplikasinya praktis. Herbisida tersebut dapat diaplikasikan secara tunggal maupun dalam bentuk *tank mix* untuk meningkatkan efektivitas terhadap berbagai kelompok gulma, baik gulma rumput maupun gulma daun lebar. Penggunaan *tank mix* memungkinkan pengendalian gulma yang lebih menyeluruh,

sekaligus mengurangi peluang beberapa jenis gulma untuk bertahan dan berkembang kembali setelah aplikasi (Lubis, 2024; Pujisiswanto, 2023).

Namun demikian, penggunaan herbisida yang tidak terkontrol dapat menimbulkan berbagai permasalahan jangka panjang, seperti munculnya resistensi gulma, akumulasi residu bahan kimia di tanah dan air, serta gangguan terhadap organisme non-target yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem perkebunan. Oleh karena itu, pengendalian kimia harus diterapkan secara bijaksana sebagai bagian dari pendekatan pengelolaan gulma terpadu. Integrasi pengendalian kimia dengan metode mekanis, kultur teknis, dan biologis menjadi langkah penting untuk menekan ketergantungan terhadap herbisida, menjaga efektivitas pengendalian dalam jangka panjang, serta mendukung keberlanjutan sistem perkebunan kelapa sawit secara ekologis dan ekonomis.

.

D. PENGENDALIAN BIOLOGIS

Pengendalian kimia dilakukan melalui aplikasi herbisida untuk menekan populasi gulma secara cepat dan efektif pada areal yang luas. Keberhasilan metode ini sangat ditentukan oleh ketepatan dalam pemilihan jenis herbisida, penyesuaian dosis, waktu aplikasi yang sesuai, serta kecocokan herbisida dengan jenis gulma sasaran. Kesalahan dalam salah satu aspek tersebut dapat menurunkan efektivitas pengendalian dan berpotensi menimbulkan dampak negatif (Hermanto, 2020).

Herbisida yang umum digunakan di perkebunan kelapa sawit antara lain glifosat dan paraquat, baik diaplikasikan secara tunggal maupun dalam bentuk *tank mix* untuk memperluas spektrum pengendalian terhadap berbagai jenis gulma (Lubis, 2024; Pujisiswanto, 2023). Namun demikian, penggunaan herbisida harus dilakukan secara bijaksana dan terkontrol guna mencegah terjadinya resistensi gulma, residu bahan kimia di lingkungan, serta dampak negatif terhadap organisme non-target.

3.2.6 Waktu Dan Intensitas Pengendalian Gulma

Penentuan waktu dan intensitas pengendalian gulma merupakan faktor kunci yang sangat menentukan tingkat keberhasilan pengendalian di perkebunan kelapa sawit. Pengendalian yang dilakukan pada waktu yang tepat dan dengan intensitas yang sesuai akan lebih efektif dalam menekan populasi gulma serta mencegah terjadinya kompetisi yang merugikan tanaman utama. Sebaliknya, pengendalian yang terlambat atau tidak terjadwal dengan baik dapat menyebabkan gulma berkembang pesat dan sulit dikendalikan.

Pada fase awal Tanaman Belum Menghasilkan (TBM), pengendalian gulma perlu dilakukan dengan frekuensi yang relatif tinggi, umumnya setiap 2–4 minggu. Frekuensi ini bertujuan untuk menekan pertumbuhan gulma sejak tahap persemaian, ketika gulma masih berada pada fase pertumbuhan awal dan lebih mudah dikendalikan. Pengendalian pada tahap ini sangat penting karena tanaman kelapa sawit masih memiliki daya saing yang rendah terhadap gulma, sehingga keberadaan gulma dalam jumlah besar dapat secara langsung menghambat pertumbuhan tanaman (Purba, 2020).

Seiring dengan bertambahnya umur tanaman kelapa sawit, perkembangan tajuk yang semakin lebar akan meningkatkan tingkat naungan alami di permukaan tanah. Kondisi ini secara tidak langsung menghambat perkecambahan dan pertumbuhan gulma baru karena berkurangnya intensitas cahaya matahari yang mencapai permukaan tanah. Oleh karena itu, intensitas dan frekuensi pengendalian gulma dapat dikurangi secara bertahap tanpa mengurangi efektivitas pengendalian. Penjadwalan pengendalian yang tepat dan adaptif terhadap umur tanaman ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan tenaga kerja dan biaya operasional, tetapi juga mendukung pengelolaan perkebunan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

3.2.7 Dampak Pengendalian Gulma Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit

Pengendalian gulma yang efektif terbukti memberikan dampak positif yang sangat signifikan terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan performa fisiologis tanaman kelapa sawit. Tanaman yang terbebas dari tekanan gulma memperoleh ketersediaan sumber daya lingkungan yang lebih optimal, terutama cahaya matahari, air, dan unsur hara esensial. Kondisi ini memungkinkan berlangsungnya proses fotosintesis secara lebih efisien, peningkatan akumulasi biomassa, serta optimalisasi proses metabolisme tanaman. Dampak langsung dari kondisi tersebut tercermin pada peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit, yang ditunjukkan oleh pertambahan tinggi tanaman, pembesaran diameter batang, serta peningkatan jumlah dan kualitas pelepah sebagai indikator utama vigor dan kesehatan tanaman (Iskandar, 2022).

Selain berpengaruh terhadap bagian atas tanaman, pengendalian gulma yang optimal juga berperan penting dalam pembentukan dan perkembangan sistem perakaran kelapa sawit. Lingkungan perakaran yang bebas dari kompetisi gulma memungkinkan akar tanaman utama berkembang lebih luas dan dalam, sehingga efisiensi penyerapan air dan unsur hara meningkat secara signifikan. Sistem perakaran yang kuat ini menjadi fondasi penting bagi ketahanan tanaman

terhadap berbagai cekaman lingkungan, seperti kekeringan, ketidakseimbangan hara, serta fluktuasi kondisi tanah. Dengan demikian, pengendalian gulma secara tidak langsung meningkatkan stabilitas pertumbuhan tanaman pada berbagai kondisi agroekologi.

Dalam perspektif jangka panjang, pengendalian gulma yang dilakukan secara konsisten dan terintegrasi memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan potensi hasil produksi kelapa sawit. Tanaman yang tumbuh optimal sejak fase awal cenderung memasuki fase menghasilkan dengan kondisi fisiologis yang lebih baik, sehingga mampu menghasilkan tandan buah segar dalam jumlah dan kualitas yang lebih tinggi. Selain itu, kondisi tanaman yang sehat dan bebas tekanan gulma berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan input produksi, seperti pupuk dan air, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan biaya produksi per satuan hasil.

Lebih jauh lagi, pengendalian gulma yang efektif berkontribusi terhadap peningkatan kesehatan tanaman secara menyeluruh dan keberlanjutan sistem perkebunan. Dengan menurunnya populasi gulma, risiko keberadaan hama dan penyakit yang memanfaatkan gulma sebagai inang alternatif dapat ditekan, sehingga stabilitas ekosistem perkebunan lebih terjaga. Dalam konteks manajemen perkebunan kelapa sawit, pengendalian gulma tidak hanya berfungsi sebagai kegiatan pemeliharaan teknis, tetapi merupakan strategi manajemen jangka panjang yang berperan penting dalam menjamin produktivitas, umur ekonomis tanaman, serta keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit secara keseluruhan (Stone, 2023).

3.2.8 Aspek Keselamatan Kerja Lingkungan

Dalam pelaksanaan pengendalian gulma, aspek keselamatan kerja dan kelestarian lingkungan merupakan elemen yang tidak dapat dipisahkan dari keberhasilan sistem pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Aktivitas pengendalian, khususnya yang melibatkan penggunaan herbisida, memiliki potensi risiko terhadap kesehatan pekerja, tanaman non-target, serta kualitas lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Oleh karena itu, penerapan prinsip keselamatan dan kehati-hatian menjadi keharusan dalam setiap tahapan kegiatan pengendalian gulma.

Penggunaan herbisida wajib mengikuti petunjuk teknis yang tercantum pada label, termasuk jenis bahan aktif, dosis aplikasi, interval penyemprotan, serta metode pencampuran. Pekerja lapangan harus dibekali dengan alat pelindung diri (APD) yang lengkap, seperti sarung tangan, masker, pelindung mata, sepatu bot, dan pakaian kerja tertutup, guna mengurangi risiko paparan langsung maupun akumulatif terhadap bahan kimia. Pelatihan tenaga kerja mengenai prosedur aplikasi yang aman juga menjadi faktor penting dalam menekan potensi kecelakaan kerja dan dampak kesehatan jangka panjang.

Selain aspek keselamatan pekerja, faktor lingkungan juga perlu mendapat perhatian serius. Aplikasi herbisida sebaiknya dihindari pada kondisi angin kencang dan curah hujan tinggi, karena dapat meningkatkan risiko penyimpangan semprotan (*spray drift*) dan pencucian bahan aktif ke dalam tanah maupun badan air. Kondisi tersebut berpotensi mencemari ekosistem sekitar dan mengganggu organisme non-target. Oleh sebab itu, pengaturan waktu aplikasi, teknik penyemprotan, serta pemilihan peralatan semprot yang sesuai menjadi bagian penting dalam upaya pengendalian gulma yang bertanggung jawab.

Dalam kerangka pengelolaan perkebunan kelapa sawit berkelanjutan, integrasi metode pengendalian gulma yang ramah lingkungan sangat dianjurkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap herbisida. Pengombinasian metode mekanis, kultur teknis, dan biologis dengan penggunaan herbisida secara selektif dan terbatas dapat menjaga keseimbangan ekosistem perkebunan sekaligus mempertahankan efektivitas pengendalian gulma. Pendekatan ini tidak hanya mendukung efisiensi produksi, tetapi juga sejalan dengan prinsip keberlanjutan lingkungan dan tanggung jawab sosial dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit (Lubis, 2024; Stone, 2023).

3.3 Pengendalian Hama Dan Penyakit

3.3.1 pengertian TBM

TBM dalam budidaya kelapa sawit adalah singkatan dari Tanaman Belum Menghasilkan, sebutan untuk tanaman kelapa sawit yang dipelihara sejak bulan penanaman pertama sampai dipanen pada umur 30-36 bulan. Salah satu jenis pekerjaan atau kegiatan yang perlu dilakukan dalam rangka pemeliharaan TBM adalah pengendalian hama dan penyakit.Pengendalian hama dan penyakit sendiri adalah serangkaian kegiatan untuk menjaga tanaman dari gangguan organisme perusak. Tujuan dari pengendalian hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit adalah untuk mendapatkan tanaman yang berkualitas baik.(Artis Admin, 2023)

3.3.2 jenis-jenis hama pada TBM kelapa sawit

Hama : Ulat api (Setothosea asignaVan Eecke)

diserang : daun muda dan tua

Gejala : daun berlubang,berwarna coklat, dan gejala milidi

Dampak : menghambat pertumbuhan, mengganggu fotosintesis dan menyebabkan kematian

Setothosea asigna merupakan ulat yang hidup berkelompok, memakan daun mulai dari ujung kearah bagian pangkal daun hingga habis dan hanya menyisakan tulang daun atau lidi dan sering disebut gejala melidi. Dalam kondisi yang sangat parah tanaman akan kehilangan daun hingga 50% - 90% dan pohon menjadi mati. Anak daun pada ujung pelepah adalah bagian yang paling disukai hama ini. Umumnya gejala serangan dimulai dari daun bagian bawah hingga akhirnya helaian daun berlubang habis dan bagian yang tersisa hanya tulang daun saja. S.asigna mampu mengkonsumsi 300- 500 helai daun sawit perhari. Bekas serangan terlihat jelas seperti jendela-jendela memanjang pada helalian daun, sehingga akhirnya daun yang terserang berat akan mati kering seperti bekas terbakar.(Turnip & Al Fajar, 2021)

Hama : Ulat kantong (Metisa plana)

diserang : daun/pelepah

Gejala : daun berlubang, bergerigi tidak beraturan dan daun menjadi kering

Dampak : penurunan luas permukaan daun, mengganggu fotosintesis, dan mati

Ulat Kantong (metisa plana) adalah salah satu hama utama yang paling merugikan dalam perkebunan kelapa sawit, menyerang tanaman mulai dari fase muda (TBM) hingga menghasilkan (TM). Ciri khas hama ini adalah larvanya hidup dan makan di dalam kantong pelindung yang terbuat dari potongan daun yang dijalin dengan benang sutra. Ulat kantong merusak tanaman dengan memakan helaian daun secara rakus, meninggalkan bekas gigitan yang berlubang hingga menyisakan hanya lidi pada serangan berat (defoliasi). Kerusakan ini sangat menghambat proses fotosintesis, menyebabkan pertumbuhan tanaman muda terganggu, dan pada tanaman dewasa dapat memicu penurunan produksi Tandan Buah Segar (TBS) secara signifikan (hingga 50% atau lebih) dalam dua tahun pasca serangan.(Turnip & Al Fajar, 2021)

Hama : kumbang tanduk (Orytes rhinoceros)

Diserang : pucuk tanaman

Gejala : daun membentuk potongan segitiga

Dampak : kematian titik tumbuh, menghambat pertumbuhan.

Kumbang tanduk merupakan hama yang utama menyerang tanaman kelapa sawit di Indonesia, khususnya di areal tanaman belum menghasilkan (TBM) kelapa sawit.O.Rhinoceros menggerek pucuk kelapa sawit yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan rusaknya titik tumbuh sehingga mematikan tanaman . Hama ini sangat merusak tanaman kelapa sawit dan tersebar luas di seluruh wilayah Indonesia hingga Asia Tenggara, Pasifik, dan daerah sentra pertanaman kelapa.O.rhinoceros terutama menyerang tanaman kelapa yang kurang terawat dan dapat menyebabkan kerusakan yang sangat serius. Gejala tanaman yang terserang nampak daunnya membentuk potongan segitiga akibat dimakan hama ini.(Turnip & Al Fajar, 2021)

Hama : Rayap tanah (Coptotermes curvignathus)

diserang : Akar dan pangkal batang

Gejala : Tanaman layu mendadak, batang kelapa sawit berlubang

Dampak : Kematian pada tanaman.

Rayap tanah adalah hama perusak pangkal batang dan akar kelapa sawit muda (TBM), terutama di area yang masih banyak sisa kayu. Hama ini menyerang jaringan vaskular tanaman dari dalam tanah, yang sering kali ditandai dengan ditemukannya terowongan lumpur pada pangkal batang. Dampak utamanya adalah gangguan transportasi air dan nutrisi, yang menyebabkan tanaman mendadak layu, kering, dan akhirnya mati, sehingga memerlukan biaya penyulaman tinggi.

Hama : Tikus (Rattus tiomanicus)

diserang : Pangkal batang,pelepah muda (titik tumbuh)

Gejala : Bekas gigitan pangkal batang,pelepah, layu, daun menguning

Dampak : Kerusakan pucuk,menghambat pertumbuhan tanaman muda.

Tikus merupakan hama yang dapat menyerang tanaman kelapa sawit pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM). Hama ini umumnya merusak bagian pangkal batang dan akar tanaman dengan cara menggigit jaringan tanaman. Gejala serangan tikus ditandai dengan adanya bekas gigitan pada pangkal batang, tanaman tampak layu, daun menguning, dan pada serangan berat

tanaman dapat mati. Serangan tikus dapat mengganggu penyerapan air dan unsur hara sehingga pertumbuhan tanaman TBM menjadi terhambat.

Hama : Babi Hutan (Sus scrofa)

diserang : Pangkal batang/bonggol

Gejala : Tanaman tercabut,tanaman layu

Dampak : akar tanaman rusak, menghambat pertumbuhan, kerusakan fisik dan mati

Babi Hutan menyebabkan kerusakan mekanis yang parah pada kelapa sawit muda (TBM) dengan cara menggali dan memakan pangkal bonggol tanaman. Serangan ini umumnya bersifat lokal namun dapat menghancurkan sejumlah besar tanaman dalam waktu singkat, ditandai dengan tanaman yang tercabut dan area galian di sekitar pokok. Akibatnya, babi hutan menjadi penyebab signifikan tingginya angka kematian tanaman dan biaya penyulaman di awal penanaman.

Hama : Tungau Merah (Tetranychus urticae)

diserang : Permukaan daun (terutama bagian bawah)

Gejala : Daun berwarna kuning keputihan, muncul bintik-bintik

Dampak : Penurunan kemampuan fotosintesis, pertumbuhan terhambat

Tungau merah (Tertacnychus bimaculatus) adalah hama yang menyerang daun pada perkebunan kelapa sawit. Tungau ini berukuran 0,5 mm hidup di sepanjang tulang anak daun sambil mengisap cairan daun sehingga warna daun berubahmenjadi mengkilat berwarna kecoklatan. Hama ini berkembang pesat dan membahayakan dalam keadaan cuaca kering pada musim kemarau. Tertacnychus bimaculatus biasanya selalu ada pada setiap daun, baik daun pada tanaman yang sudah menghasilkan (TM) maupun tanaman belum menghasilakan (TBM). Tungau bersembunyi dibalik daun, serangan ditandai dengan adanya muncul bitnik kuning dipermukaan daun.(Turnip & Al Fajar, 2021)

3.3.3 jenis-jenis penyakit pada TBM kelapa sawit

Penyakit : Tajuk (Crown Disease)

Diserang : Daun muda

Gejala : Pelepah bengkok tidak membuka sempurna,daun tombak busuk,bercak

Dampak : Daun muda rusak, tajuk membusuk, pertumbuhan terhambat.

Crown Disease atau penyakit tajuk merupakan jenis penyakit yang disebabkan oleh faktor genetis tanaman kelapa sawit. Gejala penyakit ini berupa munculnya pelepah yang bengkok dan tidak dapat membuka dengan sempurna.Selain itu, gejala penyakit tajuk juga terlihat pada daun tombak yang belum membuka dimana ada pembusukan berwarna coklat yang menyebar dari bagian tengah dan menyebabkan anak daun tanaman menjadi terputus-putus.Gejala penyakit tajuk pada bagian pelepah yang tidak membuka. Pada bagian ini, seringkali ditemukan pembusukan dan juga adanya bercak-bercak yang ditumbuhi oleh berbagai cendawan sekunder (jamur).(Arvis Admin, 2023)

Penyakit : Busuk Pangkal Batang (BPB)

Diserang : Pangkal batang dan akar kelapa sawit

Gejala : Akumulasi daun tombak, tajuk menguning, jaringan pangkal membusuk

Dampak : pertumbuhan tidak seragam, daun menguning, layu, akar rusak dan mati

Penyakit busuk pangkal batang merupakan salah satu penyakit paling merugikan pada tanaman kelapa sawit yang disebabkan oleh jamur Ganoderma boninense. Penyakit ini menyerang sistem perakaran dan pangkal batang sehingga mengganggu proses penyerapan air dan unsur hara. Gejala awal yang tampak antara lain pertumbuhan tanaman yang terhambat, daun menguning, dan tajuk menjadi jarang. Pada stadium lanjut, bagian pangkal batang mengalami pembusukan, jaringan kayu menjadi rapuh, dan sering ditemukan tubuh buah jamur Ganoderma di sekitar pangkal batang. Penyakit ini dapat menyebabkan tanaman roboh dan mati, sehingga menurunkan populasi tanaman serta produktivitas kebun, baik pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) maupun Tanaman Menghasilkan (TM) (Semangun, 2008; Susanto et al., 2013)

Penyakit : Busuk Akar

Diserang : Sistem perakaran

Gejala : Tanaman layu, daun menguning, akar membusuk

Dampak : Pertumbuhan terhambat, tanaman mati

Penyakit busuk akar merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman kelapa sawit fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) yang disebabkan oleh jamur patogen tanah, seperti Pythium spp., Phytophthora spp., dan Ganoderma spp. Penyakit ini menyerang sistem perakaran sehingga mengganggu penyerapan air dan unsur hara. Gejala awal yang tampak meliputi tanaman layu, pertumbuhan terhambat, serta daun menguning. Pada serangan lanjut, akar mengalami pembusukan, berwarna cokelat kehitaman, dan kehilangan fungsi fisiologisnya, yang akhirnya menyebabkan tanaman mati. Busuk akar umumnya berkembang pada kondisi tanah dengan drainase buruk dan kelembapan tinggi, sehingga menjadi faktor pembatas utama keberhasilan pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada fase TBM (Semangun, 2008; Susanto et al., 2013).

Penyakit : Bercak Daun

Diserang : Daun

Gejala : Bercak cokelat atau hitam pada daun, jaringan daun mengering

Dampak : Fotosintesis terganggu, pertumbuhan melambat

Penyakit bercak daun merupakan salah satu masalah yang sering menyerang tanaman kelapa sawit, terutama pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) di pembibitan. Penyakit ini umumnya disebabkan oleh jamur dari genus Curvularia, yang menyerang permukaan daun dengan gejala bercak-bercak berwarna kuning hingga cokelat yang kemudian dapat menyatu dan meluas seiring perkembangan penyakit. Serangan bercak daun mengurangi luas permukaan daun yang aktif berfotosintesis sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terganggu dan potensi produksi menurun. Penelitian di berbagai lokasi pembibitan menunjukkan bahwa Curvularia sp. sering menjadi penyebab utama penyakit bercak daun dengan intensitas serangan yang signifikan pada bibit kelapa sawit, sehingga memerlukan strategi pengelolaan yang tepat untuk menekan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman muda (Usodri et al., 2022; Tarigan & Wiraguna, 2023).

3.3.4.Metode pengendalian hama TBM kelapa sawit

A. Pengendalian Kultur Teknis

Pengendalian kultur hama pada tanaman belum menghasilkan (TBM) kelapa sawit adalah bagian dari pengendalian hama terpadu (PHT) yang menekankan pada teknik budidaya yang tepat — seperti sanitasi kebun, pengelolaan sisa tanaman, pemeliharaan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi hama, serta pemantauan populasi hama secara rutin — sehingga serangan hama dapat ditekan sejak dini tanpa bergantung penuh pada pestisida. Pendekatan ini mencakup kombinasi tindakan preventif dan mekanis untuk menurunkan populasi organisme pengganggu tanaman (OPT) dan menjaga kesehatan tanaman kelapa sawit muda. Penerapan kultur teknis ini merupakan salah satu komponen penting dalam strategi pengendalian hama secara terpadu di perkebunan kelapa sawit, termasuk pada fase TBM, untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama. (Henny Hendarjanti, 2025)

B. Pengendalian Mekanis

Pengendalian mekanis hama TBM kelapa sawit adalah metode pengendalian hama yang dilakukan dengan tindakan fisik langsung tanpa menggunakan bahan kimia, misalnya pengambilan/musnahkan hama secara manual, pembersihan kebun dari sumber hama, pemasangan perangkap buah (fruit-trap) untuk menangkap hama seperti kumbang tanduk, serta sanitasi kebun untuk menghilangkan tempat berlindung hama. Tujuannya adalah menekan populasi hama pada tanaman belum menghasilkan dan mencegah serangan yang luas dengan cara sederhana, ramah lingkungan, dan terukur. Metode ini sering dipadukan dalam strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) bersama teknik lain untuk hasil yang lebih efektif.(Makhrani Sari Ginting, Eka Bobby Febrianto, Guntoro Ari Pratama, 2022)

C. Pengendalian Biologis

Pengendalian biologis hama TBM kelapa sawit adalah metode pengendalian yang memanfaatkan musuh alami hama atau mikroorganisme patogen seperti jamur entomopatogen (Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae) atau predator alami untuk menekan populasi hama secara ekologis tanpa penggunaan insektisida kimia, sehingga menjaga keseimbangan ekosistem dan

mendukung produksi yang berkelanjutan. Agen hayati ini bekerja dengan infeksi atau memakan hama sasaran, yang menurunkan tingkat serangan hama pada tanaman belum menghasilkan (TBM) kelapa sawit. Pendekatan ini merupakan bagian penting dari strategi Pengendalian Hama Terpadu (Integrated Pest Management).(Siti Herlinda, 2019)

D. Pengendalian Kimia

Pengendalian kimia hama TBM kelapa sawit adalah metode pengendalian yang dilakukan dengan penggunaan pestisida kimia (misalnya insektisida) untuk menekan populasi hama pada tanaman belum menghasilkan (TBM) ketika serangan hama sudah melebihi ambang ekonomi. Aplikasi kimia dilakukan dengan memilih jenis insektisida yang tepat, dosis dan cara aplikasi yang benar agar efektif terhadap hama sasaran seperti kumbang tanduk atau ulat pemakan daun, sekaligus meminimalkan dampak negatif pada lingkungan dan organisme bukan sasaran. Pengendalian kimia biasanya diterapkan sebagai bagian dari strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) ketika metode lain belum cukup efektif.(Direktorat Jendral Perkebunan, 2020)

3.3.5 metode pengendalian penyakit TBM kelapa sawit

A. Pencegahan Penyakit

Pencegahan penyakit dilakukan melalui pengelolaan kebun yang baik sejak awal penanaman, seperti pemantauan rutin, pengendalian kelembapan, dan pengelolaan lingkungan kebun agar tidak mendukung perkembangan patogen. Upaya pencegahan lebih efektif dibandingkan pengendalian setelah penyakit berkembang pada TBM kelapa sawit (Untung, 2019).

B. Penggunaan Bibit Sehat

Penggunaan bibit sehat pada tanaman belum menghasilkan (TBM) kelapa sawit adalah pemilihan dan penggunaan bibit yang bermutu tinggi, bebas hama-penyakit, seragam pertumbuhannya, dan sesuai standar agronomi, karena bibit sehat merupakan faktor utama dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan awal, daya adaptasi di lapangan, serta potensi hasil produksi kelapa sawit di kemudian hari. Pemanfaatan bibit yang sehat dan unggul akan meningkatkan persentase hidup tanaman serta efisiensi usaha tani dalam fase TBM.(Ida Nur Istani, Maripul, 2009)

C. Sanitasi dan Drainase

Sanitasi dan drainase pada TBM kelapa sawit adalah tindakan pemeliharaan lahan yang bertujuan untuk menciptakan kondisi fisik tanah dan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman, yaitu dengan membersihkan area dari sampah organik atau gulma (sanitasi) yang dapat menjadi sumber penyakit dan hama, serta mengatur dan memindahkan aliran air melalui sistem saluran drainase agar tanah tidak mengalami genangan berlebihan maupun kekeringan. Kombinasi sanitasi dan pengelolaan drainase membantu mengurangi stres lingkungan pada tanaman TBM, menekan risiko penyakit, serta memperbaiki aerasi dan ketersediaan air di zona perakaran sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi lebih baik (Suryadi,Wahyuni, 2021).

D. Penggunaan Agen Hayati (Trichoderma sp.)

Penggunaan agen hayati Trichoderma sp. pada TBM kelapa sawit adalah pemanfaatan jamur antagonis Trichoderma sebagai biokontrol untuk menekan patogen penyebab penyakit pada bibit atau tanaman muda kelapa sawit, terutama untuk menghambat perkembangan jamur penyebab busuk pangkal batang seperti Ganoderma boninense, sehingga membantu meningkatkan kesehatan bibit dan menurunkan ketergantungan pada fungisida kimiawi. (Alviodinasyari et al., 2015)

E. Penggunaan Fungisida (Jika Perlu)

Penggunaan fungisida pada TBM kelapa sawit adalah aplikasi bahan kimia berupa fungisida untuk mengendalikan penyakit jamur seperti bercak daun (Curvularia sp.) pada fase pembibitan utama (main nursery) dan tanaman belum menghasilkan, dengan tujuan menekan intensitas serangan patogen sehingga pertumbuhan vegetatif bibit tetap optimal dan mortalitas rendah. Fungisida yang umum diuji meliputi formulasi kombinasi seperti azoxystrobin + tebuconazole dan propineb yang terbukti memberikan kontrol penyakit yang lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan. (Tarigan,Wiraguna, 2024)

3.3.6 Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada TBM kelapa sawit

A. Pengertian Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) TBM kelapa sawit adalah pendekatan pengendalian hama yang menggabungkan berbagai strategi seperti monitoring (pemantauan serangan), tindakan fisik (mekanis), penggunaan musuh alami (biologis), teknik budidaya yang tepat (cultural control), serta penggunaan pestisida yang selektif hanya bila diperlukan. Tujuan PHT adalah menekan populasi hama di bawah ambang kerugian ekonomi dengan dampak lingkungan minimal, melalui penerapan komponen yang saling melengkapi secara berkelanjutan pada tanaman belum menghasilkan. Penerapan IPM menekankan pengetahuan, monitoring, dan keputusan berbasis ambang ekonomi daripada penggunaan bahan kimia secara rutin. (Sagala, Triwidodo,Widodo, 2024).

B. Prinsip-Prinsip PHT pada TBM Kelapa Sawit

mencakup serangkaian pendekatan yang bertujuan mengendalikan hama secara berkelanjutan, ramah lingkungan, dan ekonomis, dengan menekankan pemeliharaan agroekosistem yang sehat serta tindakan terpadu yang saling melengkapi. Prinsip-prinsip utamanya adalah:

1. Budidaya tanaman yang sehat dan kuat untuk mengurangi serangan hama. Pelestarian musuh alami dan agen hayati.
2. Pemantauan dan evaluasi secara berkala (monitoring) untuk menentukan perlu atau tidaknya tindakan pengendalian
3. Pngambilan keputusan berdasarkan ambang ekonomi dan kondisi lapangan, sehingga penggunaan pestisida diminimalkan dan hanya dilakukan bila diperlukan. Pendekatan ini memungkinkan pengendalian hama secara efektif tanpa ketergantungan penuh pada insektisida kimia.

C. Alasan PHT Lebih Dianjurkan pada TBM Kelapa Sawit

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dianjurkan pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) kelapa sawit karena sistem ini memadukan berbagai metode pengendalian secara seimbang dan berkelanjutan, sehingga dapat menekan populasi hama di bawah ambang ekonomi tanpa ketergantungan penuh pada pestisida kimia. Pendekatan PHT sangat penting pada TBM karena tanaman muda lebih rentan terhadap serangan hama, dan PHT mendorong pemantauan rutin, konservasi musuh alami, serta penggunaan teknik budidaya yang tepat, yang bersama-sama membantu menjaga keseimbangan agroekosistem, menekan biaya pengendalian dan risiko pencemaran lingkungan, serta meningkatkan kesehatan tanaman secara keseluruhan. (Sagala, Triwidodo,Widodo, 2024)

3.3.7 Dampak Pengendalian Hama dan Penyakit Pertumbuhan TBM

Pengendalian hama dan penyakit pada fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) kelapa sawit memberikan dampak signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif dan kesehatan tanaman. Ketika hama dan patogen ditekan secara efektif melalui strategi terpadu — seperti sanitasi lahan, monitoring populasi hama, pemanfaatan musuh alami, serta aplikasi fungisida dan insektisida yang tepat — tekanan biotik terhadap tanaman muda berkurang. Hal ini memungkinkan tanaman untuk menyerap nutrisi, air, dan cahaya secara lebih optimal, sehingga laju pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, jumlah daun, dan perkembangan akar) meningkat serta mortalitas tanaman muda menurun. Sebaliknya, serangan hama atau penyakit yang tidak terkontrol menimbulkan kerusakan pada jaringan tumbuhan, menurunkan efisiensi fotosintesis, dan memperlambat pertumbuhan TBM. — prinsip ini tercermin dalam studi tentang pentingnya pengendalian hama terpadu di kelapa sawit yang menunjukkan bahwa strategi pengendalian yang efektif berdampak positif terhadap pengelolaan populasi hama dan kesehatan tanaman. (Sagala, Triwidodo Widodo, 2024)

3.4 Sanitasi & Pemangkasan

3.4.1 Sanitasi Kelapa Sawit

Sanitasi kebun kelapa sawit adalah upaya menjaga kebersihan kebun dengan cara menghilangkan atau mengelola sumber-sumber yang dapat memicu perkembangan hama dan penyakit. Kegiatan ini penting karena kondisi kebun yang kotor, banyak sisa tanaman busuk, atau tanaman mati dapat menjadi tempat berkembangnya patogen dan serangga pengganggu *(Pahan, 2008)*.

Sanitasi biasanya dilakukan dengan membersihkan pelepah busuk, tandan kosong yang membusuk, gulma berlebihan, serta membuang atau mengisolasi tanaman yang terserang penyakit berat. Tindakan ini bertujuan untuk memutus siklus hidup hama dan penyakit sehingga penyebarannya dapat ditekan secara alami (Lubis, 2008).

Dalam pengendalian penyakit kelapa sawit, sanitasi berperan besar terutama untuk penyakit tular tanah seperti busuk pangkal batang yang disebabkan oleh Ganoderma. Dengan

mengurangi sisa-sisa tanaman terinfeksi di kebun, potensi penularan penyakit ke tanaman sehat dapat diminimalkan *(Corley & Tinker, 2016).*

3.4.2 Pemangkasan Kelapa Sawit

Pemangkasan kelapa sawit adalah kegiatan pemotongan pelepah yang sudah tua, rusak, atau tidak produktif dengan tujuan menjaga keseimbangan pertumbuhan tanaman. Pemangkasan juga berfungsi mempermudah proses panen dan meningkatkan efisiensi kerja di kebun *(Turner& Gillbanks, 2003).*

Pemangkasan yang baik dilakukan secara selektif, artinya hanya pelepah tertentu yang dipotong, sementara pelepah produktif tetap dipertahankan. Jumlah pelepah yang dianjurkan pada tanaman menghasilkan berkisar antara 40–48 pelepah, tergantung umur dan kondisi tanaman. Jumlah ini dianggap optimal untuk mendukung proses fotosintesis dan pembentukan buah *(Pahan, 2008).*

Selain itu, pemangkasan membantu memperbaiki penetrasi cahaya matahari dan sirkulasi udara di sekitar tajuk tanaman. Kondisi ini tidak hanya mendukung pertumbuhan tanaman, tetapi juga mengurangi kelembapan berlebih yang sering menjadi pemicu serangan penyakit *(Lubis, 2008).*

3.4.3 Hubungan Sanitasi Dan Pemangkasan

Sanitasi dan pemangkasan merupakan dua kegiatan pemeliharaan kebun kelapa sawit yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan. Pemangkasan menghasilkan sisa tanaman berupa pelepah dan bagian tanaman lain, sementara sanitasi berperan dalam mengelola sisa-sisa tersebut agar tidak menjadi sumber masalah di kebun. Apabila hasil pemangkasan tidak dikelola dengan baik, maka tujuan sanitasi untuk menjaga kebersihan dan kesehatan kebun tidak akan tercapai *(Pahan, 2008).*

Pemangkasan yang dilakukan secara rutin bertujuan menjaga keseimbangan tajuk dan mendukung produktivitas tanaman. Namun, pelepah yang dipangkas dapat menjadi tempat berkembangnya hama dan penyakit jika dibiarkan menumpuk secara tidak teratur. Oleh karena itu, sanitasi berperan dalam mengatur penempatan pelepah hasil pemangkasan, misalnya dengan

menyusunnya di gawangan mati sehingga tidak mengganggu kebersihan piringan dan jalur panen *(Lubis, 2008)*.

Dengan penerapan sanitasi dan pemangkasan yang tepat dan teratur, kesehatan tanaman kelapa sawit dapat terjaga, risiko serangan hama dan penyakit berkurang, serta produktivitas kebun dapat dipertahankan dalam jangka panjang *(Corley & Tinker, 2016)*.

3.4.4 Waktu Dan Frekuensi Sanitasi Kelapa Sawit

Sanitasi kebun kelapa sawit tidak hanya bergantung pada jenis kegiatannya, tetapi juga pada waktu dan frekuensi pelaksanaannya. Sanitasi sebaiknya dilakukan secara rutin dan terjadwal, terutama setelah panen, musim hujan, atau saat ditemukan gejala awal serangan hama dan penyakit. Kebun yang disanitasi secara berkala cenderung memiliki tingkat serangan penyakit yang lebih rendah dibanding kebun yang jarang dibersihkan *(Turner & Gillbanks, 2003)*.

Pelaksanaan sanitasi yang tidak teratur dapat menyebabkan akumulasi bahan organik busuk dan sisa tanaman yang berpotensi menjadi sumber infeksi. Oleh karena itu, sanitasi sebaiknya menjadi bagian dari program pemeliharaan kebun tahunan, bukan hanya tindakan insidental *(Corley & Tinker, 2016)*.

Pada umumnya, sanitasi kebun kelapa sawit dilakukan secara rutin mengikuti siklus pemeliharaan dan panen. Sanitasi ringan seperti pembersihan pelepah busuk, tandan kosong yang membusuk, dan gulma di piringan dapat dilakukan setiap bulan atau bersamaan dengan kegiatan panen. Hal ini bertujuan menjaga kebersihan area sekitar tanaman dan mencegah terbentuknya tempat berkembang biak hama dan patogen *(Lubis, 2008)*.

Secara keseluruhan, waktu dan frekuensi sanitasi kelapa sawit harus disesuaikan dengan kondisi kebun dan dinamika lingkungan. Sanitasi yang dilakukan secara teratur, tepat waktu, dan berkelanjutan akan membantu menjaga kesehatan tanaman, menekan risiko serangan hama dan penyakit, serta mendukung produktivitas kebun dalam jangka panjang *(Pahan, 2008; Corley &Tinker, 2016)*.

3.4.5 Peralatan Dan Perlengkapan Sanitasi Dan Pemangkasan

Peralatan dan perlengkapan merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan kegiatan sanitasi dan pemangkasan kelapa sawit. Penggunaan alat yang tepat tidak hanya mempermudah pekerjaan di lapangan, tetapi juga berpengaruh terhadap kesehatan tanaman dan

keselamatan tenaga kerja. Alat yang tidak sesuai atau dalam kondisi buruk dapat menyebabkan kerusakan tanaman serta meningkatkan risiko penyebaran penyakit *(Pahan, 2008).*

Keberhasilan sanitasi dan pemangkasan juga dipengaruhi oleh penggunaan alat yang tepat dan teknik kerja yang benar. Alat seperti parang, egrek, dan gancu harus dalam kondisi tajam dan bersih agar hasil potongan rapi serta tidak melukai jaringan tanaman secara berlebihan. Alat yang kotor dapat menjadi media penularan penyakit dari satu tanaman ke tanaman lain *(Lubis, 2008).*

Selain itu, teknik pemotongan pelepah harus dilakukan dekat pangkal pelepah tanpa merusak batang. Pemotongan yang terlalu dalam dapat membuka luka pada batang dan meningkatkan risiko infeksi patogen, terutama pada tanaman dewasa *(Pahan, 2008).*

Selain alat kerja, perlengkapan keselamatan kerja atau alat pelindung diri (APD) juga sangat penting dalam kegiatan sanitasi dan pemangkasan. APD yang umum digunakan meliputi helm, sarung tangan, sepatu keselamatan, dan kacamata pelindung. Penggunaan APD membantu melindungi pekerja dari risiko cedera akibat pelepah jatuh, alat tajam, maupun kondisi lingkungan kebun yang licin dan berlumpur *(Turner & Gillbanks, 2003)*

3.4.6 Aspek Keselamatan Dalam Pemangkasan

Pemangkasan kelapa sawit memiliki risiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi karena melibatkan alat tajam dan pelepah berukuran besar. Oleh sebab itu, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi bagian penting dalam kegiatan pemangkasan. Pekerja dianjurkan menggunakan alat pelindung diri seperti helm, sarung tangan, dan sepatu keselamatan untuk mengurangi risiko cedera *(Turner & Gillbanks, 2003).*

Penerapan K3 yang baik tidak hanya melindungi tenaga kerja, tetapi juga meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi kerugian akibat kecelakaan di kebun. Hal ini menjadikan pemangkasan lebih berkelanjutan dari sisi sosial dan ekonomi *(Corley & Tinker, 2016).*

Aspek keselamatan juga berkaitan dengan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pekerja pemangkasan dianjurkan menggunakan helm untuk melindungi kepala dari pelepah jatuh, sarung tangan untuk melindungi tangan dari luka, serta sepatu keselamatan untuk mencegah cedera akibat benda tajam atau permukaan kebun yang licin. Penggunaan APD secara konsisten terbukti dapat menurunkan tingkat kecelakaan kerja di perkebunan *(Turner & Gillbanks, 2003).*

Penggunaan alat pemangkasan juga berpotensi menimbulkan kecelakaan apabila tidak digunakan dengan benar. Alat seperti egrek dan dodos harus dalam kondisi tajam dan terawat agar tidak memerlukan tenaga berlebihan saat digunakan. Alat yang tumpul justru meningkatkan risiko terpeleset atau kehilangan kendali saat memotong pelepah, yang dapat menyebabkan luka pada pekerja *(Lubis, 2008)*.

3.4.7 Dampak Sanitasi Dan Pemangkasan Terhadap Lingkungan Kebun

Sanitasi dan pemangkasan yang dikelola dengan baik dapat memberikan dampak positif terhadap lingkungan kebun. Pelepah hasil pemangkasan yang disusun secara teratur di gawangan mati berfungsi sebagai mulsa alami yang membantu menjaga kelembapan tanah, menekan pertumbuhan gulma, serta meningkatkan kandungan bahan organik tanah *(Pahan, 2008)*.

Namun, sanitasi yang dilakukan secara berlebihan, misalnya dengan membakar sisa tanaman, dapat merusak lingkungan dan menurunkan kualitas tanah. Oleh karena itu, pengelolaan hasil sanitasi sebaiknya mengedepankan prinsip ramah lingkungan dan konservasi tanah *(Lubis, 2008)*.

Sebaliknya, sanitasi yang dilakukan secara berlebihan, misalnya dengan membersihkan seluruh sisa tanaman atau membakar pelepah, dapat berdampak negatif terhadap lingkungan kebun. Hilangnya penutup tanah dapat meningkatkan risiko erosi, menurunkan kemampuan tanah menyimpan air, serta mengurangi kesuburan tanah dalam jangka panjang *(Corley & Tinker, 2016)*.

Dari aspek air, sanitasi yang tepat membantu menjaga sistem drainase kebun tetap berfungsi dengan baik. Saluran air yang bersih dari sumbatan sisa tanaman dapat mencegah genangan air yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Kondisi ini penting untuk mencegah perkembangan penyakit tular tanah dan menjaga kesehatan perakaran kelapa sawit *(Turner & Gillbanks, 2003)*.

3.4.8 Pengaruh Sanitasi Terhadap Populasi Hama Di Kebun Kelapa Sawit

Sanitasi kebun yang dilakukan secara konsisten dapat menurunkan populasi hama seperti kumbang tanduk (Oryctes rhinoceros) dan ulat pemakan daun. Sisa pelepah busuk dan batang lapuk sering menjadi tempat berkembang biak hama tersebut. Dengan membersihkan dan

mengelola sisa tanaman secara teratur, habitat hama dapat dikurangi sehingga tingkat serangan menjadi lebih rendah *(Lubis, 2008; Pahan, 2008)*.

Sanitasi kebun berperan penting dalam mengurangi sumber inokulum penyakit tular tanah maupun tular udara. Pada perkebunan kelapa sawit, sisa-sisa tanaman terinfeksi yang dibiarkan di lapangan dapat menjadi reservoir patogen yang berkelanjutan. Pengangkatan dan pemusnahan bagian tanaman yang terinfeksi secara nyata mampu menekan penyebaran penyakit secara horizontal di dalam blok kebun *(Susanto et al., 2013)*.

Pendekatan sanitasi ini menjadi semakin penting pada areal replanting, di mana keberadaan tunggul dan akar tua dapat meningkatkan risiko infeksi patogen pada tanaman muda. Oleh karena itu, sanitasi menyeluruh sebelum penanaman ulang merupakan langkah krusial dalam manajemen kesehatan tanaman kelapa sawit *(PPKS, 2010)*.

3.4.9 Peran Pemangkasan Dalam Efisiensi Panen Kelapa Sawit

Pemangkasan yang tepat mempermudah akses pemanen menuju tandan buah segar. Pelepah yang terlalu rapat atau tidak dipangkas dapat menghambat pemotongan tandan dan meningkatkan kehilangan hasil panen. Oleh karena itu, pemangkasan berperan langsung dalam meningkatkan efisiensi kerja dan menurunkan kehilangan hasil di lapangan *(Turner & Gillbanks, 2003)*.

Pemangkasan memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi panen kelapa sawit. Kegiatan ini tidak hanya bertujuan menjaga kondisi tanaman, tetapi juga berhubungan langsung dengan kelancaran, kecepatan, dan ketepatan proses pemanenan di lapangan. Tanaman yang tidak dipangkas dengan baik cenderung menyulitkan pemanen dalam menjangkau dan memotong tandan buah segar (TBS), sehingga efisiensi kerja menjadi rendah *(Pahan, 2008)*.

Pemangkasan yang tepat membantu membuka ruang di sekitar tandan buah sehingga pemanen dapat melihat posisi buah dengan jelas. Pelepah yang terlalu rapat atau menutupi tandan sering menyebabkan buah terlewat saat panen atau dipanen terlambat. Keterlambatan panen ini dapat berdampak pada penurunan mutu TBS, terutama meningkatnya kadar asam lemak bebas (ALB) akibat buah terlalu matang atau membusuk di pohon *(Lubis, 2008)*.

Pemangkasan juga berkontribusi dalam mengurangi kehilangan hasil panen. Pelepah yang tidak dipangkas dengan baik sering menyebabkan tandan atau brondolan tersangkut dan tidak jatuh sempurna ke tanah saat dipanen. Hal ini dapat menyebabkan kehilangan hasil yang cukup signifikan apabila terjadi secara terus-menerus. Dengan pemangkasan yang benar, tandan dan brondolan dapat jatuh dengan bersih dan mudah dikumpulkan *(Pahan,2008).*

Dari sisi keselamatan kerja, pemangkasan yang baik turut mendukung efisiensi panen secara tidak langsung. Pelepah yang tertata rapi dan tidak menghalangi jalur panen dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja, seperti terpeleset atau tertimpa pelepah. Lingkungankerja yang aman memungkinkan pemanen bekerja lebih fokus dan produktif *(Lubis, 2008).*

3.4.10 Hubungan Pemangkasan Dengan Keseimbangan Hara Tanaman

Pemangkasan memengaruhi distribusi unsur hara dalam tanaman kelapa sawit. Pelepah tua yang tidak produktif cenderung menjadi beban bagi tanaman karena masih memerlukan hara untuk pemeliharaannya. Dengan memangkas pelepah tersebut, alokasi hara dapat diarahkan ke pembentukan bunga dan buah sehingga produktivitas lebih optimal *(Corley & Tinker, 2016).*

Pelepah tua yang sudah tidak produktif cenderung menyerap hara dalam jumlah tertentu tanpa memberikan kontribusi optimal terhadap pembentukan buah. Dengan memangkas pelepah-pelepah tersebut, tanaman dapat mengalihkan penggunaan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium ke bagian yang lebih produktif, terutama tandan buah dan pelepah muda yang aktif berfotosintesis *(Lubis, 2008).*

Pemangkasan juga memengaruhi keseimbangan antara sumber (source) dan tempat penimbunan hasil fotosintesis (sink). Jumlah pelepah yang terlalu banyak dapat menyebabkan persaingan internal dalam pemanfaatan hara, sedangkan jumlah pelepah yang terlalu sedikit dapat mengurangi kapasitas fotosintesis tanaman. Oleh sebab itu, pemangkasan harus dilakukan secara selektif untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan fotosintesis dan alokasi hara ke organ reproduktif *(Turner & Gillbanks, 2003).*

Selain itu, pelepah hasil pemangkasan yang dikelola dengan baik dapat berkontribusi terhadap keseimbangan hara tanah. Pelepah yang disusun di gawangan mati akan mengalami proses dekomposisi dan mengembalikan sebagian unsur hara ke dalam tanah. Proses ini

membantu menjaga ketersediaan hara secara alami dan mengurangi kehilangan hara akibat pencucian, terutama pada lahan dengan curah hujan tinggi *(Pahan, 2008).*

Namun, pemangkasan berlebihan dapat menyebabkan kehilangan hara dalam jumlah besar, terutama jika pelepah hasil pangkasan diangkut keluar kebun atau dibakar. Praktik tersebut dapat mengganggu siklus hara dan meningkatkan ketergantungan terhadap pupuk anorganik. Oleh karena itu, pemangkasan harus direncanakan dengan mempertimbangkan aspek keseimbangan hara dan keberlanjutan sistem kebun *(Corley & Tinker, 2016).*

3.4.11 Sanitasi Sebagai Bagian Dari Pengelolaan Kebun Berkelanjutan

Sanitasi kebun merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pengelolaan kelapa sawit berkelanjutan. Kebun yang bersih dan sehat mendukung pengurangan penggunaan pestisida kimia, sehingga dampak negatif terhadap lingkungan dapat ditekan. Praktik ini sejalan dengan prinsip perkebunan kelapa sawit berkelanjutan *(Pahan, 2008; Corley & Tinker, 2016).*

Sanitasi kebun merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan kebun kelapa sawit berkelanjutan karena berhubungan langsung dengan kesehatan tanaman, efisiensi penggunaan input, dan kelestarian lingkungan. Sanitasi tidak hanya dimaknai sebagai kegiatan membersihkan kebun, tetapi sebagai upaya pengelolaan sisa tanaman dan lingkungan kebun agar tetap seimbang dan mendukung produksi jangka panjang *(Pahan, 2008).*

Dalam sistem perkebunan berkelanjutan, sanitasi berperan dalam menekan ketergantungan terhadap pestisida kimia. Dengan menghilangkan sumber hama dan penyakit melalui pembersihan pelepah busuk, tanaman sakit, serta sisa organik yang tidak terkelola, tekanan serangan organisme pengganggu dapat dikurangi secara alami. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pengendalian hama terpadu (PHT) yang menjadi dasar pertanian berkelanjutan *(Lubis, 2008).*

Dari sudut pandang kesehatan tanaman, sanitasi merupakan langkah preventif yang efektif dalam mencegah penyebaran penyakit tular tanah dan sisa tanaman, seperti busuk pangkal batang. Dengan mengurangi sumber inokulum di kebun, sanitasi membantu menjaga umur produktif tanaman dan mengurangi risiko penurunan produksi secara drastis. Hal ini sangat penting dalam sistem kebun berkelanjutan yang menekankan stabilitas produksi jangka panjang *(Turner & Gillbanks, 2003).*

3.4.12 Kesalahan Umum Dalam Sanitasi Dan Pemangkasan Kelapa Sawit

Kesalahan yang sering terjadi dalam sanitasi dan pemangkasan antara lain pemangkasan berlebihan, pembersihan kebun yang terlalu intensif, serta pengelolaan sisa tanaman yang tidak tepat. Kesalahan tersebut dapat menyebabkan stres tanaman, penurunan produksi, dan kerusakan struktur tanah. Oleh karena itu, pemahaman teknis sangat diperlukan agar kegiatan pemeliharaan tidak berdampak negatif *(Lubis, 2008; Turner & Gillbanks, 2003)*

Dalam praktik pengelolaan kebun kelapa sawit, sanitasi dan pemangkasan sering dianggap sebagai kegiatan rutin sehingga pelaksanaannya kurang mendapat perhatian khusus. Padahal, kesalahan dalam kedua kegiatan ini dapat berdampak langsung pada kesehatan tanaman, lingkungan kebun, dan produktivitas jangka panjang. Salah satu kesalahan yang sering terjadi adalah sanitasi yang dilakukan secara tidak teratur. Sanitasi yang hanya dilakukan saat terjadi serangan hama atau penyakit biasanya sudah terlambat, karena sumber infeksi telah berkembang dan menyebar di dalam kebun *(Pahan, 2008)*

Dalam kegiatan pemangkasan, kesalahan yang sering dijumpai adalah pemangkasan berlebihan. Pemotongan pelepah yang terlalu banyak dapat mengurangi luas daun yang berfungsi untuk fotosintesis, sehingga tanaman mengalami stres dan produksi tandan buah menurun. Selain itu, pemangkasan berlebihan juga dapat mengganggu keseimbangan hara dan pertumbuhan vegetatif tanaman *(Corley & Tinker, 2016).*

Sebaliknya, pemangkasan yang kurang atau tidak tepat waktu juga merupakan kesalahan yang sering terjadi. Pelepah tua yang dibiarkan terlalu lama dapat menutupi tandan buah, menyulitkan proses panen, dan meningkatkan kehilangan hasil. Kondisi ini juga dapat menciptakan lingkungan yang lembap dan gelap di sekitar tanaman, yang mendukung perkembangan penyakit *(Turner & Gillbanks, 2003).*

3.4.13 Sanitasi Dalam Adaptasi Kebun Terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim yang ditandai dengan pola curah hujan tidak menentu dan peningkatan suhu udara menuntut pengelolaan kebun kelapa sawit yang lebih adaptif. Sanitasi kebun berperan

penting dalam menghadapi kondisi ini karena kebun yang bersih dan tertata dapat mengurangi genangan air berlebih saat hujan ekstrem serta menekan perkembangan penyakit yang dipicu oleh kelembapan tinggi *(Corley & Tinker, 2016).*

Pemangkasan juga berkontribusi dalam adaptasi terhadap perubahan iklim melalui pengaturan tajuk tanaman. Tajuk yang terlalu rapat dapat meningkatkan kelembapan mikro dan stres tanaman, sedangkan pemangkasan yang tepat membantu memperbaiki sirkulasi udara dan mengurangi tekanan lingkungan pada tanaman kelapa sawit *(Turner & Gillbanks, 2003).*

3.5 pemeliharaan tanaman belum menghasilkan (tbm)

3. 5 Penyiraman dan Pengelolaan Kelapa Sawit

adalah komoditas utama dalam industri minyak kelapa sawit nabati tropis. Kelapa sawit memerlukan air dalam jumlah cukup besar di seluruh fase pertumbuhannya, membuat penglolaaan air menjadi penting dalam budidaya yang efisien dan keberlanjutan. Ketersediaan air yang tepat akan mempengaruhi pertumbuhan, produktivitas, dan efisiensi penggunaan sumber daya air di perkebunan sawit.

3.5.1 Biologi Tanaman Kelapa Sawit dan Kebutuhan Air

Kelapa sawit merupakan tanaman tropis yang tumbuh optimal di area dengan curah hujan memadai. Struktur akar sawit sebagian besar terkonsentrasi di 0-0,6 m dari permukaan tanah, namun dapat mencapai hingga lebih dalam dari itu serta menyebar secara lateral. Akar inilah yang menjadi zona penyerapan air utama tanaman (Cambridge University, 2011).

Kelapa sawit (Elaeis Guineensis Jacq) merupakan tanaman perkebunan tropis yang berasal dari Afrika Barat dan tumbuh optimal pada wilayah beriklim lembap dengan suhu rata-rata 24-28 C. Tanaman ini memiki kerakter morfologi dan fisiologi yang sangat bergantung pada ketersediaan air untuk menunjang pertumbuhan vegetatif maupun generatif (Corley dan Tingker, 2016, Afandi et al, 2023).

A. Sistem Perakaran Kelapa Sawit

Kelapa sawit memiliki sistem perakaran serabut yang berkembang luas secara horizontal dan vertikal. Sebagian besar akar aktif berada pada kedalaman 0-60 cm dari permukaan tanah, sehingga tanaman ini sangat sensitif terhadap kekeringan lapisan tanah atas. Air berperan penting dalam proses penyerapan unsur hara oleh akar serta menjaga turgor sel akar fungsi fisiologis tetap optimal (Pradiko et al, 2025).

Ketersediaan air yang tidak mencukupi akan menyebabkan berkurangnya panjang dan jumlah akar aktif, yang pada akhirnya menurunkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air dari tanah (Evizal et al, 2021).

B. Struktur Daun dan Hubungannya dengan Air

Daun kelapa sawit berbentuk majemuk menyirip dan berfungsi sebagai organ utama fotosintesis. Proses fotosintesis sangat dipengaruhi oleh status air tanaman, karena air berperan sebagai bahan baku fotosintesis dan pengatur buka tutup stomata. Ketika terjadi defisit air, stomata akan menutup untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, namun kondisi ini juga membatasi penyerapan CO2 sehingga menurunkan laju fotosintesis (Afandi et al, 2023).

C. Kebutuhan Air Berdasarkan Fase Pertumbuhan

Kebutuhan air kelapa sawit berbeda pada setiap fase pertumbuhan. Pada fase pembibitan (pre-nursery dan main nursery), tanaman membutuhkan air secara karena teratur dan merata karena volume akar masih terbatas. Kebutuhan air bibit sawit berkisar antara 0,1-2 liter per tanaman per hari tergantung umur bibit dan kondisi cuaca (Pradiko et al, 2025)

Pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM) dan tanaman menghasilkan (TM), kebutuhan air meningkat seiring dengan bertambahnya luas tajuk dan aktivitas fisiologis. Kelapa sawit dewasa memerlukan curah hujan optimal sekitar 2.000-2.500 mm per tahun yang terdistribusi merata tanpa bulan kering lebih dari 2-3 bulan berturut-turut (Afandi et al, 2023).

D. Peran Air dalam Proses Fisiologis Tanaman

Air berperan penting dalam berbagai proses fisiologi tanaman kelapa sawit, seperti fotosintesis, transpirasi, translokasi hara, dan pembentukan biomassa. Kekurangan air dapat menyebabkan penurunan pembentukan bunga betina, meningkatkan gugur bunga dan buah, serta menurunkan produksi tandan buah segar (TBS) secara signifikan (Evizal et al, 2021).

Air juga berdampak pada efisiensi penggunaan air (water use efficiency) yang berkaitan langsung dengan produktivitas tanaman. Pengelolaan air yang baik akan menjaga keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif kelapa sawit (Pradiko et al, 2025)

3.5.2 Hubungan Air dengan Fisiologi Kelapa Sawit

Air sangat penting dalam proses fisiologis tanaman, termasuk dalam transpirasi, fotosintesis, dan pengangkutan nutrien. Pengurangan air secara signifikan dapat menimbulkan setres dan penurunan pertumbuhan serta hasil. Stomata pada daun berperan dalam pengaturan kehilangan air melalui transpirasi.

- Peran air dalam fotosintesis
- Hubungan air dengan transpirasi dan stomata
- Pengaruh air terhadap penyerapan dan tranlokasi hara

3.5.3 Evapotranspirasi dan Kebutuhan Air Kelapa Sawit

Evapotranspirasi (ET) adalah ukuran total air yang hilang dari tanah + tanaman. Untuk tanaman kelapa sawit dewasa, Etc diperkirakan sekitar 4-5 mm/hari pada musim hujan dan kering, atau sekitar 280-350 liter per pohon setiap hari pada kondisi optimal (Cambridge University, 2011).

A. Konsep Evapotranspirasi padaTanaman Kelapa Sawit

Evapotranspirasi tanaman (ETc) dipengaruhi oleh faktor iklim seperti radiasi matahari, suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin, serta faktor tanaman seperti luas tajuk, umur tanaman, dan kondisi fisiologis. Kelapa sawit memiliki kanopi yang lebar dan indeks luas daun (Leaf Area Index/LAI) yang tinggi, sehingga tingkat transpirasi relatif besar dibandingkan tanaman perkebunan lain (Henson, 2020).

Kelapa sawit dewasa memiliki nilai evapotranspirasi berkisar antara 4–5 mm per hari, tergantung kondisi iklim dan ketersediaan air tanah (Afandi et al., 2023).

B. Kebutuhan Air Kelapa Sawit Berdasarkan Evapotranspirasi

Kebutuhan air kelapa sawit dapat dihitung berdasarkan nilai evapotranspirasi tanaman. Pada kondisi optimal, kebutuhan air tahunan kelapa sawit berkisar antara 1.800–2.500 mm per tahun yang terdistribusi merata sepanjang tahun tanpa periode kering yang panjang (Corley & Tinker, 2016).

Jika curah hujan tidak mampu memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman, maka defisit air akan terjadi dan berpotensi menurunkan pertumbuhan serta produksi tandan buah segar (TBS). Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan air melalui irigasi tambahan menjadi penting terutama di daerah dengan musim kemarau yang panjang (Afandi et al., 2023).

C. Evapotranspirasi dan Neraca Air Tanah

Neraca air tanah merupakan keseimbangan antara air masuk (curah hujan dan irigasi) dan air keluar (evapotranspirasi dan perkolasi). Pada perkebunan kelapa sawit, evapotranspirasi merupakan komponen kehilangan air terbesar dalam neraca air. Apabila evapotranspirasi lebih besar dibandingkan suplai air, maka kandungan air tanah akan menurun dan menyebabkan stres air pada tanaman (Henson, 2020).

Stres air akibat defisit neraca air tanah telah dilaporkan menurunkan laju fotosintesis, menghambat pembentukan bunga betina, serta menurunkan jumlah dan berat tandan buah segar (Evizal et al., 2021).

D. Implikasi Evapotranspirasi terhadap Pengelolaan Air

Informasi evapotranspirasi digunakan untuk menentukan jadwal, frekuensi, dan volume penyiraman yang tepat sehingga air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman dan tidak berlebihan (Afandi et al., 2023).

Pengelolaan air berbasis evapotranspirasi terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air (water use efficiency) serta menjaga stabilitas produksi kelapa sawit, terutama di wilayah rawan kekeringan (Pradiko et al., 2025).

3.5.4 Frekuensi dan Volume Penyiraman di Pembibitan

Fase pre-nursery, bibit kelapa sawit umumnya disiram dua kali per hari (pagi & sore), dengan volume sekitar 0,1–0,3 liter per tanaman.

Di main nursery, volume air bisa lebih tinggi (0,5–2 liter per tanaman per hari) tergantung cuaca, pertumbuhan bibit, dan kondisi lingkungan.

frekuensi penyiraman bibit yang lebih sering pada fase awal pembibitan dapat mendukung pertumbuhan bibit yang lebih optimal:

A. Kelapa sawit pre-nursery:

- Penyiraman dua kali sehari (pagi dan sore) menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik dibanding 1× atau 0,5× per hari.
- Volume optimal yang digunakan di banyak penelitian berkisar 0,1–0,3 L/hari/bibit (100–300 mL per bibit per hari).

B. Umumnya Pembibitan Sayuran atu Herbal

    - Penelitian menunjukkan frekuensi penyiraman tiap 2 hari sekali lebih baik dibanding interval 3 hari, jika volume air konsisten.

C. Arah dalam Irigasi Hortikultura Container

- Penyiraman dilakukan sebelum media tanam mengering secara signifikan, biasanya setiap hari pada awal fase vegetatif bibit agar media tetap lembap tanpa tergenang air.

  Frekuensi penyiraman tergantung pada ukuran bibit, kapasitas media tanam untuk menahan air, cuaca, dan fase pertumbuhan. Bibit muda agar memerlukan frekuensi lebih tinggi agar kelembapan tanah tetap optimal.

D. Volume Penyiraman di Pembibitan

Bibit kelapa sawit: volume air per bibit atau per hari 0,1-0,3 L (100-300 Ml) per bibit atau per hari.

Ini bukan angka tetap untuk semua tanaman, karena kebutuhan air tergantung pada jenis tanaman, ukuran wadah, kelembapan udara, fase vegetatif bibit.

E. Pedoman Umum Praktis

Walaupun pedoman teknis spesifik sering disesuaikan dengan jenis tanaman, ada prinsip umum dalam best practice irigasi nursery, yaitu:

- Media harus diisi kembali dengan air
  Sebelum media benar benar kering, tetapi jangan sampai tergenang karena dapat menimbulkan root rot.
- Volume tiap penyiraman harus cukup untuk mengembalikan kelembapan tanah ke 70-80 % kapasitas medan tanam tanpa menyisakan genangan.
- Penyiraman dilakukan pada pagi hari atau sore hari untuk mengurangi penguapan yang tinggi, terutama pada iklim tropis.

3.5.5 Sistem Irigasi pada Kelapa Sawit

Irigasi adalah pemberian air buatan kepada tanaman untuk memenuhi kebutuhan air di luar yang tersedia dari curah hujan. Pada tanaman kelapa sawit (Elaeis guineensis), irigasi

berguna terutama pada musim kemarau untuk menjaga ketersediaan air yang cukup sehingga pertumbuhan, produksi, dan efisiensi penggunaan air tetap optimal.

Tanaman kelapa sawit memiliki kebutuhan air yang relatif tinggi, dan pemberian irigasi bisa meningkatkan hasil produksi maupun daya tahan terhadap kondisi kering. Implementasi sistem irigasi yang tepat sangat penting terutama pada kebun sawit modern atau lahan di daerah dengan musim kemarau panjang.

Jenis-Jenis Irigasi:

A. Irigasi Tetes

Prinsip: Memberikan air secara langsung ke zona akar melalui jaringan pipa bertekanan rendah dan emitters yang meneteskan air perlahan.
Keunggulan:

- Efisien dalam penggunaan air (hemat air sampai 30–50 %).
  Efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan melalui perencanaan irigasi yang tepat dan pemanfaatan data iklim. Pengelolaan air yang efisien mendukung keberlanjutan lingkungan dan mengurangi pemborosan sumber daya air.
  (FAO, 2020)
- Mengurangi kehilangan air lewat penguapan atau limpasan.
- Dapat dikombinasikan dengan aplikasi nutrisi (fertigasi).
- Cocok untuk lahan dengan variasi kontur atau terbatas sumber air.

Relevansi pada sawit: Sistem ini banyak direkomendasikan untuk sawit yang membutuhkan suplai air presisi untuk pertumbuhan optimal terutama pada kebun kecil, nursery, dan kondisi kekeringan.

B. Irigasi Permukaan

Prinsip: Air dialirkan di permukaan tanah melalui saluran terbuka atau parit sehingga meresap ke tanah.

Keunggulan:

- Biaya awal relatif lebih rendah.
- Sederhana meresap kontsruksi

Masih digunakan di kebun sawit luas yang dekat dengan sumber air dan memiliki lahan datar.

C. Irigasi Sprinkler

Prinsip: Air disemprotkan ke area tanaman seperti hujan buatan menggunakan sistem pipa dan nozel.

Keunggulan: Cocok unutk lahan berbentuk tidak rata, dan lebih merata dibanding irigasi permukaan.

Kekurangan: Efisiensi air lebih rendah dibanding drip, dan biaya operasional lebih rendah.

D. Irigasi Otomatis dan Sensor Basis IoT

Penggunaan teknologi otomatis irigasi dan sensor kelembapan tanah yang berbasis Internet Of Things (IoT) dapat meningkatkan efisiensi irigasi, terutama pada nuersery atau tahap pembibitan kelapa sawit.

E. Tujuan Irigasi

- Memenuhi kebutuhan air tanaman, terutama saat musim kemarau.
- Mengurangi setres air yang dapat mengganggu fotosintesis dan pertumbuhan tanaman.

- Meningkatkan produksi dan kualitas tanda buah segar
- Mendukung evaluasi pengairan dan efisiensi penggunaan sumber daya air.

F. Efek Irigasi terhadap Produksi

Pemberian irigasi secara signifikan meningkatkan komponen produksi tanaman sawit, seperti bobot tandan buah segar, terutama pada periode kering dibanding tidak diberi irigasi.

G. Komponen Sistem Irigasi yang Umum Digunakan

- Sumber air, Sumur, embung, sungai, bendungan kecil, atau reservoir hujan.
- Pompa dan Pipa, Untuk mendistribusikan air ke seluruh area.
- Filter, Untuk mencegah sedimen menyumbat sistem.
- Sprinkler, Untuk mendistribusikan air ke permukaan tanah atau zona akar.

3.5.6 Sensor dan Teknologi Pengelolaan Air

Pemantauan kelembaban tanah dan pengaturan otomatis dapat meningkatkan efisiensi penyiraman serta mengurangi pemborosan air. Sistem berbasis sensor tanah membantu menentukan waktu yang tepat untuk irigasi berdasarkan kebutuhan tanaman nyata.

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk mengukur kadar air di dalam tanah secara real-time, sehingga sistem irigasi dapat menyiram tanaman hanya saat tanah benar-benar membutuhkan air. Data real-time ini membantu mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi pengairan.

sensor kelembaban tanah berkontribusi besar terhadap manajemen air yang berkelanjutan, meningkatkan efisiensi penggunaan air sambil mempertahankan kesehatan tanah dan produktivitas tanaman, terutama di tengah tantangan perubahan iklim dan kekurangan air.

A. Integrasi Multi Sensor untuk Pengelolaan Air yang Lebih Canggih

Selain kelembaban tanah, teknologi pengelolaan air canggih juga dapat menggunakan:

- Sensor curah hujan: membantu sistem menunda penyiraman jika hujan turun.
- Sensor suhu & kelembaban udara: untuk memahami kondisi lingkungan yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman

B. Sistem Multi Sensor

Integrasi data dari berbagai sensor ini memungkinkan irigasi lebih presisi dan responsif terhadap kondisi lingkungan nyata, sehingga mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kesehatan tanaman.

C. Peran Data & Analitik dalam Pengelolaan Air

- Pengelolaan Berbasis Data:

Sistem berbasis IoT tidak hanya menangkap data sensor, tetapi juga dapat dihubungkan ke platform visualisasi (mis. Thingspeak, Blynk, cloud IoT) untuk analisis tren kelembaban tanah dan kondisi iklim, memungkinkan perencanaan irigasi yang lebih cerdas.

- Keunggulan Pengelolaan Air yang Lebih Tepat

Penyiraman terjadi sesuai kebutuhan tanaman, Konsumsi air dapat dipantau dan di optimalkan secara otomatis.

3.5.7 Pengelolaan Air pada Lahan Produksi

Pengelolaan air di fase produksi sawit mencakup adaptasi jadwal penyiraman, konservasi air, dan menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik berdasarkan data evapotranspirasi serta prakiraan cuaca.

Konservasi air melalui teknik tanah seperti penggunaan mulsa organik dapat meningkatkan efisiensi air di lahan.

Pada lahan produksi kelapa sawit, pengelolaan air bertujuan untuk menjaga keseimbangan ketersediaan air yang optimal sepanjang musim hujan dan kemarau, agar tanaman mendapat cukup air tanpa terendam atau kekeringan. Hal ini penting karena sawit membutuhkan curah hujan yang cukup dan distribusi air yang merata untuk mendukung pertumbuhan dan produksi buahnya.

- Teknik Drainase di Lahan Sawit

Drainase merupakan komponen kunci dalam pengelolaan air di lahan sawit, terutama di lahan gambut. Sistem drainase berfungsi untuk membuang kelebihan air pada musim hujan sehingga akar tidak tergenang dan mengurangi risiko penyakit akar atau stres air berlebih.

Drainase juga membantu menurunkan muka air tanah ke tingkat yang sesuai agar akar sawit dapat tumbuh optimal. Menentukan kedalaman muka air yang tepat dapat membantu produktivitas tanaman serta mencegah dekomposisi gambut yang menyebabkan subsidensi tanah.

Drainase berfungsi untuk mengendalikan kelebihan air, terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi. Drainase yang buruk dapat menyebabkan genangan air yang menghambat respirasi akar dan meningkatkan risiko penyakit akar.
(Henson, 2020)

- Pengelolaan Air di Lahan Gambut

Lahan gambut memiliki tantangan khusus karena sifat lapisan gambut yang mudah berubah dan peka terhadap perubahan air. Oleh karena itu, pengelolaan air pada lahan gambut dilakukan dengan membuat kanal, parit, pintu air, dan struktur pengendali muka air untuk menjaga air tetap tersedia tanpa menyebabkan banjir atau kekeringan.

- Pemantauan & Evaluasi Muka Air Tanah

Pemantauan muka air tanah (groundwater table / water table) menjadi bagian penting dalam pengelolaan air sawit. Dengan pemantauan yang teratur, pengelola lahan dapat mengetahui perubahan muka air akibat musim hujan atau kemarau dan mengambil tindakan yang tepat.

Pengendalian muka air tanah dapat dilakukan melalui sumur pantau air atau perangkat pengukur di saluran drainase, sehingga keputusan pengelolaan drainase dan irigasi dapat dibuat berdasarkan data.

3.5.8 Dampak Pengelolaan Air terhadap Produktivitas dan Keberlanjutan

Pengelolaan air yang baik berpengaruh langsung terhadap peningkatan hasil kelapa sawit dan keberlanjutan perkebunan. Sistem pengelolaan air yang tepat juga mendukung konservasi lingkungan dan ketahanan produksi jangka panjang.
(Basiron, 2019).

kelebihan air akibat sistem drainase yang tidak efektif juga berdampak negatif. Genangan air yang berlangsung lama dapat menurunkan aerasi tanah, menghambat respirasi akar, dan meningkatkan risiko serangan penyakit akar. Kondisi tersebut secara langsung menurunkan efisiensi penyerapan hara dan produktivitas tanaman kelapa sawit.
(Henson, 2020).

Pengelolaan air yang berkelanjutan memungkinkan tercapainya keseimbangan antara peningkatan hasil produksi dan pelestarian lingkungan. Penerapan teknologi pengelolaan air berbasis data iklim dan kelembapan tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus menekan dampak negatif terhadap ekosistem. Dengan demikian, pengelolaan air yang baik menjadi fondasi utama dalam mewujudkan perkebunan kelapa sawit yang produktif, efisien, dan berkelanjutan.
(Woittiez et al., 2017; FAO, 2020).

3.5.9 Penyiraman dan Pengelolaan Air di Lahan Gambut

Pada lahan gambut, penyiraman harus diimbangi dengan pengaturan tinggi muka air tanah. Penyiraman yang berlebihan dapat meningkatkan risiko genangan, sedangkan kekurangan

air dapat menyebabkan pengeringan gambut dan penurunan produktivitas tanaman kelapa sawit.
(Ritzema et al., 2014).

Pengelolaan air yang tepat di lahan gambut dapat mempertahankan produktivitas kelapa sawit dalam jangka panjang. Stres air akibat pengelolaan yang buruk dapat menurunkan pembentukan bunga betina dan jumlah tandan buah segar. Sebaliknya, pengelolaan air yang baik mampu menstabilkan hasil panen meskipun berada di lahan marginal seperti gambut.

pengelolaan air di lahan gambut berperan penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Penurunan muka air tanah yang berlebihan dapat meningkatkan risiko kebakaran gambut dan emisi karbon. Oleh karena itu, pengelolaan air yang berkelanjutan menjadi bagian penting dari praktik perkebunan kelapa sawit ramah lingkungan.
(FAO, 2021)..

3.6 Pengelolahan Tanah dan Mulsa

Pengelolahan tanah merupakan salah satu kegiatan penting dalam sistem budidaya pertanian yang bertujuan untuk menciptakan kondisi tanah yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanah sebagai media tumbuh memiliki peran utama dalam menyediakan unsur hara, air, dan udara, serta menjadi tempat berkembangnya sistem perakaran tanaman. Keberhasilan suatu usaha pertanian sangat ditentukan oleh kemampuan tanah dalam mendukung proses fisiologis tanaman, mulai dari penyerapan air dan hara hingga penopangan struktur tanaman secara mekanis. Oleh karena itu, pengelolahan tanah yang tepat menjadi langkah awal yang sangat menentukan dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha pertanian. (Pratiwi, Niswati, Arif, & Buchari, 2020)

Namun demikian, penggunaan lahan secara terus-menerus tanpa disertai dengan praktik pengelolaan tanah yang baik dapat menyebabkan terjadinya degradasi lahan. Degradasi tanah ditandai oleh berbagai permasalahan, seperti pemadatan tanah akibat aktivitas mekanisasi yang berlebihan, penurunan kesuburan tanah karena hilangnya unsur hara, serta berkurangnya

kandungan bahan organik tanah. Selain itu, pengolahan tanah yang tidak sesuai dengan kondisi lahan juga dapat mempercepat proses erosi, terutama pada lahan miring dan daerah dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Kondisi ini pada akhirnya akan menurunkan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. (Agroteknologi, Pertanian, Baturaja, & Selatan, 2015)

Salah satu permasalahan utama yang sering dihadapi dalam sistem pertanian adalah erosi tanah dan kehilangan air akibat aliran permukaan (runoff). Erosi tanah dapat menyebabkan terangkutnya lapisan tanah atas (topsoil) yang kaya akan unsur hara dan bahan organik. Hilangnya lapisan topsoil ini berdampak langsung terhadap penurunan kesuburan tanah dan produktivitas lahan. Selain itu, aliran permukaan yang tinggi juga mengakibatkan berkurangnya infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga ketersediaan air bagi tanaman menjadi terbatas, terutama pada musim kemarau. Jika kondisi ini dibiarkan dalam jangka panjang, lahan pertanian akan mengalami penurunan daya dukung dan menjadi kurang produktif.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penerapan teknik pengelolahan tanah yang tepat, efisien, dan ramah lingkungan. Pengelolahan tanah tidak hanya berfokus pada pembalikan atau penggemburan tanah, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek konservasi tanah dan air. Praktik seperti pengolahan tanah minimum, pengolahan tanah searah kontur, serta pengembalian sisa tanaman ke dalam tanah merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga struktur tanah dan mengurangi risiko erosi. Dengan demikian, keseimbangan antara kebutuhan tanaman dan kelestarian sumber daya tanah dapat tetap terjaga.

Mulsa merupakan salah satu teknologi konservasi tanah yang banyak digunakan untuk melindungi permukaan tanah dari pengaruh langsung faktor lingkungan. Mulsa berfungsi sebagai penutup tanah yang mampu mengurangi intensitas tetesan air hujan ke permukaan tanah, sehingga dapat menekan terjadinya erosi dan pemadatan tanah. Selain itu, penggunaan mulsa dapat membantu menjaga kelembapan tanah dengan mengurangi laju penguapan air, terutama pada kondisi iklim kering dan suhu tinggi. Kondisi kelembapan tanah yang stabil sangat penting untuk mendukung aktivitas mikroorganisme tanah dan penyerapan air oleh akar tanaman.

Selain berperan dalam konservasi air dan tanah, mulsa juga memiliki fungsi penting dalam menekan pertumbuhan gulma. Lapisan mulsa yang menutupi permukaan tanah dapat menghambat masuknya cahaya matahari, sehingga pertumbuhan gulma menjadi terbatas. Dengan berkurangnya populasi gulma, persaingan antara tanaman utama dan gulma dalam memperebutkan air, unsur hara,

dan cahaya dapat diminimalkan. Hal ini berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dan efisiensi penggunaan input pertanian.

Penggunaan mulsa, terutama mulsa organik, juga memberikan kontribusi terhadap perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Proses dekomposisi mulsa organik akan meningkatkan kandungan bahan organik tanah, yang berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, serta memperbaiki kapasitas tukar kation. Selain itu, bahan organik dari mulsa menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang berperan dalam siklus hara. Aktivitas mikroorganisme yang meningkat akan mempercepat proses mineralisasi unsur hara, sehingga ketersediaan hara bagi tanaman menjadi lebih baik.

Dengan demikian, kombinasi antara pengelolahan tanah yang tepat dan pemberian mulsa secara konsisten merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan unsur hara serta menjaga keberlanjutan sistem pertanian. Penerapan kedua teknik ini tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil tanaman dalam jangka pendek, tetapi juga berperan penting dalam menjaga kualitas tanah dan produktivitas lahan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolahan tanah dan penggunaan mulsa perlu menjadi bagian integral dari sistem budidaya pertanian yang berkelanjutan. (Harefa et al., 2024)

3.6.1 Pengertian dan Tujuan Pengelolahan Tanah

A. Pengelolahan tanah merupakan serangkaian kegiatan mekanis yang dilakukan pada tanah sebelum dan selama kegiatan budidaya tanaman dengan tujuan mempersiapkan media tumbuh yang optimal. Kegiatan pengelolahan tanah meliputi penggemburan, pembalikan, dan perataan tanah agar kondisi fisik tanah menjadi lebih baik dan sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Melalui pengelolahan tanah, tanah yang awalnya padat dan kurang subur dapat diubah menjadi lebih gembur, memiliki struktur yang baik, serta mampu menyediakan ruang yang cukup bagi perkembangan sistem perakaran tanaman. (Pengolahan, Mulsa, & Zea, 2022)

   Selain itu, pengelolahan tanah bertujuan untuk meningkatkan aerasi tanah, yaitu ketersediaan udara di dalam tanah yang sangat penting bagi respirasi akar dan aktivitas mikroorganisme tanah. Tanah yang memiliki aerasi baik akan mendukung proses

penyerapan unsur hara secara optimal. Pengelolahan tanah juga berperan dalam memperbaiki infiltrasi air, yaitu kemampuan tanah dalam menyerap air hujan atau air irigasi. Infiltrasi air yang baik akan mengurangi aliran permukaan, mencegah genangan, serta menjaga ketersediaan air bagi tanaman dalam jangka waktu yang lebih lama.

Secara umum, tujuan utama pengelolahan tanah adalah menciptakan kondisi lingkungan tumbuh yang mendukung pertumbuhan akar tanaman. Akar tanaman membutuhkan tanah yang gembur, cukup udara, dan ketersediaan air yang memadai agar dapat berkembang secara optimal. Dengan kondisi tanah yang baik, tanaman akan mampu menyerap air dan unsur hara secara lebih efisien, sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman dapat meningkat.

B. Tujuan pengelolahan tanah antara lain adalah menggemburkan tanah agar akar tanaman mudah berkembang. Tanah yang gembur memungkinkan akar tumbuh lebih dalam dan luas, sehingga tanaman memiliki daya serap air dan unsur hara yang lebih baik. Selain itu, pengelolahan tanah bertujuan untuk mengendalikan gulma yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman utama. Dengan pengolahan tanah, gulma dapat dikendalikan secara mekanis sehingga persaingan dalam memperoleh air, unsur hara, dan cahaya dapat dikurangi. (Pradoto, Thamrin, & Sumarni, 2017)

   Pengelolahan tanah juga bertujuan untuk memperbaiki sirkulasi udara dan air di dalam tanah. Tanah yang diolah dengan baik memiliki pori-pori yang cukup untuk menyimpan udara dan air, sehingga akar tanaman tidak mudah mengalami kekurangan oksigen atau air. Selain itu, pengelolahan tanah berfungsi untuk mencampurkan sisa-sisa tanaman ke dalam tanah, yang selanjutnya akan mengalami proses dekomposisi dan menjadi sumber bahan organik. Bahan organik ini berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah.

   Dengan demikian, pengelolahan tanah tidak hanya bertujuan untuk mempersiapkan lahan tanam, tetapi juga merupakan upaya penting dalam menjaga dan meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan. Penerapan pengelolahan tanah yang tepat diharapkan mampu mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal, meningkatkan produktivitas pertanian, serta menjaga kelestarian sumber daya tanah.

3.6.2 Sistem Pengelolahan Tanah

Sistem pengelolahan tanah merupakan cara atau metode yang diterapkan dalam mengolah tanah sebelum dan selama kegiatan budidaya tanaman berlangsung. Pemilihan sistem pengelolahan tanah harus disesuaikan dengan kondisi lahan, jenis tanaman yang dibudidayakan, serta tujuan produksi yang ingin dicapai. Secara umum, sistem pengelolahan tanah terdiri dari tiga bentuk utama, yaitu tanpa olah tanah, olah tanah minimum, dan olah tanah intensif. Masing-masing sistem memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangan yang berbeda serta memberikan dampak yang berbeda pula terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman. (Shan, Jaya, & Banuwa, 2020)

Sistem Tanpa Olah Tanah (TOT) merupakan sistem pengelolahan tanah yang tidak melibatkan pembalikan atau pengadukan tanah secara mekanis. Pada sistem ini, tanah dibiarkan dalam kondisi alami tanpa gangguan alat pengolahan tanah, sedangkan sisa-sisa tanaman dari musim tanam sebelumnya dibiarkan menutupi permukaan tanah. Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam secara terbatas pada bagian tertentu saja. Sistem tanpa olah tanah bertujuan untuk menjaga struktur tanah agar tetap stabil, mengurangi erosi, serta mempertahankan kandungan bahan organik tanah. Kelebihan sistem ini antara lain mampu menekan aliran permukaan, mengurangi kehilangan unsur hara, dan menjaga kelembapan tanah. Namun, sistem tanpa olah tanah juga memiliki kekurangan, seperti potensi peningkatan gulma pada awal penerapan serta memerlukan pengelolaan residu tanaman yang baik agar tidak mengganggu pertumbuhan tanaman utama.

Sistem Olah Tanah Minimum merupakan sistem pengelolahan tanah yang dilakukan dengan gangguan seminimal mungkin terhadap tanah. Pengolahan tanah hanya dilakukan pada bagian tertentu, seperti barisan tanam atau lubang tanam, tanpa membalik seluruh lapisan tanah. Sistem ini bertujuan untuk mengombinasikan keuntungan dari pengolahan tanah dan konservasi tanah. Olah tanah minimum dapat memperbaiki kondisi tanah di sekitar perakaran tanaman sekaligus tetap menjaga struktur tanah secara keseluruhan. Kelebihan sistem ini adalah mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, menekan erosi, serta mempertahankan bahan organik tanah. Selain itu, sistem ini relatif lebih hemat tenaga dan biaya dibandingkan olah tanah intensif. Meskipun demikian, penerapan olah tanah minimum membutuhkan keterampilan dan pemahaman yang baik agar hasil yang diperoleh optimal.

Sistem Olah Tanah Intensif merupakan sistem pengelolahan tanah yang dilakukan secara menyeluruh dengan membalik dan menggemburkan tanah menggunakan alat seperti cangkul,

bajak, atau traktor. Sistem ini umum diterapkan dalam pertanian tradisional karena dianggap mampu membersihkan gulma, memperbaiki kegemburan tanah, serta memudahkan penanaman. Olah tanah intensif dapat memberikan kondisi tanah yang gembur dalam jangka pendek sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Namun, jika dilakukan secara terus-menerus dan tanpa pengelolaan yang tepat, sistem ini dapat menyebabkan kerusakan struktur tanah, menurunnya kandungan bahan organik, serta meningkatkan risiko erosi dan pemadatan tanah pada lapisan bawah.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa setiap sistem pengelolahan tanah memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, pemilihan sistem pengelolahan tanah harus mempertimbangkan kondisi lahan, jenis tanaman, ketersediaan tenaga dan alat, serta aspek keberlanjutan lingkungan. Penerapan sistem pengelolahan tanah yang tepat diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus menjaga kelestarian tanah sebagai sumber daya alam yang sangat penting bagi pertanian.

3.6.3 Fungsi Pengelolahan Tanah

Pengelolahan tanah memiliki peran yang sangat penting dalam sistem budidaya pertanian karena bertujuan untuk menciptakan kondisi tanah yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengelolahan tanah tidak hanya berfungsi sebagai kegiatan persiapan lahan, tetapi juga sebagai upaya konservasi sumber daya tanah agar tetap produktif dan berkelanjutan. Adapun fungsi utama pengelolahan tanah antara lain sebagai berikut:

1. Memperbaiki Struktur dan Kondisi Fisik Tanah

   Pengelolahan tanah bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah agar menjadi lebih gembur dan remah. Tanah yang gembur memiliki porositas yang baik sehingga pergerakan udara dan air di dalam tanah dapat berlangsung dengan lancar. Kondisi ini sangat penting untuk mendukung perkembangan sistem perakaran tanaman serta meningkatkan efisiensi penyerapan air dan unsur hara.

2. Meningkatkan Aerasi dan Drainase Tanah

   Melalui pengolahan tanah, lapisan tanah yang padat dapat dipecah sehingga aerasi tanah menjadi lebih baik. Aerasi yang cukup memungkinkan akar tanaman memperoleh oksigen yang diperlukan untuk proses respirasi. Selain itu, pengelolahan tanah juga membantu memperbaiki sistem drainase, sehingga kelebihan air dapat dialirkan dengan baik dan mencegah terjadinya genangan yang dapat merusak akar tanaman.

3. Mempermudah Perkembangan Akar Tanaman

   Tanah yang diolah dengan baik akan memudahkan akar tanaman menembus lapisan tanah dan berkembang secara optimal. Akar yang berkembang dengan baik akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih sehat dan produktif.

4. Mengendalikan Gulma

   Salah satu fungsi pengelolahan tanah adalah untuk menekan pertumbuhan gulma, terutama pada tahap awal pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah dapat mematikan gulma yang telah tumbuh serta mengubur biji gulma ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam, sehingga mengurangi persaingan antara tanaman utama dan gulma dalam memperebutkan air, unsur hara, dan cahaya.

5. Meningkatkan Ketersediaan Unsur Hara

   Pengelolahan tanah membantu mencampurkan sisa-sisa tanaman, pupuk organik, maupun pupuk kimia ke dalam tanah secara merata. Proses ini mempercepat dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu, tanah yang gembur akan meningkatkan efisiensi pemupukan karena unsur hara lebih mudah diserap oleh akar.(Pratiwi et al., 2020)

6. Menciptakan Kondisi Tanah yang Sesuai untuk Penanaman

   Pengelolahan tanah berfungsi menyiapkan lahan agar siap ditanami, baik dari segi kedalaman olah, kerataan permukaan, maupun kelembapan tanah. Kondisi tanah yang sesuai akan memudahkan proses penanaman dan meningkatkan tingkat keberhasilan tumbuh tanaman.

7. Mengurangi Risiko Erosi Tanah

   Pengelolahan tanah yang dilakukan dengan teknik yang tepat, seperti pengolahan tanah minimum atau searah kontur, dapat membantu mengurangi aliran permukaan dan risiko erosi. Dengan demikian, lapisan tanah atas yang subur dapat tetap terjaga dan keberlanjutan lahan pertanian dapat dipertahankan.

8. Mendukung Keberlanjutan dan Produktivitas Lahan

Secara keseluruhan, pengelolahan tanah berfungsi menjaga keseimbangan antara pemanfaatan lahan dan kelestarian lingkungan. Pengelolahan tanah yang baik akan meningkatkan produktivitas tanaman dalam jangka pendek sekaligus menjaga kualitas tanah dalam jangka panjang.

3.6.4 Pengertian Mulsa dan Jenis-Jenis Mulsa

A. Mulsa

Mulsa adalah bahan penutup permukaan tanah yang digunakan dengan tujuan utama untuk melindungi tanah dari berbagai pengaruh lingkungan luar yang dapat merugikan. Penggunaan mulsa berfungsi menciptakan kondisi mikroklimat tanah yang lebih stabil, sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Dengan adanya lapisan mulsa, permukaan tanah tidak secara langsung terpapar oleh curah hujan, radiasi matahari, maupun hembusan angin yang dapat menyebabkan erosi, pemadatan tanah, serta kehilangan air melalui penguapan.

Mulsa juga berperan penting dalam menjaga kelembapan tanah dengan cara mengurangi laju evaporasi air dari permukaan tanah. Kondisi kelembapan yang terjaga akan meningkatkan efisiensi penggunaan air oleh tanaman, terutama pada musim kemarau atau di daerah dengan curah hujan yang rendah. Selain itu, mulsa dapat menekan pertumbuhan gulma dengan menghambat penetrasi cahaya matahari ke permukaan tanah, sehingga persaingan antara tanaman utama dan gulma dalam memperebutkan air dan unsur hara dapat dikurangi.(Agroteknologi et al., 2015)

Berdasarkan bahan penyusunnya, mulsa dapat berasal dari bahan organik maupun bahan anorganik. Mulsa organik umumnya berasal dari sisa-sisa tanaman atau bahan alami yang mudah terurai, sedangkan mulsa anorganik berasal dari bahan sintetis yang tidak mudah terdekomposisi. Pemilihan jenis mulsa harus disesuaikan dengan kondisi lahan, jenis tanaman, serta tujuan pengelolaan tanah yang ingin dicapai.

B. Jenis-Jenis Mulsa

Jenis mulsa secara umum dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu mulsa organik dan mulsa anorganik, yang masing-masing memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan tersendiri.

1. Mulsa Organik

Mulsa organik merupakan mulsa yang berasal dari bahan-bahan alami, seperti jerami, sekam padi, serbuk gergaji, daun kering, dan sisa tanaman lainnya. Mulsa jenis ini memiliki keunggulan utama karena dapat terdekomposisi secara alami oleh mikroorganisme tanah. Proses dekomposisi tersebut akan menghasilkan bahan organik yang berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, serta menambah ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Penggunaan mulsa organik juga dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah, karena bahan organik menjadi sumber energi bagi mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Selain itu, mulsa organik relatif mudah diperoleh dan ramah lingkungan, sehingga sering digunakan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Namun demikian, mulsa organik memiliki kelemahan, yaitu mudah lapuk dan perlu diaplikasikan secara berkala untuk mempertahankan efektivitasnya.

2. Mulsa Anorganik

Mulsa anorganik merupakan mulsa yang terbuat dari bahan sintetis atau non-alami, seperti plastik hitam perak. Mulsa jenis ini banyak digunakan dalam budidaya tanaman hortikultura karena efektif dalam menekan pertumbuhan gulma dan menjaga kelembapan tanah dalam jangka waktu yang lebih lama. Warna hitam pada plastik berfungsi menghambat pertumbuhan gulma, sedangkan warna perak dapat memantulkan cahaya matahari sehingga membantu menurunkan suhu permukaan tanah dan mengurangi serangan hama tertentu.

Keunggulan mulsa anorganik terletak pada daya tahannya yang lebih lama dibandingkan mulsa organik. Namun, mulsa anorganik tidak memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan kesuburan tanah karena tidak dapat terurai. Selain itu,

penggunaannya perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan akibat limbah plastik. (Harefa et al., 2024)

3.6.5 Fungsi Mulsa

Mulsa memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem budidaya pertanian karena berfungsi sebagai pelindung permukaan tanah. Salah satu fungsi utama mulsa adalah mengurangi penguapan air dari permukaan tanah. Dengan adanya lapisan mulsa, sinar matahari tidak langsung mengenai tanah sehingga laju penguapan air dapat ditekan. Kondisi ini sangat bermanfaat terutama pada musim kemarau atau pada lahan yang memiliki ketersediaan air terbatas, karena kelembapan tanah dapat terjaga lebih lama dan tanaman tidak mudah mengalami kekurangan air.

Selain itu, mulsa berfungsi untuk menekan pertumbuhan gulma. Lapisan mulsa yang menutupi permukaan tanah akan menghalangi cahaya matahari yang dibutuhkan gulma untuk berkecambah dan tumbuh. Dengan berkurangnya pertumbuhan gulma, persaingan antara tanaman utama dan gulma dalam memperoleh air, unsur hara, serta cahaya dapat diminimalkan. Hal ini secara tidak langsung akan meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara oleh tanaman utama dan mengurangi kebutuhan pengendalian gulma secara manual maupun kimiawi.

Fungsi lain dari mulsa adalah mengurangi erosi tanah. Mulsa berperan sebagai pelindung yang mampu meredam energi kinetik butiran hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Tanpa mulsa, butiran hujan dapat langsung menghantam tanah dan menyebabkan partikel tanah terlepas dan terbawa aliran permukaan. Dengan adanya mulsa, permukaan tanah menjadi lebih terlindungi sehingga risiko terjadinya erosi dapat dikurangi, terutama pada lahan miring atau daerah dengan curah hujan tinggi. (Pengolahan et al., 2022)

Mulsa juga berfungsi dalam menjaga dan menstabilkan suhu tanah. Lapisan mulsa dapat mengurangi fluktuasi suhu tanah yang ekstrem antara siang dan malam. Pada siang hari, mulsa melindungi tanah dari panas matahari yang berlebihan, sedangkan pada malam hari mulsa membantu mempertahankan panas agar tidak cepat hilang. Suhu tanah yang stabil sangat penting bagi pertumbuhan akar tanaman dan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga proses penyerapan unsur hara dapat berlangsung secara optimal.

Selain fungsi-fungsi tersebut, mulsa terutama yang berasal dari bahan organik memiliki peran dalam menambah bahan organik tanah. Seiring waktu, mulsa organik akan mengalami proses pelapukan dan terurai menjadi bahan organik tanah. Bahan organik ini berperan dalam

memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air, serta menyediakan unsur hara bagi tanaman. Keberadaan bahan organik juga mendukung aktivitas organisme tanah seperti mikroba dan cacing tanah yang berperan penting dalam menjaga kesuburan tanah. (Pradoto et al., 2017)

Dengan berbagai fungsi tersebut, penggunaan mulsa tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek bagi pertumbuhan tanaman, tetapi juga berkontribusi terhadap perbaikan kualitas tanah dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penerapan mulsa merupakan salah satu teknik sederhana namun efektif dalam mendukung pertanian yang produktif dan berkelanjutan.

3.6.6 Pengaruh Pengelolahan Tanah terhadap Tanah

Pengelolahan tanah memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kondisi dan kualitas tanah, terutama pada sifat fisik tanah seperti struktur, porositas, kepadatan, serta kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air. Hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa perbedaan sistem pengelolahan tanah akan memberikan dampak yang berbeda pula terhadap kondisi tanah dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh karena itu, pemilihan sistem pengelolahan tanah yang tepat menjadi faktor penting dalam menjaga kesuburan tanah dan keberlanjutan lahan pertanian.

Sistem pengelolahan tanah yang dilakukan secara intensif umumnya mampu menciptakan kondisi tanah yang gembur dalam jangka pendek. Pembalikan dan pengadukan tanah dapat memperbaiki aerasi serta memudahkan penetrasi akar tanaman pada awal pertumbuhan. Namun, pengolahan tanah intensif yang dilakukan secara berulang dapat merusak agregat tanah, sehingga struktur tanah menjadi tidak stabil. Kerusakan struktur ini dapat menyebabkan tanah menjadi lebih mudah tererosi oleh air hujan dan angin, serta meningkatkan risiko pemadatan tanah pada lapisan bawah akibat tekanan alat pengolah tanah. (Shan et al., 2020)

Sebaliknya, sistem olah tanah minimum cenderung memberikan dampak yang lebih baik dalam menjaga struktur tanah. Pada sistem ini, gangguan terhadap tanah dibuat seminimal mungkin sehingga agregat tanah tetap terjaga. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan porositas tanah, yaitu ruang-ruang di antara partikel tanah yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan air dan udara. Dengan porositas yang lebih baik, air hujan dapat lebih mudah meresap ke dalam tanah, sehingga mengurangi aliran permukaan dan risiko erosi.

Pengelolahan tanah juga berpengaruh terhadap infiltrasi air, yaitu kemampuan tanah untuk menyerap air dari permukaan. Tanah yang dikelola dengan sistem olah tanah minimum atau tanpa

olah tanah umumnya memiliki tingkat infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang dikelola secara intensif. Hal ini disebabkan oleh terjaganya struktur tanah dan keberadaan pori-pori makro yang memudahkan pergerakan air ke dalam tanah. Infiltrasi air yang baik sangat penting untuk menjaga ketersediaan air bagi tanaman, terutama pada musim kemarau.

Selain sifat fisik, pengelolahan tanah juga memengaruhi sifat kimia dan biologi tanah secara tidak langsung. Sistem pengelolahan tanah yang minim gangguan cenderung mampu mempertahankan kandungan bahan organik tanah. Bahan organik berperan penting dalam meningkatkan kapasitas tukar kation, menyediakan unsur hara, serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah. Aktivitas mikroorganisme yang tinggi akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan siklus hara, sehingga kesuburan tanah dapat terjaga.

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pengelolahan tanah berpengaruh signifikan terhadap kualitas tanah. Olah tanah minimum terbukti lebih efektif dalam menjaga struktur tanah, meningkatkan porositas, serta memperbaiki infiltrasi air dibandingkan dengan olah tanah intensif. Oleh karena itu, penerapan sistem pengelolahan tanah yang tepat dan ramah lingkungan sangat dianjurkan untuk menjaga kesuburan tanah dan mendukung pertanian berkelanjutan.4.2 Pengaruh Mulsa terhadap Kesuburan Tanah Pemberian mulsa organik mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah, menjaga kelembapan, serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah.

3.6.7 Pengaruh Kombinasi Pengelolahan Tanah dan Mulsa

Kombinasi antara olah tanah minimum dan penggunaan mulsa organik terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman serta hasil panen pada berbagai komoditas pertanian, seperti jagung manis, kedelai, kacang hijau, dan tebu. Olah tanah minimum mampu menjaga struktur tanah agar tetap stabil dan tidak mudah rusak, sehingga kondisi fisik tanah seperti porositas dan kemampuan menahan air dapat dipertahankan. Di sisi lain, mulsa organik berperan sebagai pelindung permukaan tanah yang mampu mengurangi penguapan air, menekan pertumbuhan gulma, serta melindungi tanah dari erosi akibat curah hujan.

Penerapan mulsa organik pada sistem olah tanah minimum juga memberikan manfaat tambahan berupa peningkatan kandungan bahan organik tanah. Seiring waktu, bahan mulsa akan terurai dan menjadi sumber bahan organik yang memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Mikroorganisme ini berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik dan penyediaan unsur hara bagi tanaman, sehingga ketersediaan hara di dalam tanah menjadi lebih stabil dan berkelanjutan. (Pratiwi et al., 2020)

Pada tanaman jagung manis, kombinasi olah tanah minimum dan mulsa organik mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun, serta meningkatkan ukuran dan bobot tongkol. Hal ini terjadi karena kondisi tanah yang lembap dan kaya bahan organik mendukung perkembangan sistem perakaran yang lebih baik. Pada tanaman kedelai dan kacang hijau, penggunaan mulsa organik membantu menjaga kelembapan tanah selama fase pembungaan dan pembentukan polong, sehingga mengurangi risiko gugur bunga dan polong akibat cekaman kekeringan. Sementara itu, pada tanaman tebu, sistem ini

berperan dalam mempertahankan kesuburan tanah dalam jangka panjang dan meningkatkan efisiensi penggunaan air serta unsur hara.

Selain meningkatkan hasil panen, kombinasi olah tanah minimum dan mulsa organik juga memberikan keuntungan dari sisi ekonomi dan lingkungan. Pengurangan intensitas pengolahan tanah dapat menekan biaya produksi dan penggunaan bahan bakar, sedangkan penggunaan mulsa organik dapat memanfaatkan limbah pertanian yang tersedia di sekitar lahan. Dengan demikian, penerapan kombinasi kedua teknik ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi juga mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.4.4 Dampak terhadap Produksi Tanaman, Penggunaan mulsa dan pengelolahan tanah yang tepat dapat meningkatkan hasil produksi tanaman secara signifikan dibandingkan tanpa perlakuan. (Agroteknologi et al., 2015).

3.7 Pembentukan Tanaman

Pembentukan tanaman merupakan proses pengaturan pertumbuhan dan perkembangan organ tanaman sehingga diperoleh bentuk, struktur, dan arsitektur tanaman yang optimal. Pembentukan ini meliputi pembentukan batang, cabang, daun, tajuk, serta keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif. Tujuan utama pembentukan tanaman adalah meningkatkan efisiensi fotosintesis, mempermudah pemeliharaan, serta meningkatkan hasil dan kualitas produksi.

Pembentukan tanaman merupakan aspek penting dalam budidaya tanaman yang bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil. Pemangkasan sebagai salah satu teknik pembentukan tanaman terbukti mampu memperbaiki arsitektur tanaman, meningkatkan jumlah cabang produktif, serta mendukung keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif.

Pembentukan tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan (cahaya, air, suhu, dan unsur hara), serta hormon tumbuhan yang bekerja secara terkoordinasi untuk mengatur arah dan kecepatan pertumbuhan tanaman.

3.7.1 Pengertian Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit

Pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan serangkaian upaya pengelolaan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan, yang bertujuan untuk memperoleh struktur tanaman yang optimal, meliputi sistem perakaran, batang, dan tajuk, sehingga mampu mendukung produktivitas dan umur ekonomis tanaman secara maksimal. Pembentukan tanaman tidak hanya berkaitan dengan bentuk fisik tanaman, tetapi juga mencakup pengaturan kondisi lingkungan dan teknik budidaya yang memengaruhi keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif.

Menurut Pahan (2010), pembentukan tanaman kelapa sawit sangat menentukan keberhasilan budidaya karena pertumbuhan awal yang baik akan menghasilkan tanaman yang seragam, kokoh, serta memiliki kemampuan berproduksi tinggi pada fase tanaman menghasilkan. Pembentukan tanaman dilakukan secara bertahap melalui pengelolaan pembibitan, pengaturan jarak tanam, pemupukan, pengendalian gulma, serta pemangkasan daun yang tepat.

Corley dan Tinker (2016) menyatakan bahwa pembentukan tanaman kelapa sawit berperan penting dalam menentukan arsitektur tajuk dan efisiensi penangkapan cahaya matahari, yang pada akhirnya memengaruhi proses fotosintesis dan pembentukan tandan buah segar. Dengan demikian, pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan komponen penting dalam sistem budidaya yang berkelanjutan dan berorientasi pada peningkatan produktivitas.

Secara agronomis, pembentukan tanaman kelapa sawit dapat diartikan sebagai proses pengaturan pertumbuhan tanaman agar tercapai keseimbangan antara perkembangan vegetatif dan generatif, sehingga tanaman mampu beradaptasi dengan lingkungan tumbuh serta menghasilkan produksi yang optimal dan stabil sepanjang umur produktifnya (Lubis, 2008).

3.7.2 Fase Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit

Pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan proses berkelanjutan yang dimulai sejak fase pembibitan dan berlanjut hingga tanaman memasuki fase menghasilkan. Setiap fase pembentukan memiliki peran yang saling terkait dalam menentukan arsitektur tanaman, keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta kemampuan produksi tandan buah segar sepanjang umur ekonomis tanaman.

A. Fase Pembibitan: Dasar Pembentukan Struktur Tanaman

Fase pembibitan merupakan tahap paling awal dan krusial dalam pembentukan tanaman kelapa sawit karena pada fase ini mulai terbentuk sistem perakaran, batang awal, dan daun pertama. Pembibitan terdiri atas tahap pre-nursery dan main nursery, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam membentuk vigor tanaman.

Pada fase pre-nursery, pertumbuhan difokuskan pada pembentukan akar primer dan akar lateral yang berfungsi sebagai penopang awal serta alat serap hara dan air. Menurut Pahan (2010), kegagalan pembentukan akar pada fase ini akan berdampak pada lemahnya pertumbuhan tanaman di lapangan. Sementara itu, pada fase main nursery, pembentukan tanaman diarahkan pada peningkatan jumlah daun, diameter batang, dan kekuatan sistem perakaran.

Secara fisiologis, pembibitan merupakan fase dominan vegetatif, di mana hasil fotosintesis sebagian besar dialokasikan untuk pembentukan jaringan struktural. Bibit yang terbentuk dengan

baik pada fase ini akan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi setelah dipindahkan ke lapangan (Lubis, 2008).

B. Fase Tanaman Belum Menghasilkan (TBM): Pembentukan Vegetatif Intensif

Fase tanaman belum menghasilkan (TBM) berlangsung sejak tanaman ditanam di lapangan hingga mulai berproduksi, umumnya pada umur 0–3 tahun. Fase ini merupakan periode pembentukan vegetatif paling intensif, yang menentukan arsitektur akhir tanaman kelapa sawit.

Pada fase TBM, terjadi pembentukan batang yang berfungsi sebagai penopang tajuk dan jalur transportasi hara. Pertumbuhan daun berlangsung pesat, sehingga terbentuk tajuk yang akan menentukan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya matahari. Corley dan Tinker (2016) menyatakan bahwa pembentukan tajuk yang optimal pada fase TBM sangat menentukan efisiensi fotosintesis pada fase tanaman menghasilkan.

Selain itu, perkembangan sistem perakaran sekunder dan tersier pada fase TBM meningkatkan kapasitas serapan hara dan air. Pengelolaan budidaya, seperti pemupukan berimbang, pengendalian gulma, dan pengaturan jarak tanam, sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pembentukan tanaman pada fase ini (Lubis, 2008).

C. Fase Transisi Vegetatif–Generatif: Penentuan Arah Produksi

Fase transisi vegetatif–generatif terjadi menjelang akhir TBM, ketika tanaman mulai mengalihkan sebagian energi pertumbuhannya untuk pembentukan organ reproduktif. Pada fase ini mulai terbentuk bunga jantan dan betina, meskipun belum seluruhnya berkembang menjadi tandan buah.

Menurut Corley dan Tinker (2016), keberhasilan fase transisi ini sangat dipengaruhi oleh kondisi pembentukan vegetatif sebelumnya. Tanaman dengan pembentukan vegetatif yang baik akan memiliki cadangan asimilat yang cukup untuk mendukung pembentukan bunga dan buah. Sebaliknya, tanaman yang mengalami gangguan pembentukan pada fase awal cenderung mengalami pembungaan yang tidak seragam dan produksi awal yang rendah.

D. Fase Tanaman Menghasilkan (TM): Pemantapan Struktur dan Produksi

Fase tanaman menghasilkan (TM) dimulai ketika kelapa sawit mulai menghasilkan tandan buah segar secara ekonomis, biasanya pada umur 3–4 tahun. Pada fase ini, pembentukan tanaman tidak

lagi difokuskan pada pertumbuhan vegetatif, tetapi pada pemantapan struktur tanaman dan keseimbangan antara vegetatif dan generatif.

Pembentukan tajuk diarahkan agar tetap efisien dalam menangkap cahaya, sementara sistem perakaran dipertahankan melalui pemupukan lanjutan dan pengelolaan tanah. Menurut Pahan (2010), pemeliharaan struktur tanaman pada fase TM berperan penting dalam menjaga stabilitas produksi dan memperpanjang umur ekonomis tanaman.

Secara keseluruhan, fase pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan proses yang terintegrasi dan berkesinambungan. Keberhasilan pembentukan pada fase awal akan sangat menentukan performa tanaman pada fase selanjutnya, baik dari segi produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, maupun keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

3.7.3 Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit

Pembentukan tanaman kelapa sawit dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor, baik yang bersifat internal maupun eksternal. Faktor-faktor tersebut menentukan arah pertumbuhan vegetatif dan generatif, struktur tanaman, serta kemampuan berproduksi sepanjang umur ekonomisnya.

A. Faktor Genetik

Faktor genetik merupakan faktor internal yang sangat menentukan pembentukan tanaman kelapa sawit. Perbedaan varietas atau material tanam akan menghasilkan karakter pertumbuhan yang berbeda, seperti kecepatan pertumbuhan batang, pembentukan tajuk, serta potensi produksi tandan buah segar. Menurut Corley dan Tinker (2016), potensi genetik tanaman hanya dapat tercapai secara optimal apabila didukung oleh lingkungan dan pengelolaan budidaya yang sesuai.

B. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan berperan besar dalam memengaruhi proses pembentukan tanaman kelapa sawit, antara lain:

- Tanah, yang mencakup tekstur, struktur, kesuburan, dan drainase. Tanah yang subur dan memiliki aerasi baik akan mendukung perkembangan sistem perakaran.

- Iklim, terutama curah hujan dan suhu. Kelapa sawit memerlukan curah hujan yang merata sepanjang tahun untuk mendukung pertumbuhan vegetatif.
- Cahaya matahari, yang berpengaruh terhadap fotosintesis dan pembentukan tajuk tanaman.

Lubis (2008) menyatakan bahwa kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan pembentukan tanaman tidak optimal.

C. Faktor Teknis Budidaya

Faktor teknis budidaya merupakan faktor yang dapat dikendalikan oleh manusia dan sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanaman kelapa sawit. Faktor ini meliputi:

- Jarak tanam, yang memengaruhi ruang tumbuh, pembentukan tajuk, dan persaingan cahaya.
- Pemupukan, yang berperan dalam penyediaan unsur hara untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif.
- Pengendalian gulma, untuk mengurangi kompetisi hara, air, dan cahaya.
- Pengendalian hama dan penyakit, guna menjaga pertumbuhan tanaman tetap optimal.

Menurut Pahan (2010), penerapan teknik budidaya yang tepat sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan akan membentuk tanaman kelapa sawit yang seragam, sehat, dan berproduksi tinggi.

Secara keseluruhan, pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan hasil interaksi antara faktor genetik, lingkungan, dan teknis budidaya. Pengelolaan yang optimal terhadap faktor-faktor tersebut akan menghasilkan struktur tanaman yang baik serta mendukung produktivitas dan keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

3.7.4 Teknik Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit

Teknik pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan serangkaian tindakan budidaya yang dilakukan secara terencana dan berkesinambungan sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan. Teknik ini bertujuan membentuk struktur tanaman yang optimal, meliputi sistem

perakaran yang kuat, batang yang kokoh, serta tajuk yang efisien dalam memanfaatkan cahaya matahari, sehingga mendukung produktivitas dan umur ekonomis tanaman.

A. Teknik Pembentukan pada Fase Pembibitan

Pembentukan tanaman kelapa sawit dimulai sejak fase pembibitan, karena kualitas bibit akan sangat menentukan pertumbuhan tanaman di lapangan. Teknik pembibitan dilakukan melalui dua tahap, yaitu pre-nursery dan main nursery. Pada tahap ini dilakukan seleksi bibit, pengaturan media tanam, penyiraman, serta pemupukan awal untuk merangsang pertumbuhan akar dan daun.

Pahan (2010), bibit yang baik memiliki sistem perakaran yang berkembang sempurna, daun hijau normal, dan batang yang kokoh. Pembentukan yang optimal pada fase pembibitan akan menghasilkan tanaman yang lebih adaptif terhadap kondisi lapangan dan memiliki pertumbuhan awal yang cepat dan seragam.

B. Teknik Penanaman dan Pengaturan Jarak Tanam

Penanaman merupakan tahap awal pembentukan tanaman di lapangan. Teknik penanaman yang tepat meliputi penentuan jarak tanam, pembuatan lubang tanam, serta penempatan bibit yang benar. Jarak tanam yang sesuai akan memberikan ruang tumbuh yang cukup bagi perkembangan akar dan tajuk tanaman.

Lubis (2008) menyatakan bahwa jarak tanam berpengaruh langsung terhadap pembentukan tajuk dan efisiensi penangkapan cahaya. Jarak tanam yang terlalu rapat dapat menyebabkan kompetisi cahaya dan hara, sedangkan jarak tanam yang terlalu lebar dapat mengurangi efisiensi pemanfaatan lahan.

C. Teknik Pemupukan untuk Pembentukan Tanaman

Pemupukan merupakan teknik penting dalam pembentukan tanaman kelapa sawit, terutama pada fase tanaman belum menghasilkan. Pemupukan bertujuan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif, seperti nitrogen (N) untuk pembentukan daun, fosfor (P) untuk perkembangan akar, dan kalium (K) untuk memperkuat jaringan tanaman.

Menurut Corley dan Tinker (2016), pemupukan yang seimbang dan tepat waktu akan mendorong pembentukan struktur tanaman yang sehat dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam mendukung proses fotosintesis dan pembentukan bunga pada fase selanjutnya.

D. Teknik Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma merupakan bagian penting dari teknik pembentukan tanaman karena gulma dapat bersaing dengan tanaman kelapa sawit dalam memperoleh air, hara, dan cahaya. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara manual, mekanis, maupun kimiawi.

Pahan (2010) menjelaskan bahwa pengendalian gulma yang efektif pada fase TBM sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanaman, karena kompetisi yang tinggi pada fase ini dapat menghambat pertumbuhan akar dan tajuk tanaman.

E. Teknik Pemangkasan Daun

Pemangkasan daun dilakukan untuk membentuk tajuk tanaman yang seimbang dan efisien. Pemangkasan bertujuan menghilangkan daun tua, rusak, atau tidak produktif agar fotosintesis dapat berlangsung optimal dan energi tanaman lebih terarah pada pembentukan bunga dan buah.

Menurut Lubis (2008), pemangkasan daun yang tepat akan memperbaiki sirkulasi udara di sekitar tajuk dan meningkatkan penetrasi cahaya, sehingga mendukung pembentukan tandan buah yang optimal.

F. Teknik Pengelolaan Tanah dan Air

Pengelolaan tanah dan air merupakan teknik pendukung dalam pembentukan tanaman kelapa sawit. Teknik ini meliputi pembuatan drainase, pengendalian erosi, dan konservasi tanah.

Sistem drainase yang baik akan mencegah genangan air yang dapat menghambat perkembangan akar.

Corley dan Tinker (2016) menyatakan bahwa kondisi tanah yang aeratif dan ketersediaan air yang cukup akan mendukung pembentukan sistem perakaran yang kuat dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap cekaman lingkungan.

Secara keseluruhan, teknik pembentukan tanaman kelapa sawit harus dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan sejak fase awal pertumbuhan. Keberhasilan penerapan teknik ini akan menentukan struktur tanaman, produktivitas, serta keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

3.7.5 Dampak Pembentukan Tanaman Yang Baik dan Tidak Baik

Pembentukan tanaman kelapa sawit merupakan faktor kunci yang menentukan keberhasilan budidaya dalam jangka panjang. Kualitas pembentukan tanaman sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan akan berdampak langsung terhadap struktur tanaman, keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta produktivitas dan umur ekonomis tanaman. Dampak tersebut dapat bersifat positif apabila pembentukan dilakukan dengan baik, namun sebaliknya dapat menimbulkan berbagai permasalahan apabila pembentukan tanaman tidak optimal.

A. Dampak Pembentukan Tanaman yang Baik

Pembentukan tanaman kelapa sawit yang baik menghasilkan struktur tanaman yang seimbang dan seragam. Sistem perakaran yang berkembang optimal memungkinkan tanaman menyerap air dan unsur hara secara efisien, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif yang sehat. Batang yang kokoh dan tajuk yang terbentuk dengan baik akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menopang beban tandan buah segar serta memaksimalkan penangkapan cahaya matahari untuk proses fotosintesis.

Menurut Corley dan Tinker (2016), pembentukan tajuk yang efisien berpengaruh langsung terhadap laju fotosintesis dan pembentukan asimilat, yang selanjutnya dialokasikan untuk pembentukan bunga dan buah. Tanaman dengan pembentukan yang baik cenderung memiliki keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif, sehingga mampu menghasilkan tandan buah secara stabil dari tahun ke tahun.

Selain itu, pembentukan tanaman yang optimal juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, seperti kekeringan dan serangan hama serta penyakit. Lubis (2008) menyatakan bahwa tanaman dengan perakaran yang kuat dan pertumbuhan yang seragam memiliki daya adaptasi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Hal ini berdampak pada menurunnya tingkat kematian tanaman dan berkurangnya biaya perawatan di lapangan.

Dari aspek ekonomi, pembentukan tanaman yang baik berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan efisiensi usaha perkebunan. Pahan (2010) menjelaskan bahwa tanaman kelapa

sawit yang terbentuk dengan baik akan memasuki fase menghasilkan lebih cepat, memiliki produksi tandan buah segar yang lebih tinggi, serta umur produktif yang lebih panjang. Dengan demikian, pembentukan tanaman yang baik menjadi dasar bagi keberlanjutan dan keuntungan jangka panjang usaha perkebunan kelapa sawit.

B. Dampak Pembentukan Tanaman yang Tidak Baik

Sebaliknya, pembentukan tanaman kelapa sawit yang tidak baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif yang bersifat jangka pendek maupun jangka panjang. Kesalahan dalam pembibitan, penanaman, atau pemeliharaan awal dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak seragam, sistem perakaran lemah, serta tajuk yang tidak seimbang. Kondisi ini akan menghambat kemampuan tanaman dalam menyerap hara dan memanfaatkan cahaya matahari secara optimal.

Menurut Lubis (2008), pembentukan tanaman yang tidak optimal pada fase TBM akan berdampak langsung pada rendahnya produktivitas saat tanaman memasuki fase menghasilkan. Tanaman dengan pertumbuhan vegetatif yang terhambat cenderung mengalami keterlambatan pembungaan dan menghasilkan tandan buah dengan jumlah dan bobot yang lebih rendah.

Pembentukan tanaman yang buruk juga meningkatkan kerentanan terhadap serangan hama dan penyakit. Tajuk yang terlalu rapat atau tidak teratur dapat menciptakan kondisi mikroklimat yang lembap, sehingga mendukung perkembangan patogen. Corley dan Tinker (2016) menyebutkan bahwa struktur tajuk yang tidak efisien dapat menurunkan efisiensi fotosintesis dan mempercepat penurunan produktivitas tanaman.

Dari sisi ekonomi, pembentukan tanaman yang tidak baik menyebabkan meningkatnya biaya produksi akibat tingginya kebutuhan pemeliharaan dan rendahnya hasil panen. Pahan (2010) menegaskan bahwa kesalahan dalam pembentukan tanaman pada tahap awal sering kali tidak dapat diperbaiki sepenuhnya pada fase selanjutnya, sehingga berdampak pada pendeknya umur ekonomis tanaman dan menurunnya keuntungan usaha perkebunan.

Secara keseluruhan, pembentukan tanaman kelapa sawit yang baik merupakan investasi jangka panjang yang menentukan keberhasilan budidaya. Sebaliknya, pembentukan tanaman yang tidak baik akan menimbulkan berbagai permasalahan agronomis dan ekonomis yang sulit diperbaiki, sehingga menurunkan produktivitas dan keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

3.7.6 Indikator Keberhasilan Pembentukan Tanaman Kelapa Sawit

Keberhasilan pembentukan tanaman kelapa sawit dapat dinilai melalui beberapa indikator utama yang mencerminkan kualitas pertumbuhan dan kesiapan tanaman dalam mendukung produktivitas. Indikator tersebut meliputi keseragaman pertumbuhan tanaman, perkembangan sistem perakaran, serta pembentukan batang dan tajuk yang optimal.

Menurut Pahan (2010), tanaman yang terbentuk dengan baik menunjukkan pertumbuhan yang seragam, ditandai oleh tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun yang relatif sama dalam satu areal. Keseragaman ini penting karena berpengaruh terhadap keseragaman pembungaan dan produksi.

Indikator lainnya adalah sistem perakaran yang berkembang baik, yang memungkinkan tanaman menyerap air dan unsur hara secara efisien. Lubis (2008) menyatakan bahwa sistem perakaran yang kuat meningkatkan daya adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan dan mendukung pertumbuhan vegetatif serta generatif.

Selain itu, keberhasilan pembentukan tanaman juga ditunjukkan oleh keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif, yang tercermin dari awal berbunga dan berbuah sesuai umur fisiologis tanaman, umumnya pada umur 3–4 tahun. Corley dan Tinker (2016) menegaskan bahwa pembentukan tajuk yang efisien dan seimbang akan mendukung proses fotosintesis dan produksi tandan buah segar secara optimal.

3.8.Pengertian Monitoring Tumbuhan

Monitoring tumbuhan merupakan suatu proses pengamatan, pengukuran, pencatatan, dan evaluasi yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan terhadap kondisi, pertumbuhan, perkembangan, serta respons tumbuhan terhadap lingkungan sekitarnya *(Odum, 1993; Lakitan, 2011).*

Monitoring tumbuhan bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai status kesehatan tanaman, dinamika pertumbuhan, produktivitas, serta faktor-faktor biotik dan abiotik yang memengaruhinya *(Gardner et al., 1991).*

Dalam konteks ilmu biologi dan pertanian, monitoring tumbuhan menjadi dasar penting dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya hayati, konservasi, budidaya tanaman, serta pengendalian hama dan penyakit.*(Salisbury & Ross, 1995).*

Monitoring ini dilakukan sejak tahap awal pertumbuhan hingga fase akhir siklus hidup tanaman, sehingga perubahan yang terjadi pada tumbuhan dapat terdeteksi sejak dini. Dengan demikian, monitoring tumbuhan memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang tepat terkait pemeliharaan, pengendalian, dan pengembangan tanaman *(Lakitan, 2011).*

Dalam perspektif ekologi, monitoring tumbuhan juga berfungsi untuk memahami interaksi antara tumbuhan dengan lingkungan, termasuk faktor iklim, tanah, air, organisme lain, serta aktivitas manusia *(Odum, 1993).*

hasil monitoring dapat digunakan untuk menilai kondisi ekosistem, mendeteksi adanya gangguan atau degradasi lingkungan, serta merancang strategi pengelolaan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, monitoring tumbuhan merupakan kegiatan yang bersifat multidisipliner dan melibatkan berbagai pendekatan keilmuan.

3.8.1. Tujuan Monitoring Tumbuhan

Monitoring tumbuhan memiliki berbagai tujuan yang saling berkaitan dan mendukung keberhasilan pengelolaan tanaman. Salah satu tujuan utama monitoring tumbuhan adalah untuk mengetahui kondisi pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara berkala *(Gardner et al., 1991).*

Dengan melakukan monitoring, peneliti atau pengelola tanaman dapat mengidentifikasi apakah pertumbuhan tanaman berlangsung normal atau mengalami hambatan tertentu.

Tujuan lain dari monitoring tumbuhan adalah untuk mendeteksi secara dini adanya gangguan, seperti serangan hama dan penyakit, kekurangan unsur hara, stres lingkungan, maupun kerusakan fisik pada tanaman *(Salisbury & Ross, 1995).*

Deteksi dini ini sangat penting agar tindakan pengendalian atau perbaikan dapat segera dilakukan sebelum kerusakan menjadi lebih parah. Selain itu, monitoring tumbuhan juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas perlakuan atau teknologi yang diterapkan, seperti penggunaan pupuk, irigasi, atau metode budidaya tertentu *(Lakitan, 2011).*

Dalam konteks penelitian, monitoring tumbuhan bertujuan untuk menghasilkan data ilmiah yang valid dan reliabel. Data tersebut dapat digunakan untuk menguji hipotesis, mengembangkan teori, serta menyusun rekomendasi berbasis bukti ilmiah *(Sugiyono, 2019)*

Sementara itu, dalam konteks konservasi, monitoring tumbuhan bertujuan untuk menjaga keberlanjutan populasi tumbuhan dan melindungi keanekaragaman hayati *(Odum, 1993).*

A. Ruang Lingkup Monitoring Tumbuhan

Ruang lingkup monitoring tumbuhan mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan kondisi dan dinamika tanaman. Aspek tersebut antara lain meliputi pertumbuhan vegetatif, perke mbangan generatif, kondisi fisiologis, serta kesehatan tanaman secara keseluruhan *(Gardner et al., 1991).*

Pertumbuhan vegetatif mencakup pengamatan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan biomassa. Perkembangan generatif meliputi fase pembungaan, pembentukan buah, dan pemasakan biji.

Selain itu, monitoring tumbuhan juga mencakup aspek lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti kondisi tanah, ketersediaan air, intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan *(Lakitan, 2011).*

Faktor biotik, seperti keberadaan hama, penyakit, dan organisme pendukung, juga menjadi bagian penting dalam monitoring tumbuhan. Dengan cakupan yang luas tersebut, monitoring tumbuhan

dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi tanaman dan lingkungan tempat tumbuhnya.

B. Metode Monitoring Tumbuhan

Metode monitoring tumbuhan dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Metode kualitatif umumnya dilakukan melalui pengamatan visual terhadap kondisi tanaman, seperti warna daun, bentuk batang, dan gejala serangan hama atau penyakit *(Salisbury & Ross, 1995).*

Metode ini relatif sederhana dan mudah dilakukan, namun membutuhkan pengalaman dan ketelitian dari pengamat.

Sementara itu, metode kuantitatif dilakukan dengan mengukur parameter pertumbuhan tanaman secara numerik, seperti tinggi tanaman, diameter batang, berat kering, dan kandungan klorofil *(Gardner et al., 1991).*

Pengukuran ini biasanya menggunakan alat tertentu dan dilakukan secara periodik untuk melihat perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Selain itu, metode monitoring modern juga memanfaatkan teknologi seperti sensor, citra satelit, dan sistem informasi geografis (SIG) untuk memperoleh data yang lebih luas dan akurat *(Odum, 1993).*

C. Manfaat Monitoring Tumbuhan

Monitoring tumbuhan memberikan berbagai manfaat yang sangat luas dan strategis, baik dalam konteks ilmiah, praktis, maupun kebijakan pengelolaan sumber daya alam. Salah satu manfaat utama monitoring tumbuhan adalah meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan tanaman melalui pengambilan keputusan berbasis data yang akurat *(Lakitan, 2011).*

Selain itu, monitoring tumbuhan berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil tanaman. Dengan memantau parameter pertumbuhan secara berkala, potensi gangguan dapat diidentifikasi sejak dini sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan *(Gardner et al., 1991).*

Monitoring tumbuhan juga bermanfaat sebagai sarana evaluasi penerapan teknologi dan metode budidaya. Data hasil monitoring memungkinkan penilaian objektif terhadap keberhasilan inovasi pertanian dan kehutanan *(Salisbury & Ross, 1995).*

Dalam konteks penelitian ilmiah, monitoring tumbuhan berfungsi sebagai sumber data primer yang valid dan reliabel untuk analisis pertumbuhan, respons fisiologis tanaman, serta interaksi tumbuhan dengan lingkungan *(Sugiyono, 2019).*

Selain itu, monitoring tumbuhan memiliki peran penting dalam konservasi dan pelestarian lingkungan. Pemantauan vegetasi secara berkelanjutan memungkinkan deteksi dini terhadap degradasi habitat dan penurunan keanekaragaman hayati *(Odum, 1993).*

3.8.2 Metode Monitoring Secara Langsung

Metode monitoring secara langsung adalah metode yang dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran langsung terhadap objek tumbuhan di lapangan. Metode ini paling sering digunakan karena mampu memberikan data yang nyata dan detail mengenai kondisi tanaman. Salah satu bentuk metode langsung adalah pengamatan visual, yaitu kegiatan mengamati kondisi tumbuhan berdasarkan ciri-ciri fisik yang tampak, seperti warna daun, tingkat kesegaran tanaman, keberadaan gejala penyakit, serta kerusakan akibat hama. Pengamatan visual sangat penting sebagai langkah awal untuk mendeteksi adanya gangguan pada tanaman.

Selain pengamatan visual, metode langsung juga mencakup pengukuran parameter morfologi tanaman. Pengukuran ini dilakukan dengan alat sederhana maupun alat ukur khusus, seperti mistar, jangka sorong, pita ukur, dan timbangan. Parameter yang diukur antara lain tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, panjang akar, serta berat basah dan berat kering tanaman. Data morfologi memberikan gambaran kuantitatif mengenai laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman dari waktu ke waktu.

Metode pengambilan sampel juga termasuk dalam monitoring langsung. Sampel bagian tumbuhan, seperti daun, batang, akar, atau buah, dapat diambil untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Analisis laboratorium bertujuan untuk mengetahui kondisi fisiologis tanaman, seperti kandungan klorofil, kadar air, kandungan unsur hara, serta keberadaan patogen. Meskipun metode ini memerlukan biaya dan waktu yang lebih besar, hasil yang diperoleh sangat akurat dan mendalam.

A. Metode Monitoring Secara Tidak Langsung

Metode monitoring secara tidak langsung adalah metode yang dilakukan tanpa kontak langsung secara intensif dengan objek tumbuhan. Metode ini umumnya memanfaatkan teknologi dan data sekunder untuk memantau kondisi vegetasi. Salah satu metode tidak langsung yang banyak

digunakan adalah penginderaan jauh, yaitu teknik memperoleh informasi tentang objek di permukaan bumi melalui sensor yang dipasang pada satelit atau pesawat udara.

Penginderaan jauh memungkinkan monitoring tumbuhan dilakukan pada skala wilayah yang luas dan dalam periode waktu yang panjang. Data citra satelit dapat dianalisis menggunakan indeks vegetasi, seperti NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), untuk menilai tingkat kehijauan, kerapatan, dan kesehatan tanaman. Metode ini sangat efektif untuk monitoring hutan, perkebunan, dan lahan pertanian skala besar.

Selain penginderaan jauh, metode tidak langsung juga mencakup penggunaan sensor lingkungan dan alat otomatis. Sensor ini dapat merekam data suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kelembaban tanah secara kontinu. Data yang dihasilkan bersifat real-time dan sangat berguna untuk memahami respon tumbuhan terhadap perubahan lingkungan. Penggunaan teknologi ini semakin berkembang seiring dengan kemajuan sistem informasi dan Internet of Things (IoT).

B. Metode Monitoring Kuantitatif dan Kualitatif

Berdasarkan jenis data yang dihasilkan, metode monitoring tumbuhan dapat dibedakan menjadi metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif menghasilkan data berupa angka yang dapat dianalisis secara statistik. Contohnya adalah pengukuran tinggi tanaman, berat biomassa, dan luas daun. Data kuantitatif sangat penting untuk membandingkan kondisi tanaman antar waktu dan antar lokasi.

Sementara itu, metode kualitatif menghasilkan data deskriptif yang menggambarkan kondisi tanaman secara naratif. Contohnya adalah deskripsi kondisi daun, tingkat serangan hama, dan pola pertumbuhan tanaman. Meskipun bersifat subjektif, data kualitatif memberikan konteks dan penjelasan yang melengkapi data kuantitatif.

C. Metode Monitoring Periodik dan Berkelanjutan

Monitoring tumbuhan juga dapat dibedakan berdasarkan frekuensi pelaksanaannya, yaitu monitoring periodik dan monitoring berkelanjutan. Monitoring periodik dilakukan pada interval waktu tertentu, misalnya mingguan, bulanan, atau musiman. Metode ini sering digunakan dalam kegiatan pertanian dan penelitian jangka pendek.

Monitoring berkelanjutan dilakukan secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang. Metode ini sangat penting dalam studi ekologi, kehutanan, dan perubahan iklim karena mampu

menggambarkan dinamika tumbuhan dalam jangka panjang. Monitoring berkelanjutan memerlukan perencanaan yang matang serta dukungan sumber daya yang memadai.

3.8.3 Pemilihan Metode Monitoring Tumbuhan

Pemilihan metode monitoring tumbuhan harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti tujuan monitoring, jenis dan karakteristik tumbuhan, skala wilayah, serta ketersediaan sumber daya. Dalam praktiknya, sering kali digunakan kombinasi beberapa metode untuk memperoleh data yang lebih lengkap dan akurat. Dengan pemilihan metode yang tepat, monitoring tumbuhan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengelolaan tanaman, konservasi lingkungan, dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Dalam konteks penelitian ilmiah, monitoring tumbuhan memiliki manfaat yang sangat besar sebagai sumber data primer yang valid dan reliabel. Data hasil monitoring dapat digunakan untuk menganalisis pola pertumbuhan, respons fisiologis tanaman terhadap faktor lingkungan, serta interaksi antara tumbuhan dan organisme lain. Informasi ini sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang fisiologi tumbuhan, ekologi, dan agronomi. Selain itu, hasil monitoring juga dapat menjadi dasar dalam penyusunan model prediksi pertumbuhan tanaman dan dampak perubahan lingkungan terhadap ekosistem tumbuhan.

Monitoring tumbuhan juga memberikan manfaat signifikan dalam upaya konservasi dan pelestarian lingkungan. Dengan melakukan monitoring secara berkelanjutan, perubahan kondisi vegetasi dapat dideteksi sejak dini, termasuk penurunan populasi tumbuhan, degradasi habitat, atau invasi spesies asing. Informasi tersebut sangat penting dalam merancang strategi konservasi yang efektif dan berbasis data. Dalam jangka panjang, monitoring tumbuhan berkontribusi pada upaya menjaga keseimbangan ekosistem dan melestarikan keanekaragaman hayati.

Manfaat monitoring tumbuhan juga terlihat dalam aspek perencanaan dan pengambilan kebijakan. Data hasil monitoring dapat digunakan oleh pemerintah, lembaga penelitian, dan pemangku kepentingan lainnya sebagai dasar dalam penyusunan kebijakan pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan. Kebijakan yang didasarkan pada data monitoring yang akurat cenderung lebih tepat sasaran dan berkelanjutan. Dengan demikian, monitoring tumbuhan tidak hanya bermanfaat pada tingkat teknis, tetapi juga memiliki dampak strategis dalam pembangunan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, manfaat monitoring tumbuhan mencakup aspek teknis, ilmiah, ekologis, dan sosial-ekonomi. Melalui monitoring yang dilakukan secara konsisten dan terencana, berbagai potensi permasalahan dapat diantisipasi, produktivitas dan kualitas tanaman dapat ditingkatkan, serta kelestarian lingkungan dapat terjaga. Oleh karena itu, monitoring tumbuhan merupakan komponen penting yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan pengelolaan tanaman dan sumber daya alam secara berkelanjutan..

A.Parameter Monitoring Tumbuhan

Parameter monitoring tumbuhan merupakan variabel atau indikator yang diamati dan diukur untuk menggambarkan kondisi serta perkembangan tanaman. Parameter ini dapat dibedakan menjadi parameter morfologi, fisiologi, dan lingkungan. Parameter morfologi meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, panjang akar, serta berat basah dan berat kering tanaman. Parameter-parameter ini sering digunakan karena relatif mudah diukur dan memberikan gambaran langsung mengenai pertumbuhan tanaman.

Parameter fisiologi mencakup proses-proses internal yang terjadi pada tumbuhan, seperti laju fotosintesis, respirasi, transpirasi, kandungan klorofil, serta efisiensi penggunaan air dan unsur hara. Meskipun pengukuran parameter fisiologi memerlukan peralatan dan teknik khusus, data yang dihasilkan sangat penting untuk memahami respon tumbuhan terhadap kondisi lingkungan.

Selain itu, parameter lingkungan juga menjadi bagian penting dalam monitoring tumbuhan. Parameter ini meliputi suhu udara, kelembaban, intensitas cahaya, pH tanah, kandungan unsur hara tanah, serta ketersediaan air. Hubungan antara parameter lingkungan dan kondisi tumbuhan memberikan informasi yang komprehensif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

B. Tahapan Monitoring Tumbuhan

Monitoring tumbuhan dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan dan harus direncanakan dengan baik. Tahap pertama adalah perencanaan monitoring, yang meliputi penentuan tujuan, lokasi, waktu, metode, serta parameter yang akan diamati. Perencanaan yang matang akan menentukan kualitas data yang dihasilkan.

Tahap kedua adalah pelaksanaan monitoring di lapangan. Pada tahap ini dilakukan pengamatan dan pengukuran sesuai dengan metode yang telah ditetapkan. Ketelitian dan konsistensi dalam

pengambilan data sangat diperlukan agar data yang diperoleh dapat dibandingkan antar waktu dan lokasi.

Tahap ketiga adalah pengolahan dan analisis data. Data hasil monitoring diolah menggunakan metode statistik atau analisis kualitatif untuk memperoleh informasi yang bermakna. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan untuk menjawab tujuan monitoring.

Tahap terakhir adalah pelaporan dan evaluasi. Hasil monitoring disusun dalam bentuk laporan yang sistematis dan mudah dipahami. Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas kegiatan monitoring serta sebagai dasar perbaikan pada kegiatan monitoring selanjutnya.

3.8.4 Monitoring Tumbuhan Berbasis Teknologi

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa inovasi dalam kegiatan monitoring tumbuhan. Penggunaan teknologi seperti penginderaan jauh, sistem informasi geografis (SIG), drone, dan sensor otomatis memungkinkan monitoring dilakukan secara lebih efisien dan akurat. Teknologi ini sangat bermanfaat untuk monitoring pada skala luas dan wilayah yang sulit dijangkau.

Penginderaan jauh menggunakan citra satelit atau foto udara untuk memantau kondisi vegetasi berdasarkan indeks vegetasi seperti NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Indeks ini digunakan untuk menilai tingkat kehijauan dan kesehatan tanaman. Sementara itu, penggunaan drone memungkinkan pengambilan data dengan resolusi tinggi dalam waktu singkat.

Sensor otomatis yang ditempatkan di lahan pertanian atau kawasan hutan dapat merekam data lingkungan secara real-time, seperti suhu, kelembaban, dan kelembaban tanah. Data ini sangat berguna untuk monitoring berkelanjutan dan pengambilan keputusan secara cepat.

A. Tantangan dalam Monitoring Tumbuhan

Meskipun monitoring tumbuhan memiliki banyak manfaat, pelaksanaannya juga menghadapi berbagai tantangan. Tantangan tersebut antara lain keterbatasan sumber daya manusia, biaya, waktu, serta peralatan. Monitoring jangka panjang memerlukan komitmen dan konsistensi yang tinggi.

Selain itu, variabilitas kondisi lingkungan dan perbedaan karakteristik tumbuhan juga menjadi tantangan tersendiri dalam interpretasi data. Kesalahan dalam pengambilan atau analisis data

dapat menghasilkan kesimpulan yang kurang tepat. Oleh karena itu, diperlukan standar metode dan pelatihan yang memadai bagi pelaksana monitoring.

B. Monitoring Tumbuhan dalam Pembangunan Berkelanjutan

Monitoring tumbuhan memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Data hasil monitoring digunakan untuk memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya tumbuhan dilakukan tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang. Dalam konteks ini, monitoring menjadi alat evaluasi keberlanjutan suatu sistem pengelolaan lahan.

Melalui monitoring tumbuhan, keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dapat dijaga. Monitoring juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, khususnya yang berkaitan dengan ketahanan pangan, perlindungan ekosistem darat, dan penanganan perubahan iklim.

Dengan cakupan pembahasan yang luas dan mendalam, monitoring tumbuhan menjadi fondasi penting dalam pengelolaan sumber daya alam yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

3.9 Penanggulangan Stres Lingkungan

Kelapa sawit (Elaeis guineensis) merupakan salah satu komoditas unggulan dunia yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia, baik sebagai sumber pendapatan negara, penyedia lapangan kerja, maupun pendorong pembangunan di wilayah pedesaan. Posisi Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar di tingkat global menuntut pengelolaan perkebunan yang berkelanjutan dan berorientasi pada peningkatan produktivitas. Dengan demikian, penerapan praktik agronomi yang tepat menjadi faktor penting dalam menjaga daya saing industri kelapa sawit nasional di tengah meningkatnya tuntutan pasar internasional terhadap aspek keberlanjutan.

Pencapaian produktivitas kelapa sawit yang optimal sangat dipengaruhi oleh kesesuaian kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman. Sepanjang fase pertumbuhannya, kelapa sawit kerap mengalami berbagai tekanan lingkungan, baik yang bersifat abiotik seperti kekurangan air, kelebihan air, ketidakseimbangan unsur hara, maupun suhu yang tidak optimal, serta tekanan biotik akibat serangan organisme pengganggu tanaman. Tekanan tersebut dapat mengganggu proses fisiologis tanaman, menurunkan efisiensi fotosintesis, dan menghambat pertumbuhan,

yang pada akhirnya berdampak pada penurunan produksi Tandan Buah Segar (TBS) serta rendemen minyak.

Oleh sebab itu, pengelolaan stres lingkungan secara menyeluruh dan berkesinambungan menjadi kebutuhan utama dalam sistem budidaya kelapa sawit. Pendekatan ini meliputi pengelolaan sumber daya lahan dan air, pemupukan yang berimbang, pemanfaatan varietas unggul yang toleran terhadap cekaman lingkungan, serta penerapan pengendalian hama dan penyakit secara terpadu. Strategi tersebut bertujuan untuk menekan dampak negatif stres lingkungan sekaligus mendukung implementasi prinsip Sustainable Palm Oil (SPO), sehingga potensi genetik tanaman dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan.

3.9.1 Stres Abiotik dan Dampaknya

Stres abiotik didefinisikan sebagai serangkaian kondisi lingkungan non-hayati seperti defisit air, kelebihan air, atau fluktuasi suhu ekstrem yang melampaui rentang toleransi optimal tanaman. Kondisi ini menginduksi perubahan substansial pada tingkat morfologis, anatomis, fisiologis, dan biokimia tanaman, yang secara kolektif berujung pada penurunan kinerja agronomis.

1) Stres Kekeringan (Defisit Air)

   Kekeringan merupakan faktor pembatas produktivitas paling signifikan dalam budidaya kelapa sawit, khususnya di areal yang mengalami distribusi curah hujan yang tidak merata atau periode kering yang panjang."Ketersediaan air yang tidak memadai, terutama selama fase kritis inisiasi bunga hingga perkembangan buah, secara inheren memicu respons pertahanan diri berupa penutupan stomata dan penurunan laju fotosintesis. Dampak paling merugikan adalah peningkatan laju aborsi (keguguran) bunga betina, yang secara langsung berkorelasi dengan penurunan hasil Tandan Buah Segar (TBS) tahunan."Cekaman kekeringan yang dialami kelapa sawit, terutama pada fase kritis, akan menginduksi respons fisiologis seperti penutupan stomata dan penurunan laju fotosintesis, yang selanjutnya memicu perubahan alokasi biomassa dan ketidakseimbangan hormon. Dampak langsung dari respons ini adalah peningkatan aborsi bunga betina (feminisasi) dan penurunan kualitas serta kuantitas Tandan Buah Segar (TBS) yang signifikan pada periode panen berikutnya (Riski, 2021)."

   Stres kekeringan memicu kaskade respons yang bertujuan untuk menghemat air namun berkonsekuensi pada produktivitas:

4. Respons Fisiologis dan Biokimia:

Defisit air mengakibatkan penurunan drastis potensial air daun, memicu biosintesis dan akumulasi hormon Asam Absisat (ABA). ABA bertindak sebagai sinyal penutup stomata untuk meminimalkan transpirasi. Meskipun berfungsi sebagai mekanisme pertahanan, penutupan stomata ini menghambat pertukaran karbondioksida (CO_2), sehingga menurunkan laju fotosintesis dan efisiensi penggunaan air.

5. Perubahan Morfologis:

Secara visual, stres air parah bermanifestasi dalam bentuk spear-leaf atau daun tombak yang gagal membuka (unopened spear leaf) dan fenomena senesens daun lebih dini. Daun-daun yang lebih tua mengalami nekrosis (kematian jaringan) dan mengering, sebuah mekanisme self-pruning untuk mengurangi total area transpirasi.

6. Dampak pada Komponen Produksi:

Stres air pada fase inisiasi dan perkembangan infloresens mengakibatkan peningkatan signifikan aborsi bunga betina dan buah muda. Hal ini secara langsung menggeser rasio bunga betina-jantan, di mana persentase bunga betina menurun drastis, menyebabkan penurunan populasi buah yang terbentuk dan kegagalan panen di siklus berikutnya.

2) Stres Genangan (Kelebihan Air dan Anoksia)

Meskipun kelapa sawit adalah tanaman dataran basah, genangan air yang berlangsung lama, terutama pada zona perakaran, merupakan bentuk stres abiotik yang sama merusaknya. Genangan menciptakan kondisi anoksia atau hipoksia (kekurangan/ketiadaan oksigen) di dalam tanah.Kelebihan air menghalangi difusi oksigen dari atmosfer ke perakaran, memicu respons biokimia yang toksik:

a. Kerusakan Perakaran dan Toksisitas:

Dalam kondisi anoksia, akar beralih ke respirasi anaerobik. Proses ini menghasilkan senyawa metabolik yang berpotensi toksik bagi sel, seperti etanol dan asam-asam organik. Akumulasi senyawa ini menyebabkan kerusakan sel-sel akar dan menghambat fungsi penyerapan nutrisi.

b. Hambatan Fisiologis:

Kerusakan akar secara serius menghambat fungsi penyerapan air dan nutrisi esensial, khususnya Nitrogen (N) dan Kalium (K), meskipun tanaman berada dalam lingkungan berair. Gangguan ini menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi internal.

c. Gejala Visual dan Kerentanan Sekunder:

Gejala eksternal mencakup klorosis (daun menguning) akibat defisiensi N dan K, pertumbuhan yang terhambat, dan pada kasus ekstrem, peningkatan kerentanan terhadap serangan patogen akar, terutama Busuk Pangkal Batang (BPB) yang disebabkan oleh jamur Ganoderma boninense, karena perakaran yang lemah.

3) Stres Suhu Ekstrem

Suhu udara dan tanah yang berada di luar ambang optimal 24 °C hingga 28 °C mengganggu laju metabolisme kelapa sawit. Suhu ekstrem dapat dibagi menjadi suhu tinggi (panas) dan suhu rendah (dingin), meskipun suhu tinggi lebih sering menjadi masalah di lingkungan tropis.

a. Suhu Tinggi (Stres Panas):

Suhu udara yang sangat tinggi menyebabkan denaturasi protein dan inaktivasi enzim-enzim kunci, khususnya Rubisco yang esensial dalam siklus fotosintesis. Peningkatan suhu juga dapat memicu peningkatan respirasi gelap, yang menghabiskan cadangan karbohidrat (fotosintat) yang seharusnya dialokasikan untuk pertumbuhan dan produksi.

b. Suhu Rendah (Stres Dingin):

Meskipun jarang terjadi di sentra produksi utama Indonesia, stres dingin dapat menyebabkan kerusakan membran sel akibat perubahan fase lipid dan menghambat aktivitas enzim-enzim metabolisme. Secara morfologis, stres dingin memicu gejala seperti klorosis dan stunting.

3.9.2 Strategi Penanggulangan Stres Abiotik

Penanggulangan stres abiotik pada budidaya kelapa sawit merupakan aspek krusial dari manajemen agronomi modern. Strategi yang efektif harus bersifat multidisiplin, mencakup peningkatan adaptasi genetik melalui pemuliaan, penerapan teknik manajemen lahan, dan pemanfaatan teknologi mitigasi spesifik.

1. Mitigasi Stres Kekeringan

Mitigasi stres defisit air difokuskan pada upaya konservasi kelembaban tanah dan peningkatan kapasitas tanaman untuk menahan kondisi kering.

a. Pengelolaan Tanah dan Air (Water Management)

Metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan siklus hidrologi mikro di areal perkebunan:

1) Penerapan Mulching Organik: Pemanfaatan biomassa residu perkebunan seperti Tandan Kosong Buah Sawit (TKKS/EFB) atau Lumpur Decanter (Solid Decanter) sebagai mulsa di sekitar piringan dan gawangan. Mulching efektif mengurangi laju evaporasi air permukaan, menstabilkan suhu tanah, dan seiring dekomposisi, meningkatkan kandungan Bahan Organik Tanah (BOT), yang pada gilirannya memperbaiki kapasitas menahan air tanah.

b. Pembangunan Konservasi Air (In-Situ)

1) Di lahan mineral bergelombang atau terasering, pembuatan rorak (parit buntu) atau micro-catchment berfungsi menangkap dan menahan limpasan air permukaan (run-off), sehingga meningkatkan waktu infiltrasi air ke dalam profil tanah.
2) Di lahan gambut, penerapan sistem Retensi Air melalui pembangunan sekat kanal, pintu air (water gate), atau kanal blok sangat vital. Tujuannya adalah mempertahankan Tinggi Muka Air Tanah (TMAT) secara stabil dalam batas optimal (40\text{ cm} hingga 60\text{ cm} di bawah permukaan gambut) guna memastikan ketersediaan air bagi akar tanpa memicu anoksia.

c. Irigasi Suplementer

Pada kawasan dengan risiko kekeringan tinggi atau selama periode El Niño yang terprediksi, irigasi suplementer (tambahan) menjadi intervensi kritis. Sistem yang efisien seperti irigasi tetes (drip irrigation) atau sprinkler mikro digunakan untuk memberikan air terkontrol, difokuskan pada fase pertumbuhan yang paling sensitif terhadap air, yaitu fase inisiasi bunga dan perkembangan buah.

2. Pemanfaatan Bahan Pemicu Stres (Antitranspirant dan Bio-stimulant)

Penggnaan metode biokimia dan fisiologis melibatkan penggunaan bahan-bahan yang memodulasi respons tanaman terhadap stres:

a. Aplikasi Bio-stimulant

Shukla et al. (2019). Mendefinisikan “biostimulan sebagai input yang berasal dari sumber daya alam yang ketika diaplikasikan, menginduksi kemampuan alami tanaman untuk mengatasi stres dan meningkatkan manajemen air serta penyerapan nutrisi.”Penggunaan bio-stimulant yang mengandung hormon pertumbuhan (misalnya sitokinin dan auksin) atau zat organik fungsional (seperti Asam Humat dan Asam Fulvat) dapat memicu peningkatan toleransi. Senyawa ini berperan dalam meningkatkan aktivitas metabolisme dan memicu mekanisme pertahanan seluler.Efek utama bio-stimulant adalah memicu sintesis dan akumulasi osmolit seperti Prolin dan gula terlarut di dalam sitoplasma sel.

3. Mitigasi Stres Genangan (Lahan Gambut dan Lahan Rendah)

Penanggulangan stres genangan (anoksia) berfokus pada drainase yang terkelola dan perbaikan struktur tanah.

F. Manajemen Drainase dan Tinggi Muka Air Tanah (TMAT):

Ini merupakan strategi sentral di lahan gambut dan dataran rendah. Pengaturan TMAT harus dilakukan dengan presisi menggunakan sistem kanal dan pintu air. Ketinggian air harus dijaga:

1) Tidak terlalu rendah: Untuk mencegah pengeringan gambut yang memicu oksidasi, emisi CO2, subsidensi (penurunan permukaan gambut), dan risiko kebakaran.
2) Tidak terlalu tinggi: Untuk menghindari anoksia pada zona perakaran aktif. TMAT optimal harus berada di sekitar 40cm hingga 60cm di bawah permukaan tanah.

G. Perbaikan Struktur dan Aerasi Tanah:

Pada lahan mineral dengan kepadatan tinggi dan drainase internal yang buruk, intervensi dapat dilakukan melalui perbaikan struktur tanah. Penambahan bahan organik (misalnya, *Solid Decanter* atau *Decanter Cake*) atau amelioran seperti kapur dapat

meningkatkan porositas tanah dan memperbaiki permeabilitas, memungkinkan air berlebih mengalir keluar dan oksigen berdifusi masuk ke zona perakaran.

3.9.3 Stres Biotik dan Strategi Pengendaliannya

Stres biotik didefinisikan sebagai tekanan yang diakibatkan oleh interaksi antagonistik antara tanaman kelapa sawit dengan organisme hidup lainnya, meliputi patogen (penyebab penyakit), hama (serangga dan vertebrata pengganggu), serta gulma (kompetitor). Serangan ini menyebabkan kerusakan fisik struktural dan gangguan fisiologis, yang secara kolektif berakibat pada penurunan produksi dan kualitas hasil panen.

1. Hama dan Penyakit Utama yang Mengancam Produktivitas

   Kelapa sawit merupakan inang bagi spektrum luas Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi serius.

Kategori	Nama Organisme	Dampak Utama
Penyakit (Patogen)	Ganoderma boninense	Menyebabkan Busuk Pangkal Batang (BPB). Patogen ini merusak jaringan pembuluh kayu di pangkal batang dan akar, menghambat translokasi air dan nutrisi, yang pada akhirnya menyebabkan kematian tanaman.
Penyakit (Patogen))	Phytophthora palmivora	Patogen oomisetes yang menyebabkan Busuk Pucuk (Fatal Bud Rot). Penyakit ini sangat merusak pada fase bibit dan tanaman muda, menyerang titik tumbuh

		(pucuk) yang vital bagi kelangsungan hidup.
Hama (Serangga Defoliator)	Ulat Api (Setora nitens)	| Menyebabkan defoliasi masif (penggundulan daun). Kerusakan pada permukaan daun secara signifikan mengurangi area fotosintesis, yang dilaporkan dapat menurunkan potensi hasil TBS hingga 50\% pada siklus panen berikutnya.
| Hama (Serangga Perusak Titik Tumbuh)	Oryctes rhinoceros (Kumbang Tanduk)	Merusak titik tumbuh (spear) dan pucuk muda, terutama di areal replanting (penanaman kembali). Kerusakan ini menyebabkan V-cut pada daun yang membuka dan menghambat pertumbuhan vegetatif.

2. Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Pengendalian stres biotik di perkebunan modern didasarkan pada filosofi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) atau Integrated Pest Management (IPM). PHT menekankan integrasi berbagai teknik pengendalian (biologi, ekologi, kultur teknis, dan kimiawi) dengan tujuan utama menjaga populasi OPT di bawah Ambang Batas Ekonomi (ABE), bukan eliminasi total. Pendekatan ini adalah pilar utama dalam praktik perkebunan berkelanjutan.

a. Pengendalian Biologi dan Ekologi (Berbasis Konservasi)

Pendekatan ini memanfaatkan dan memelihara keanekaragaman hayati untuk menekan populasi OPT secara alami:

1) Pemanfaatan Agens Hayati (Biopestisida):

Penggunaan mikroorganisme antagonis seperti jamur Trichoderma spp. sangat direkomendasikan untuk menekan inokulum Ganoderma boninense, terutama pada lubang tanam saat replanting. Trichoderma bersaing dan memarasit miselium Ganoderma di dalam tanah.

2) Konservasi Predator dan Parasit (Tanaman Berbunga/TB):

Penanaman Tanaman Berbunga (TB), seperti Turnera subulata (Lidah Kucing) atau Cassia cobanensis, di areal gawangan berfungsi ganda: sebagai tanaman penutup tanah dan sebagai tanaman inang (refugia) yang menyediakan nektar dan habitat bagi musuh alami hama defoliator seperti Ulat Api. Populasi predator dan parasitoid (seperti tawon Sycanus) yang tinggi secara efektif dapat mencegah terjadinya ledakan populasi hama.

3) Pemanfaatan Burung Hantu (Tyto alba):

Pemasangan rumah burung hantu (shelter/nesting box) di areal perkebunan merupakan metode ekologi yang sangat efektif untuk mengendalikan populasi tikus (hama pada buah dan Tandan Buah Segar/TBS).

Efektivitas PHT dalam perkebunan kelapa sawit sangat ditentukan oleh keharmonisan penggunaan biopestisida dan konservasi biodiversitas. Pendekatan ini adalah kunci untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetik, meminimalkan residu lingkungan, dan mendukung keberlanjutan agroekosistem.Menurut Handayani et al. (2020), “Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dalam kelapa sawit merupakan strategi yang mengintegrasikan semua metode pengendalian yang sesuai, termasuk pengendalian hayati, mekanik, dan kultural, untuk menjaga populasi OPT pada tingkat di bawah ambang batas kerusakan ekonomi."

b. Pengendalian Kimiawi Selektif

Pengendalian kimiawi diposisikan sebagai pilihan terakhir (last resort) dalam PHT.

1) Prinsip Selektifitas: Penggunaan insektisida atau fungisida hanya diizinkan ketika hasil monitoring menunjukkan bahwa populasi OPT telah melampaui Ambang Batas Ekonomi (ABE) yang telah ditetapkan.

2) Prioritas: Prioritas diberikan kepada bahan aktif yang memiliki tingkat toksisitas rendah terhadap organisme non-target (musuh alami) dan lingkungan, serta memiliki spektrum kerja yang spesifik terhadap OPT sasaran. Penggunaan pestisida harus dilakukan dengan dosis dan waktu aplikasi yang tepat (site-specific) untuk menghindari resistensi dan dampak negatif lingkungan.B. Pengendalian Kimiawi Selektif

Penggunaan insektisida atau fungisida kimiawi hanya dilakukan jika populasi OPT telah melewati Ambang Batas Ekonomi (ABE), dengan memprioritaskan bahan aktif yang spesifik dan low-toxic.

3.9.4 Peran Pemuliaan dalam Toleransi Stres

Pemuliaan tanaman memegang peranan yang krusial dan strategis dalam menjamin keberlanjutan industri kelapa sawit. Peran utamanya adalah menyediakan materi tanam (bibit) yang tidak hanya memiliki potensi hasil tinggi, tetapi juga secara genetik adaptif dan toleran terhadap kondisi stres lingkungan, baik yang berasal dari faktor abiotik (iklim dan tanah) maupun biotik (hama dan penyakit). Program pemuliaan modern bertujuan untuk mengembangkan Dura \times Pisifera (DxP) unggul yang bersifat dual-purpose: produktif dan resisten/toleran.

1. Seleksi dan Pengujian Klon Toleran

   Pengembangan materi tanam unggul melibatkan proses seleksi yang intensif untuk mengidentifikasi dan mengkombinasikan sifat-sifat toleransi yang relevan dengan tantangan agronomis di lapangan:

   a. Toleransi Kekeringan:

      Klon yang diprioritaskan adalah yang memiliki mekanisme adaptasi intrinsik terhadap defisit air. Ciri-ciri ini mencakup pengembangan sistem perakaran yang lebih dalam dan efisien untuk ekstraksi air sub-permukaan. Selain itu, diperlukan klon yang memiliki plastisitas fenotip tinggi—yaitu kemampuan tanaman untuk memodulasi respons morfologis atau fisiologisnya (seperti peningkatan Efisiensi Penggunaan Air atau Water Use Efficiency - WUE) secara terkontrol sebagai respons terhadap fluktuasi ketersediaan air. Klon dengan respons stomata yang cepat dan efektif terhadap tekanan air sering menjadi kandidat utama.

b. Resistensi Ganoderma:

Busuk Pangkal Batang (BPB) yang disebabkan oleh jamur Ganoderma boninense adalah ancaman biotik paling merusak. Seleksi untuk resistensi Ganoderma dilakukan melalui uji inokulasi buatan yang ketat pada tahap pembibitan. Bibit DxP yang menunjukkan resistensi alami (laju infeksi yang rendah atau kemampuan membatasi invasi patogen) dipilih sebagai tetua. Pemuliaan berfokus pada mekanisme pertahanan inang, seperti penebalan jaringan dan biosintesis senyawa fitoaleksin di pangkal batang.

2. Penerapan Bioteknologi dalam Percepatan Pemuliaan

Kemajuan di bidang bioteknologi telah menyediakan alat yang kuat untuk mempercepat proses pemuliaan yang biasanya memakan waktu puluhan tahun.

a. Teknologi Penanda Molekuler (Molecular Marker):

Penggunaan penanda berbasis DNA memungkinkan pemulia untuk mengaplikasikan Seleksi Dibantu Penanda (Marker-Assisted Selection - MAS). Penanda molekuler (seperti SSRs atau SNPs) diidentifikasi dan dipetakan terhadap gen-gen yang mengendalikan sifat-sifat toleransi (misalnya, gen yang terkait dengan resistensi Ganoderma atau yang mengatur WUE). Dengan MAS, seleksi dapat dilakukan pada tahap bibit yang sangat dini, bahkan sebelum sifat toleransi bermanifestasi secara fenotip, sehingga secara signifikan mempersingkat waktu siklus pemuliaan.

b. Seleksi Genomik (Genomic Selection):

Teknologi ini merupakan evolusi dari MAS. Seleksi Genomik memanfaatkan data genomik skala besar dan model statistik canggih untuk memprediksi nilai pemuliaan (Estimated Breeding Values) suatu individu hanya berdasarkan profil DNA seluruh genomnya. Pendekatan ini sangat efektif untuk sifat-sifat kuantitatif (quantitative traits) yang dikendalikan oleh banyak gen minor, seperti toleransi terhadap kekeringan dan efisiensi penyerapan unsur hara. Dengan Seleksi Genomik, identifikasi individu superior dapat dilakukan dengan akurasi dan kecepatan yang jauh lebih tinggi, mengoptimalkan investasi waktu dan biaya dalam program pengembangan varietas unggul baru.

3.9.5 Kesehatan Lahan dan Nutrisi untuk Peningkatan Ketahanan Stres

Kesehatan lahan (soil health) dan status nutrisi yang optimal merupakan prasyarat dasar bagi tanaman kelapa sawit untuk membangun dan memelihara ketahanan internal (innate resistance) terhadap berbagai tekanan stres lingkungan. Tanaman yang mengalami defisiensi hara (terutama makro primer seperti Nitrogen, Kalium, dan Magnesium) menunjukkan kerentanan yang jauh lebih tinggi terhadap kerusakan akibat stres biotik dan abiotik dibandingkan tanaman yang status nutrisinya terpenuhi secara ideal.

1. Peran Nutrisi Esensial dalam Membangun Ketahanan

   Unsur hara tidak hanya berperan dalam pertumbuhan dasar, tetapi juga sebagai komponen vital dalam jalur metabolisme pertahanan diri tanaman:

   a. Kalium (K) dan Stres Air:

      Kalium (K) memainkan peran sangat penting dalam proses osmoregulasi seluler dan fungsi stomata. K berfungsi sebagai osmotikum utama yang mengatur pergerakan air ke dalam dan ke luar sel penjaga (guard cells). Defisiensi K secara serius mengurangi kemampuan tanaman untuk menutup stomata secara efisien dalam kondisi kekeringan, yang secara dramatis meningkatkan kehilangan air melalui transpirasi dan memperburuk efek stres kekeringan.

   b. Silika (Si) dan Stres Biotik:

      Meskipun bukan hara esensial universal, aplikasi Silika (Si) terbukti efektif dalam memicu pertahanan mekanis dan biokimia pada tanaman, termasuk kelapa sawit. Si yang diserap akan terdeposit di dinding sel, membentuk lapisan pertahanan fisik (barrier) yang mempersulit penetrasi patogen, termasuk Busuk Pangkal Batang (Ganoderma boninense), dan mengurangi kerusakan akibat gigitan hama defoliator.

   c. Nutrisi dan Stres Oksidatif:

      Stres lingkungan (baik biotik maupun abiotik) memicu mekanisme pertahanan berupa peningkatan produksi Spesies Oksigen Reaktif (ROS), seperti radikal bebas, di dalam sel. Walaupun ROS berfungsi sebagai sinyal, akumulasi berlebih bersifat toksik dan

menyebabkan stres oksidatif. Ketersediaan unsur mikro seperti Seng (Zn) dan Tembaga (Cu) sangat penting karena bertindak sebagai kofaktor bagi enzim anti-oksidan (misalnya, Superoksida Dismutase/SOD dan Katalase). Enzim-enzim ini berfungsi menetralisir ROS, menjaga integritas membran seluler, dan meminimalkan kerusakan fisiologis akibat stres.

2. Kesehatan Lahan (Soil Health)

Kesehatan lahan mengacu pada kapasitas tanah untuk berfungsi sebagai ekosistem hidup yang mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat.

a. Peningkatan Bahan Organik Tanah (BOT):

Penerapan praktik yang meningkatkan BOT, terutama melalui pengembalian biomassa residu (seperti EFB atau Solid Decanter), sangatlah krusial. Peningkatan BOT memperbaiki agregasi tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), dan yang terpenting, meningkatkan Kapasitas Menahan Air (KMA).

b. Dukungan Aktivitas Mikroba Simbiotik:

Kesehatan lahan yang baik mendukung aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat. Kemitraan simbiotik antara akar kelapa sawit dengan Mikoriza Arbuskular (AMF) sangat penting. AMF membentuk hifa yang sangat luas di dalam dan luar akar, secara efektif memperluas jangkauan penyerapan air dan nutrisi (terutama Fosfor dan Kalium) melampaui zona perakaran. Kemitraan simbiotik ini telah terbukti secara signifikan meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi kekeringan dan menekan invasi patogen akar.

BAB IV
TANAMAN MENGHASLKAN TM

4.1 Pemupukan Berdasarkan Analisis Daun

Pemupukan merupakan salah satu kegiatan pemeliharaan yang sangat penting dalam budidaya kelapa sawit, terutama pada fase tanaman menghasilkan (TM). Tujuan utama pemupukan adalah untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman secara tepat agar pertumbuhan vegetatif dan produksi tandan buah segar (TBS) dapat berlangsung secara optimal. Salah satu metode yang

paling banyak digunakan dalam menentukan kebutuhan pupuk kelapa sawit adalah pemupukan berdasarkan analisis daun.

Analisis daun merupakan metode evaluasi status hara tanaman dengan cara mengukur kandungan unsur hara yang terdapat di dalam jaringan daun. Daun dipilih sebagai indikator karena mampu mencerminkan kondisi nutrisi tanaman secara lebih akurat dibandingkan analisis tanah, mengingat unsur hara yang tersedia di tanah belum tentu seluruhnya dapat diserap oleh tanaman. Dengan demikian, analisis daun memberikan gambaran nyata mengenai unsur hara yang benar-benar dimanfaatkan oleh kelapa sawit.

Pada tanaman kelapa sawit, daun yang digunakan untuk analisis biasanya adalah daun ke-17 (pelepah ke-17) dari pucuk pada tanaman dewasa atau tanaman menghasilkan. Daun ini dipilih karena dianggap telah stabil secara fisiologis dan mewakili kondisi nutrisi tanaman secara keseluruhan. Pengambilan sampel dilakukan secara hati-hati dan mengikuti standar tertentu agar hasil analisis yang diperoleh akurat dan dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi pemupukan.

Hasil analisis daun akan menunjukkan kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca), serta unsur hara mikro seperti boron (B), seng (Zn), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Nilai kandungan unsur tersebut kemudian dibandingkan dengan kisaran kecukupan hara kelapa sawit. Apabila suatu unsur berada di bawah kisaran optimal, maka tanaman dinyatakan mengalami defisiensi, sedangkan jika berada di atas batas tertentu dapat menunjukkan kelebihan hara.

Pemupukan berdasarkan analisis daun memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pemupukan secara konvensional. Metode ini memungkinkan pemberian pupuk dilakukan secara lebih tepat jenis, tepat dosis, dan tepat waktu. Dengan demikian, penggunaan pupuk menjadi lebih efisien, biaya produksi dapat ditekan, serta risiko kerusakan lingkungan akibat pemupukan berlebihan dapat diminimalkan. Selain itu, pemupukan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dapat meningkatkan produktivitas kelapa sawit dan memperbaiki kualitas tandan buah.

Dalam praktik perkebunan, analisis daun biasanya dilakukan secara berkala, misalnya satu kali dalam setahun, sebagai dasar penyusunan program pemupukan tahunan. Program ini kemudian disesuaikan dengan kondisi kebun, umur tanaman, potensi produksi, serta faktor lingkungan seperti jenis tanah dan curah hujan. Dengan penerapan pemupukan berdasarkan analisis daun secara konsisten, diharapkan tanaman kelapa sawit mampu menghasilkan produksi yang stabil dan berkelanjutan.

4.1.1 Tujuan dan Manfaat Analisis Daun dalam Pemupukan Kelapa Sawit

Analisis daun pada kelapa sawit merupakan pendekatan ilmiah yang digunakan untuk menilai status nutrisi tanaman secara langsung berdasarkan kandungan unsur hara di dalam jaringan daun. Pada fase tanaman menghasilkan (TM), kebutuhan hara tanaman meningkat seiring dengan aktivitas pembentukan bunga, pembuahan, serta perkembangan tandan buah segar. Oleh karena itu, penentuan dosis dan jenis pupuk harus dilakukan secara tepat agar tanaman mampu berproduksi secara optimal dan berkelanjutan.

Tujuan utama analisis daun adalah untuk memperoleh gambaran nyata mengenai unsur hara yang benar-benar diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman. Berbeda dengan analisis tanah yang hanya menunjukkan ketersediaan hara di dalam tanah, analisis daun mencerminkan kondisi fisiologis tanaman sebagai hasil interaksi antara tanah, lingkungan, dan kemampuan serapan akar. Dengan demikian, analisis daun dianggap lebih representatif dalam menggambarkan status hara aktual tanaman kelapa sawit.

Selain untuk mengetahui kecukupan hara, analisis daun juga bertujuan mendeteksi secara dini terjadinya defisiensi atau ketidakseimbangan unsur hara. Kekurangan unsur tertentu, seperti nitrogen, kalium, atau boron, sering kali tidak langsung terlihat secara visual pada tahap awal. Namun, melalui analisis daun, gejala kekurangan hara dapat diketahui lebih cepat sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum berdampak pada penurunan produksi tandan buah.

Manfaat penting lainnya dari analisis daun adalah sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi pemupukan yang lebih presisi. Setiap unsur hara memiliki fungsi spesifik dalam pertumbuhan dan produksi kelapa sawit. Misalnya, nitrogen berperan dalam pembentukan daun dan klorofil, kalium berpengaruh besar terhadap pembentukan buah dan kualitas tandan, sedangkan boron berperan penting dalam proses pembungaan dan pembuahan. Dengan mengetahui unsur mana yang berada di bawah atau di atas kisaran optimal, pemupukan dapat diarahkan secara spesifik sesuai kebutuhan tanaman.

Pemupukan berdasarkan analisis daun juga memberikan manfaat dari sisi efisiensi biaya dan pengelolaan kebun. Pemberian pupuk yang berlebihan tidak hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga berpotensi menyebabkan pencucian hara dan pencemaran lingkungan. Sebaliknya, pemupukan yang kurang akan menurunkan produktivitas tanaman. Melalui analisis daun, penggunaan pupuk dapat dioptimalkan sehingga biaya lebih terkendali dan hasil produksi tetap maksimal.

Dalam jangka panjang, penerapan analisis daun secara rutin dapat membantu menjaga keseimbangan hara di dalam sistem kebun kelapa sawit. Tanaman yang memperoleh nutrisi secara seimbang cenderung memiliki pertumbuhan yang lebih seragam, ketahanan yang lebih baik terhadap cekaman lingkungan, serta umur produktif yang lebih panjang. Hal ini sangat penting dalam sistem perkebunan kelapa sawit yang mengutamakan keberlanjutan produksi dari tahun ke tahun.

Dengan demikian, analisis daun tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi status hara, tetapi juga menjadi komponen penting dalam manajemen pemupukan kelapa sawit. Penerapan metode ini secara konsisten dapat mendukung peningkatan produktivitas, efisiensi pemupukan, serta keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit, khususnya pada fase tanaman menghasilkan.

4.1.2 Prosedur dan Teknik Pengambilan Sampel Daun Kelapa Sawit

Keakuratan hasil analisis daun sangat ditentukan oleh ketepatan prosedur dan teknik pengambilan sampel daun di lapangan. Kesalahan dalam pemilihan daun, waktu pengambilan, maupun cara penanganan sampel dapat menyebabkan hasil analisis tidak mencerminkan kondisi nutrisi tanaman yang sebenarnya. Oleh karena itu, pengambilan sampel daun kelapa sawit harus dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pada tanaman kelapa sawit fase tanaman menghasilkan (TM), daun yang digunakan sebagai sampel analisis umumnya adalah daun ke-17, yaitu pelepah ke-17 yang dihitung dari pucuk tanaman. Daun ini dipilih karena dianggap telah mencapai tingkat kematangan fisiologis yang stabil dan mampu mewakili status hara tanaman secara keseluruhan. Daun yang terlalu muda atau terlalu tua tidak dianjurkan karena kandungan haranya masih bersifat fluktuatif.

Pengambilan sampel daun sebaiknya dilakukan pada tanaman yang sehat dan mewakili kondisi kebun secara umum. Tanaman yang terserang penyakit berat, mengalami kerusakan fisik, atau berada pada kondisi stres ekstrem sebaiknya tidak dijadikan sampel karena dapat memengaruhi hasil analisis. Jumlah tanaman sampel biasanya disesuaikan dengan luas areal dan homogenitas kebun, sehingga data yang diperoleh bersifat representatif.

Waktu pengambilan sampel daun juga perlu diperhatikan. Pengambilan sampel sebaiknya dilakukan pada waktu yang relatif sama setiap periode analisis, umumnya pada pagi hari, untuk mengurangi pengaruh variasi lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Selain itu, pengambilan sampel daun biasanya dilakukan sebelum aplikasi pemupukan agar hasil analisis mencerminkan kondisi hara aktual tanaman, bukan pengaruh pupuk yang baru diberikan.

Bagian daun yang diambil untuk analisis umumnya adalah anak daun (leaflet) yang berada di bagian tengah pelepah. Anak daun dipilih karena memiliki struktur yang seragam dan kandungan hara yang lebih stabil dibandingkan bagian daun lainnya. Anak daun yang dipilih harus dalam kondisi bersih, tidak terserang hama, dan tidak mengalami kerusakan fisik.

Setelah daun diambil, sampel harus segera dibersihkan dari kotoran seperti debu atau tanah tanpa menggunakan bahan kimia. Pembersihan biasanya dilakukan dengan cara mengelap atau mencuci ringan menggunakan air bersih, kemudian dikeringkan. Penanganan sampel yang baik sangat penting untuk mencegah kontaminasi yang dapat memengaruhi hasil analisis laboratorium.

Sampel daun yang telah bersih kemudian dikeringkan dan dikemas sesuai dengan prosedur sebelum dikirim ke laboratorium. Setiap sampel harus diberi label yang jelas, mencakup informasi lokasi kebun, umur tanaman, tanggal pengambilan, serta kode sampel. Ketelitian dalam pencatatan data ini sangat penting untuk memudahkan interpretasi hasil analisis dan penyusunan rekomendasi pemupukan.

Dengan menerapkan prosedur dan teknik pengambilan sampel daun yang tepat, hasil analisis yang diperoleh akan lebih akurat dan dapat dijadikan dasar yang andal dalam penyusunan program pemupukan kelapa sawit. Hal ini pada akhirnya akan mendukung pengelolaan hara yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta meningkatkan produktivitas tanaman pada fase tanaman menghasilkan.

4.1.3 Analisis Kandungan Unsur Hara Daun Kelapa Sawit

Analisis kandungan unsur hara daun merupakan tahap penting dalam sistem pemupukan berbasis analisis daun pada kelapa sawit. Melalui analisis ini, status hara tanaman dapat diketahui secara langsung berdasarkan unsur hara yang benar-benar diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman, bukan hanya yang tersedia di dalam tanah. Oleh karena itu, analisis daun dianggap lebih representatif dalam menggambarkan kondisi nutrisi aktual tanaman kelapa sawit.

Daun yang dianalisis umumnya adalah daun ke-17 pada tanaman menghasilkan (TM), karena daun tersebut telah berkembang sempurna dan relatif stabil secara fisiologis. Kandungan unsur hara dalam daun kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kadar unsur hara makro dan mikro yang berperan dalam pertumbuhan vegetatif, pembentukan tandan, serta pengisian buah kelapa sawit.

Unsur Hara Makro

Unsur hara makro merupakan unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif besar, dan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi kelapa sawit, meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg).

Nitrogen (N) berperan penting dalam pembentukan klorofil dan pertumbuhan vegetatif tanaman. Kekurangan nitrogen pada kelapa sawit dapat menyebabkan daun berwarna hijau pucat hingga kekuningan serta pertumbuhan tanaman yang terhambat. Fosfor (P) berfungsi dalam proses pembentukan energi dan perkembangan sistem perakaran, sehingga sangat berpengaruh pada pembungaan dan pembentukan buah.

Kalium (K) merupakan unsur hara utama yang berperan dalam pembentukan tandan dan pengisian buah. Defisiensi kalium pada kelapa sawit sering ditandai dengan munculnya bercak nekrosis pada tepi daun dan penurunan berat janjang. Kalsium (Ca) berperan dalam pembentukan dinding sel dan menjaga keseimbangan fisiologis tanaman, sedangkan magnesium (Mg) merupakan komponen utama klorofil yang sangat penting dalam proses fotosintesis.

Unsur Hara Mikro

Selain unsur makro, kelapa sawit juga membutuhkan unsur hara mikro dalam jumlah kecil tetapi memiliki peranan fisiologis yang sangat penting. Unsur hara mikro yang umum dianalisis meliputi boron (B), tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), molibdenum (Mo), dan klor (Cl).

Boron (B) berperan dalam pembentukan jaringan meristem dan perkembangan bunga serta buah. Kekurangan boron pada kelapa sawit dapat menyebabkan malformasi daun dan gangguan pembentukan tandan. Tembaga (Cu) dan seng (Zn) berfungsi sebagai aktivator enzim yang berperan dalam metabolisme tanaman. Besi (Fe) dan mangan (Mn) berperan dalam proses fotosintesis dan respirasi sel.

Walaupun dibutuhkan dalam jumlah kecil, defisiensi unsur hara mikro dapat menyebabkan gangguan fisiologis yang cukup serius dan berdampak langsung terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit.

Metode Analisis Laboratorium

Analisis kandungan unsur hara daun dilakukan melalui beberapa tahapan laboratorium, mulai dari pengeringan sampel, penggilingan, hingga proses destruksi basah atau kering. Selanjutnya,

kadar unsur hara dianalisis menggunakan metode seperti spektrofotometri, Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), atau metode lainnya yang sesuai dengan jenis unsur yang dianalisis.

Hasil analisis laboratorium berupa data kuantitatif kandungan unsur hara dalam daun, yang kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas atau kisaran optimal unsur hara daun kelapa sawit. Data ini menjadi dasar dalam menentukan status hara tanaman, apakah berada pada kondisi defisiensi, cukup, atau berlebih.

Peran Analisis Kandungan Hara dalam Manajemen Pemupukan

Informasi kandungan unsur hara daun sangat penting dalam penyusunan rekomendasi pemupukan yang tepat dan efisien. Dengan mengetahui unsur hara yang kurang atau berlebih, pemupukan dapat disesuaikan secara spesifik sesuai kebutuhan tanaman, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, menekan biaya produksi, serta mengurangi dampak lingkungan akibat pemupukan berlebih.

Dengan demikian, analisis kandungan unsur hara daun menjadi komponen kunci dalam sistem pemupukan kelapa sawit yang berkelanjutan dan berbasis ilmiah.

4.1.4 Interpretasi Hasil Analisis Daun Kelapa Sawit

Interpretasi hasil analisis daun merupakan tahapan lanjutan yang sangat penting setelah dilakukan pengujian kandungan unsur hara di laboratorium. Data hasil analisis daun tidak dapat digunakan secara langsung tanpa proses penafsiran, karena angka-angka kandungan unsur hara tersebut harus dibandingkan dengan standar atau kisaran nilai optimum yang telah ditetapkan untuk tanaman kelapa sawit.

Interpretasi ini bertujuan untuk mengetahui status hara tanaman, apakah berada pada kondisi defisiensi (kekurangan), optimum (cukup), atau berlebih (toksik). Dengan demikian, interpretasi hasil analisis daun menjadi dasar utama dalam pengambilan keputusan pemupukan yang tepat, efisien, dan berkelanjutan.

Standar Kisaran Hara Daun Kelapa Sawit

Penafsiran hasil analisis daun umumnya mengacu pada kisaran hara optimum daun kelapa sawit tanaman menghasilkan (TM), khususnya pada daun ke-17. Kisaran ini telah ditetapkan berdasarkan hasil penelitian jangka panjang yang mengaitkan kandungan unsur hara daun dengan tingkat produksi tandan buah segar (TBS).

Sebagai contoh, kandungan nitrogen yang berada di bawah kisaran optimum menunjukkan bahwa tanaman mengalami kekurangan nitrogen, yang dapat berdampak pada pertumbuhan vegetatif dan penurunan produksi. Sebaliknya, kandungan nitrogen yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif berlebihan dan menurunkan efisiensi pembentukan tandan.

Hal yang sama berlaku untuk unsur fosfor dan kalium. Fosfor yang rendah dapat menghambat pembentukan bunga dan buah, sedangkan kekurangan kalium sering dikaitkan dengan rendahnya berat janjang dan kualitas buah. Oleh karena itu, setiap unsur hara harus dianalisis secara menyeluruh dan tidak berdiri sendiri.

Pendekatan Keseimbangan Unsur Hara

Interpretasi hasil analisis daun tidak hanya melihat satu unsur hara secara terpisah, tetapi juga memperhatikan keseimbangan antar unsur. Ketidakseimbangan hara dapat terjadi meskipun kandungan suatu unsur berada dalam kisaran optimum, tetapi unsur lainnya berada pada kondisi defisiensi atau berlebih.

Sebagai contoh, rasio kalium terhadap magnesium (K/Mg) yang tidak seimbang dapat menyebabkan gangguan penyerapan magnesium, meskipun kadar magnesium di tanah cukup. Hal ini sering dijumpai pada kebun kelapa sawit yang menerima pupuk kalium dalam dosis tinggi tanpa diimbangi dengan magnesium.

Pendekatan keseimbangan unsur hara ini penting untuk mencegah terjadinya antagonisme antar unsur, yang pada akhirnya dapat menurunkan efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman.

Identifikasi Gejala Defisiensi dan Kelebihan Hara

Hasil analisis daun juga dapat dikaitkan dengan pengamatan visual di lapangan. Defisiensi unsur hara tertentu biasanya menimbulkan gejala khas pada daun kelapa sawit, seperti perubahan warna, munculnya bercak nekrosis, atau deformasi daun.

Sebagai contoh, kekurangan magnesium umumnya ditandai dengan gejala klorosis pada bagian tengah daun tua, sedangkan defisiensi boron dapat menyebabkan daun muda mengalami kelainan bentuk. Dengan mengombinasikan data laboratorium dan pengamatan visual, interpretasi hasil analisis daun menjadi lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Peran Interpretasi dalam Penyusunan Rekomendasi Pemupukan

Hasil interpretasi analisis daun digunakan sebagai dasar dalam menyusun rekomendasi pemupukan yang bersifat spesifik lokasi (site-specific nutrient management). Rekomendasi ini mempertimbangkan kondisi hara aktual tanaman, umur tanaman, potensi produksi, serta kondisi lingkungan kebun.

Melalui pendekatan ini, pemupukan tidak lagi dilakukan secara umum atau seragam, melainkan disesuaikan dengan kebutuhan nyata tanaman kelapa sawit. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga menekan biaya pemupukan dan mengurangi risiko pencemaran lingkungan.

Dengan demikian, interpretasi hasil analisis daun menjadi jembatan antara data laboratorium dan praktik pemupukan di lapangan, sehingga berperan penting dalam sistem manajemen nutrisi kelapa sawit yang efektif dan berkelanjutan.

4.1.5 Rekomendasi Pemupukan Berdasarkan Analisis Daun

Rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis daun disusun sebagai tindak lanjut dari hasil evaluasi status hara tanaman kelapa sawit. Data kandungan unsur hara daun digunakan untuk menyesuaikan jenis dan jumlah pupuk yang diberikan, sehingga pemupukan dapat memenuhi kebutuhan tanaman secara tepat. Dengan pendekatan ini, pemupukan tidak dilakukan secara umum, tetapi diarahkan berdasarkan kondisi aktual tanaman di lapangan.

Penentuan jenis pupuk dilakukan dengan melihat unsur hara yang berada di bawah kisaran optimum. Kekurangan nitrogen dapat dikoreksi melalui pemberian pupuk yang mengandung nitrogen, sedangkan defisiensi fosfor dan kalium ditangani dengan pupuk fosfat dan kalium sesuai kebutuhan. Selain unsur hara makro, perhatian juga perlu diberikan pada unsur hara mikro, karena meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, kekurangannya dapat memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit.

Dosis pupuk yang direkomendasikan disesuaikan dengan tingkat defisiensi hara, umur tanaman, serta potensi produksi kebun. Tanaman menghasilkan dengan produksi tandan tinggi membutuhkan suplai hara yang lebih besar dibandingkan tanaman dengan produksi rendah. Oleh karena itu, dosis pupuk harus disesuaikan secara proporsional agar efisiensi pemupukan tetap terjaga dan risiko kelebihan hara dapat dihindari.

Waktu aplikasi pupuk juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan pemupukan. Aplikasi pupuk dianjurkan dilakukan pada kondisi tanah yang cukup lembap agar pupuk mudah larut dan

dapat diserap oleh sistem perakaran. Pemupukan pada musim hujan ringan umumnya memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan pada kondisi tanah kering atau curah hujan yang terlalu tinggi.

Selain itu, cara aplikasi pupuk perlu disesuaikan dengan sistem perakaran kelapa sawit. Pupuk biasanya disebar merata di sekitar piringan atau pada zona perakaran aktif untuk meningkatkan peluang penyerapan unsur hara. Penempatan pupuk yang tepat membantu mengurangi kehilangan hara akibat pencucian dan meningkatkan efektivitas pemupukan.

Meskipun analisis daun menjadi dasar utama dalam penyusunan rekomendasi pemupukan, hasil analisis tanah tetap perlu dipertimbangkan sebagai informasi pendukung. Analisis tanah memberikan gambaran mengenai kondisi pH, ketersediaan hara, dan sifat tanah yang memengaruhi serapan unsur hara oleh tanaman. Dengan mengombinasikan analisis daun dan tanah, rekomendasi pemupukan kelapa sawit dapat disusun secara lebih akurat dan berkelanjutan.

4.2 Pengelolaan Gulma

Gulma adalah tumbuhan yang kehadirannya tidak diinginkan pada lahan pertanian karena menurunkan hasil yang bisa dicapai oleh tanaman produksi. Batasan gulma bersifat teknis dan plastis. Teknis, karena berkait dengan proses produksi suatu tanaman pertanian seperti pohon kelapa sawit. Keberadaan gulma dapat menurunkan hasil karena mengganggu pertumbuhan tanaman produksi melalui kompetisi, beberapa jenis tumbuhan dikenal sebagai gulma utama.

Selain kerugian dari sisi kompetisi, ada beberapa jenis gulma yang mempunyai sifat alelopati yaitu kemampuan mengeluarkan zat yang bersifat racun dan dapat menghambat pertumbuhan tanaman tertentu. Misalnya Imperata cylindrica menghasilkan zat phenol, Juglans nigra dapat memproduksi hydroksi juglon, Artemisia absinthium mengeluarkan zat absintin yang dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara kultur teknis, mekanis, biologis, dan khemis, oleh karena harus dilakukan secara intensif.

Gulma di perkebunan kelapa sawit selain menimbulkan persaingan dengan tanaman juga mengganggu kelancaran kegiatan kebun. Gulma di gawangan dapat menyulitkan pemanenan, pengutipan brondolan dan mengurangi efektivitas pemupukan. Kelancaran kegiatan yang terganggu dapat mengurangi produktivitas tenaga kerja.

Kegiatan pengendalian gulma perlu direncanakan dan dilakukan dengan tepat dan Benar, serta sesuai dengan periode pertumbuhan gulma agar tidak terjadi Kehilangan produksi. Namun, di sisi lain akan muncul dampak-dampak negatif seperti pencemaran lingkungan dan resistensi gulma. Gulma alang-alang (Imperata cylindrica L.) merupakan gulma rumput yang banyak ditemukan di areal budidaya tanaman, khususnya kelapa sawit. Populasi alang-alang yang tinggi tersebut dikarenakan perkembangbiakan gulma tersebut dapat dilakukan melalui biji dan akar rimpangnya. Biji alang-alang yang tertiup angin akan terbang dan tumbuh pada tempat yang tersangkut, sementara akar rimpangnya akan mengeluarkan tunas baru di dalam tanah yang akan menjadi alang-alang (Pudjiharta, 2008).

Pengelolaan gulma di perkebunan kelapa sawit merupakan kegiatan yang sangat penting dan harus dilakukan secara berkelanjutan. Pengelolaan gulma yang tidak tepat dapat meningkatkan biaya produksi, menurunkan efisiensi pemupukan. Oleh karena itu diperlukan strategi pengelolaan gulma yang efektif, efisien dan ramah

lingkungan

Jenis-Jenis Gulma Di Perkebunan Kelapa Sawit

- Gulma Rumput

Gulma rumput merupakan jenis gulma yang paling banyak dijumpai di perkebunan kelapa sawit dan sering menjadi gulma utama. Salah satu gulma rumput yang dominan adalah alang-alang (Imperata cylindrica L.). Gulma ini memiliki daya saing yang tinggi terhadap tanaman utama karena mampu berkembang biak melalui biji dan akar rimpang. Penyebaran biji yang mudah terbawa angin serta kemampuan rimpang menghasilkan tunas baru menyebabkan populasi alang-alang sulit dikendalikan dan cepat meluas. Keberadaan gulma rumput seperti alang-alang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman kelapa sawit melalui persaingan unsur hara, air, dan cahaya.

- Gulma Daun Lebar

Selain gulma rumput, gulma daun lebar juga banyak ditemukan di areal perkebunan kelapa sawit. Gulma daun lebar umumnya memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat menutupi permukaan

tanah sehingga menghambat pertumbuhan tanaman utama. Beberapa contoh gulma daun lebar yang sering dijumpai antara lain Amaranthus spinosus, Bidens biternata, dan Tridax procumbens. Gulma-gulma tersebut diketahui dapat mengganggu pertumbuhan tanaman budidaya dan menjadi sasaran dalam penelitian pengendalian gulma menggunakan ekstrak alang-alang.

- Gulma Teki

Merupakan kelompok gulma dari famili Cyperaceae yang cukup umum dijumpai di perkebunan kelapa sawit. Gulma ini memiliki ciri batang berbentuk segitiga dan sistem perakaran yang kuat, sehingga mampu tumbuh dan bertahan pada berbagai kondisi lingkungan. Beberapa jenis gulma teki yang sering ditemukan antara lain Cyperus rotundus dan Cyperus iria. Kehadiran gulma teki dapat menyebabkan persaingan dengan tanaman kelapa sawit dalam penyerapan unsur hara, air, dan cahaya, serta mengganggu kegiatan pemeliharaan kebun. Berdasarkan penelitian vegetasi gulma di perkebunan kelapa sawit, gulma teki sering tumbuh bersama gulma rumput dan gulma daun lebar dan perlu dikendalikan karena berpotensi menurunkan pertumbuhan tanaman utama (Sitinjak, 2022).

4.2.1 Pengelolaan Gulma Rumput

Pengelolaan gulma rumput di perkebunan kelapa sawit dilakukan dengan tujuan menekan pertumbuhan gulma agar tidak mengganggu pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pengelolaan ini dapat dilakukan melalui kombinasi metode mekanik, kimia, dan kultur teknis.

Pengelolaan secara mekanik dilakukan dengan penyiangan manual atau penggunaan alat mekanis seperti parang dan mesin potong rumput. Metode ini efektif pada areal terbatas dan pada fase awal pertumbuhan gulma, namun membutuhkan tenaga kerja yang cukup besar.

Pengelolaan secara kimia dilakukan dengan penggunaan herbisida, baik herbisida selektif maupun non-selektif. Herbisida sistemik seperti glifosat sering digunakan untuk mengelola gulma rumput yang memiliki rimpang. Penggunaan herbisida harus dilakukan sesuai dosis dan waktu aplikasi yang tepat agar efektif serta tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, pengelolaan gulma rumput juga dapat dilakukan secara kultur teknis, seperti penggunaan tanaman penutup tanah dan mulsa untuk menghambat pertumbuhan gulma serta meningkatkan kesuburan tanah.

4.2.2 Pengelolaan Gulma Daun Lebar

Pengelolaan gulma daun lebar bertujuan untuk mengurangi populasi gulma yang dapat menutupi permukaan tanah dan menghambat pertumbuhan kelapa sawit. Pengelolaan gulma daun lebar

dapat dilakukan melalui metode mekanik, kimia, dan pengelolaan lingkungan. Penyiangan manual merupakan salah satu metode pengelolaan gulma daun lebar yang efektif, terutama di sekitar piringan tanaman. Selain itu, penggunaan herbisida selektif dapat membantu mengelola gulma daun lebar tanpa merusak tanaman kelapa sawit.Pengelolaan gulma daun lebar juga dapat dilakukan dengan penggunaan tanaman penutup tanah dan mulsa organik. Metode ini dapat menekan perkecambahan biji gulma serta menjaga kelembapan tanah.

4.2.3 Pengelolaan Gulma Teki

Pengelolaan gulma teki memerlukan perhatian khusus karena gulma ini memiliki umbi yang berada di dalam tanah dan mampu tumbuh kembali setelah penyiangan. Oleh karena itu, pengelolaan gulma teki harus dilakukan secara terpadu dan berulang. Pengelolaan mekanik saja sering kali tidak efektif karena umbi gulma teki dapat tertinggal di dalam tanah. Oleh sebab itu, pengelolaan kimia menggunakan herbisida sistemik sering dikombinasikan dengan penyiangan manual untuk mengurangi cadangan umbi di dalam tanah. Selain itu, pengelolaan gulma teki juga dapat dilakukan dengan memperbaiki kondisi lingkungan seperti pengaturan drainase dan pengelolaan kelembapan tanah. Dengan pengelolaan yang tepat dan berkelanjutan, populasi gulma teki dapat ditekan secara efektif. Penggunaan herbisida dalam pengelolaan gulma di perkebunan kelapa sawit harus disesuaikan dengan jenis gulma yang dominan, karena setiap kelompok gulma memiliki karakteristik morfologi dan fisiologi yang berbeda. Ketepatan pemilihan bahan aktif herbisida akan menentukan efektivitas pengendalian gulma serta meminimalkan risiko keracunan pada tanaman kelapa sawit dan ada dampak negatif pada lingkungan, berdasarkan jenis gulma yang umum herbisida dapat dikelompokkan untuk pengelolaan gulma rumput, gulma daun lebar, dan gulma teki.

4.2.4 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Rumput

Gulma rumput merupakan gulma yang paling dominan di perkebunan kelapa sawit, terutama alang-alang (Imperata cylindrica L.) yang memiliki sistem perakaran rimpang dan daya regenerasi tinggi. Oleh karena itu, pengendalian gulma rumput memerlukan herbisida yang bersifat sistemik, sehingga mampu ditranslokasikan hingga ke akar dan rimpang gulma.

Salah satu herbisida yang paling umum digunakan adalah glifosat. Glifosat merupakan herbisida non-selektif yang bekerja dengan cara menghambat sintesis asam amino esensial pada tanaman gulma, sehingga menyebabkan kematian gulma secara bertahap. Penelitian menunjukkan bahwa glifosat efektif menekan pertumbuhan alang-alang dan gulma rumput lainnya di perkebunan kelapa sawit apabila diaplikasikan pada fase gulma aktif tumbuh (Pudjiharta, 2008).

Selain glifosat, herbisida selektif seperti fluazifop-P-butyl dan haloxyfop-R-methyl juga digunakan untuk mengendalikan gulma rumput tertentu. Herbisida ini bekerja secara selektif pada gulma rumput berdaun sempit sehingga relatif aman bagi tanaman kelapa sawit. Penggunaan herbisida rumput yang tepat dapat mengurangi persaingan gulma terhadap unsur hara, air, dan cahaya yang dibutuhkan tanaman kelapa sawit.

4.2.5 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Daun Lebar

Gulma daun lebar di perkebunan kelapa sawit umumnya memiliki pertumbuhan yang cepat dan mampu menutupi permukaan tanah, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman utama. Beberapa gulma daun lebar seperti Amaranthus spinosus, Bidens biternata, dan Tridax procumbens sering dijumpai di gawangan dan piringan tanaman. Herbisida yang umum digunakan untuk pengendalian gulma daun lebar antara lain 2,4-D, metsulfuron-methyl, dan triclopyr. Herbisida 2,4-D bekerja dengan mengganggu sistem pertumbuhan gulma daun lebar, menyebabkan pertumbuhan tidak normal dan akhirnya kematian gulma. Sementara itu, metsulfuron-methyl merupakan herbisida dengan dosis rendah yang efektif mengendalikan berbagai jenis gulma daun lebar dan memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan bahan aktif. Penggunaan herbisida selektif pada gulma daun lebar sangat penting untuk mencegah kerusakan pada tanaman kelapa sawit. Selain itu, aplikasi herbisida perlu dilakukan secara tepat waktu dan sesuai dosis anjuran agar pengendalian gulma daun lebar berjalan efektif serta tidak menimbulkan resistensi gulma.

4.2.6 Herbisida untuk Pengelolaan Gulma Teki

Gulma teki dari famili Cyperaceae, seperti Cyperus rotundus dan Cyperus iria, merupakan gulma yang sulit dikendalikan karena memiliki umbi di dalam tanah yang mampu tumbuh kembali setelah penyiangan. Oleh karena itu, pengendalian gulma teki memerlukan herbisida khusus yang mampu menekan pertumbuhan umbi tersebut.

Herbisida yang sering digunakan untuk pengendalian gulma teki adalah halosulfuron-methyl dan metsulfuron-methyl. Halosulfuron-methyl dikenal efektif dalam menghambat pertumbuhan gulma teki dengan cara mengganggu proses metabolisme gulma. Selain itu, penggunaan glifosat dengan dosis dan waktu aplikasi yang tepat juga dapat membantu menekan populasi gulma teki secara bertahap.

Pengendalian gulma teki biasanya dilakukan secara terpadu, yaitu mengombinasikan penggunaan herbisida sistemik dengan penyiangan manual dan perbaikan kondisi lingkungan seperti

pengaturan drainase. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi cadangan umbi gulma teki di dalam tanah sehingga populasi gulma dapat ditekan dalam jangka panjang (Sitinjak, 2022).

4.2.7 Prinsip Penggunaan Herbisida yang Tepat Berdasarkan Jenis Gulma

Agar penggunaan herbisida dalam pengelolaan gulma di perkebunan kelapa sawit berjalan efektif dan berkelanjutan, beberapa prinsip penting perlu diperhatikan, antara lain:

- Pemilihan herbisida harus disesuaikan dengan jenis gulma dominan di lapangan
- Penggunaan dosis herbisida sesuai anjuran
- Aplikasi herbisida dilakukan pada fase gulma aktif tumbuh
- Rotasi bahan aktif herbisida untuk mencegah resistensi gulma
- Pengombinasian pengendalian kimia dengan metode mekanik dan kultur teknis

Dengan penerapan prinsip tersebut, pengendalian gulma rumput, gulma daun lebar, dan gulma teki dapat dilakukan secara efektif tanpa menimbulkan dampak negatif yang berlebihan terhadap lingkungan dan tanaman kelapa sawit.

4.2.8 Resistensi Gulma terhadap Herbisida di Perkebunan Kelapa Sawit

Penggunaan herbisida secara terus-menerus dalam jangka panjang di perkebunan kelapa sawit dapat menimbulkan permasalahan baru, salah satunya adalah resistensi gulma terhadap herbisida. Resistensi gulma merupakan kondisi di mana suatu populasi gulma mampu bertahan hidup dan berkembang meskipun telah diaplikasikan herbisida dengan dosis yang sebelumnya efektif. Fenomena ini terjadi sebagai akibat dari seleksi alam, di mana individu gulma yang toleran terhadap herbisida akan bertahan dan berkembang biak, sementara gulma yang peka akan mati. Menurut Sembodo (2010), resistensi gulma umumnya muncul akibat penggunaan herbisida dengan bahan aktif yang sama secara berulang-ulang tanpa disertai metode pengendalian lain. Di perkebunan kelapa sawit, kondisi ini sering terjadi karena penggunaan herbisida bersifat praktis dan efisien dalam menekan pertumbuhan gulma, khususnya gulma rumput seperti Imperata

cylindrica dan gulma teki seperti Cyperus rotundus. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan herbisida non-selektif seperti glifosat secara terus-menerus dapat mengubah komposisi komunitas gulma di kebun sawit. Gulma yang sebelumnya dominan dapat berkurang, namun jenis gulma lain yang lebih toleran terhadap herbisida akan meningkat populasinya (Widayat & Suryanto, 2017). Kondisi ini mengindikasikan awal terjadinya resistensi atau toleransi gulma terhadap herbisida tertentu. Resistensi gulma juga dipengaruhi oleh karakteristik biologis gulma, seperti kemampuan berkembang biak secara vegetatif, umur biji yang panjang di dalam tanah, serta laju pertumbuhan yang cepat. Gulma teki (Cyperus rotundus) misalnya, memiliki umbi di dalam tanah yang mampu bertahan meskipun bagian atas tanaman mati akibat aplikasi herbisida. Hal ini menyebabkan gulma teki sering tumbuh kembali setelah pengendalian dilakukan, sehingga meningkatkan risiko terjadinya resistensi apabila herbisida yang sama terus digunakan (Sitinjak, 2022). Selain itu, resistensi gulma dapat berdampak langsung terhadap peningkatan biaya produksi di perkebunan kelapa sawit. Gulma yang resisten memerlukan dosis herbisida yang lebih tinggi atau kombinasi beberapa bahan aktif, yang pada akhirnya meningkatkan biaya operasional dan risiko pencemaran lingkungan. Penelitian juga menunjukkan bahwa resistensi gulma dapat menurunkan efektivitas pengendalian gulma sehingga persaingan antara gulma dan tanaman kelapa sawit semakin meningkat (Sembodo, 2010).

Untuk mencegah dan mengurangi terjadinya resistensi gulma, diperlukan strategi pengelolaan gulma yang tepat. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain rotasi bahan aktif herbisida, penggunaan campuran herbisida dengan mekanisme kerja berbeda, serta pengombinasian pengendalian kimia dengan metode mekanik dan kultur teknis. Pendekatan ini dikenal sebagai pengelolaan gulma terpadu dan dinilai lebih efektif dalam menekan perkembangan gulma resisten di perkebunan kelapa sawit (Widayat & Suryanto, 2017).

Dengan penerapan strategi pengendalian yang tepat dan berkelanjutan, risiko resistensi gulma terhadap herbisida dapat diminimalkan, sehingga pengelolaan gulma di perkebunan kelapa sawit tetap efektif dan efisien dalam jangka panjang.

4.2.9 Pengelolaan Gulma Terpadu (Integrated Weed Management).

Pengelolaan Gulma Terpadu (Integrated Weed Management/IWM) merupakan pendekatan pengendalian gulma yang mengombinasikan berbagai metode pengendalian secara terpadu dan berkelanjutan untuk menekan populasi gulma hingga berada di bawah ambang merugikan secara ekonomi. Pendekatan ini dikembangkan untuk mengatasi kelemahanpengendalian gulma secara tunggal, terutama penggunaan herbisida secara terus-

menerus yang dapat menyebabkan resistensi gulma serta dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam perkebunan kelapa sawit, penerapan pengelolaan gulma terpadu sangat penting mengingat keberadaan gulma rumput, gulma daun lebar, dan gulma teki dapat mengganggu pertumbuhan tanaman serta kelancaran kegiatan kebun. Prinsip dasar pengelolaan gulma terpadu adalah memadukan metode pengendalian mekanik, kimia, kultur teknis, dan biologis dengan mempertimbangkan jenis gulma dominan, umur tanaman kelapa sawit, serta kondisi lingkungan. Menurut Sembodo (2010), kombinasi beberapa metode pengendalian gulma lebih efektif dan berkelanjutan dibandingkan penggunaan satu metode saja. Pendekatan ini juga mampu menekan ketergantungan terhadap herbisida sehingga risiko pencemaran lingkungan dan resistensi gulma dapat diminimalkan.

Pengendalian mekanik dalam sistem pengelolaan gulma terpadu dilakukan melalui penyiangan manual atau pemotongan gulma menggunakan alat mekanis. Metode ini umumnya diterapkan di sekitar piringan tanaman kelapa sawit dan efektif untuk mengendalikan gulma pada fase awal pertumbuhan. Meskipun membutuhkan tenaga kerja yang relatif besar, pengendalian mekanik berperan penting dalam mengurangi biomassa gulma sebelum dikombinasikan dengan metode pengendalian lainnya.

Pengendalian kimia tetap digunakan dalam pengelolaan gulma terpadu, namun dilakukan secara selektif dan terkontrol. Herbisida diaplikasikan berdasarkan jenis gulma sasaran, baik gulma rumput, daun lebar, maupun gulma teki, dengan dosis dan waktu aplikasi yang tepat. Widayat dan Suryanto (2017) menyatakan bahwa penggunaan herbisida dalam sistem terpadu dapat meningkatkan efektivitas pengendalian gulma apabila disertai dengan rotasi bahan aktif dan tidak digunakan secara berlebihan. Metode kultur teknis juga berperan penting dalam pengelolaan gulma terpadu di perkebunan kelapa sawit. Penggunaan tanaman penutup tanah, pengaturan jarak tanam, serta pemanfaatan mulsa organik dapat menghambat perkecambahan biji gulma dan menekan pertumbuhan gulma sejak dini. Selain menekan gulma, metode ini juga membantu menjaga kelembapan dan kesuburan tanah. Sitinjak (2022) melaporkan bahwa keberadaan tanaman penutup tanah mampu menurunkan dominansi beberapa jenis gulma di areal perkebunan kelapa sawit. Secara keseluruhan, pengelolaan gulma terpadu merupakan strategi pengendalian gulma yang efektif dan ramah lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mampu menekan populasi gulma, tetapi juga meningkatkan efisiensi pengelolaan kebun serta mendukung keberlanjutan produksi kelapa sawit dalam jangka panjang.

4.2.10 Strategi Pengendalian Gulma yang Efektif dan Berkelanjutan

Strategi pengendalian gulma yang efektif dan berkelanjutan merupakan bagian penting dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit, mengingat gulma dapat menurunkan produktivitas tanaman serta meningkatkan biaya pemeliharaan kebun. Pengendalian gulma yang hanya mengandalkan satu metode, khususnya herbisida, terbukti kurang berkelanjutan karena dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti resistensi gulma, pencemaran lingkungan, dan gangguan terhadap organisme non-target. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian gulma yang terencana, terpadu, dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Salah satu strategi utama dalam pengendalian gulma berkelanjutan adalah penyesuaian metode pengendalian dengan jenis gulma dominan yang terdapat di perkebunan kelapa sawit. Gulma rumput, gulma daun lebar, dan gulma teki memiliki karakteristik pertumbuhan dan cara berkembang biak yang berbeda sehingga memerlukan pendekatan pengendalian yang berbeda pula. Menurut Sembodo (2010), pengendalian gulma akan lebih efektif apabila dilakukan berdasarkan identifikasi gulma sasaran, baik dari segi jenis maupun tingkat dominasinya di lapangan.

Pengendalian gulma secara mekanik masih menjadi strategi penting, terutama pada fase awal pertumbuhan gulma dan di sekitar piringan tanaman kelapa sawit. Penyiangan manual dan pemotongan gulma dapat menekan populasi gulma dengan cepat serta mengurangi kompetisi langsung terhadap tanaman utama. Meskipun metode ini membutuhkan tenaga kerja yang cukup besar, pengendalian mekanik dinilai ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap herbisida apabila dilakukan secara rutin dan terjadwal. Penggunaan herbisida tetap diperlukan dalam strategi pengendalian gulma yang efektif, namun harus dilakukan secara bijaksana. Penggunaan herbisida secara berlebihan dan terus-menerus dapat menyebabkan terjadinya resistensi gulma serta akumulasi residu kimia di lingkungan. Oleh karena itu, strategi berkelanjutan menekankan pentingnya penggunaan herbisida sesuai dosis anjuran, rotasi bahan aktif, serta pengaturan waktu aplikasi yang tepat. Widayat dan Suryanto (2017) menyatakan bahwa rotasi herbisida dengan mekanisme kerja yang berbeda dapat menekan risiko resistensi gulma dan meningkatkan efektivitas pengendalian dalam jangka panjang.

Selain itu, penerapan teknik kultur teknis menjadi strategi penting dalam pengendalian gulma berkelanjutan. Penggunaan tanaman penutup tanah (cover crop), pemanfaatan mulsa organik, serta pengelolaan tajuk tanaman kelapa sawit dapat mengurangi intensitas cahaya yang mencapai permukaan tanah sehingga menghambat pertumbuhan gulma. Strategi ini tidak hanya menekan populasi gulma, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga kelembapan tanah dan meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Secara keseluruhan, strategi pengendalian gulma yang efektif dan

berkelanjutan harus dilakukan secara terpadu dengan mengombinasikan metode mekanik, kimia, dan kultur teknis. Pendekatan ini mampu menekan pertumbuhan gulma secara optimal, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta mendukung keberlanjutan produksi kelapa sawit dalam jangka panjang.

4.2.11 Hubungan Pengendalian Gulma dengan Efisiensi Biaya Produksi

Pengendalian gulma memiliki hubungan yang erat dengan efisiensi biaya produksi di perkebunan kelapa sawit. Gulma yang tumbuh tidak terkendali dapat meningkatkan biaya pemeliharaan kebun karena memerlukan tenaga kerja tambahan, penggunaan herbisida berulang, serta menurunkan efektivitas kegiatan budidaya lainnya. Oleh karena itu, pengendalian gulma yang tepat tidak hanya bertujuan menekan pertumbuhan gulma, tetapi juga berperan penting dalam mengoptimalkan penggunaan biaya produksi agar kegiatan perkebunan berjalan lebih efisien.

Keberadaan gulma yang tinggi di areal perkebunan dapat meningkatkan biaya tenaga kerja, khususnya pada kegiatan penyiangan manual dan pemeliharaan kebun. Gulma yang tumbuh lebat di gawangan dan piringan tanaman akan menyulitkan aktivitas pemanenan dan pengutipan brondolan, sehingga waktu kerja menjadi lebih lama dan produktivitas tenaga kerja menurun. Menurut Sembodo (2010), tingginya intensitas gulma di kebun dapat menyebabkan peningkatan kebutuhan tenaga kerja hingga beberapa kali lipat dibandingkan kebun yang dikelola dengan sistem pengendalian gulma yang baik. Selain itu, pengendalian gulma yang tidak efektif juga berdampak pada pemborosan penggunaan herbisida.

Aplikasi herbisida yang tidak tepat sasaran, baik dari segi jenis bahan aktif, dosis, maupun waktu aplikasi, dapat menyebabkan gulma tumbuh kembali dengan cepat sehingga memerlukan aplikasi ulang. Kondisi ini secara langsung meningkatkan biaya pembelian herbisida dan biaya aplikasi di lapangan. Widayat dan Suryanto (2017) menyatakan bahwa penggunaan herbisida secara berulang tanpa perencanaan yang baik dapat meningkatkan biaya produksi tanpa memberikan hasil pengendalian gulma yang optimal.

Efisiensi biaya produksi dapat dicapai melalui penerapan pengendalian gulma yang terencana dan terpadu. Kombinasi antara pengendalian mekanik, kimia, dan kultur teknis mampu menekan populasi gulma dalam jangka waktu lebih panjang, sehingga frekuensi pengendalian dapat dikurangi. Penggunaan tanaman penutup tanah, misalnya, dapat menekan pertumbuhan gulma sejak awal dan mengurangi kebutuhan herbisida serta penyiangan manual. Dengan demikian, biaya operasional kebun dapat ditekan tanpa mengurangi efektivitas pengendalian gulma. Resistensi gulma terhadap herbisida juga menjadi faktor yang mempengaruhi efisiensi biaya

produksi. Gulma yang telah resisten memerlukan dosis herbisida lebih tinggi atau kombinasi beberapa bahan aktif untuk dapat dikendalikan. Hal ini tentu meningkatkan biaya pengendalian dan berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Oleh sebab itu, rotasi bahan aktif herbisida dan penerapan pengelolaan gulma terpadu menjadi strategi penting untuk mencegah resistensi dan menjaga efisiensi biaya dalam jangka panjang (Sitinjak, 2022).

Secara keseluruhan, pengendalian gulma yang dilakukan secara tepat dan berkelanjutan berperan besar dalam meningkatkan efisiensi biaya produksi perkebunan kelapa sawit. Pengurangan biaya tenaga kerja, penggunaan herbisida yang lebih efisien, serta minimnya kebutuhan pengendalian ulang akan membantu menekan biaya operasional kebun tanpa mengorbankan produktivitas tanaman.

4.3 pengendalian hama

Pengendalian hama adalah serangkaian usaha dan tindakan yang dilakukan untuk menekan, mengendalikan, atau mengatur populasi organisme pengganggu tanaman (OPT), khususnya hama, agar berada di bawah ambang ekonomi sehingga tidak menimbulkan kerugian terhadap pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman. Pengendalian hama tidak bertujuan untuk memusnahkan seluruh hama, melainkan menjaga keseimbangan ekosistem agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Pengendalian hama dilakukan melalui berbagai metode yang saling terintegrasi, seperti pengendalian kultur teknis, mekanis, biologis, dan kimia. Dalam pelaksanaannya, pengendalian hama harus memperhatikan aspek lingkungan, kesehatan manusia, serta keberlanjutan pertanian, sehingga sering diterapkan dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dengan pengendalian hama yang tepat, produktivitas tanaman dapat dipertahankan tanpa merusak keseimbangan alam.

4.3.1 Jenis – Jenis Hama pada Tanaman Menghasilkan (TM)

1. Hama penggerek



Hama penggerek merupakan salah satu jenis hama utama yang sering menyerang tanaman pada fase Tanaman Menghasilkan (TM). Hama ini menyerang tanaman dengan cara melubangi atau menggerek jaringan tanaman, seperti batang, buah, cabang, maupun pucuk. Serangan hama penggerek umumnya terjadi pada bagian dalam tanaman sehingga sering sulit terdeteksi pada tahap awal, namun dapat menimbulkan kerusakan yang cukup parah apabila tidak segera dikendalikan.

Contoh : hama penggerek yang umum dijumpai antara lain penggerek batang dan penggerek buah. Penggerek batang menyerang jaringan batang dengan membuat lubang dan terowongan di dalamnya, sehingga mengganggu sistem pengangkutan air dan unsur hara. Sementara itu, penggerek buah menyerang bagian buah dengan cara melubangi daging buah, yang menyebabkan buah menjadi rusak dan tidak layak panen.

Dampak serangan hama penggerek sangat merugikan bagi tanaman menghasilkan. Batang tanaman yang terserang menjadi lemah dan mudah patah, pertumbuhan tanaman terganggu, serta produksi menurun. Pada serangan penggerek buah, kualitas hasil panen menurun akibat buah berlubang, busuk, dan sering kali gugur sebelum matang. Jika serangan berlangsung terus-menerus, hama penggerek dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang besar bagi petani.

2. Hama penghisap



Hama penghisap merupakan jenis hama yang menyerang tanaman dengan cara menghisap cairan sel tanaman menggunakan alat mulut khusus. Serangan hama ini umumnya terjadi pada bagian daun, batang muda, pucuk, dan bunga. Hama penghisap banyak ditemukan pada tanaman yang sudah memasuki fase Tanaman Menghasilkan (TM) karena ketersediaan nutrisi yang cukup tinggi pada jaringan tanaman.

Contoh hama penghisap yang sering menyerang tanaman antara lain kutu daun, kutu putih, wereng, dan tungau. Kutu daun dan kutu putih biasanya hidup berkoloni pada permukaan daun

dan batang, sedangkan wereng dan tungau menyerang dengan jumlah populasi yang besar dalam waktu singkat. Selain merusak secara langsung, beberapa hama penghisap juga berperan sebagai vektor penyakit yang dapat menularkan virus atau patogen lain pada tanaman.

Dampak serangan hama penghisap cukup merugikan karena menyebabkan terganggunya proses fisiologis tanaman. Daun yang terserang umumnya mengalami perubahan warna menjadi kuning, menggulung atau keriting, dan mudah rontok. Pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, pembentukan bunga dan buah terganggu, serta produksi dan kualitas hasil panen menurun. Jika serangan berlangsung berat dan tidak dikendalikan, hama penghisap dapat menyebabkan tanaman menjadi lemah bahkan mati.

3. Hama perusak daun



Hama perusak daun adalah jenis hama yang menyerang tanaman dengan cara memakan jaringan daun, baik sebagian maupun seluruh permukaan daun. Serangan hama ini umumnya terjadi pada daun muda maupun daun tua dan sering dijumpai pada tanaman yang sedang aktif berfotosintesis. Keberadaan hama perusak daun dapat menurunkan kemampuan tanaman dalam menghasilkan makanan bagi pertumbuhannya.

Contoh hama perusak daun yang sering ditemukan antara lain ulat daun dan belalang. Ulat daun biasanya memakan jaringan daun hingga berlubang atau tersisa tulang daun saja, sedangkan belalang merusak daun dengan cara menggigit dan mengunyah bagian daun secara tidak beraturan. Serangan hama ini dapat terjadi secara cepat apabila populasi hama meningkat dan tidak segera dikendalikan.

Dampak dari serangan hama perusak daun adalah berkurangnya luas permukaan daun yang berfungsi untuk fotosintesis. Akibatnya, proses pembentukan makanan terganggu sehingga

pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Pada tanaman menghasilkan, kondisi ini dapat menyebabkan penurunan produksi dan kualitas hasil panen.

4. Hama perusak buah



Hama perusak buah merupakan jenis hama yang menyerang bagian buah tanaman, baik pada fase pembentukan maupun menjelang panen. Serangan hama ini sangat merugikan karena langsung memengaruhi hasil panen yang menjadi tujuan utama budidaya tanaman menghasilkan.

Contoh hama perusak buah antara lain lalat buah dan ulat buah. Lalat buah menyerang dengan cara meletakkan telur di dalam buah, kemudian larvanya memakan daging buah sehingga menyebabkan buah membusuk. Ulat buah merusak buah dengan cara menggerek dan memakan bagian dalam buah, sehingga buah menjadi berlubang dan tidak layak konsumsi.

Dampak serangan hama perusak buah antara lain buah menjadi rusak, busuk, berlubang, dan sering gugur sebelum mencapai kematangan. Kondisi ini menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen serta kerugian ekonomi bagi petani.

5. Tikus



Tikus merupakan hama vertebrata yang menyerang tanaman secara langsung dan bersifat merusak. Hama ini umumnya aktif pada malam hari dan dapat menyerang tanaman dalam jumlah besar apabila populasinya tidak terkendali. Tikus sering dijumpai di area pertanian dan perkebunan yang memiliki sumber makanan melimpah.

Dampak serangan hama tikus sangat merugikan karena dapat merusak berbagai bagian tanaman, seperti buah, batang, dan akar. Tikus memakan buah yang masih muda maupun yang siap panen, menggigit batang tanaman hingga patah, serta merusak akar yang menyebabkan tanaman layu atau mati. Serangan tikus pada tanaman menghasilkan dapat menurunkan hasil panen secara signifikan.

4.3.2 Metode Pengendalian Hama pada Tanaman Menghasilkan (TM)

1. Pengendalian kultur teknis

Pengendalian kultur teknis merupakan salah satu metode pengendalian hama yang dilakukan melalui pengelolaan teknik budidaya dan lingkungan tanaman agar tidak menguntungkan bagi perkembangan organisme pengganggu tanaman (OPT), khususnya hama. Metode ini menekankan upaya pencegahan sejak awal dengan menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal, namun kurang sesuai bagi kehidupan dan perkembangbiakan hama. Pengendalian kultur teknis menjadi komponen penting dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) karena bersifat ramah lingkungan, berkelanjutan, serta dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pestisida kimia.

Pada fase Tanaman Menghasilkan (TM), pengendalian kultur teknis memiliki peran yang sangat penting karena tanaman berada pada kondisi produktif dan rentan terhadap serangan hama. Salah satu bentuk pengendalian kultur teknis yang umum diterapkan adalah sanitasi lahan, yaitu membersihkan sisa-sisa tanaman, gulma, buah busuk, dan bagian tanaman yang terserang hama. Sisa tanaman yang dibiarkan di kebun dapat menjadi tempat persembunyian dan sumber

perkembangbiakan hama, sehingga sanitasi yang baik mampu memutus siklus hidup hama dan menekan populasinya. Selain sanitasi, pengaturan jarak tanam juga merupakan langkah penting dalam pengendalian kultur teknis. Jarak tanam yang terlalu rapat dapat menyebabkan kelembapan tinggi dan sirkulasi udara yang buruk, kondisi ini sangat disukai oleh berbagai jenis hama dan penyakit. Dengan jarak tanam yang sesuai, penetrasi cahaya matahari dan sirkulasi udara menjadi lebih baik sehingga lingkungan menjadi kurang mendukung bagi perkembangan hama. Tanaman juga dapat tumbuh lebih sehat dan kuat, sehingga memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap serangan hama.

Pemangkasan tanaman merupakan teknik kultur teknis lain yang efektif, terutama pada tanaman perkebunan yang telah memasuki fase menghasilkan. Pemangkasan dilakukan untuk menghilangkan bagian tanaman yang terserang hama, cabang yang tidak produktif, atau daun yang terlalu rimbun. Tindakan ini bertujuan untuk memperbaiki struktur tanaman, mengurangi tempat persembunyian hama, serta meningkatkan sirkulasi udara dan cahaya. Dengan demikian, risiko serangan hama dapat dikurangi secara signifikan. Pengendalian kultur teknis juga mencakup pengelolaan pemupukan dan pengairan yang tepat. Pemupukan yang berlebihan, khususnya nitrogen, dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif yang berlebihan dan jaringan tanaman menjadi lebih lunak, sehingga lebih disukai oleh hama penghisap. Oleh karena itu, pemupukan harus dilakukan secara seimbang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pengairan yang baik juga penting untuk menjaga kondisi tanah dan tanaman agar tidak stres, karena tanaman yang sehat cenderung lebih tahan terhadap serangan hama. Selain itu, pergiliran tanaman dan penggunaan varietas tahan hama juga termasuk dalam pengendalian kultur teknis. Pergiliran tanaman dapat memutus siklus hidup hama tertentu yang bergantung pada satu jenis tanaman inang. Sementara itu, penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap hama dapat mengurangi intensitas serangan dan menekan kerugian hasil tanpa harus menggunakan pestisida kimia.

Dengan demikian, pengendalian kultur teknis merupakan metode pengendalian hama yang bersifat preventif, efektif, dan berkelanjutan. Penerapan pengendalian kultur teknis secara konsisten pada fase Tanaman Menghasilkan (TM) dapat menjaga kesehatan tanaman, menekan populasi hama, meningkatkan hasil dan kualitas panen, serta mendukung sistem pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. Pengendalian mekanis

Pengendalian mekanis merupakan metode pengendalian hama yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan tenaga manusia atau alat sederhana untuk mengurangi atau menekan populasi organisme pengganggu tanaman (OPT). Metode ini bertujuan untuk mengendalikan hama dengan cara fisik tanpa melibatkan bahan kimia berbahaya, sehingga relatif aman bagi lingkungan, manusia, dan organisme non-target. Dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT), pengendalian mekanis berperan sebagai langkah pendukung yang efektif, terutama pada tahap awal serangan hama atau pada skala pertanian kecil hingga menengah.

Pada fase Tanaman Menghasilkan (TM), pengendalian mekanis sangat penting karena serangan hama dapat langsung memengaruhi hasil panen. Salah satu bentuk pengendalian mekanis yang paling umum adalah pengambilan hama secara langsung dari tanaman. Hama seperti ulat daun, belalang, dan kumbang dapat diambil secara manual menggunakan tangan atau alat bantu, kemudian dimusnahkan. Cara ini efektif apabila populasi hama masih rendah dan dilakukan secara rutin, sehingga dapat mencegah peningkatan populasi yang lebih besar. Selain pengambilan langsung, pemasangan perangkap juga merupakan teknik pengendalian mekanis yang banyak digunakan. Perangkap berfungsi untuk menangkap hama sehingga jumlah populasinya berkurang. Jenis perangkap yang sering digunakan antara lain perangkap lampu untuk menarik hama nokturnal, perangkap feromon untuk mengganggu proses perkawinan hama tertentu, serta perangkap lem untuk menangkap serangga terbang. Pemasangan perangkap harus dilakukan secara tepat, baik dari segi jumlah, lokasi, maupun waktu pemasangan agar hasilnya optimal.

Pengendalian mekanis juga dapat dilakukan melalui penghalang fisik, seperti pemasangan jaring, plastik, atau pagar sederhana di sekitar tanaman. Penghalang ini bertujuan untuk mencegah hama tertentu, seperti serangga, burung, atau tikus, masuk dan merusak tanaman. Pada tanaman buah, penggunaan pembungkus buah (fruit bagging) juga termasuk dalam pengendalian mekanis yang efektif untuk melindungi buah dari serangan hama perusak buah, seperti lalat buah. Selain itu, pengolahan tanah secara mekanis dapat membantu menekan populasi hama yang berada di dalam tanah, seperti larva atau pupa serangga. Pembalikan tanah dapat mematikan hama secara langsung atau memaparkannya pada musuh alami dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Metode ini sering dikombinasikan dengan teknik kultur teknis untuk hasil yang lebih maksimal.

Keunggulan pengendalian mekanis terletak pada sifatnya yang ramah lingkungan, tidak meninggalkan residu berbahaya pada hasil panen, serta mudah diterapkan oleh petani. Namun, metode ini juga memiliki keterbatasan, yaitu membutuhkan tenaga dan waktu yang cukup besar serta kurang efektif apabila populasi hama sudah tinggi atau serangan terjadi secara luas. Oleh

karena itu, pengendalian mekanis sebaiknya diterapkan secara terpadu dengan metode pengendalian lainnya. Dengan demikian, pengendalian mekanis merupakan salah satu metode pengendalian hama yang efektif dan aman apabila diterapkan secara tepat dan berkelanjutan. Pada fase Tanaman Menghasilkan (TM), pengendalian mekanis dapat membantu menekan populasi hama, menjaga kualitas dan kuantitas hasil panen, serta mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3. Pengendalian biologis

Pengendalian biologis merupakan metode pengendalian hama yang dilakukan dengan memanfaatkan organisme hidup sebagai musuh alami untuk menekan populasi organisme pengganggu tanaman (OPT). Musuh alami tersebut dapat berupa predator, parasitoid, maupun mikroorganisme patogen yang secara alami mampu mengendalikan hama di lingkungan pertanian. Pengendalian biologis bertujuan untuk menjaga keseimbangan ekosistem serta mendukung sistem pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Metode ini menjadi salah satu komponen penting dalam penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT).

Pada fase Tanaman Menghasilkan (TM), pengendalian biologis sangat dianjurkan karena tanaman telah memasuki masa produktif dan hasil panen akan dikonsumsi oleh manusia. Penggunaan metode biologis dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia yang berpotensi meninggalkan residu berbahaya. Selain itu, pengendalian biologis relatif aman bagi lingkungan dan tidak merusak organisme non-target, seperti serangga penyerbuk. Pengendalian biologis dapat dilakukan dengan memanfaatkan predator alami yang memangsa hama tanaman. Contoh predator yang sering digunakan antara lain kepik predator (Coccinellidae) yang memangsa kutu daun, laba-laba yang memakan berbagai jenis serangga kecil, serta capung yang memangsa serangga terbang. Keberadaan predator ini dapat ditingkatkan dengan menciptakan lingkungan yang mendukung, seperti menjaga keanekaragaman tanaman dan mengurangi penggunaan pestisida kimia. Selain predator, parasitoid juga berperan penting dalam pengendalian biologis. Parasitoid merupakan serangga yang meletakkan telurnya pada atau di dalam tubuh hama, sehingga larva parasitoid akan berkembang dengan memanfaatkan tubuh hama sebagai sumber makanan. Contoh parasitoid yang sering dimanfaatkan adalah tawon parasitoid dari genus *Trichogramma* yang menyerang telur hama penggerek. Penggunaan parasitoid efektif untuk menekan populasi hama sejak stadium awal.

Pengendalian biologis juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme patogen, seperti bakteri, jamur, dan virus yang bersifat patogen bagi hama. Contoh mikroorganisme yang sering digunakan antara lain *Bacillus thuringiensis* (Bt) yang efektif mengendalikan ulat, serta jamur entomopatogen seperti *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*. Mikroorganisme ini bekerja dengan cara menginfeksi tubuh hama dan menyebabkan kematian secara alami. Selain musuh alami, penggunaan pestisida nabati juga termasuk dalam pengendalian biologis. Pestisida nabati berasal dari bahan alami, seperti ekstrak daun mimba, serai, tembakau, atau bawang putih. Pestisida ini bekerja sebagai penolak (repellent), penghambat makan, atau pengganggu pertumbuhan hama. Keunggulan pestisida nabati adalah mudah terurai di lingkungan dan relatif aman bagi manusia.

Keuntungan utama pengendalian biologis adalah ramah lingkungan, aman bagi kesehatan, serta mendukung keseimbangan ekosistem. Namun, metode ini memerlukan waktu yang lebih lama untuk menunjukkan hasil dan efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Oleh karena itu, pengendalian biologis perlu dikombinasikan dengan metode pengendalian lainnya dalam sistem PHT. Dengan demikian, pengendalian biologis merupakan metode yang sangat penting dalam pengendalian hama pada Tanaman Menghasilkan (TM). Penerapan pengendalian biologis secara tepat dapat menekan populasi hama, menjaga kualitas hasil panen, serta mendukung pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

4. Pengendalian kimia

Pengendalian kimia merupakan metode pengendalian hama yang dilakukan dengan menggunakan bahan kimia berupa pestisida sintetis untuk menekan atau membunuh organisme pengganggu tanaman (OPT). Metode ini umumnya digunakan ketika serangan hama telah mencapai tingkat yang mengancam produksi dan tidak dapat dikendalikan secara efektif melalui metode lain, seperti pengendalian kultur teknis, mekanis, maupun biologis. Oleh karena itu, dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT), pengendalian kimia ditempatkan sebagai alternatif terakhir. Pada fase Tanaman Menghasilkan (TM), penerapan pengendalian kimia harus dilakukan secara sangat hati-hati karena tanaman sedang berada pada masa produksi dan hasil panen akan dikonsumsi. Penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat meninggalkan residu berbahaya pada hasil panen, mencemari lingkungan, serta membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Oleh sebab itu, pengendalian kimia harus mengikuti prinsip penggunaan pestisida yang aman, tepat, dan bertanggung jawab.

Pengendalian kimia dilakukan dengan pemilihan jenis pestisida yang sesuai dengan jenis hama sasaran. Pestisida yang digunakan dapat berupa insektisida untuk mengendalikan serangga hama, rodentisida untuk hama tikus, atau akarisida untuk mengendalikan tungau. Selain itu, pestisida juga dibedakan berdasarkan cara kerjanya, seperti pestisida kontak, sistemik, dan lambung. Pemilihan pestisida yang tepat akan meningkatkan efektivitas pengendalian dan mengurangi dampak negatif terhadap organisme non-target. Selain jenis pestisida, ketepatan dosis dan waktu aplikasi juga sangat menentukan keberhasilan pengendalian kimia. Penggunaan pestisida harus sesuai dengan dosis yang dianjurkan pada label, karena dosis yang berlebihan dapat merusak tanaman dan lingkungan, sedangkan dosis yang terlalu rendah tidak efektif mengendalikan hama. Waktu aplikasi sebaiknya disesuaikan dengan fase perkembangan hama, misalnya dilakukan pada saat hama berada pada stadium yang paling rentan.

Pengendalian kimia juga harus memperhatikan teknik aplikasi yang benar, seperti cara penyemprotan, penggunaan alat semprot yang sesuai, serta perlindungan diri bagi pengguna pestisida. Petani dianjurkan menggunakan alat pelindung diri (APD), seperti masker, sarung tangan, dan pakaian tertutup, untuk menghindari paparan langsung bahan kimia. Selain itu, sisa pestisida dan wadahnya harus dikelola dengan baik agar tidak mencemari lingkungan. Meskipun pengendalian kimia memiliki keunggulan dalam memberikan hasil yang cepat dan efektif, metode ini juga memiliki kelemahan, seperti risiko terjadinya resistensi hama, kematian musuh alami, serta pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pestisida secara terus-menerus tanpa pengelolaan yang baik dapat menimbulkan masalah baru dalam jangka panjang. Dengan demikian, pengendalian kimia pada Tanaman Menghasilkan (TM) harus diterapkan secara bijaksana, terbatas, dan terintegrasi dengan metode pengendalian lainnya. Penerapan pengendalian kimia yang tepat dapat membantu melindungi tanaman dari serangan hama, menjaga produktivitas dan kualitas hasil panen, serta mendukung keberlanjutan sistem pertanian.

4.4 Pengendalian Penyakit Pada Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia sangat bergantung pada keberlanjutan dan produktivitas sektor kelapa sawit untuk mendukung pertumbuhan ekonomi, penyerapan tenaga kerja, serta peningkatan devisa negara. Namun demikian, tingginya intensitas budidaya kelapa sawit juga diikuti oleh

berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit tanaman yang dapat menurunkan hasil produksi secara signifikan.

Penyakit pada kelapa sawit merupakan faktor pembatas utama dalam sistem produksi perkebunan. Berbagai jenis penyakit, baik yang disebabkan oleh jamur, bakteri, maupun faktor lingkungan, dapat menyerang tanaman sejak fase pembibitan hingga tanaman menghasilkan. Penyakit seperti busuk pangkal batang (*Basal Stem Rot*), penyakit daun, dan busuk pucuk (*bud rot*) telah dilaporkan menyebabkan kerugian ekonomi yang besar akibat penurunan produksi tandan buah segar serta meningkatnya biaya perawatan kebun *(Turner, 1981).*

Permasalahan penyakit kelapa sawit semakin kompleks seiring dengan perubahan iklim, peningkatan curah hujan di beberapa wilayah, serta praktik budidaya yang belum sepenuhnya menerapkan prinsip keberlanjutan. Kondisi lingkungan yang lembap, sistem drainase yang buruk, serta penggunaan bibit yang kurang sehat dapat menciptakan lingkungan yang ideal bagi perkembangan patogen penyebab penyakit. Oleh karena itu, pengendalian penyakit kelapa sawit tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan memerlukan pendekatan yang menyeluruh dan terintegrasi *(Lubis, 2008).*

Pengendalian penyakit yang tidak tepat tidak hanya berpotensi gagal menekan serangan patogen, tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, terutama apabila terlalu bergantung pada penggunaan bahan kimia. Dalam konteks ini, penerapan konsep Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu (PHPT) menjadi sangat relevan. Pendekatan ini mengombinasikan berbagai metode pengendalian yang saling mendukung, mulai dari teknik budidaya yang baik, pengelolaan lingkungan, pengendalian hayati, hingga penggunaan pestisida secara bijaksana *(Singh et al., 2013).*

Berdasarkan latar belakang tersebut, pembahasan mengenai pengendalian penyakit pada kelapa sawit menjadi sangat penting untuk dipahami secara mendalam. Materi ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai jenis-jenis penyakit utama pada kelapa sawit, faktor penyebab dan dampaknya, serta strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan. Dengan pemahaman yang baik, diharapkan pengelolaan perkebunan kelapa sawit dapat dilakukan secara lebih optimal guna mendukung produktivitas jangka panjang dan keberlanjutan sektor perkebunan di Indonesia.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam mendukung perekonomian nasional, penyediaan

lapangan kerja, serta sumber devisa negara melalui ekspor minyak sawit dan produk turunannya. Keunggulan kelapa sawit terletak pada produktivitas minyaknya yang tinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak nabati lainnya. Namun, potensi ekonomi yang besar tersebut tidak terlepas dari berbagai tantangan dalam budidayanya, salah satunya adalah serangan penyakit tanaman.

Penyakit pada tanaman kelapa sawit dapat menyerang pada seluruh fase pertumbuhan, mulai dari tahap pembibitan, tanaman belum menghasilkan (TBM), hingga tanaman menghasilkan (TM). Serangan penyakit yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan vegetatif, berkurangnya produksi tandan buah segar (TBS), penurunan mutu hasil, bahkan kematian tanaman. Kondisi ini secara langsung berdampak pada kerugian ekonomi bagi perusahaan perkebunan maupun pekebun rakyat *(Turner, 1981).*

Tingginya intensitas penanaman kelapa sawit secara monokultur, umur tanaman yang panjang, serta pengelolaan lahan yang kurang memperhatikan aspek kesehatan tanah dapat meningkatkan risiko berkembangnya patogen penyebab penyakit. Selain itu, perubahan lingkungan seperti curah hujan tinggi, kelembapan udara yang tinggi, serta sistem drainase yang kurang baik juga berperan penting dalam mempercepat perkembangan dan penyebaran penyakit di perkebunan kelapa sawit *(Lubis, 2008).*

Oleh karena itu, pengendalian penyakit kelapa sawit tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus diterapkan secara terpadu dan berkelanjutan. Pengendalian yang efektif mencakup tindakan pencegahan, deteksi dini, serta penanganan yang tepat terhadap tanaman yang terserang. Pendekatan ini diharapkan mampu menekan tingkat serangan penyakit, menjaga produktivitas tanaman, serta memperpanjang umur ekonomis kebun kelapa sawit secara keseluruhan *(Corley & Tinker, 2016).*

4.4.1 Gambaran Umum Penyakit Penting pada Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit rentan terhadap berbagai jenis penyakit yang disebabkan oleh patogen seperti jamur, bakteri, dan virus, serta dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan praktik budidaya. Di antara kelompok patogen tersebut, jamur merupakan penyebab penyakit yang paling dominan dan menimbulkan kerugian terbesar pada perkebunan kelapa sawit. Penyakit dapat menyerang hampir seluruh bagian tanaman, mulai dari akar, batang, daun, hingga titik tumbuh, sehingga berdampak langsung terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman *(Turner, 1981).*

Penyakit penting pada kelapa sawit umumnya diklasifikasikan berdasarkan bagian tanaman yang terserang dan tingkat kerusakan yang ditimbulkan. Penyakit yang menyerang batang dan perakaran, seperti Basal Stem Rot (BSR) atau busuk pangkal batang, dikenal sebagai penyakit paling berbahaya karena sulit dideteksi pada tahap awal dan sering berakhir dengan kematian tanaman. Selain itu, terdapat penyakit daun yang banyak dijumpai pada fase pembibitan dan tanaman muda, serta penyakit busuk pucuk (bud rot) yang menyerang titik tumbuh tanaman pada kondisi lingkungan tertentu *(Lubis, 2008).*

Tingkat keparahan serangan penyakit pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh umur tanaman. Tanaman tua cenderung lebih rentan terhadap penyakit batang dan akar, sementara tanaman muda dan bibit lebih sensitif terhadap penyakit daun. Faktor lingkungan seperti kelembapan tinggi, curah hujan yang berlebihan, kondisi tanah yang buruk, serta sistem drainase yang tidak optimal juga dapat mempercepat perkembangan patogen dan meningkatkan intensitas serangan penyakit di lapangan *(Corley & Tinker, 2016).*

Selain faktor lingkungan, praktik budidaya yang kurang tepat, seperti sanitasi kebun yang tidak memadai, penggunaan bibit yang tidak sehat, serta pengelolaan sisa tanaman yang terinfeksi, dapat memperbesar peluang penyebaran penyakit. Oleh karena itu, pemahaman mengenai gambaran umum penyakit penting pada kelapa sawit menjadi dasar yang sangat penting dalam menentukan strategi pengendalian yang efektif. Dengan mengenali jenis penyakit, penyebab, serta faktor pendukung perkembangannya, tindakan pencegahan dan pengendalian dapat dilakukan secara lebih terarah dan berkelanjutan *(Turner, 1981).*

4.4.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (Basal Stem Rot / Ganoderma)

1. Penyebab dan Gejala

Busuk pangkal batang merupakan penyakit paling serius pada tanaman kelapa sawit yang disebabkan oleh jamur patogen *Ganoderma boninense*. Jamur ini bersifat tular tanah (soil-borne pathogen) dan mampu bertahan hidup dalam waktu yang lama pada sisa-sisa perakaran atau batang tanaman kelapa sawit yang telah terinfeksi sebelumnya. Infeksi umumnya terjadi melalui kontak akar sehat dengan sumber inokulum di dalam tanah, kemudian patogen berkembang dan menjalar ke jaringan batang bagian bawah *(Turner, 1981).*

Ganoderma boninense menyerang jaringan pembuluh tanaman, terutama xilem, sehingga menghambat proses penyerapan dan transpor air serta unsur hara dari tanah ke bagian tajuk. Akibatnya, tanaman mengalami gangguan fisiologis yang menyebabkan penurunan vitalitas

secara bertahap. Pada tahap awal serangan, gejala yang tampak sering kali tidak spesifik dan sulit dibedakan dari gejala kekurangan hara, sehingga penyakit ini kerap terlambat terdeteksi di lapangan *(Singh et al., 2013).*

Gejala awal yang umum diamati antara lain perubahan warna daun menjadi hijau pucat hingga kekuningan, pertumbuhan tanaman yang tidak normal, serta susunan tajuk yang tampak tidak seimbang. Seiring dengan perkembangan penyakit, pelepah daun menjadi menggantung, pertumbuhan generatif menurun, dan batang bagian bawah mulai mengalami pembusukan internal. Pada stadium lanjut, akan muncul tubuh buah jamur (basidiokarp) berwarna cokelat kemerahan hingga keputihan di sekitar pangkal batang atau permukaan tanah, yang menjadi indikator kuat adanya infeksi *Ganoderma(Ariffin et al., 2000).*

Dalam kondisi serangan berat, jaringan batang mengalami pelapukan sehingga kekuatan mekanis tanaman menurun. Hal ini menyebabkan tanaman mudah roboh, terutama pada saat angin kencang atau curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pemahaman mengenai penyebab dan gejala penyakit busuk pangkal batang sangat penting sebagai dasar dalam melakukan deteksi dini dan pengendalian penyakit secara efektif di perkebunan kelapa sawit *(Corley & Tinker, 2016).*

2. Dampak Serangan

Serangan *Ganoderma boninense* memberikan dampak yang sangat serius terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. Pada tahap awal infeksi, penurunan produksi tandan buah segar (TBS) sering kali belum terlihat secara nyata, namun secara fisiologis tanaman telah mengalami gangguan dalam penyerapan air dan unsur hara. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan vegetatif terhambat dan efisiensi fotosintesis menurun secara bertahap *(Turner, 1981).*

Seiring dengan perkembangan penyakit, dampak ekonomi mulai dirasakan secara signifikan. Produksi TBS menurun karena jumlah dan bobot tandan yang dihasilkan semakin kecil. Pada tanaman menghasilkan, serangan *Ganoderma* dapat menyebabkan penurunan produksi secara kumulatif dari tahun ke tahun hingga akhirnya tanaman tidak lagi ekonomis untuk dipertahankan. Pada tingkat serangan berat, tanaman akan mati sebelum mencapai umur produktif maksimal, sehingga meningkatkan biaya peremajaan kebun *(Singh et al., 2013).*

Selain menurunkan produksi, penyakit busuk pangkal batang juga berdampak pada stabilitas tanaman. Pembusukan jaringan batang bagian bawah menyebabkan kekuatan mekanis tanaman berkurang, sehingga tanaman menjadi rentan roboh. Tanaman yang roboh tidak hanya

menimbulkan kehilangan hasil, tetapi juga dapat merusak tanaman di sekitarnya serta mengganggu aktivitas panen dan perawatan kebun. Dalam skala luas, tingginya intensitas serangan *Ganoderma* dapat menurunkan produktivitas kebun secara keseluruhan dan memperpendek umur ekonomis perkebunan kelapa sawit *(Corley & Tinker, 2016).*

3. Upaya Pengendalian

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang (BSR) pada kelapa sawit merupakan tantangan besar karena patogen *Ganoderma boninense* bersifat persisten di dalam tanah dan sulit dieliminasi sepenuhnya. Oleh karena itu, strategi pengendalian harus dilakukan secara terpadu dengan mengombinasikan berbagai metode pengendalian yang saling mendukung. Pendekatan ini bertujuan untuk menekan sumber inokulum, menghambat perkembangan patogen, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi *(Turner, 1981).*

Salah satu langkah utama dalam pengendalian BSR adalah sanitasi kebun, yaitu dengan membongkar dan memusnahkan tanaman yang terserang berat beserta sisa perakarannya. Tindakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah inokulum *Ganoderma* di dalam tanah sehingga risiko penularan ke tanaman sehat di sekitarnya dapat ditekan. Sanitasi kebun yang dilakukan secara konsisten terbukti mampu memperlambat laju penyebaran penyakit *(Turner, 1981).*

Selain sanitasi, penggunaan bibit sehat menjadi faktor penting dalam upaya pencegahan penyakit. Bibit yang berasal dari sumber terpercaya dan bebas patogen akan memiliki peluang tumbuh yang lebih baik serta risiko terinfeksi *Ganoderma* yang lebih rendah. Pemilihan bahan tanam yang berkualitas juga perlu didukung dengan persiapan lahan yang baik sebelum penanaman *(Corley & Tinker, 2016).*

Upaya pengendalian lainnya adalah penerapan pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroorganisme antagonis seperti *Trichoderma spp.* Agen hayati ini berperan dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma* melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, serta produksi senyawa antifungal. Penggunaan agen hayati dinilai lebih ramah lingkungan dan dapat mendukung sistem perkebunan berkelanjutan *(Ariffin et al., 2000).*

Selain itu, perbaikan teknik budidaya seperti pengelolaan drainase yang baik, pemupukan berimbang, serta peningkatan kesehatan tanah juga berkontribusi dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit. Tanaman yang tumbuh optimal cenderung lebih toleran terhadap infeksi patogen. Dengan penerapan pengendalian terpadu yang berkelanjutan, dampak

penyakit busuk pangkal batang dapat ditekan sehingga produktivitas dan umur ekonomis kebun kelapa sawit dapat dipertahankan *(Singh et al., 2013).*

4.4.3 Penyakit Daun pada Kelapa Sawit

1. Jenis dan Penyebab

Penyakit daun pada kelapa sawit merupakan kelompok penyakit yang cukup umum dijumpai, terutama pada fase pembibitan dan tanaman muda di lapangan. Penyakit ini umumnya disebabkan oleh jamur patogen seperti *Curvularia spp.*, *Helminthosporium spp.*, *Pestalotiopsis spp.*, dan *Cercospora spp.* Patogen-patogen tersebut berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang lembap, curah hujan tinggi, serta sirkulasi udara yang kurang baik, seperti yang sering terjadi di areal pembibitan dengan kepadatan tanaman tinggi *(Lubis, 2008).*

Infeksi jamur penyebab penyakit daun biasanya diawali dari spora yang terbawa oleh angin, percikan air hujan, atau aktivitas manusia di kebun. Spora kemudian menempel pada permukaan daun dan berkecambah, terutama apabila terdapat lapisan air di permukaan daun dalam waktu yang cukup lama. Daun muda umumnya lebih rentan terhadap infeksi karena jaringan epidermisnya masih relatif tipis dan belum berkembang sempurna *(Turner, 1981).*

Gejala penyakit daun dapat bervariasi tergantung jenis patogen yang menyerang. Secara umum, gejala awal berupa bercak kecil berwarna cokelat, kuning, atau kehitaman pada permukaan daun. Bercak tersebut dapat meluas dan menyatu sehingga menyebabkan jaringan daun mengering dan mati. Pada serangan berat, hampir seluruh permukaan daun dapat tertutup bercak, yang pada akhirnya mengakibatkan daun gugur lebih cepat dari kondisi normal *(Lubis, 2008).*

2. Dampak Serangan

Meskipun penyakit daun pada kelapa sawit jarang menyebabkan kematian tanaman secara langsung, dampak serangannya tetap signifikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Daun merupakan organ utama fotosintesis, sehingga kerusakan pada jaringan daun akan mengurangi kemampuan tanaman dalam memproduksi asimilat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif dan pembentukan hasil *(Turner, 1981).*

Pada fase pembibitan, serangan penyakit daun dapat menurunkan kualitas bibit secara nyata. Bibit yang terserang berat umumnya memiliki pertumbuhan yang tidak seragam, batang yang lemah, serta jumlah dan luas daun yang terbatas. Kondisi ini menyebabkan bibit kurang vigor dan berpotensi mengalami gangguan pertumbuhan setelah dipindahkan ke lapangan. Dalam jangka panjang, penggunaan bibit berkualitas rendah dapat berdampak pada penurunan produktivitas kebun *(Lubis, 2008).*

Pada tanaman muda di lapangan, penyakit daun dapat memperlambat pertumbuhan awal tanaman sehingga memperpanjang masa belum menghasilkan (TBM). Selain itu, daun yang rusak juga lebih mudah mengalami infeksi lanjutan oleh patogen lain. Apabila serangan terjadi secara luas dan berulang, penyakit daun dapat menurunkan efisiensi fotosintesis secara keseluruhan dan berkontribusi terhadap penurunan produksi kelapa sawit pada fase tanaman menghasilkan *(Corley & Tinker, 2016).*

3. Upaya Pengendalian

Pengendalian penyakit daun pada kelapa sawit bertujuan untuk menekan intensitas serangan patogen serta menjaga kondisi daun tetap sehat agar proses fotosintesis dapat berlangsung optimal. Upaya pengendalian sebaiknya difokuskan pada tindakan pencegahan, terutama pada fase pembibitan, karena tanaman pada fase ini sangat rentan terhadap serangan penyakit daun *(Turner, 1981).*

Salah satu langkah penting dalam pengendalian penyakit daun adalah pengaturan lingkungan pembibitan. Kepadatan tanaman harus diatur dengan baik agar sirkulasi udara lancar dan kelembapan tidak terlalu tinggi. Selain itu, pengaturan naungan dan penyiraman yang tepat dapat membantu mengurangi kondisi lingkungan yang menguntungkan bagi perkembangan patogen jamur *(Lubis, 2008).*

Tindakan sanitasi juga memegang peranan penting dalam menekan sumber inokulum penyakit. Daun-daun yang terinfeksi perlu segera dipangkas dan dimusnahkan agar tidak menjadi sumber penyebaran spora ke tanaman lain. Sanitasi yang dilakukan secara rutin terbukti efektif dalam menurunkan intensitas serangan penyakit daun, terutama di areal pembibitan *(Turner, 1981).*

Apabila serangan penyakit sudah cukup berat, penggunaan fungisida dapat dilakukan sebagai langkah pengendalian tambahan. Fungisida yang digunakan dapat berupa fungisida kontak maupun sistemik, dengan memperhatikan jenis patogen penyebab dan dosis yang dianjurkan. Penggunaan fungisida harus dilakukan secara bijaksana dan terintegrasi dengan metode

pengendalian lainnya agar tidak menimbulkan resistensi patogen serta dampak negatif terhadap lingkungan *(Corley & Tinker, 2016).*

4.4.4 Penyakit Busuk Pucuk (Bud Rot)

1. Penyebab dan Gejala

Penyakit busuk pucuk (bud rot) merupakan salah satu penyakit penting pada kelapa sawit yang menyerang bagian titik tumbuh atau pucuk tanaman. Penyakit ini umumnya disebabkan oleh jamur patogen dari genus *Phytophthora*, terutama *Phytophthora palmivora*, yang berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang lembap dan tanah dengan sistem drainase yang buruk. Patogen ini bersifat oportunistik dan dapat berkembang pesat pada kebun dengan curah hujan tinggi serta aerasi tanah yang rendah *(Turner, 1981).*

Infeksi penyakit busuk pucuk biasanya diawali dari masuknya patogen melalui luka mekanis atau jaringan muda yang masih lunak di sekitar pucuk tanaman. Air hujan dan genangan air di sekitar tanaman berperan penting dalam membantu penyebaran spora *Phytophthora* dari satu tanaman ke tanaman lain. Kondisi ini menyebabkan penyakit busuk pucuk sering ditemukan pada areal kebun yang tergenang air atau memiliki sistem drainase yang kurang baik *(Lubis, 2008).*

Gejala awal penyakit busuk pucuk ditandai dengan perubahan warna pada daun muda di bagian tengah tajuk, yang tampak layu dan menguning. Daun-daun muda tersebut mudah tercabut apabila ditarik, karena jaringan pangkal daun dan titik tumbuh telah mengalami pembusukan. Pada tahap ini, sering tercium bau busuk yang khas akibat proses pembusukan jaringan tanaman *(Turner, 1981).*

Seiring perkembangan penyakit, jaringan pucuk akan mengalami pembusukan yang semakin luas dan mendalam hingga mencapai titik tumbuh utama. Apabila titik tumbuh telah rusak, tanaman tidak lagi mampu membentuk daun baru, sehingga pertumbuhan terhenti. Pada kondisi ini, tanaman kelapa sawit berpotensi mengalami kematian, terutama apabila infeksi terjadi pada tanaman muda yang belum memiliki cadangan pertumbuhan yang cukup *(Corley & Tinker, 2016).*

Penyakit busuk pucuk sering kali sulit dikendalikan apabila telah mencapai stadium lanjut, karena kerusakan yang terjadi bersifat irreversibel pada titik tumbuh tanaman. Oleh karena itu, pemahaman yang baik mengenai penyebab dan gejala penyakit busuk pucuk sangat penting untuk mendukung upaya deteksi dini dan pengendalian yang efektif di perkebunan kelapa sawit *(Singh et al., 2013).*

2. Upaya Pengendalian

Pengendalian penyakit busuk pucuk (bud rot) pada kelapa sawit harus dilakukan secara cepat dan tepat, mengingat penyakit ini menyerang titik tumbuh yang sangat vital bagi kelangsungan hidup tanaman. Strategi pengendalian yang efektif menitikberatkan pada tindakan pencegahan serta penanganan dini terhadap tanaman yang mulai menunjukkan gejala serangan *(Turner, 1981).*

Langkah utama dalam pengendalian busuk pucuk adalah perbaikan sistem drainase kebun. Drainase yang baik akan mengurangi genangan air di sekitar tanaman dan menurunkan kelembapan tanah, sehingga kondisi lingkungan menjadi kurang mendukung bagi perkembangan *Phytophthora* spp. Upaya ini sangat penting terutama di daerah dengan curah hujan tinggi dan topografi lahan yang datar *(Lubis, 2008).*

Selain perbaikan drainase, tindakan sanitasi tanaman perlu dilakukan secara rutin. Tanaman yang telah terserang berat sebaiknya segera dibersihkan atau dimusnahkan untuk mencegah penyebaran patogen ke tanaman sehat di sekitarnya. Pada kasus serangan ringan, jaringan pucuk yang membusuk dapat dipotong hingga mencapai jaringan sehat, kemudian dilakukan perlakuan lanjutan untuk menekan perkembangan patogen *(Turner, 1981).*

Penggunaan fungisida yang efektif terhadap *Phytophthora* spp. dapat dilakukan sebagai langkah pengendalian tambahan, terutama pada stadium awal serangan. Aplikasi fungisida dapat dilakukan secara semprot atau siram ke bagian pucuk dan sekitar pangkal tanaman, dengan memperhatikan jenis bahan aktif dan dosis yang dianjurkan. Penggunaan fungisida sebaiknya dilakukan secara selektif dan terintegrasi dengan metode pengendalian lainnya untuk menghindari resistensi patogen *(Corley & Tinker, 2016).*

Selain itu, penerapan praktik budidaya yang baik seperti penggunaan bibit sehat, pemupukan berimbang, serta pemeliharaan kebun yang optimal juga berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit busuk pucuk. Tanaman yang tumbuh sehat dan vigor cenderung lebih mampu bertahan terhadap serangan patogen. Dengan penerapan pengendalian terpadu secara berkelanjutan, risiko dan dampak penyakit busuk pucuk pada kelapa sawit dapat ditekan secara signifikan *(Singh et al., 2013).*

4.4.5 Pendekatan Pengendalian Penyakit Terpadu

Pengendalian penyakit kelapa sawit yang efektif harus menerapkan konsep Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu (PHPT), yaitu suatu pendekatan pengelolaan yang mengintegrasikan berbagai teknik pengendalian secara harmonis dan berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya

berfokus pada penanggulangan penyakit yang telah muncul, tetapi juga menitikberatkan pada upaya pencegahan melalui pengelolaan agroekosistem yang sehat. Dengan penerapan PHPT, pengendalian penyakit diharapkan dapat dilakukan secara lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan (Turner, 1981).

Salah satu komponen utama dalam pengendalian terpadu adalah penerapan teknik budidaya yang baik (Good Agricultural Practices/GAP). Teknik ini mencakup pemilihan lokasi kebun yang sesuai, persiapan lahan yang optimal, penggunaan bibit unggul dan sehat, serta pengaturan jarak tanam yang tepat. Budidaya yang baik akan menciptakan kondisi pertumbuhan tanaman yang optimal sehingga tanaman memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap serangan patogen penyebab penyakit (Corley & Tinker, 2016).

Komponen penting lainnya adalah pengelolaan kesehatan tanah. Tanah yang sehat, kaya bahan organik, dan memiliki keseimbangan mikroorganisme yang baik dapat menekan perkembangan patogen tular tanah seperti *Ganoderma boninense*. Penambahan bahan organik, pengelolaan sisa tanaman, serta penghindaran pemadatan tanah berlebihan merupakan bagian dari strategi untuk meningkatkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang sehat (Singh et al., 2013).

Pendekatan pengendalian terpadu juga menekankan pemanfaatan pengendalian hayati, yaitu penggunaan organisme antagonis atau musuh alami patogen untuk menekan perkembangan penyakit. Mikroorganisme seperti *Trichoderma spp.* dan bakteri tertentu telah banyak diteliti karena kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme kompetisi, antibiosis, dan induksi ketahanan tanaman. Pengendalian hayati dinilai lebih berkelanjutan dan memiliki dampak negatif yang lebih kecil terhadap lingkungan dibandingkan pengendalian kimiawi (Ariffin et al., 2000).

Meskipun demikian, penggunaan pestisida atau fungisida tetap memiliki peran dalam pengendalian penyakit kelapa sawit, terutama pada kondisi serangan berat atau sebagai tindakan darurat. Dalam kerangka PHPT, penggunaan pestisida harus dilakukan secara bijaksana, tepat sasaran, serta sesuai dengan dosis dan waktu aplikasi yang dianjurkan. Penggunaan bahan kimia secara berlebihan dapat memicu resistensi patogen dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan manusia (Corley & Tinker, 2016).

Selain aspek teknis, keberhasilan pengendalian penyakit terpadu juga sangat dipengaruhi oleh manajemen kebun dan sumber daya manusia. Pemantauan rutin kondisi tanaman, pencatatan

kejadian penyakit, serta peningkatan pengetahuan dan keterampilan tenaga kerja lapangan menjadi faktor pendukung penting dalam deteksi dini dan penanganan penyakit. Dengan dukungan manajemen kebun yang baik dan penerapan prinsip PHPT secara konsisten, pengendalian penyakit kelapa sawit dapat dilakukan secara berkelanjutan guna menjaga produktivitas dan umur ekonomis perkebunan dalam jangka panjang (Singh et al., 2013).

4.5 Polinasi

Polinasi merupakan salah satu tahapan biologis yang sangat menentukan keberhasilan reproduksi generatif tanaman kelapa sawit. Pada fase tanaman menghasilkan (TM), proses ini berperan langsung dalam pembentukan buah dan tandan buah segar yang berkualitas. Tanpa polinasi yang optimal, bunga betina kelapa sawit tidak akan berkembang secara sempurna sehingga berpotensi menurunkan produktivitas tanaman. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*.) memiliki karakteristik morfologi bunga yang khas, di mana bunga jantan dan bunga betina terpisah tetapi terdapat pada satu individu tanaman. Kondisi ini menyebabkan kelapa sawit sangat bergantung pada mekanisme penyerbukan tertentu, baik secara alami maupun dengan bantuan manusia. Oleh karena itu, proses polinasi pada kelapa sawit tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal tanaman, tetapi juga oleh faktor lingkungan dan keberadaan agen penyerbuk. Dalam praktik budidaya kelapa sawit, keberhasilan polinasi akan tercermin pada jumlah buah yang terbentuk, tingkat pengisian buah dalam tandan, serta kandungan minyak yang dihasilkan. Sebaliknya, kegagalan polinasi dapat menyebabkan rendahnya persentase buah jadi, terbentuknya tandan kosong, atau buah yang berkembang tidak normal. Kondisi tersebut dapat berdampak langsung pada hasil panen dan efisiensi produksi perkebunan.

Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai polinasi, mulai dari pengertian, jenis, mekanisme, hingga faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya, menjadi hal yang penting dalam pengelolaan tanaman kelapa sawit. Pembahasan pada subbab ini akan menguraikan secara sistematis konsep polinasi pada kelapa sawit serta perannya dalam mendukung produktivitas dan keberlanjutan perkebunan.

4.5.1 Definisi Polinasi dan Pentingnya bagi Kelapa Sawit

Polinasi atau penyerbukan merupakan proses berpindahnya serbuk sari dari kepala sari (antera) ke kepala putik (stigma) pada bunga. Proses ini menjadi tahapan awal yang sangat penting dalam reproduksi generatif tumbuhan berbiji, karena keberhasilan polinasi akan menentukan terjadinya pembuahan dan pembentukan buah serta biji. Pada tumbuhan berbunga, polinasi berfungsi sebagai penghubung antara fase pembentukan gamet jantan dan gamet betina.

Dalam konteks tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*.), polinasi memegang peranan yang sangat krusial, terutama pada fase tanaman menghasilkan (TM). Kelapa sawit merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*), di mana bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu tanaman tetapi berada pada tandan yang berbeda. Kondisi ini menyebabkan proses polinasi pada kelapa sawit lebih dominan terjadi melalui penyerbukan silang dibandingkan penyerbukan sendiri.

Perlu dipahami bahwa penyerbukan berbeda dengan pembuahan. Penyerbukan hanya merupakan proses menempelnya serbuk sari pada kepala putik, sedangkan pembuahan adalah proses peleburan antara sel kelamin jantan dan sel kelamin betina yang terjadi setelah buluh serbuk sari tumbuh dan mencapai bakal biji. Dengan demikian, penyerbukan merupakan syarat utama agar proses pembuahan dapat berlangsung secara normal.Pada kelapa sawit, keberhasilan polinasi sangat dipengaruhi oleh sinkronisasi waktu kematangan bunga jantan dan bunga betina (*anthesis*). Apabila waktu keluarnya serbuk sari dari bunga jantan tidak bersamaan dengan kesiapan stigma pada bunga betina, maka peluang terjadinya penyerbukan akan menurun. Kondisi ini dapat menyebabkan terbentuknya tandan dengan jumlah buah sedikit atau bahkan tandan kosong (*aborted bunch*).

Dampak polinasi yang optimal pada kelapa sawit terlihat secara langsung pada jumlah dan kualitas buah yang dihasilkan. Penyerbukan yang berhasil akan menghasilkan tandan buah segar dengan tingkat pengisian buah yang tinggi, jumlah buah normal, serta kandungan minyak yang optimal. Sebaliknya, penyerbukan yang tidak sempurna dapat menyebabkan banyak bunga betina gugur, terbentuknya buah partenokarpi, atau buah yang berkembang tidak sempurna sehingga menurunkan produktivitas tanaman.

Oleh karena itu, pemahaman mengenai proses polinasi serta faktor-faktor yang memengaruhinya menjadi sangat penting dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Pengelolaan polinasi yang baik akan berkontribusi langsung terhadap peningkatan hasil produksi, efisiensi budidaya, dan keberlanjutan usaha perkebunan kelapa sawit.

4.5.2 Jenis dan Mekanisme Penyerbukan pada Kelapa Sawit

Pada fase tanaman menghasilkan (TM), keberhasilan pembentukan buah kelapa sawit sangat ditentukan oleh proses penyerbukan yang berlangsung di lapangan. Proses ini berkaitan erat dengan kondisi bunga, waktu kematangan, serta cara serbuk sari berpindah dari bunga jantan ke bunga betina. Apabila mekanisme penyerbukan tidak berjalan dengan baik, maka pembentukan buah dalam tandan akan terganggu dan berpotensi menurunkan hasil panen.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*.) memiliki sistem pembungaan yang khas, di mana bunga jantan dan bunga betina berada pada satu tanaman namun tersusun pada tandan yang berbeda. Selain itu, waktu mekar bunga jantan dan bunga betina umumnya tidak bersamaan. Perbedaan waktu ini menyebabkan serbuk sari tidak selalu tersedia ketika bunga betina siap diserbuki, sehingga kelapa sawit sangat bergantung pada mekanisme penyerbukan tertentu.

Kondisi tersebut menjadikan penyerbukan pada kelapa sawit tidak dapat berlangsung secara mandiri tanpa adanya perantara. Dalam praktik budidaya, penyerbukan sendiri tidak memberikan kontribusi yang berarti terhadap pembentukan buah. Sebaliknya, penyerbukan silang dengan bantuan perantara menjadi mekanisme utama yang menentukan keberhasilan polinasi pada kelapa sawit.

Pemahaman mengenai jenis dan mekanisme penyerbukan menjadi penting dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Dengan memahami bagaimana penyerbukan terjadi dan faktor apa saja yang terlibat, pengelola kebun dapat melakukan upaya-upaya yang mendukung keberhasilan polinasi, sehingga produktivitas tanaman dan kualitas hasil panen dapat dipertahankan secara optimal.

4.5.3 Berdasarkan Asal Serbuk Sari

1. Penyerbukan Sendiri (Self-pollination)

Penyerbukan sendiri merupakan proses penyerbukan yang terjadi apabila serbuk sari dari bunga jantan menempel pada kepala putik bunga betina yang berasal dari tanaman yang sama. Pada beberapa jenis tanaman, mekanisme ini dapat berlangsung secara efektif dan menghasilkan biji serta buah dalam jumlah yang cukup. Namun, pada kelapa sawit, penyerbukan sendiri hampir tidak berperan dalam pembentukan buah.

Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan waktu kematangan bunga jantan dan bunga betina yang dikenal sebagai dikogami (*dichogamy*). Pada saat bunga betina memasuki fase anthesis dan siap menerima serbuk sari, bunga jantan pada tanaman yang sama umumnya belum atau sudah melewati fase pelepasan serbuk sari. Ketidaksinkronan waktu tersebut menyebabkan peluang terjadinya penyerbukan sendiri menjadi sangat kecil.

Selain itu, posisi bunga jantan dan bunga betina yang terpisah dalam tandan yang berbeda juga semakin memperkecil kemungkinan serbuk sari dapat mencapai kepala putik tanpa bantuan perantara. Oleh karena itu, meskipun secara teori penyerbukan sendiri dapat dijelaskan, dalam

kondisi alami maupun praktik perkebunan, mekanisme ini tidak memberikan kontribusi nyata terhadap pembentukan buah kelapa sawit.

Dengan demikian, penyerbukan sendiri pada kelapa sawit lebih bersifat konseptual dan tidak dianggap sebagai sistem penyerbukan yang efektif. Keberhasilan produksi buah pada tanaman kelapa sawit justru sangat bergantung pada mekanisme penyerbukan silang yang dibantu oleh faktor lingkungan dan organisme perantara.

2. Penyerbukan Silang (Cross-pollination)

Penyerbukan silang merupakan proses penyerbukan yang terjadi apabila serbuk sari yang berasal dari bunga jantan suatu tanaman menempel pada kepala putik bunga betina dari tanaman lain yang masih berada dalam satu spesies yang sama. Pada kelapa sawit, mekanisme inilah yang berperan utama dan menentukan keberhasilan pembentukan buah.

Berbeda dengan penyerbukan sendiri yang sangat terbatas, penyerbukan silang pada kelapa sawit berlangsung secara alami karena adanya ketidaksamaan waktu kematangan bunga jantan dan bunga betina dalam satu tanaman. Kondisi tersebut menyebabkan bunga betina harus menerima serbuk sari dari tanaman lain yang kebetulan sedang menghasilkan serbuk sari dalam jumlah cukup dan berada pada fase kematangan yang sesuai.

Dalam kondisi alami, serbuk sari dari bunga jantan kelapa sawit akan dilepaskan ke lingkungan sekitar dan kemudian dipindahkan ke bunga betina melalui bantuan perantara. Perpindahan serbuk sari ini terutama terjadi melalui aktivitas serangga penyerbuk, khususnya kumbang *Elaeidobius kamerunicus Faust*, serta sebagian kecil dibantu oleh angin. Serangga tersebut tertarik pada aroma bunga jantan yang sedang mekar, kemudian serbuk sari akan menempel pada tubuhnya dan terbawa saat serangga berpindah ke bunga betina.

Keberhasilan penyerbukan silang pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bunga jantan yang produktif, populasi serangga penyerbuk yang mencukupi, serta kesesuaian waktu anthesis antara bunga jantan dan bunga betina. Apabila salah satu faktor tersebut terganggu, maka proses penyerbukan tidak berlangsung secara optimal dan dapat menyebabkan rendahnya pembentukan buah atau meningkatnya jumlah buah kosong (*parthenocarpy*).

Dalam praktik perkebunan, penyerbukan silang pada kelapa sawit dianggap sebagai sistem penyerbukan yang paling efektif dan alami. Oleh karena itu, pengelolaan kebun kelapa sawit tidak hanya difokuskan pada pemeliharaan tanaman, tetapi juga pada upaya menjaga keseimbangan

lingkungan yang mendukung keberadaan serangga penyerbuk serta sinkronisasi pembungaan antar tanaman.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyerbukan silang merupakan mekanisme penyerbukan utama pada kelapa sawit dan menjadi kunci keberhasilan produksi tandan buah segar (TBS) baik dari segi jumlah maupun kualitas.

4.5.4 Berdasarkan Perantara Penyerbukan

1. Penyerbukan Oleh Angin (Anemogami)

Penyerbukan oleh angin atau anemogami merupakan proses penyerbukan yang terjadi ketika serbuk sari terbawa oleh hembusan udara dan secara kebetulan mencapai kepala putik bunga betina. Pada tanaman kelapa sawit, mekanisme ini dapat terjadi, namun perannya relatif kecil dan tidak menjadi jalur utama penyerbukan.

Bunga jantan kelapa sawit menghasilkan serbuk sari dalam jumlah yang cukup banyak dan berukuran relatif kecil, sehingga secara teoritis memungkinkan untuk terbawa angin. Akan tetapi, daya jelajah serbuk sari kelapa sawit melalui angin sangat terbatas. Serbuk sari umumnya hanya mampu berpindah dalam jarak pendek dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitar kebun.

Faktor lingkungan seperti kecepatan angin, kelembaban udara, dan curah hujan sangat menentukan keberhasilan penyerbukan melalui anemogami. Pada kondisi kelembaban yang tinggi atau saat hujan, serbuk sari mudah menggumpal dan kehilangan viabilitasnya, sehingga kemampuannya untuk membuahi bunga betina menjadi rendah. Selain itu, jarak antara bunga jantan dan bunga betina yang terlalu jauh juga mengurangi kemungkinan serbuk sari mencapai kepala putik.

Dalam praktik perkebunan, penyerbukan yang hanya mengandalkan angin sering kali menghasilkan tingkat keberhasilan pembentukan buah yang rendah. Hal ini terlihat dari banyaknya bunga betina yang gugur atau menghasilkan tandan dengan jumlah buah sedikit. Oleh sebab itu, anemogami pada kelapa sawit lebih dianggap sebagai mekanisme penyerbukan tambahan, bukan sebagai sistem utama yang menjamin keberhasilan produksi.

Dengan demikian, meskipun penyerbukan oleh angin dapat terjadi secara alami pada kelapa sawit, kontribusinya terhadap keberhasilan polinasi secara keseluruhan relatif kecil jika dibandingkan dengan penyerbukan yang dibantu oleh serangga.

2. Penyerbukan oleh Serangga (Entomogami)

Penyerbukan oleh serangga merupakan mekanisme penyerbukan yang paling berperan dan paling efektif pada tanaman kelapa sawit. Dibandingkan dengan angin, serangga mampu memindahkan serbuk sari secara lebih terarah sehingga peluang serbuk sari menempel pada kepala putik bunga betina menjadi jauh lebih besar.

Serangga penyerbuk utama pada kelapa sawit adalah kumbang *Elaeidobius kamerunicus Faust*. Kumbang ini memiliki hubungan yang sangat erat dengan bunga kelapa sawit dan telah lama dikenal sebagai penyerbuk alami yang berperan penting dalam meningkatkan keberhasilan pembentukan buah. Keberadaan kumbang tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi bunga jantan dan bunga betina yang sedang berada pada fase anthesis.

Bunga jantan kelapa sawit menghasilkan aroma khas yang kuat ketika serbuk sari telah masak. Aroma ini berfungsi sebagai penarik bagi kumbang Elaeidobius kamerunikus untuk datang dan beraktivitas pada bunga jantan. Saat kumbang bergerak di antara benang sari, tubuhnya akan tertutup oleh serbuk sari. Selanjutnya, kumbang akan berpindah ke bunga betina untuk mencari tempat berlindung atau sumber makanan, sehingga serbuk sari yang menempel pada tubuhnya akan terdeposit pada kepala putik.

Keunggulan utama penyerbukan oleh serangga terletak pada efisiensinya. Serbuk sari dapat dipindahkan secara langsung ke bunga betina yang sedang reseptif, meskipun letaknya berada di bagian dalam tajuk tanaman. Hal ini membuat tingkat keberhasilan penyerbukan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan penyerbukan yang hanya mengandalkan angin.

Keberhasilan entomogami pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kepadatan populasi kumbang penyerbuk, ketersediaan bunga jantan sebagai sumber serbuk sari, serta kondisi lingkungan kebun. Penggunaan insektisida yang tidak terkendali dapat menurunkan populasi kumbang penyerbuk dan berdampak langsung pada rendahnya pembentukan buah. Oleh karena itu, pengelolaan kebun yang memperhatikan keseimbangan ekosistem menjadi sangat penting untuk menjaga keberlanjutan proses penyerbukan.

Dengan demikian, penyerbukan oleh serangga, khususnya oleh kumbang Elaeidobius kamerunikus, merupakan mekanisme utama dalam proses polinasi kelapa sawit. Tanpa dukungan serangga penyerbuk, keberhasilan produksi kelapa sawit pada fase tanaman menghasilkan akan sulit dicapai secara optimal.



Gambar 4.5 Seorang pekerja rawat melepaskan kubang Elaeidobius ke Perkebunan kelapa sawit

Sumber: Astro Agro Lestari (2024)



Gambar 4.6 Kumbang penyerbuk kelapa sawit ***Elaeidobiuskamerunicus Faust***

Sumber: Astra Agro Lestari (2024)

4.5.5 Polinasi Buatan (*Assisted Pollination*) Pada Kelapa Sawit

Polinasi buatan atau assisted pollination (aspol) merupakan salah satu teknik budidaya yang diterapkan untuk meningkatkan kualitas tandan buah kelapa sawit melalui penyerbukan bunga betina dengan bantuan manusia. Praktik ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan keberhasilan pembuahan, yang tercermin dari tingginya nilai fruit set dibandingkan dengan metode penyerbukan lainnya.

Penerapan assisted pollination diketahui mampu menghasilkan nilai fruit set yang relatif tinggi, umumnya mencapai lebih dari 80%. Hasil dari praktik ini mulai terlihat dalam jangka waktu sekitar 5–6 bulan setelah aplikasi, seiring dengan perkembangan buah hingga fase tandan matang.

Keberhasilan polinasi buatan sangat ditentukan oleh ketepatan waktu aplikasi. Aspol harus dilakukan saat bunga betina berada pada fase reseptif, yaitu periode penerimaan serbuk sari yang berlangsung selama kurang lebih 3–5 hari. Bunga betina yang telah reseptif dapat dikenali melalui beberapa ciri, antara lain putik bunga telah terbuka, bentuk putik menyerupai tiga kelopak menyerupai bulan sabit berwarna putih, serta munculnya aroma khas berupa senyawa estragole yang menandakan kesiapan bunga menerima serbuk sari.

Bahan yang diaplikasikan pada polinasi buatan berupa serbuk sari (polen) kelapa sawit yang berasal dari bunga jantan yang telah masak. Serbuk sari tersebut umumnya dikeringkan dan dicampur dengan bahan pembawa (carrier) agar mudah diaplikasikan secara merata. Aplikasi dilakukan tanpa menggunakan air, karena kelembaban berlebih dapat menurunkan viabilitas serbuk sari. Polen kemudian diaplikasikan ke bunga betina menggunakan alat semprot kering atau

metode penaburan manual, dengan waktu aplikasi yang dianjurkan pada pagi hari saat kondisi cuaca cerah.

Dosis serbuk sari yang umum digunakan dalam praktik assisted pollination berkisar antara 0,25–0,5 gram polen per tandan. Semakin banyak tandan yang berhasil diaplikasikan dengan metode ini, maka potensi peningkatan nilai fruit set dan berat janjang rata-rata (BJR) juga semakin besar. Namun demikian, peningkatan hasil tersebut tetap harus didukung oleh ketersediaan unsur hara yang cukup serta pengelolaan tanaman yang baik, karena proses pembesaran dan perkembangan buah sangat dipengaruhi oleh kondisi nutrisi dan perawatan kebun.

4.5.6 Proses Polinasi Hingga Pembuahan pada Kelapa Sawit

Proses polinasi hingga terjadinya pembuahan pada kelapa sawit merupakan rangkaian tahapan biologis yang saling berkaitan dan sangat menentukan keberhasilan pembentukan buah. Proses ini dimulai sejak serbuk sari dilepaskan dari bunga jantan hingga akhirnya terjadi pembuahan di dalam bakal biji pada bunga betina. Pada fase tanaman menghasilkan (TM), keberhasilan setiap tahapan sangat berpengaruh terhadap nilai fruit set dan kualitas tandan yang dihasilkan.

Tahap awal proses polinasi diawali dengan kematangan bunga jantan dan pelepasan serbuk sari (polen). Bunga jantan kelapa sawit akan melepaskan serbuk sari dalam jumlah besar ketika mencapai fase anthesis. Serbuk sari tersebut kemudian dibawa menuju bunga betina dengan bantuan perantara, terutama serangga penyerbuk seperti Elaeidobius kamerunikus, atau melalui bantuan manusia pada praktik polinasi buatan.

Serbuk sari yang berhasil mencapai bunga betina akan menempel pada kepala putik ketika bunga betina berada dalam kondisi reseptif. Fase reseptif ini berlangsung relatif singkat, yaitu sekitar 3–5 hari, dan ditandai dengan terbukanya putik serta munculnya aroma khas yang berfungsi menarik penyerbuk. Apabila serbuk sari jatuh di luar periode ini, maka peluang terjadinya pembuahan akan sangat kecil.

Setelah serbuk sari menempel pada kepala putik, serbuk sari akan berkecambah dan membentuk buluh serbuk sari. Buluh ini kemudian tumbuh menembus jaringan putik menuju bakal biji yang

terdapat di dalam ovarium. Proses pertumbuhan buluh serbuk sari berlangsung secara bertahap dan dipengaruhi oleh kondisi fisiologis bunga serta lingkungan, seperti suhu dan kelembapan.

Tahap selanjutnya adalah pembuahan, yaitu peleburan antara inti sel sperma dari serbuk sari dengan sel telur di dalam bakal biji. Keberhasilan pembuahan akan menentukan terbentuknya biji dan perkembangan buah kelapa sawit. Jika pembuahan terjadi secara optimal pada sebagian besar bunga betina dalam satu tandan, maka tandan tersebut akan memiliki nilai fruit set yang tinggi dan berkembang menjadi tandan buah segar dengan bobot yang baik.

Sebaliknya, apabila proses polinasi atau pembuahan tidak berlangsung sempurna, maka akan banyak bunga yang gugur atau menghasilkan buah partenokarpi (buah tanpa biji), sehingga menurunkan kualitas dan produktivitas tandan. Oleh karena itu, keberhasilan proses polinasi hingga pembuahan menjadi faktor kunci dalam sistem produksi kelapa sawit, terutama pada fase tanaman menghasilkan.

4.5.7 Faktor yang pengaruhi Keberhasilan Penyerbukan Kelapa Sawit

Keberhasilan penyerbukan pada kelapa sawit merupakan hasil dari interaksi berbagai faktor yang saling berkaitan, baik yang berasal dari lingkungan, kondisi tanaman, maupun pengelolaan kebun. Proses penyerbukan yang berlangsung optimal akan menghasilkan tingkat pembuahan yang tinggi, yang selanjutnya berpengaruh langsung terhadap nilai fruit set, berat janjang rata-rata (BJR), serta produktivitas tanaman menghasilkan (TM). Sebaliknya, gangguan pada salah satu faktor dapat menyebabkan penurunan keberhasilan pembentukan buah.

1. Kondisi Lingkungan

Lingkungan tumbuh memiliki peranan penting dalam mendukung berlangsungnya proses penyerbukan pada kelapa sawit. Faktor iklim seperti suhu udara, kelembapan, dan curah hujan berpengaruh terhadap daya hidup serbuk sari serta kondisi bunga betina saat fase reseptif.

Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan serbuk sari cepat kehilangan viabilitas, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat proses pertumbuhan buluh serbuk sari. Kelembapan udara yang seimbang diperlukan agar serbuk sari tetap aktif dan mampu berkecambah setelah menempel pada kepala putik. Curah hujan yang tinggi pada saat fase anthesis juga dapat

menghambat proses penyerbukan karena serbuk sari mudah rusak atau terbasuh air hujan sebelum mencapai bunga betina.

Selain itu, angin berperan secara tidak langsung dalam membantu penyebaran aroma bunga jantan yang menarik serangga penyerbuk, meskipun perannya tidak sebesar pada tanaman yang mengandalkan anemogami.

2. Keberadaan dan Aktivitas Serangga Penyerbuk

Serangga penyerbuk merupakan komponen utama dalam sistem penyerbukan kelapa sawit, terutama kumbang Elaeidobius kamerunikus. Serangga ini berperan membawa serbuk sari dari bunga jantan ke bunga betina secara efektif.

Tingkat keberhasilan penyerbukan sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan aktivitas serangga penyerbuk di kebun. Populasi yang rendah akan menyebabkan serbuk sari yang mencapai bunga betina menjadi terbatas. Aktivitas serangga juga dapat terganggu oleh faktor eksternal, seperti penggunaan insektisida yang tidak tepat, kondisi lingkungan yang ekstrem, atau kurangnya ketersediaan bunga jantan sebagai sumber pakan dan tempat berkembang biak.

Oleh karena itu, keberadaan serangga penyerbuk perlu dijaga melalui pengelolaan kebun yang ramah lingkungan agar proses penyerbukan dapat berlangsung secara alami dan berkelanjutan.

3. Sinkronisasi Waktu Mekar Bunga

Keselarasan waktu antara kematangan bunga jantan dan fase reseptif bunga betina merupakan faktor penentu keberhasilan penyerbukan. Pada kelapa sawit, bunga jantan dan bunga betina memang terdapat pada satu individu tanaman, tetapi waktu mekarnya sering kali tidak bersamaan.

Ketidaksinkronan ini menyebabkan ketersediaan serbuk sari tidak selalu bertepatan dengan kesiapan bunga betina untuk menerima serbuk sari. Kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab rendahnya tingkat penyerbukan alami di lapangan, terutama pada fase tanaman menghasilkan awal. Dalam kondisi seperti ini, polinasi buatan sering diterapkan sebagai upaya untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

4. Kualitas dan Viabilitas Serbuk Sari

Keberhasilan penyerbukan juga sangat ditentukan oleh kualitas serbuk sari yang dihasilkan oleh bunga jantan. Serbuk sari yang sehat dan memiliki viabilitas tinggi akan mampu berkecambah dan membentuk buluh serbuk sari setelah menempel pada kepala putik.

Kualitas serbuk sari dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman, umur bunga jantan, serta kondisi lingkungan saat pembentukan serbuk sari. Serbuk sari yang telah lama disimpan atau terpapar kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat mengalami penurunan daya kecambah, sehingga mengurangi peluang terjadinya pembuahan.

5. Kondisi Tanaman dan Pengelolaan Kebun

Kondisi fisiologis tanaman kelapa sawit turut berpengaruh terhadap keberhasilan penyerbukan. Tanaman yang sehat dan memperoleh nutrisi yang cukup cenderung menghasilkan bunga dengan kualitas yang lebih baik, baik dari segi jumlah maupun kesiapan fisiologisnya.

Pengelolaan kebun yang baik, seperti pemupukan berimbang, pengaturan jarak tanam, sanitasi kebun, serta pemangkasan pelepah yang tepat, akan menciptakan lingkungan yang mendukung aktivitas serangga penyerbuk dan perkembangan bunga. Dengan demikian, proses penyerbukan dapat berlangsung lebih optimal dan berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas tanaman menghasilkan.

4.6 Pemeliharaan Tanah Pada Tanaman Menghasilkan

Pemeliharaan tanah pada tanaman menghasilkan (TM) merupakan salah satu aspek penting dalam sistem budidaya pertanian dan perkebunan. Tanaman menghasilkan adalah fase tanaman yang telah memasuki umur produktif dan mampu memberikan hasil panen secara ekonomis. Pada fase ini, kondisi tanah harus dipertahankan agar tetap subur, stabil, dan mampu mendukung produksi secara berkelanjutan. Tanah tidak hanya berfungsi sebagai media tumbuh, tetapi juga sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara bagi akar tanaman.

Pemeliharaan tanah merupakan fondasi utama dalam sistem budidaya pertanian dan perkebunan, khususnya pada fase tanaman menghasilkan (TM). Tanaman menghasilkan merujuk pada tahap di mana tanaman telah mencapai umur produktif, yaitu ketika mereka mampu menghasilkan hasil panen yang bernilai ekonomis. Pada fase ini, tanah bukan sekadar media pasif, melainkan komponen aktif yang harus dijaga agar tetap subur, stabil, dan mendukung produksi berkelanjutan. Tanah berfungsi sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara bagi akar tanaman, serta sebagai penyangga ekosistem mikroorganisme yang membantu proses biologis. Artikel ini akan menguraikan secara mendalam dan sistematis aspek-aspek pemeliharaan tanah pada TM, dengan fokus pada prinsip-prinsip agronomi, teknik praktis, dan manfaatnya, berdasarkan pengetahuan ilmiah dan praktik pertanian modern.

Tanah merupakan salah satu elemen paling vital dalam ekosistem bumi, berperan sebagai wadah hidup bagi jutaan spesies tanaman yang mendukung kehidupan manusia, hewan, dan mikroorganisme. Pemeliharaan tanah pada tanaman, yang dikenal secara ilmiah sebagai soil management atau soil conservation, adalah proses holistik untuk menjaga, memperbaiki, dan melestarikan kualitas tanah agar tetap mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal dan berkelanjutan. Konsep ini melampaui sekadar perawatan rutin; ia mencakup strategi ilmiah, praktis, dan etis yang mempertimbangkan aspek biologis, kimiawi, fisik, dan ekologis tanah. Dalam konteks global, pemeliharaan tanah menjadi semakin krusial seiring dengan peningkatan

populasi dunia, perubahan iklim, dan tekanan eksploitasi lahan pertanian, yang sering kali menyebabkan degradasi tanah seperti erosi, desertifikasi, dan penurunan produktivitas.

Pengelolaan tanah yang kurang tepat pada tanaman menghasilkan dapat menyebabkan degradasi tanah, penurunan produktivitas, serta meningkatnya risiko erosi dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pemeliharaan tanah harus dilakukan secara terencana, berkesinambungan, dan berbasis pada prinsip konservasi tanah dan air.

4.6.1 Tujuan Pemeliharaan Tanah Pada Tanaman

Tujuan utama pemeliharaan tanah pada tanaman menghasilkan adalah menjaga dan meningkatkan kesuburan tanah agar produktivitas tanaman tetap optimal. Selain itu, pemeliharaan tanah bertujuan untuk mempertahankan struktur tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah, serta mengurangi kehilangan unsur hara akibat pencucian dan erosi (Hardjowigeno, 2015).

Pemeliharaan tanah juga bertujuan untuk menciptakan lingkungan perakaran yang sehat sehingga penyerapan air dan hara dapat berlangsung secara efisien. Dalam jangka panjang, lingkungan.Tanah yang sehat tidak hanya mendukung produktivitas tanaman, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia. Tujuan pemeliharaan tanah sangat beragam, mencakup aspek biologis, kimiawi, fisik, ekonomis, sosial, dan ekologis sebagai mana dijelaskan sebagai berikut:

a) Tujuan Biologis: Mendukung Pertumbuhan dan Kesehatan Tanaman

Salah satu tujuan utama pemeliharaan tanah adalah memastikan tanah menyediakan kondisi biologis yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Tanah adalah ekosistem hidup yang dihuni oleh mikroorganisme, cacing, dan fauna lainnya, yang membantu siklus nutrisi dan perlindungan terhadap patogen.

- Meningkatkan Ketersediaan Nutrisi: Tanah yang terawat mempertahankan kadar unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan mikroelemen (misalnya, magnesium, seng). Pemeliharaan melalui pemupukan organik atau rotasi tanaman mencegah defisiensi nutrisi, yang dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun kuning, atau buah kecil. Contoh: Di lahan beras, pemeliharaan dengan pupuk hijau meningkatkan hasil panen hingga 20-30% dengan mengembalikan nitrogen alami.
- Mendorong Aktivitas Mikroorganisme Bermanfaat: Mikrobiota tanah seperti bakteri rhizobia dan jamur mikoriza membantu fiksasi nitrogen dan penyerapan fosfor. Pemeliharaan menghindari penggunaan pestisida berlebihan yang membunuh

mikroorganisme ini, sehingga tanaman lebih tahan terhadap penyakit akar. Manfaat: Tanaman seperti kedelai yang ditanam di tanah terawat memiliki nodul akar lebih banyak, meningkatkan produktivitas protein.

- Memperbaiki Struktur Akar dan Pertumbuhan Tanaman: Tanah yang gembur dan aerasi baik memungkinkan akar menembus dalam, menyerap air dan nutrisi lebih efisien. Pemeliharaan seperti penggemburan mencegah pemadatan, yang dapat mengurangi panjang akar hingga 50%. Contoh praktis: Pada tanaman jagung, pemeliharaan tanah dengan mulsa organik mencegah erosi dan memperbaiki struktur, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi dan berbuah lebih banyak.

- Tujuan Kimiawi dan Fisik: Menjaga Kesuburan dan Stabilitas Tanah

Pemeliharaan tanah bertujuan untuk menstabilkan sifat kimiawi dan fisik tanah, yang memengaruhi kapasitasnya sebagai media pertumbuhan.

  - Mengoreksi pH dan Kesuburan Kimia: Tanah dengan pH seimbang (6-7) memastikan nutrisi tersedia optimal; pH asam dapat mengunci fosfor, sedangkan basa mengurangi nitrogen. Pemeliharaan melalui penambahan kapur atau sulfur menjaga keseimbangan, mencegah toksisitas logam berat. Manfaat: Tanaman tomat di tanah terawat menghasilkan buah lebih manis karena ketersediaan kalium yang baik.
  - Meningkatkan Kapasitas Retensi Air dan Drainase: Tanah yang terawat menahan air selama kekeringan dan mengalirkannya saat hujan, mencegah genangan atau kekeringan ekstrem. Teknik seperti penambahan humus meningkatkan porositas, mengurangi kehilangan air hingga 30%. Contoh: Di daerah kering seperti Afrika Utara, pemeliharaan dengan biochar memperbaiki retensi air, memungkinkan tanaman seperti gandum bertahan tanpa irigasi tambahan.
  - Mencegah Degradasi Fisik: Erosi, pemadatan, dan salinisasi dapat merusak struktur tanah. Pemeliharaan dengan no-till atau terasering menjaga lapisan atas, mencegah hilangnya tanah subur. Manfaat jangka panjang: Tanah yang stabil mengurangi biaya pengolahan ulang dan meningkatkan umur produktif lahan.

b) Tujuan Ekologis dan Lingkungan: Melestarikan Ekosistem dan Mengurangi Dampak Negatif

Pemeliharaan tanah memiliki tujuan ekologis yang luas, berkontribusi pada keseimbangan lingkungan global.

- Mengurangi Erosi dan Degradasi Lahan: Tanah yang terawat mencegah erosi angin atau air, yang dapat membawa nutrisi ke sungai dan menyebabkan eutrofikasi. Teknik seperti penanaman pelindung mengurangi erosi hingga 80%. Contoh: Di hutan hujan tropis, pemeliharaan mencegah deforestasi, melindungi habitat satwa liar.
- Menyimpan Karbon dan Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca: Tanah dengan kandungan organik tinggi menyimpan CO2, membantu mitigasi perubahan iklim. Pemeliharaan seperti agroforestry meningkatkan stok karbon tanah. Manfaat: Di pertanian organik, ini mengurangi jejak karbon hingga 20%, berkontribusi pada target Paris Agreement.
- Mendukung Biodiversitas: Tanah sehat menjadi rumah bagi spesies tanah seperti cacing dan serangga, yang mendukung rantai makanan. Pemeliharaan mencegah pencemaran dari runoff pupuk, melindungi ekosistem air. Contoh: Di lahan pertanian berkelanjutan, biodiversitas tanah meningkatkan ketahanan terhadap hama alami

c) Tujuan Ekonomis dan Sosial: Meningkatkan Produktivitas dan Kesejahteraan

Secara praktis, pemeliharaan tanah bertujuan untuk memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang nyata.

- Meningkatkan Hasil Panen dan Efisiensi Biaya: Tanah terawat menghasilkan tanaman lebih produktif, mengurangi kebutuhan pupuk sintetis dan air. Contoh: Petani di India dengan program pemeliharaan tanah melaporkan peningkatan pendapatan hingga 40% melalui penghematan input.
- Mengurangi Risiko Kerugian: Pemeliharaan mencegah kegagalan panen akibat erosi atau penyakit, memberikan keamanan pangan. Manfaat sosial: Di komunitas pedesaan, ini mengurangi kemiskinan dan migrasi, meningkatkan akses pendidikan dan kesehatan.
- Mendorong Inovasi dan Pendidikan: Tujuan ini mendorong adopsi teknologi seperti pertanian presisi, yang menguntungkan petani kecil. Secara sosial, pemeliharaan tanah mempromosikan kesadaran lingkungan, membangun komunitas berkelanjutan.

4.6.2 Prinsip-Prinsip Pemeliharaan Tanah

Pemeliharaan tanah pada tanaman menghasilkan harus berlandaskan pada beberapa prinsip dasar, antara lain prinsip konservasi, efisiensi, dan keberlanjutan. Prinsip konservasi menekankan pada upaya pencegahan kerusakan tanah, seperti erosi dan pemadatan. Prinsip efisiensi berkaitan dengan penggunaan input secara tepat guna, sedangkan prinsip keberlanjutan menekankan pada kelestarian sumber daya tanah untuk generasi mendatang (FAO, 2017).

a) Prinsip 1: Konservasi Struktur Tanah

Prinsip ini menekankan perlindungan dan pemeliharaan struktur fisik tanah, yang meliputi agregat partikel mineral, porositas, dan lapisan organik, untuk mencegah degradasi seperti erosi atau pemadatan.

- Alasan Ilmiah: Struktur tanah yang baik memungkinkan sirkulasi air, udara, dan nutrisi, serta pertumbuhan akar yang optimal. Pemadatan mengurangi porositas hingga 50%, menghambat aerasi dan meningkatkan risiko genangan. Erosi angin atau air dapat membawa lapisan atas tanah subur, kehilangan nutrisi hingga 10-20 ton per hektar per tahun.
- Manfaat Praktis: Meningkatkan ketahanan tanah terhadap cuaca ekstrem, mengurangi kebutuhan pengolahan ulang, dan memperpanjang umur produktif lahan. Tanah yang terstruktur baik menghasilkan tanaman lebih sehat, dengan akar lebih dalam dan tahan terhadap kekeringan.
- Teknik Aplikasi: Gunakan no-till farming (tanpa olah dalam) untuk mempertahankan lapisan atas; lakukan penggemburan dangkal dengan alat seperti cultivator; tambahkan bahan organik seperti kompos untuk membentuk agregat stabil. Di lahan miring, terapkan terasering atau kontur farming untuk menahan air hujan.
- Contoh Kasus: Di Amerika Serikat, program Conservation Tillage mengurangi erosi di lahan jagung hingga 70%, meningkatkan hasil panen dan menghemat biaya bahan bakar traktor. Di Indonesia, petani di Jawa Tengah menggunakan mulsa jerami untuk melindungi struktur tanah dari hujan deras, mencegah longsor dan memperbaiki kesuburan.

b) Prinsip 2: Pengayaan Nutrisi dan Kesuburan

Prinsip ini fokus pada pemulihan dan peningkatan kandungan nutrisi tanah melalui penambahan bahan organik dan anorganik, serta rotasi tanaman, untuk mengganti unsur hara yang hilang akibat panen.

- Alasan Ilmiah: Tanaman mengekstrak nutrisi seperti NPK dari tanah; tanpa pengayaan, kadarnya turun drastis, menyebabkan defisiensi yang menghambat fotosintesis dan pembentukan buah. Materi organik meningkatkan kapasitas tukar kation (CEC), memungkinkan tanah menahan nutrisi lebih lama.
- Manfaat Praktis: Meningkatkan produktivitas tanaman hingga 30-50%, mengurangi ketergantungan pada pupuk sintetis, dan mencegah penyakit nutrisi seperti klorosis (daun kuning). Secara jangka panjang, ini menjaga kesuburan tanah untuk generasi mendatang.
- Teknik Aplikasi: Terapkan rotasi tanaman (misalnya, legum untuk fiksasi nitrogen); gunakan pupuk organik seperti pupuk kandang atau kompos; lakukan tes tanah untuk menentukan kebutuhan spesifik dan tambahkan pupuk anorganik secara tepat sasaran. Hindari over-fertilization yang dapat menyebabkan pencemaran air.
- Contoh Kasus: Di Eropa, sistem pertanian organik dengan pengayaan nutrisi melalui sisa tanaman meningkatkan kandungan humus di tanah, menghasilkan sayuran organik yang lebih bernutrisi. Di Afrika, program FAO menggunakan biochar (arang tanah) untuk memperkaya nutrisi di tanah miskin, meningkatkan hasil panen sorgum hingga 25%.

c) Prinsip 3: Pengelolaan Air Efisien

Prinsip ini menekankan pengaturan keseimbangan air di tanah, termasuk retensi, drainase, dan irigasi, untuk mencegah kekeringan atau genangan yang merusak akar tanaman.

- Alasan Ilmiah: Tanah sehat memiliki porositas 50% untuk air; kelebihan air menyebabkan anaerobiosis (kekurangan oksigen), sedangkan kekurangan menyebabkan stres tanaman. Perubahan iklim meningkatkan variabilitas curah hujan, membuat pengelolaan air krusial.
- Manfaat Praktis: Mengurangi kehilangan air hingga 40%, meningkatkan efisiensi irigasi, dan mencegah erosi. Tanaman yang terhidrasi baik lebih tahan terhadap penyakit dan menghasilkan buah lebih besar.

- Teknik Aplikasi: Gunakan irigasi tetesan atau sprinkler untuk penghematan air; buat sistem drainase vertikal di lahan basah; tambahkan mulsa untuk menjaga kelembaban permukaan. Monitor kelembaban tanah dengan tensimeter atau sensor digital.
- Contoh Kasus: Di Israel, teknik drip irrigation dalam pertanian gurun menghemat air hingga 50% sambil meningkatkan produktivitas tomat. Di India, petani di Rajasthan menggunakan tangki penampung hujan dan mulsa untuk mengelola air di tanah kering, mencegah kegagalan panen selama musim kemarau.

d) Prinsip 4: Pengendalian Gulma, Hama, dan Penyakit

Prinsip ini melibatkan pencegahan dan pengelolaan organisme pengganggu tanpa merusak ekosistem tanah, menggunakan metode alami untuk menjaga keseimbangan biologis.

- Alasan Ilmiah: Gulma bersaing nutrisi dengan tanaman, hama merusak jaringan, dan penyakit seperti jamur menginfeksi akar. Penggunaan bahan kimia berlebihan membunuh mikroorganisme bermanfaat, mengganggu siklus nutrisi.
- Manfaat Praktis: Mengurangi kerugian panen hingga 20-30%, meningkatkan kualitas tanaman, dan mempromosikan biodiversitas tanah. Metode alami lebih ramah lingkungan dan mengurangi biaya jangka panjang.
- Teknik Aplikasi: Terapkan mulsa organik untuk menekan gulma; gunakan rotasi tanaman untuk mengganggu siklus hama; perkenalkan predator alami seperti kepik untuk pengendalian biologis. Hindari pestisida sintetis; gunakan biopestisida jika diperlukan.
- Contoh Kasus: Di pertanian organik California, pengendalian gulma dengan mulsa meningkatkan hasil anggur tanpa herbisida, sambil memperbaiki struktur tanah. Di Brasil, rotasi tanaman jagung-kedelai mengurangi populasi hama nematoda, meningkatkan produktivitas kedelai.

e) Prinsip 5: Monitoring, Adaptasi, dan Inovasi

Prinsip ini menekankan pengamatan berkala dan penyesuaian praktik berdasarkan kondisi lokal, menggunakan teknologi untuk pemeliharaan presisi.

- Alasan Ilmiah: Tanah bervariasi berdasarkan iklim, jenis, dan penggunaan; tanpa monitoring, praktik dapat gagal. Data ilmiah memungkinkan adaptasi terhadap perubahan seperti peningkatan suhu global.

- Manfaat Praktis: Meningkatkan akurasi pemeliharaan, mengurangi risiko kegagalan, dan memungkinkan inovasi yang efisien. Ini mendukung pertanian berkelanjutan dengan biaya lebih rendah.
- Teknik Aplikasi: Lakukan tes tanah tahunan untuk pH, nutrisi, dan struktur; gunakan aplikasi mobile atau sensor IoT untuk monitoring real-time; adopsi teknik baru seperti agroforestry atau bioengineering berdasarkan data.
- Contoh Kasus: Di Australia, program Soil Health Monitoring menggunakan drone untuk memetakan erosi, memungkinkan petani menyesuaikan teknik pemeliharaan. Di Cina, integrasi AI dalam irigasi meningkatkan efisiensi air di lahan padi, mengurangi degradasi tanah.

4.6.3 Pengendalian Gulma

Gulma merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Pada tanaman menghasilkan, gulma dapat bersaing dengan tanaman utama dalam menyerap air, unsur hara, dan cahaya matahari. Oleh karena itu, pengendalian gulma menjadi bagian penting dalam pemeliharaan tanah.

Pengendalian gulma dapat dilakukan secara mekanis, kimiawi, maupun biologis. Penyiangan manual dan penggunaan mulsa organik merupakan metode mekanis yang relatif aman bagi lingkungan. Penggunaan herbisida harus dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak struktur tanah dan mikroorganisme tanah (Sutedjo, 2010).

a) Definisi dan Pentingnya Pengendalian Gulma

Gulma didefinisikan sebagai tanaman yang tumbuh di tempat yang tidak diinginkan, sering kali memiliki siklus hidup cepat, biji tahan lama, dan kemampuan reproduksi tinggi. Mereka bersaing dengan tanaman budidaya untuk nutrisi (misalnya, nitrogen dan fosfor), air, dan cahaya matahari, yang dapat menyebabkan penurunan hasil panen. Menurut data dari Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO), gulma menyebabkan kerugian global sekitar 33 miliar dolar AS per tahun. Pengendalian gulma penting untuk:

- Meningkatkan produktivitas: Tanaman utama seperti padi, jagung, atau tomat dapat tumbuh optimal tanpa kompetisi.
- Mengurangi biaya: Pengendalian dini mencegah penyebaran gulma yang sulit diatasi.

- Melindungi lingkungan: Metode yang tepat mencegah erosi tanah dan pencemaran air dari bahan kimia.
- Mendukung keberlanjutan: Pengendalian terintegrasi mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis.

Tanpa pengendalian, gulma dapat mendominasi lahan, seperti yang terjadi di lahan terlantar atau pertanian intensif tanpa rotasi.

b) Metode Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma dapat dibagi menjadi beberapa metode utama, yang sering dikombinasikan dalam pendekatan terintegrasi (Integrated Weed Management - IWM). Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, tergantung pada jenis gulma, tanaman, dan kondisi lahan.

1.Pengendalian Mekanis:

- Deskripsi: Melibatkan penggunaan alat fisik untuk menghilangkan gulma, seperti mencabut, membajak, atau menggunakan cultivator.
- Teknik: Penggemburan tanah dangkal untuk memotong akar gulma; penggunaan hoe atau sickle untuk pencabutan manual; mulsa mekanis seperti plastik hitam untuk menutup permukaan tanah.
- Manfaat: Murah, tidak menggunakan bahan kimia, dan efektif untuk gulma tahunan. Meningkatkan aerasi tanah dan mengurangi erosi.
- Risiko: Melelahkan secara fisik, tidak efektif untuk gulma berakar dalam, dan dapat merusak struktur tanah jika berlebihan.
- Contoh Aplikasi: Di pertanian organik, pencabutan manual gulma seperti rumput teki di lahan sayuran meningkatkan hasil tomat hingga 25%. Di lahan jagung, cultivator digunakan untuk mengendalikan gulma seperti alang-alang sebelum tanaman utama berbunga.

2. Pengendalian Kimia:

- Deskripsi: Penggunaan herbisida (bahan kimia pembunuh gulma) seperti glifosat atau atrazin.

- Teknik: Aplikasi foliar (semprot daun), tanah, atau selektif (hanya membunuh gulma tertentu). Dosis disesuaikan berdasarkan jenis gulma dan tanaman.
- Manfaat: Efisien untuk lahan luas, cepat, dan mengurangi tenaga kerja. Herbisida pratumbuh mencegah munculnya gulma sebelum tanam.
- Risiko: Dapat mencemari tanah dan air, membunuh tanaman non-target, dan menyebabkan resistensi gulma. Penggunaan berlebihan berkontribusi pada masalah kesehatan manusia dan lingkungan.
- Contoh Aplikasi: Di pertanian padi, herbisida seperti propanil digunakan untuk mengendalikan gulma air seperti eceng gondok, meningkatkan produktivitas padi. Namun, di Eropa, regulasi ketat membatasi penggunaan untuk mencegah pencemaran sungai.

3. Pengendalian Biologis:

- Deskripsi: Penggunaan organisme hidup seperti serangga, jamur, atau tanaman untuk mengendalikan gulma.
- Teknik: Perkenalan predator alami (misalnya, kepik untuk gulma tertentu); penggunaan patogen seperti jamur Colletotrichum untuk membunuh gulma invasif; tanaman penutup (cover crops) yang bersaing dengan gulma.
- Manfaat: Ramah lingkungan, berkelanjutan, dan tidak meninggalkan residu kimia. Mendorong biodiversitas tanah.
- Risiko: Sulit dikontrol, memerlukan waktu lama untuk efektif, dan dapat memengaruhi tanaman non-target.
- Contoh Aplikasi: Di Australia, pengenalan serangga Galerucella untuk mengendalikan gulma air seperti alligator weed berhasil mengurangi populasi hingga 90%. Di pertanian organik AS, tanaman penutup seperti ryegrass menekan gulma di lahan kedelai.

4. Pengendalian Budaya:

- Deskripsi: Teknik pertanian yang mencegah pertumbuhan gulma melalui praktik budidaya.
- Teknik: Rotasi tanaman untuk mengganggu siklus gulma; penanaman padat untuk menutup ruang; mulsa organik (jerami, daun) untuk menghalangi cahaya; pengaturan waktu tanam agar tanaman utama tumbuh lebih cepat.
- Manfaat: Terintegrasi dengan praktik pertanian, mengurangi kebutuhan bahan eksternal, dan meningkatkan kesuburan tanah.

- Risiko: Tidak efektif untuk gulma tahan cahaya atau biji tahan lama; memerlukan pengetahuan spesifik.
- Contoh Aplikasi: Di sistem pertanian berkelanjutan, rotasi jagung-legum mencegah gulma seperti gulma tahunan di lahan gandum. Mulsa jerami di kebun tomat mengurangi gulma hingga 70%, sambil menambah humus tanah.

5.Teknik Lanjutan dan Inovasi

- Pengendalian Terintegrasi (IWM): Kombinasi metode, seperti mekanis + biologis, untuk hasil optimal. Misalnya, di lahan padi, mulsa + herbisida selektif.
- Teknologi Modern: Penggunaan drone untuk penyemprotan presisi; sensor AI untuk mendeteksi gulma; genetik tanaman toleran herbisida (GMO).
- Adaptasi terhadap Perubahan Iklim: Gulma seperti gulma tahan kekeringan meningkat di daerah kering; pengendalian harus disesuaikan dengan curah hujan

6. Manfaat dan Tantangan Pengendalian Gulma

Manfaat utama meliputi peningkatan hasil panen (rata-rata 20-40%), penghematan biaya (kurang pupuk dan air), dan perlindungan lingkungan. Namun, tantangan seperti resistensi gulma terhadap herbisida, biaya tinggi untuk metode mekanis, dan dampak lingkungan dari kimia memerlukan pendekatan hati-hati. Di negara berkembang, akses terbatas pada teknologi menjadi hambatan.

4.6.4 PENGELOLAAN BAHAN ORGANIK

Bahan organik memiliki peranan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pada tanaman menghasilkan, penambahan bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, dan sisa tanaman dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, memperbaiki agregasi tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Menurut Brady dan Weil (2016), tanah dengan kandungan bahan organik yang cukup akan memiliki daya simpan air yang lebih baik dan ketersediaan unsur hara yang lebih stabil. Oleh karena itu, pengelolaan bahan organik harus menjadi bagian integral dari pemeliharaan tanah. Pengelolaan bahan organik dalam konteks pertanian dan hortikultura merujuk pada proses pengumpulan, pemrosesan, pemanfaatan, dan pengintegrasian bahan organik seperti sisa tanaman, pupuk kandang, kompos, dan biomassa lainnya ke dalam sistem tanah untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanaman. Bahan organik adalah komponen vital tanah

karena menyediakan nutrisi, memperbaiki struktur, dan mendukung ekosistem mikroorganisme. Tanpa pengelolaan yang baik, bahan organik dapat terbuang sia-sia atau bahkan menjadi sumber pencemaran. Dalam penjelasan ini, kita akan menguraikan konsep, jenis, metode, manfaat, tantangan, dan aplikasi praktis pengelolaan bahan organik secara mendalam.

1. Definisi dan Pentingnya Pengelolaan Bahan Organik

Bahan organik adalah materi yang berasal dari makhluk hidup, seperti sisa tanaman, kotoran hewan, atau limbah rumah tangga, yang dapat terurai secara biologis. Pengelolaan bahan organik melibatkan siklus dari produksi hingga aplikasi, dengan tujuan utama meningkatkan kandungan humus tanah, yang idealnya 2-5% untuk tanah subur. Menurut data dari FAO, tanah dunia kehilangan bahan organik hingga 0,5% per tahun akibat erosi dan praktik intensif, sehingga pengelolaan ini krusial untuk restorasi kesuburan.

Pentingnya pengelolaan bahan organik meliputi:

- Peningkatan Kesuburan: Menyediakan nutrisi lambat rilis seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, mengurangi kebutuhan pupuk sintetis.
- Perbaikan Struktur Tanah: Meningkatkan porositas, retensi air, dan aerasi, mencegah erosi dan pemadatan.
- Dukungan Ekosistem: Mendorong aktivitas mikroorganisme, jamur, dan cacing tanah, yang membantu dekomposisi dan siklus nutrisi.
- Keberlanjutan Lingkungan: Mengurangi limbah, mengurangi emisi gas rumah kaca dari pembusukan anaerobik, dan mendukung pertanian organik.

Tanpa pengelolaan, bahan organik dapat menumpuk sebagai sampah atau mencemari lingkungan, seperti eutrofikasi sungai dari runoff pupuk kandang.

2. Jenis Bahan Organik dan Sumbernya

Bahan organik diklasifikasikan berdasarkan asal dan komposisi, yang memengaruhi cara pengelolaannya.

a) Sisa Tanaman (Crop Residues):

- Deskripsi: Termasuk jerami, daun, batang, dan akar sisa panen seperti padi, jagung, atau kedelai.
- Sumber: Lahan pertanian setelah panen.

- Pengelolaan: Dapat langsung dimulsa atau dikomposkan; nilai nutrisi tinggi (C/N ratio 30-80).
- Manfaat: Meningkatkan humus dan mencegah erosi; contoh: Mulsa jerami di lahan tomat menjaga kelembaban dan menekan gulma.

b) Pupuk Kandang (Manure):

- Deskripsi: Kotoran hewan seperti sapi, ayam, atau kambing, sering dicampur dengan jerami.
- Sumber: Peternakan dan kandang hewan.
- Pengelolaan: Fermentasi anaerobik untuk menghasilkan biogas; komposisi kaya nitrogen (2-3%) dan mikroorganisme.
- Manfaat: Cepat meningkatkan kesuburan; risiko: Overdosis dapat menyebabkan pencemaran nitrogen.

c) Kompos (Compost):

- Deskripsi: Bahan organik yang terurai secara aerobik menjadi humus stabil.
- Sumber: Campuran sisa dapur, tanaman, dan pupuk kandang.
- Pengelolaan: Proses pengomposan selama 2-6 bulan dengan pembalikan tumpukan untuk aerasi.
- Manfaat: Stabil, tidak berbau, dan kaya nutrisi; digunakan sebagai pupuk dasar.

d) Biomassa Lainnya:

- Deskripsi: Termasuk limbah perkotaan (daun, sayuran busuk), biochar (arang tanah), atau hijauan segar.
- Sumber: Hutan, rumah tangga, atau industri.
- Pengelolaan: Pengomposan atau pirolisis untuk biochar; nilai tinggi untuk retensi air.
- Manfaat: Biochar meningkatkan kapasitas tukar kation (CEC) tanah hingga 50%.
- Jenis ini bervariasi berdasarkan iklim; di daerah tropis, dekomposisi cepat, sedangkan di subtropis lebih lambat.

e) Metode Pengelolaan Bahan Organik

Pengelolaan bahan organik melibatkan teknik dari pengumpulan hingga aplikasi, dengan fokus pada efisiensi dan keberlanjutan.

1.Pengumpulan dan Penyimpanan:

- Teknik: Kumpulkan sisa tanaman langsung dari lahan; simpan pupuk kandang di kandang tertutup untuk mencegah pencucian nutrisi.
- Praktis: Gunakan silo atau tumpukan untuk menghindari pembusukan anaerobik yang menghasilkan metana.
- Contoh: Di peternakan skala kecil, penyimpanan pupuk kandang dengan jerami mengurangi kehilangan nitrogen hingga 20%.

- Pemrosesan (Dekomposisi):
    - Teknik: Pengomposan aerobik (tumpukan dengan aerasi); fermentasi anaerobik untuk biogas; pirolisis untuk biochar.
    - Proses: Campur bahan dengan rasio C/N 25-30; tambahkan mikroorganisme starter; monitor suhu (50-70°C) untuk membunuh patogen.
    - Contoh: Kompos rumah tangga dari sisa sayuran dapat diproduksi dalam 4-6 minggu, menghasilkan pupuk organik siap pakai.
- Aplikasi dan Integrasi:
    - Teknik: Mulsa permukaan untuk menekan gulma; penggalian dalam untuk pengayaan tanah; rotasi dengan pupuk anorganik.
    - Dosis: 5-10 ton per hektar per tahun, tergantung jenis tanah; tes tanah untuk menghindari kelebihan.
    - Contoh: Di pertanian organik, aplikasi kompos meningkatkan hasil panen sayuran hingga 30%.
- Teknik Lanjutan:
    - Vermikompos: Penggunaan cacing tanah untuk dekomposisi cepat.
    - Teknologi: Mesin pengompos otomatis atau sensor untuk monitoring kelembaban.
    - Adaptasi: Di lahan kering, fokus pada retensi air dengan biochar.

Manfaat dan Tantangan Pengelolaan Bahan Organik

Manfaat utama meliputi peningkatan produktivitas (20-50%), pengurangi biaya pupuk (hingga 40%), dan mitigasi perubahan iklim (penyimpanan karbon). Namun, tantangan seperti biaya tenaga kerja tinggi, risiko pencemaran jika tidak dikelola, dan variasi kualitas bahan memerlukan pendekatan hati-hati. Di negara berkembang, akses teknologi terbatas.

4.6.4 Pemupukan Dan Manajemen Unsur Hara

Pemupukan pada tanaman menghasilkan bertujuan untuk menggantikan unsur hara yang hilang akibat panen dan pencucian. Pemupukan harus didasarkan pada kebutuhan tanaman dan hasil analisis tanah agar lebih efisien dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemberian pupuk anorganik perlu diimbangi dengan pupuk organik untuk menjaga keseimbangan hara dan kesehatan tanah. Manajemen unsur hara yang baik akan meningkatkan efisiensi pemupukan dan produktivitas tanaman (Mengel & Kirkby, 2001). Pemupukan dan manajemen unsur hara merupakan praktik penting dalam pertanian dan hortikultura yang bertujuan untuk menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman agar dapat tumbuh optimal, menghasilkan buah yang berkualitas, dan tahan terhadap stres lingkungan. Unsur hara adalah elemen kimia yang diperlukan tanaman, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan mikroelemen seperti magnesium (Mg) atau seng (Zn). Pemupukan melibatkan penambahan nutrisi melalui pupuk, sedangkan manajemen unsur hara mencakup pengaturan keseimbangan, pemantauan, dan pengintegrasian dengan praktik pertanian lainnya. Tanpa manajemen yang baik, tanah dapat mengalami defisiensi atau kelebihan nutrisi, yang berdampak pada produktivitas dan lingkungan. Dalam penjelasan ini, kita akan menguraikan konsep, jenis unsur hara, metode pemupukan, teknik manajemen, manfaat, tantangan, dan aplikasi praktis secara mendalam.

A. Definisi dan Pentingnya Pemupukan serta Manajemen Unsur Hara

Pemupukan adalah proses penambahan nutrisi ke tanah atau tanaman untuk mengganti yang hilang akibat panen, erosi, atau leaching. Manajemen unsur hara melibatkan perencanaan, pemantauan, dan penyesuaian untuk mencapai keseimbangan optimal, mencegah defisiensi (misalnya, daun kuning akibat kekurangan N) atau toksisitas (misalnya, pembakaran akar dari kelebihan P). Menurut data FAO, defisiensi nutrisi menyebabkan penurunan hasil panen global hingga 50% di lahan miskin.

Pentingnya praktik ini meliputi:

- Peningkatan Produktivitas: Nutrisi yang cukup meningkatkan fotosintesis, pembentukan buah, dan ketahanan tanaman.
- Efisiensi Sumber Daya: Mengurangi pemborosan pupuk, yang dapat mencemari air dan udara.

- Keberlanjutan Lingkungan: Manajemen terintegrasi mengurangi emisi gas rumah kaca dari produksi pupuk sintetis.
- Kesehatan Tanaman: Mencegah penyakit nutrisi dan meningkatkan kualitas hasil panen.

Tanpa manajemen, praktik intensif dapat menyebabkan degradasi tanah, seperti asamifikasi dari kelebihan amonium.

B. Jenis Unsur Hara dan Kebutuhan Tanaman

Unsur hara dibagi menjadi makro (diperlukan dalam jumlah besar) dan mikro (dalam jumlah kecil), dengan kebutuhan bervariasi berdasarkan jenis tanaman dan tahap pertumbuhan.

1.Unsur Hara Makro:

- Nitrogen (N): Penting untuk pertumbuhan daun dan protein; defisiensi menyebabkan daun kuning. Sumber: Pupuk urea atau pupuk kandang.
- Fosfor (P): Mendukung akar, bunga, dan biji; defisiensi menghambat pembungaan. Sumber: Superfosfat atau batuan fosfat.
- Kalium (K): Meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan kekeringan; defisiensi menyebabkan daun keriting. Sumber: Kalium klorida.
- Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfur (S): Mendukung struktur sel; defisiensi Ca menyebabkan busuk ujung buah.

2. Unsur Hara Mikro:

- Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Boron (B), Molibdenum (Mo): Diperlukan dalam jumlah kecil; defisiensi Zn menyebabkan pertumbuhan terhambat.
- Kebutuhan: Bervariasi; misalnya, tanaman padi butuh lebih banyak Si (silikon) untuk kekuatan batang.

Kebutuhan spesifik ditentukan oleh analisis tanah; misalnya, tanaman jagung membutuhkan 150-200 kg N per hektar per musim.

A. Metode Pemupukan

Pemupukan dapat dilakukan melalui berbagai cara, disesuaikan dengan jenis tanaman dan kondisi lahan.

1.Pemupukan Dasar (Pre-Planting):

- Teknik: Penambahan pupuk sebelum tanam, seperti penggalian pupuk kandang atau aplikasi pupuk majemuk (NPK).
- Manfaat: Menyediakan nutrisi awal; contoh: Pupuk fosfat untuk akar kuat pada tanaman tomat.
- Risiko: Overdosis dapat menyebabkan salinisasi.

2. Pemupukan Susulan (Top-Dressing):

- Teknik: Aplikasi selama pertumbuhan, seperti penyemprotan urea cair atau foliar feeding.
- Manfaat: Respons cepat terhadap defisiensi; contoh: Nitrogen untuk tanaman padi saat pembungaan.
- Risiko: Pencucian nutrisi jika hujan deras.

3. Pemupukan Organik vs. Anorganik:

- Organik: Pupuk kandang, kompos; rilis lambat, ramah lingkungan.
- Anorganik: Pupuk sintetis; cepat tersedia, tetapi risiko pencemaran.
- Terintegrasi: Kombinasi untuk efisiensi; contoh: 50% organik + 50% anorganik.

4. Teknik Lanjutan:

- Foliar Application: Semprot daun untuk nutrisi cepat; efektif untuk mikroelemen.
- Fertigation: Pemupukan melalui irigasi; presisi tinggi dengan teknologi drip.
- Slow-Release Fertilizers: Pupuk yang rilis bertahap, mengurangi kehilangan.

A. Teknik Manajemen Unsur Hara

Manajemen melibatkan perencanaan holistik untuk keseimbangan nutrisi.

1.Analisis Tanah dan Pemantauan:

- Teknik: Tes tanah untuk pH, nutrisi, dan CEC; monitoring tanaman (gejala defisiensi).
- Praktis: Gunakan kit tes atau laboratorium; contoh: Tes NPK sebelum musim tanam.
- Rotasi dan Diversifikasi Tanaman:
    - Teknik: Tanam tanaman berbeda untuk mengembalikan nutrisi; legum untuk fiksasi N.
    - Manfaat: Mengurangi kebutuhan pupuk eksternal; contoh: Rotasi jagung-kedelai.

- Pengelolaan Limbah dan Siklus Nutrisi:
    - Teknik: Pengomposan sisa tanaman; penggunaan pupuk hijau.
    - Praktis: Mengintegrasikan limbah peternakan; contoh: Pupuk kandang untuk mengembalikan N.
- Teknologi dan Inovasi:
    - Precision Agriculture: Sensor dan drone untuk aplikasi tepat sasaran.
    - Biofertilizers: Mikroorganisme untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi.
    - Adaptasi Iklim: Manajemen untuk tanah kering atau basah.

B. Manfaat dan Tantangan Pemupukan serta Manajemen Unsur Hara

Manfaat utama meliputi peningkatan hasil panen (20-100%), penghematan biaya (3050%), dan perlindungan lingkungan. Namun, tantangan seperti pencemaran air dari leaching N, resistensi tanaman terhadap pupuk, dan biaya tinggi untuk teknologi memerlukan pendekatan hati-hati. Di negara berkembang, akses pupuk terbatas.

4.6.5 PENGELOLAAN AIR DAN DRAINASE

Air merupakan faktor penting dalam pemeliharaan tanah pada tanaman menghasilkan. Ketersediaan air yang cukup akan mendukung proses fisiologis tanaman dan aktivitas mikroorganisme tanah. Namun, kelebihan air dapat menyebabkan genangan dan menurunkan aerasi tanah. Pengelolaan drainase yang baik diperlukan untuk mengatur keseimbangan air dalam tanah. Saluran drainase harus dipelihara agar tidak tersumbat dan mampu mengalirkan kelebihan air, terutama pada musim hujan. Pengelolaan air dan drainase merupakan aspek penting dalam perencanaan lingkungan perkotaan dan pedesaan untuk memastikan ketersediaan air bersih, pencegahan banjir, serta pengendalian erosi dan pencemaran. Pengelolaan air melibatkan pengumpulan, penyimpanan, distribusi, dan pengolahan air untuk kebutuhan manusia, pertanian, dan industri. Sementara itu, drainase berfokus pada pengaliran air hujan atau limbah untuk mencegah genangan dan kerusakan infrastruktur. Kedua konsep ini saling terkait, terutama dalam konteks perubahan iklim yang meningkatkan risiko banjir dan kekeringan.

1. Pengelolaan Air: Komponen dan Metode Utama

Pengelolaan air mencakup siklus air dari sumber hingga penggunaan akhir, dengan tujuan utama memastikan keberlanjutan dan efisiensi. Komponen utamanya meliputi pengumpulan, penyimpanan, distribusi, pengolahan, dan daur ulang.

2. Pengumpulan dan Penyimpanan Air

Pengumpulan air dilakukan melalui sumber alami seperti sungai, danau, dan air hujan, atau buatan seperti waduk dan embung. Metode penyimpanan meliputi:

- Waduk dan Bendungan: Struktur besar untuk menampung air hujan atau sungai, seperti Waduk Jatiluhur di Jawa Barat, yang menyediakan air irigasi dan listrik.
- Sistem Penampungan Air Hujan (Rainwater Harvesting): Menggunakan atap rumah atau tangki untuk menampung air hujan, yang efektif di daerah kering seperti Nusa Tenggara Timur.
- Akuifer Bawah Tanah: Penyimpanan alami di lapisan tanah, dikelola melalui sumur dalam dan pengisian ulang (recharge wells).

Teknologi modern seperti sensor IoT digunakan untuk memantau tingkat air secara real-time, mengurangi pemborosan.

3. Distribusi dan Pengolahan Air

Distribusi air bersih melibatkan jaringan pipa dan pompa, sementara pengolahan mencakup:

- Pengolahan Air Minum: Proses koagulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi (misalnya dengan klorin) untuk menghilangkan kontaminan seperti bakteri dan logam berat.
- Pengolahan Air Limbah: Sistem seperti septic tank atau instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mendaur ulang air domestik atau industri, mengurangi polusi sungai.
- Irigasi Efisien: Teknik seperti drip irrigation dan sprinkler untuk pertanian, yang menghemat air hingga 50% dibandingkan metode tradisional.

Di Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mengelola program seperti Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) untuk mencapai akses air bersih universal.

4. Daur Ulang dan Konservasi

Daur ulang air limbah menjadi air non-minum untuk irigasi atau industri merupakan praktik berkelanjutan. Konservasi meliputi kampanye penghematan air, seperti penggunaan meteran pintar dan regulasi penggunaan air di sektor industri.

Sistem Drainase: Jenis, Desain, dan Fungsi

Drainase bertujuan mengalirkan air berlebih untuk mencegah banjir, erosi, dan genangan. Sistem drainase dibagi menjadi permukaan dan bawah tanah, dengan desain yang mempertimbangkan topografi, curah hujan, dan penggunaan lahan.

5. Jenis Sistem Drainase

- Drainase Permukaan: Menggunakan saluran terbuka seperti parit, selokan, dan sungai untuk mengalirkan air hujan langsung ke badan air. Contoh: Sistem drainase di Jakarta yang mengalirkan air ke laut.
- Drainase Bawah Tanah: Pipa bawah tanah yang mengumpulkan air dari jalan dan bangunan, kemudian dialirkan ke outlet. Ini lebih estetis dan efektif di daerah urban.
- Drainase Gabungan: Menggabungkan air hujan dan limbah domestik, umum di kota tua seperti Surabaya.

6. Desain dan Komponen

Desain drainase menggunakan prinsip hidrologi, seperti rumus Manning untuk menghitung kapasitas aliran. Komponen utama:

- Inlet dan Outlet: Titik masuk air (misalnya gril di jalan) dan keluar (ke sungai atau laut).
- Pipa dan Saluran: Bahan seperti beton, PVC, atau beton bertulang untuk daya tahan.
- Pompa dan Pengontrol Banjir: Di daerah rendah, pompa digunakan untuk mengangkat air, seperti di Belanda atau Jakarta Utara.

Teknologi seperti Sistem Drainase Berkelanjutan (Sustainable Drainage Systems/SuDS) diintegrasikan dengan taman hujan dan kolam retensi untuk menyerap air dan mengurangi runoff.

7. Pemeliharaan dan Tantangan

Pemeliharaan meliputi pembersihan rutin saluran untuk mencegah penyumbatan oleh sampah. Tantangan utama: Banjir akibat curah hujan tinggi (seperti di Jakarta), pencemaran oleh limbah, dan perubahan iklim yang meningkatkan intensitas hujan. Solusi: Penggunaan model simulasi seperti SWMM (Storm Water Management Model) untuk perencanaan.

Integrasi Pengelolaan Air dan Drainase dalam Konteks Berkelanjutan

Pengelolaan air dan drainase tidak dapat dipisahkan; sistem drainase yang baik mendukung pengumpulan air hujan untuk penyimpanan. Di tingkat global, konsep Water Sensitive Urban Design (WSUD) mengintegrasikan keduanya untuk mengurangi dampak urbanisasi, seperti di Australia.

9. Tantangan Utama

- Perubahan Iklim: Peningkatan frekuensi banjir dan kekeringan memerlukan adaptasi seperti infrastruktur tahan iklim.
- Polusi dan Pencemaran: Limbah industri mencemari sumber air, memerlukan regulasi ketat.
- Urbanisasi: Peningkatan permukaan impermeabel meningkatkan runoff, sehingga perlu green infrastructure seperti atap hijau.
- Keterbatasan Sumber Daya: Di Indonesia, ketergantungan pada sumber air permukaan membuat daur ulang penting.

10. Praktik Terbaik dan Inovasi

- Penggunaan Teknologi: Sensor, AI, dan aplikasi mobile untuk monitoring real-time.
- Pendekatan Berbasis Komunitas: Partisipasi masyarakat dalam pemeliharaan drainase lokal.
- Regulasi dan Kebijakan: Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air di Indonesia mendorong pengelolaan terintegrasi.
- Studi Kasus: Proyek Banjir Kanal Timur (BKT) di Jakarta menggabungkan drainase dengan pengelolaan air untuk mengurangi banjir.

4.6.5 Pencegahan Erosi Tanah

Erosi tanah merupakan salah satu bentuk degradasi lahan yang dapat menurunkan kesuburan tanah. Pada tanaman menghasilkan, erosi dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang kaya akan unsur hara dan bahan organik. Upaya pencegahan erosi dapat dilakukan melalui penanaman tanaman penutup tanah, pembuatan terasering, serta penggunaan mulsa. Teknik konservasi tanah ini bertujuan untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi air (Arsyad, 2010). Erosi tanah merupakan proses pengikisan dan pengangkutan lapisan tanah atas oleh agen seperti air hujan, angin, atau aliran permukaan, yang dapat menyebabkan degradasi lahan, penurunan produktivitas pertanian, dan kerusakan ekosistem. Pencegahan erosi tanah sangat penting dalam konteks pembangunan berkelanjutan,

terutama di negara tropis seperti Indonesia yang rentan terhadap curah hujan tinggi dan deforestasi. Artikel ini akan menjelaskan secara lengkap pencegahan erosi tanah, mulai dari penyebab, dampak, hingga metode pencegahan yang efektif, disusun dalam beberapa bagian untuk kemudahan pemahaman.

A.Penyebab dan Dampak Erosi Tanah

Erosi tanah terjadi akibat interaksi antara faktor alam dan aktivitas manusia. Penyebab utama meliputi:

- Air Hujan dan Aliran Permukaan: Curah hujan tinggi menyebabkan runoff yang mengikis tanah, terutama di lereng curam. Di Indonesia, musim hujan intensif memperburuk erosi.
- Angin: Di daerah kering seperti Nusa Tenggara, angin kencang mengangkat partikel tanah halus.
- Aktivitas Manusia: Deforestasi, pertanian intensif, pembangunan infrastruktur, dan penggembalaan berlebih menghilangkan vegetasi pelindung.
- Faktor Tanah dan Topografi: Tanah berpasir atau lereng curam lebih rentan. Indeks erosi dapat dihitung menggunakan rumus Universal Soil Loss Equation (USLE): $A = R \times K \times LS \times C \times P$, di mana A adalah laju erosi, R adalah faktor curah hujan, K adalah faktor erodibilitas tanah, LS adalah faktor panjang dan kemiringan lereng, C adalah faktor
- tutupan tanah, dan P adalah faktor praktik konservasi.

B. Dampak Erosi Tanah

Dampak erosi tidak hanya lokal tetapi juga global:

- Degradasi Lahan: Hilangnya lapisan topsoil yang kaya nutrisi, mengurangi kesuburan tanah hingga 50-70%.
- Kerusakan Ekosistem: Sedimentasi sungai, pencemaran air, dan hilangnya habitat satwa.
- Bencana Alam: Banjir, longsor, dan kekeringan akibat hilangnya kapasitas retensi air tanah.
- Dampak Sosial-Ekonomi: Penurunan produktivitas pertanian, kerugian ekonomi (misalnya, di Indonesia mencapai Rp 10 triliun per tahun), dan migrasi penduduk dari daerah tererosi.
    - Perubahan Iklim: Erosi berkontribusi pada emisi karbon karena hilangnya biomassa tanah.

4.6.6 Metode Pencegahan Erosi Tanah

Pencegahan erosi tanah menggunakan pendekatan preventif dan korektif, yang dapat diklasifikasikan menjadi metode biologis, mekanis, dan manajemen.

- Metode Biologis

Metode ini melibatkan penggunaan vegetasi untuk melindungi tanah:

  - Penanaman Pohon dan Semak: Agroforestry seperti sistem tumpang sari (alley cropping) atau hutan lindung di lereng curam. Contoh: Program reboisasi di Gunung Merapi menggunakan pohon pinus dan akasia.
  - Penutupan Tanah dengan Mulsa: Penggunaan jerami, daun kering, atau plastik mulsa untuk mengurangi dampak tetesan hujan dan mempertahankan kelembaban.
  - Rotasi Tanaman dan Tanaman Penutup: Menanam tanaman seperti kacang tanah atau rumput vetiver yang memiliki akar dalam untuk mengikat tanah. Teknik ini mengurangi erosi hingga 80% di lahan pertanian.

- Metode Mekanis

Struktur fisik digunakan untuk mengontrol aliran air:

  - Terasering (Terracing): Membuat tangga di lereng curam untuk memperlambat aliran air, seperti di sawah terasering di Bali atau Jawa Barat. Jenisnya meliputi teras gulud (dengan dinding batu) dan teras bangku (datar).
  - Swales dan Kontur: Parit kontur yang mengikuti garis kontur untuk menampung dan mengalirkan air secara perlahan.
  - Gabion dan Retaining Walls: Struktur batu atau beton untuk menahan tanah di lereng, digunakan dalam pembangunan jalan tol di daerah pegunungan.
  - Check Dams: Bendungan kecil di sungai untuk menangkap sedimen dan mengurangi erosi hilir.

- Metode Manajemen dan Teknologi

Pendekatan holistik melibatkan perencanaan dan teknologi:

  - Konservasi Tanah Terpadu: Kombinasi metode biologis dan mekanis, seperti dalam program SLPTT (Sistem Lahan Pertanian Terpadu Terdegradasi) di Indonesia.

- Penggunaan Teknologi: Sistem informasi geografis (GIS) untuk pemetaan risiko erosi, drone untuk monitoring, dan model simulasi seperti RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) untuk prediksi.
- Praktik Pertanian Berkelanjutan: No-till farming (pengolahan tanah minimal) dan penggunaan pupuk organik untuk memperbaiki struktur tanah.
- Regulasi dan Kebijakan: Undang-Undang No. 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air mendorong reboisasi dan pengendalian lahan kritis.

4.6.7 Implementasi dan Studi Kasus

A. Implementasi di Indonesia

Di Indonesia, pencegahan erosi dilakukan melalui program nasional seperti:

- Reboisasi dan Pengendalian Longsor: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menargetkan reboisasi 1 juta hektar per tahun, menggunakan spesies lokal seperti jati dan sengon.
- Proyek di Daerah Rawan: Di Jawa Tengah, terasering di lereng Gunung Merapi mengurangi erosi dari 100 ton/ha/tahun menjadi kurang dari 10 ton/ha/tahun.
- Inisiatif Komunitas: Program Desa Konservasi di Yogyakarta melibatkan petani dalam penanaman tanaman penutup dan pembuatan swales.

B. Tantangan dan Solusi

Tantangan utama: Kurangnya kesadaran petani, keterbatasan anggaran, dan perubahan iklim. Solusi: Edukasi melalui kampanye, subsidi untuk bahan konservasi, dan integrasi dengan program pengurangan emisi karbon (REDD+). Inovasi Global, Di Amerika Serikat, teknik "bioengineering" menggunakan akar tanaman untuk stabilisasi lereng. Di Cina, Great Green Wall menggabungkan penanaman pohon dengan struktur fisik untuk mencegah erosi gurun.

4.6.8 Peran Boilogi Tanah

Biologi tanah, seperti mikroorganisme dan fauna tanah, berperan penting dalam siklus hara dan pembentukan struktur tanah. Aktivitas mikroba membantu dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Pemeliharaan tanah yang memperhatikan aspek biologi akan meningkatkan kesehatan tanah secara keseluruhan. Penggunaan bahan organik dan pengurangan input kimia berlebihan dapat mendukung keberlanjutan biologi tanah. Biologi tanah merujuk pada studi tentang organisme hidup yang menghuni tanah, termasuk bakteri, jamur,

protozoa, nematoda, cacing tanah, arthropoda, dan mikroorganisme lainnya. Organisme ini membentuk komunitas kompleks yang berperan vital dalam menjaga kesehatan tanah, produktivitas lahan, dan keseimbangan ekosistem. Di Indonesia, dengan keanekaragaman hayati tinggi dan lahan pertanian luas, biologi tanah sangat penting untuk ketahanan pangan dan konservasi lingkungan. Artikel ini akan menjelaskan secara lengkap peran biologi tanah, mulai dari komponen utamanya, fungsi ekologis, hingga implikasi praktis dalam pertanian dan lingkungan, disusun dalam bagian-bagian terstruktur.

A. Komponen Utama Biologi Tanah

Biologi tanah terdiri dari berbagai organisme yang saling berinteraksi dalam ekosistem tanah. Komponen ini dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan fungsi:

1. Mikroorganisme

- Bakteri: Merupakan komponen terbanyak, dengan populasi hingga 10^10 sel per gram tanah. Bakteri seperti Rhizobium dan Azotobacter berperan dalam fiksasi nitrogen.
- Jamur: Termasuk mikoriza (misalnya, Glomus spp.) yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman. Jamur saprofitik seperti Trichoderma membantu dekomposisi bahan organik.
- Protozoa dan Nematoda: Protozoa (amoeba, flagellata) memakan bakteri, sementara nematoda dapat menjadi patogen atau predator. Nematoda seperti Caenorhabditis elegans digunakan dalam penelitian genetika.

2. Makroorganisme

- Cacing Tanah (Earthworms): Spesies seperti Lumbricus terrestris meningkatkan aerasi dan struktur tanah melalui burrowing.
- Arthropoda: Serangga, tungau, dan laba-laba yang berperan dalam fragmentasi bahan organik dan kontrol hama.
- Mikroarthropoda: Tungau dan collembola yang mendekomposisi litter daun.

Komunitas ini dipengaruhi oleh faktor seperti pH tanah, kelembaban, suhu, dan jenis tanaman. Di tanah tropis Indonesia, keanekaragaman mikroorganisme tinggi karena curah hujan dan bahan organik melimpah.

B. Peran Utama Biologi Tanah

Biologi tanah berperan dalam berbagai proses ekologis dan agronomis, yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Siklus Nutrisi dan Dekomposisi

Organisme tanah mendekomposisi bahan organik mati menjadi nutrisi yang dapat diserap tanaman. Bakteri dan jamur menghasilkan enzim yang memecah lignin, selulosa, dan protein. Misalnya, mikoriza meningkatkan penyerapan fosfor hingga 80% untuk tanaman seperti jagung. Proses ini mencegah akumulasi bahan organik dan menyediakan nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya.

2. Fiksasi Nitrogen dan Siklus Hara Lainnya

Bakteri fiksator nitrogen seperti Rhizobium (dalam nodul akar kacang-kacangan) mengubah nitrogen atmosfer menjadi amonia, yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Jamur mikoriza juga membantu dalam penyerapan hara, mengurangi kebutuhan pupuk kimia. Di sawah Indonesia, bakteri seperti Azospirillum meningkatkan produktivitas padi.

3. Pembentukan dan Pemeliharaan Struktur Tanah

Cacing tanah dan mikroorganisme menghasilkan agregat tanah melalui sekresi mucus dan burrowing, meningkatkan pori-pori dan drainase. Ini mencegah erosi dan memperbaiki retensi air. Di tanah vulkanik Jawa, cacing tanah seperti Pontoscolex corethrurus memperbaiki struktur tanah yang rapuh.

4. Pengendalian Penyakit dan Hama

Mikroorganisme antagonis seperti Bacillus subtilis dan jamur Trichoderma menekan patogen tanaman. Protozoa dan nematoda predator mengontrol populasi bakteri berbahaya. Dalam pertanian organik, biologi tanah menggantikan pestisida kimia.

5. Resistensi terhadap Stres dan Adaptasi Iklim

Mikrobioma tanah membantu tanaman bertahan terhadap kekeringan, salinitas, dan polutan. Misalnya, mikoriza meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam berat di lahan tercemar.
Di daerah kering seperti Nusa Tenggara, bakteri endofit membantu tanaman bertahan.

6. Kontribusi terhadap Karbon dan Siklus Iklim

Tanah menyimpan karbon organik (soil organic carbon/SOC) yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme. Dekomposisi yang seimbang mencegah emisi CO2 berlebih, mendukung mitigasi perubahan iklim. Di hutan hujan Indonesia, biologi tanah berkontribusi pada penyimpanan karbon hingga 150 ton/ha.

C. Implikasi dalam Pertanian dan Lingkungan

1. Dampak pada Produktivitas Pertanian

Biologi tanah meningkatkan hasil panen tanpa pupuk berlebih. Di Indonesia, program SRI (System of Rice Intensification) memanfaatkan cacing tanah untuk meningkatkan produktivitas padi hingga 20%. Namun, praktik pertanian intensif seperti penggunaan pestisida dapat mengganggu keseimbangan mikrobioma.

2. Tantangan dan Manajemen

- Tantangan utama: Degradasi tanah akibat erosi, polusi, dan perubahan iklim yang mengurangi keanekaragaman organisme. Manajemen meliputi:
- Penggunaan Pupuk Organik: Kompos dan biochar meningkatkan populasi mikroorganisme.
- Rotasi Tanaman dan Agroforestry: Mendorong keanekaragaman spesies untuk mendukung biologi tanah.
- Teknologi: Analisis DNA (metagenomik) untuk monitoring mikrobioma tanah.
- Kebijakan: Undang-Undang No. 37/2014 tentang Konservasi Tanah mendorong praktik berkelanjutan.

Biologi tanah, seperti mikroorganisme dan fauna tanah, berperan penting dalam siklus hara dan pembentukan struktur tanah. Aktivitas mikroba membantu dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Pemeliharaan tanah yang memperhatikan aspek biologi akan meningkatkan kesehatan tanah secara keseluruhan. Penggunaan bahan organik dan pengurangan input kimia berlebihan dapat mendukung keberlanjutan biologi tanah.tanah (soil cover) merupakan salah satu teknik pemeliharaan tanah yang efektif dalam pertanian, terutama untuk tanaman produktif seperti padi, jagung, atau tanaman hortikultura yang menghasilkan hasil panen tinggi. Penutup tanah melibatkan penggunaan bahan organik atau tanaman hidup untuk melindungi permukaan tanah dari erosi, penguapan air, dan fluktuasi suhu, sekaligus meningkatkan kesuburan tanah melalui biologi tanah. Di Indonesia, dengan curah hujan tinggi dan risiko erosi, penutup tanah sangat penting untuk menjaga produktivitas lahan pertanian.

Artikel ini akan menjelaskan secara lengkap konsep penutup tanah, jenis-jenisnya, manfaat, teknik penerapan, serta tantangan dalam konteks tanaman produktif, disusun dalam bagian-bagian terstruktur.

4.7 Pruning (pemangkasan)

Pruning pada tanaman kelapa sawit adalah kegiatan untuk memangkas pelepah kelapa sawit yang sudah tidak lagi produktif (tidak mampu lagi menghasilkan asimilat) untuk ditranslokasikan ke titik tumbuh yang berfungsi guna menghasilkan bakal bunga jantan dan betina dalam

proses pollination. Tujuan utama dilakukannya pemangkasan ini adalah agar tak banyak unsur hara yang terbuang pada pelepah daun yang tidak produktif. Disamping itu juga dapat mengurangi kelembaban di lingkungan pohon kelapa sawit. Serta, setiap pelepah yang di pruning maka akan keluar hormon seperti oksin, sitokinin, dan giberelin yang merangsang pembungaan tanaman kelapa sawit. Namun, bila over pruning maka hormon tersebut tidak akan muncul. Bahkan, menimbulkan zat inhibitor yang menghambat keluarnya bunga betina dan munculnya bunga jantan lebih banyak sehingga tanaman tidak dapat menghasilkan TBS. Demikian juga pelepah yang tidak produktif akan mengambil sebagian nutrisi untuk pertumbuhan pelepah dan anak daun. Sehingga mengurangi jumlah nutrisi yang translokasi ke bakal bunga dan TBS di ketiak pelepah daun pohon sawit.

Nah, untuk menghindari kesia-siaan penyaluran nutrisi tersebut, maka bagian pelepah yang sudah tidak produktif harus dibuang. Dengan begitu, nutrisi akan dapat terdistribusikan ke bagian generatif kelapa sawitAkan tetapi perlu Anda pahami bahwa untuk melakukan pruning pada tanaman sawit tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Pasalnya, pengurangan jumlah pada pelepahnya juga akan berdampak pada pengurangan daya fotosintesisnya. Kegiatan pruning kelapa sawit yang dilakukan dengan cara tidak tepat juga akan mengakibatkan menurunnya produktivitas tanaman kelapa sawit.

4.7.1 Tujuan Fundamental Penunasan (Pruning)

Manfaat dari penunasan yang terencana dengan baik bersifat multifaset, menyentuh hampir setiap aspek operasional dan kesehatan kebun. Berikut adalah tujuan-tujuan fundamental di balik praktik penting ini:

1. Sanitasi dan Kesehatan Tanaman: Kanopi yang terlalu rimbun akibat pelepah berlebih menciptakan lingkungan mikro yang lembap dan minim sirkulasi udara. Kondisi ini merupakan surga bagi patogen jamur, seperti Marasmius palmivorus yang menyebabkan penyakit busuk buah. Selain itu, pelepah-pelepah tua dan kering yang menggantung menjadi tempat ideal bagi hama seperti kumbang tanduk (Orytes rhinoceros) untuk berkembang biak, yang serangannya dapat merusak titik tumbuh tanaman. Penunasan yang baik berfungsi sebagai tindakan sanitasi preventif, mengurangi risiko serangan hama dan penyakit secara signifikan.
2. Efisiensi dan Keamanan Panen: Salah satu justifikasi ekonomi paling kuat untuk penunasan adalah dampaknya terhadap proses panen. Kanopi yang terbuka dan rapi memungkinkan pemanen untuk mengidentifikasi tandan buah matang dengan cepat dan akurat, mengurangi

risiko buah terlewat panen (buah tinggal). Akses yang mudah ke pangkal tandan juga memungkinkan pemotongan yang lebih bersih dan cepat, meningkatkan produktivitas tenaga kerja panen dan mengurangi risiko kecelakaan kerja.

3. Optimalisasi Penyerapan Nutrisi: Pelepah yang sudah tua atau berada di bagian bawah tajuk memiliki tingkat fotosintesis yang rendah dan menjadi beban bagi tanaman. Tanaman tetap mengalokasikan energi dan nutrisi (asimilat) untuk mempertahankan pelepah-pelepah ini. Dengan membuangnya, aliran sumber daya ini dapat dialihkan ke organ yang lebih produktif, yaitu pengembangan bunga dan pengisian buah.
4. Mengurangi Kehilangan Hasil (Losses): Kehilangan hasil yang tidak tercatat adalah "musuh dalam selimut" bagi profitabilitas kebun. Salah satu sumber kehilangan terbesar adalah brondolan (buah yang lepas dari tandan) yang tersangkut di ketiak-ketiak pelepah yang rimbun dan tidak pernah jatuh ke piringan untuk dikutip. Penunasan yang rapat ke batang akan meminimalisir masalah ini, memastikan setiap butir brondolan yang bernilai dapat dikumpulkan.
5. Memperbaiki Penyerbukan dan Aerasi: Sirkulasi udara yang baik di dalam tajuk sangat penting untuk membantu penyebaran serbuk sari secara alami oleh angin dan serangga penyerbuk. Kanopi yang terbuka memungkinkan pergerakan udara yang lebih bebas, meningkatkan keberhasilan penyerbukan, dan pada akhirnya, pembentukan buah yang lebih baik.

4.7.2 jadwal pruning kelapa sawit

Pruning pada kelapa sawit punya jadwal tertentu. Selain itu pruning ini sebaiknya pada saat yang tepat sebelum musim produksi mencapai puncak, sehingga panen lebih efektif dan selama masa kemarau. Berikut waktu pruning kelapa sawit agar produktivitas meningkat:

1.Pruning Sanitasi

Pruning sanitasi guna membersihkan tanaman kelapa sawit dari pelepah-pelepah yang mengganggu dan menjaga tingkat keseimbangannya. Waktu pengerjaan pemangkasan ini bertepatan dengan saat melakukan kastrasi yakni ketika tanaman sudah berusia sekitar 17-19 bulan.

2. Pruning Pertama

Umumnya pemangkasan pertama sebelum proses pemanenan yang pertama kali . Caranya adalah membuang seluruh pelepah yang terletak di bawah TBS yang posisinya paling rendah sehingga pertumbuhan TBS akan lebih optimal.

3. Pruning Usia 4 Tahun

4 tahun setelah pemangkasan pertama, tanaman kelapa sawit harus melalui proses pangkas lagi. Umumnya pada umur segini pohon sawit sudah memiliki pelepah dalam jumlah yang cukup banyak. Adapun metode pemangkasannya harus melalui dua tahap.

- Pertama, membuang 4 lingkaran pelepah apabila tanaman memiliki 8 lingkaran pelepah.
- Selanjutnya pada 2-3 bulan kemudian, buang 4 lingkaran pelepah sisanya tadi hingga hanya sampai pada 2 pelepah di bawah TBS yang matang.

4. Pruning 5-7 Tahun

Kelapa sawit yang telah berusia 5 hingga 7 tahun perlu pemangkasan secara berkala setiap setahun sekali. Caranya dengan membuang semua pelepah yang berada sampai 2 pelepah di bawah TBS yang masak. Untuk menjaga tingkat keseimbangan struktur pohon kelapa sawit, usahakan pohon tersebut masih mempunyai 48-64 pelepah.

5. Pruning 8-14 Tahun

Umumnya, proses pengerjaan pelakasanaan pemangkasan tumbuhan sawit yang berumur 8-14 tahun mirip seperti pemangkasan pada usia 5-7 tahun di atas. Seluruh pelepah yang tumbuh sampai 2 pelepah di bawah TBS yang masak perlu untuk proses pelepasan. Namun bedanya jumlah pelepah yang masih tertinggal di pohon kelapa sawit berkisar antara 40-48 pelepah atau 5-6 lingkaran pelepah.

6. Pruning 15 Tahun

Kegiatan pruning kelapa sawit pada usia 15 tahun masih sama seperti pada usia 8-14 tahun. Namun perlu perhatikan bahwa jumlah pelepah yang tetinggal setelah pengerjaan pemangkasan dan pemanenan harus 32 pelepah atau 4 lingkaran pelepah.



4.7.3 Cara pruning pada budidaya kelapa sawit

Agar tidak salah langkah, berikut tahapan *pruning* kelapa sawit yang baik dan benar:

1. Lakukan Perhitungan Pemangkasan

Sebelum melakukan pemotongan maka lakukan perhitungan jumlah spiral yang akan tersisa. Tentukan juga pelepah tua yang mana saja yang akan dilakukan pemotongan. Idealnya jumlah spiral yang tersisa bisa dihitung berdasarkan umur tanaman yang sudah dijelaskan pada kalimat sebelumnya.

2. Lakukan Pemangkasan dengan Tepat

Jika telah siap, maka lakukan pemotongan pelepah. Pastikan memotong pelepah sawit sedekat mungkin (mepet) dengan batang pohonnya, namun jangan sampai merusak batang atau tandan lain yang masih produktif.

Dengan melakukan hal itu maka potensi *losses* karena brondolan sawit tersangkut sisa potongan dari pelepah dapat diminimalisir. Selain itu, brondolan yang tersangkut juga akan berpotensi membusuk sehingga mengundang hama untuk datang.

3. Gunakanlah Alat yang Sesuai

Alat untuk memangkas pelepah dari kelapa sawit yang berusia 1 3 – 7 tahun adalah dodos. Sedangkan untuk kelapa sawit yang berusia 8 – 25 tahun tahun dapat memakai egrek. Anda juga bisa menggunakan alat *pruning* pelepah sawit modern yang menggunakan mesin dengan sistem penggerak eksentrik memakai *Camshaft*.

4. Memanfaatkan Limbah Pelepah Tua

Setelah selesai melakukan *pruning*, manfaatkanlah pelepah tua tersebut sebagai pupuk kelapa sawit alami yang ditambah dengan pupuk MOAF® dari PKT dan sudah diformulasi khusus sesuai dengan kebutuhan tanaman. Maka, pertumbuhan akar sawit akan lebih baik karena mendapatkan cukup unsur hara serta kelembaban tanahnya terjaga.

Cara pemanfaatan limbah pelepah sawit adalah:

1. Potonglah setiap pelepah sawit menjadi dua bagian.
2. Kemudian tumpuklah pelepah sawit yang sudah dipotong diantara pokok dalam barisan tanaman yang disusun rapi (potongan pelepah disusun pada gawangan mati yang sejajar dengan barisan tanaman).

4.7.4 Prinsip Pemotongan: Rapat, Bersih, dan Tuntas

Aturan emas dalam pemotongan pelepah adalah melakukannya serapat mungkin dengan batang (me-pet batang). Prinsip ini memiliki justifikasi ekonomi dan patologis yang sangat kuat. Dari sudut pandang ekonomi, sisa pangkal pelepah yang menonjol dari batang berfungsi seperti "keranjang" yang akan menangkap brondolan matang yang jatuh. Brondolan yang tersangkut ini tidak akan pernah sampai ke piringan untuk dikutip, menjadi sumber kehilangan produksi langsung yang signifikan.

Dari perspektif kesehatan tanaman, setiap potongan adalah sebuah luka. Sisa pangkal pelepah yang panjang menciptakan area permukaan yang lebih luas dan membutuhkan waktu lebih lama untuk mengering. Area yang lembap dan membusuk ini menjadi titik masuk ideal bagi spora

jamur patogen, terutama Ganoderma boninense, penyebab penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) yang mematikan.

Sebuah potongan yang rapat, bersih, dan miring ke bawah akan memungkinkan air hujan mengalir lancar, mempercepat pengeringan luka, dan meminimalisir risiko infeksi. Dengan demikian, kualitas potongan bukan lagi sekadar kerapian, melainkan tindakan preventif untuk melindungi aset jangka panjang kebun.

4.7.5 Pemilihan dan Perawatan Alat: Dodos dan Egrek

Pemilihan alat yang tepat sesuai dengan tinggi pohon adalah kunci efisiensi dan keamanan.

- Dodos (Chisel): Digunakan untuk pohon yang lebih pendek, umumnya dengan umur di bawah 7-8 tahun. Dodos yang ideal memiliki mata pisau yang relatif tipis namun kuat, karena lebih mudah diasah dan menghasilkan potongan yang lebih bersih dibandingkan dodos yang tebal. Selain dodos manual, kini juga tersedia versi mekanis yang menggunakan mesin untuk mengurangi tenaga yang dibutuhkan.
- Egrek (Sabit/Sickle): Merupakan alat utama untuk memanen dan menunas pohon yang tinggi. Ketajaman egrek adalah faktor krusial. Egrek yang tajam tidak hanya mempercepat pekerjaan tetapi juga meningkatkan keamanan. Pemanen tidak perlu menggunakan tenaga berlebihan untuk menariknya, sehingga mengurangi risiko egrek tergelincir atau memantul yang dapat menyebabkan cedera serius.
- Perawatan Alat: Terlepas dari jenisnya, alat harus selalu dalam kondisi tajam. Pengasahan rutin adalah bagian dari disiplin kerja yang tidak bisa ditawar. Alat yang tajam memastikan potongan yang bersih, mengurangi kelelahan pekerja, dan pada akhirnya meningkatkan produktivitas harian.

4.7.6 Teknik Aman Melindungi Aset Paling Berharga,Tenaga Kerja Anda

Kesehatan dan keselamatan pemanen bukanlah isu sekunder, melainkan faktor produksi yang vital. Gangguan otot-rangka atau Musculoskeletal Disorders (MSDs) akibat postur kerja yang buruk merupakan risiko operasional yang nyata, karena dapat menurunkan produktivitas, kualitas kerja, dan profitabilitas.Aktivitas menunas dan memanen, terutama menggunakan egrek pada pohon tinggi, melibatkan postur yang sangat tidak ergonomis seperti leher mendongak, lengan terangkat di atas bahu, dan gerakan menarik yang kuat dan berulang. Praktik ini terbukti menyebabkan tingginya keluhan MSDs pada leher, bahu, punggung, dan pergelangan tangan

pekerja. Pekerja yang menderita nyeri kronis akan lebih cepat lelah, bekerja lebih lambat, dan cenderung membuat kesalahan, seperti potongan yang tidak rapat atau melewatkan buah matang, yang semuanya berujung pada kerugian finansial. Oleh karena itu, penerapan teknik ergonomis adalah investasi langsung pada kualitas dan kuantitas produksi.Panduan Postur Aman:

1. Posisi Tubuh: Berdirilah dengan kaki dibuka selebar bahu untuk menciptakan basis yang stabil. Atur posisi agar tidak berada tepat di bawah jalur jatuhnya pelepah. Sebagai aturan keselamatan umum, jika pelepah yang akan dipotong berada di sisi kanan pohon, posisikan diri Anda di sebelah kiri untuk menghindarinya.
2. Jarak Aman: Jaga jarak yang cukup dari batang pohon. Jarak ini memungkinkan Anda menggunakan panjang galah egrek secara efektif untuk mendapatkan daya ungkit yang optimal tanpa harus meregangkan tubuh secara berlebihan.
3. Gerakan Memotong: Gunakan kekuatan dari seluruh lengan dan bahu, bukan hanya mengandalkan pergelangan tangan. Hindari satu tarikan paksa yang sangat kuat. Beberapa gerakan tarikan yang lebih pendek dan terkontrol akan lebih efektif, lebih aman, dan mengurangi risiko cedera.
4. Alat Pelindung Diri (APD): Penggunaan APD yang sesuai standar adalah mutlak. Ini termasuk helm untuk melindungi dari jatuhan pelepah atau buah, sepatu bot keselamatan (safety boots) untuk melindungi kaki, dan sarung tangan untuk cengkeraman yang lebih baik dan perlindungan dari duri.

4.7.7 Mengupas Tuntas Sistem "Songgo": Panduan Praktis di Lapangan

Untuk memudahkan penerapan standar jumlah pelepah di lapangan, digunakanlah sistem "Songgo".

Istilah "Songgo" (penyangga) merujuk pada jumlah pelepah produktif yang sengaja ditinggalkan tepat di bawah tandan buah terbawah untuk menopang buah dan menjaga kesehatan fisiologis tanaman.

1. Songgo Tiga (Songgo 3): Menyisakan tiga pelepah di bawah tandan buah terbawah. Aturan ini umumnya diterapkan pada tanaman muda (umur 3-8 tahun) untuk mencapai target 48-56 pelepah. Songgo 3 memaksimalkan "dapur" fotosintesis tanaman selama masa pertumbuhan paling krusial.
2. Songgo Dua (Songgo 2): Menyisakan dua pelepah di bawah tandan buah terbawah. Ini adalah standar yang paling umum digunakan untuk tanaman dewasa (umur 8-14 tahun). Songgo 2

memberikan keseimbangan ideal antara produksi energi dan kemudahan akses panen, serta membantu mempertahankan 40-48 pelepah produktif.

3. Songgo Satu (Songgo 1): Hanya menyisakan satu pelepah di bawah tandan buah terbawah. Aturan ini diaplikasikan pada tanaman yang sudah sangat tua dan tinggi (umur > 15 tahun), di mana kesulitan panen menjadi faktor pembatas utama. Meskipun mengurangi jumlah total pelepah, ini adalah kompromi yang diperlukan untuk memastikan buah dapat dipanen secara

4.7.8 Manfaat Ekologis dan Agronomis Pelepah

Menyusun pelepah secara sistematis di permukaan tanah memberikan serangkaian manfaat yang saling terkait:

- Sumber Bahan Organik dan Nutrisi: Setiap hektar kebun kelapa sawit dapat menghasilkan limbah pelepah hingg10,40 ton berat kering per tahun. Pelepah ini kaya akan unsur hara esensial. Saat terdekomposisi, pelepah akan melepaskan kembali nutrisi seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), dan Magnesium (Mg) ke dalam tanah, yang kemudian dapat diserap kembali oleh akar tanaman. Praktik ini secara efektif mengurangi ketergantungan dan biaya pemupukan anorganik dalam jangka panjang.
- Konservasi Tanah dan Air: Tumpukan pelepah berfungsi sebagai lapisan mulsa organik raksasa. Lapisan ini melindungi permukaan tanah dari hantaman langsung butiran air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah dan menyebabkan erosi. Aliran air permukaan (runoff) juga akan melambat, memberikan lebih banyak waktu bagi air untuk meresap (infiltrasi) ke dalam tanah, sehingga meningkatkan cadangan air tanah.
- Menjaga Kelembapan dan Kesehatan Akar: Di bawah lapisan pelepah, tanah akan tetap lebih sejuk dan lembap, bahkan selama musim kemarau. Kondisi ini sangat ideal untuk pertumbuhan akar-akar serabut yang aktif mencari hara. Tanah yang tertutup pelepah terbukti memiliki sistem perakaran yang lebih sehat dan aktif dibandingkan tanah yang terbuka dan terekspos matahari langsung, di mana akar cenderung kering dan mati.
- Pengendalian Gulma Secara Alami: Lapisan pelepah yang tebal menghalangi penetrasi sinar matahari ke permukaan tanah, sehingga secara efektif menekan pertumbuhan gulma. Ini merupakan metode pengendalian gulma secara mekanis yang dapat mengurangi frekuensi penyemprotan herbisida, menghemat biaya, dan mengurangi dampak kimia terhadap lingkungan.

4.7.9 Panduan Penataan Pelepah di Gawangan Mati

Untuk memaksimalkan manfaat di atas, penataan pelepah tidak boleh dilakukan secara sembarangan.

Metode yang paling direkomendasikan adalah pola "U" atau "C" di area gawangan mati (jalur di antara barisan tanam yang tidak digunakan untuk lalu lintas panen).

- Prosedur Penataan: Pelepah-pelepah disusun sedemikian rupa sehingga membentuk huruf U atau C, dengan tujuan untuk menutupi permukaan tanah seluas mungkin. Penting untuk menyisakan area pasar pikul (jalur panen, biasanya selebar 1,5 meter) dan piringan (area melingkar di sekitar pangkal pohon) agar tetap bersih dan bebas dari tumpukan pelepah untuk memudahkan aktivitas panen dan pemupukan.
- Orientasi Pelepah: Aturan penting lainnya adalah orientasi pelepah. Bagian pangkal pelepah yang berduri harus selalu diletakkan mengarah ke tengah gawangan mati, sementara bagian ujung daunnya mengarah ke pasar pikul. Hal ini merupakan aspek keselamatan kerja yang krusial untuk mencegah pemanen menginjak duri-duri tajam saat beraktivitas di pasar pikul.
- Hindari Pola "I": Praktik umum yang sering ditemui adalah menumpuk pelepah dalam satu baris lurus di tengah gawangan (pola "I"). Meskipun lebih mudah, metode ini kurang efektif karena menyisakan sebagian besar permukaan tanah di kiri dan kanannya tetap terbuka, sehingga manfaat konservasi tanah dan air serta pengendalian gulma tidak tercapai secara maksimal.

4.7.10 Tumpukan Pelepah sebagai Habitat Ekologis

Lebih dari sekadar tumpukan pelepah yang terdekomposisi secara perlahan menciptakan sebuah mikrohabitat yang kompleks. Lingkungan yang lembap dan kaya bahan organik ini menjadi rumah bagi berbagai organisme tanah yang menguntungkan, termasuk cacing dan mikroba dekomposer. Selain itu, tumpukan ini juga menyediakan tempat berlindung dan berkembang biak bagi serangga-serangga bermanfaat, seperti serangga predator yang memangsa hama ulat api dan serangga polinator yang membantu proses penyerbukan. Dengan demikian, pengelolaan pelepah yang baik turut membangun ekosistem perkebunan yang lebih seimbang dan tangguh. Over-Pruning: Saat "Terlalu Bersih" Berarti "Terlalu Rugi". Over-pruning adalah tindakan membuang pelepah produktif secara berlebihan, melampaui standar songgo yang direkomendasikan. Meskipun pohon terlihat "bersih" dan rapi, dampak di baliknya sangat merugikan.

- Dampak Fisiologis: Memangkas terlalu banyak daun hijau secara drastis mengurangi kapasitas fotosintesis tanaman. Pohon kehilangan kemampuannya untuk memproduksi energi (gula dan karbohidrat) yang cukup, sehingga memasuki kondisi stres berat.
- Dampak pada Produksi:

- Ukuran Buah Mengecil: Dengan pasokan energi yang terbatas, tanaman tidak mampu mengisi tandan buah secara optimal. Akibatnya, berat janjang rata-rata (BJR) menurun, ukuran buah menjadi lebih kecil, dan pada akhirnya rendemen minyak pun ikut terpengaruh.
- Peningkatan Bunga Jantan (Pergeseran Rasio Seks): Stres berat akibat defoliasi (penggundulan daun) memicu respons hormonal pada tanaman untuk bertahan hidup. Tanaman akan cenderung menghasilkan bunga jantan yang membutuhkan lebih sedikit energi dibandingkan bunga betina. Pergeseran rasio seks ini secara langsung mengurangi jumlah tandan buah potensial pada siklus produksi berikutnya, sekitar 18-26 bulan kemudian.
- Dampak Jangka Panjang: Jika over-pruning dilakukan secara terus-menerus, pertumbuhan vegetatif tanaman akan terhambat. Batang bisa tumbuh "meruncing" atau mengecil di bagian atas, dan umur produktif ekonomis tanaman dapat menjadi lebih pendek dari yang seharusnya.

4.7.11 Under-Pruning Kerugian Tersembunyi di Balik Rimbunnya Daun

Under-pruning adalah kondisi di mana penunasan tidak dilakukan secara memadai, sehingga jumlah pelepah, terutama yang sudah tua dan kering, melebihi standar optimal.

Meskipun terlihat sepele, dampaknya terhadap efisiensi dan kehilangan hasil sangat signifikan.

- Dampak Lingkungan Mikro: Tumpukan pelepah kering yang tidak ditunas menciptakan lingkungan yang gelap, lembap, dengan sirkulasi udara yang buruk di sekitar pangkal batang dan tandan buah.
- Dampak pada Penyakit dan Hama: Lingkungan ini menjadi tempat ideal bagi jamur patogen seperti Marasmius sp. untuk berkembang biak. Selain itu, tumpukan bahan organik yang membusuk di tajuk menjadi lokasi favorit bagi kumbang tanduk (Oryctes rhinoceros) untuk bertelur dan berkembang biak, meningkatkan populasi hama di kebun.
- Dampak pada Kehilangan Hasil (Losses): Ini adalah dampak ekonomi paling langsung dan merugikan dari under-pruning.

- Brondolan Tersangkut: Pelepah yang terlalu banyak dan rapat di ketiak daun menjadi perangkap efektif bagi brondolan matang. Brondolan ini tidak pernah mencapai tanah dan menjadi kerugian produksi yang tidak tercatat.
- Buah Tidak Terpanen: Tajuk yang terlalu rimbun menyulitkan pemanen untuk melihat semua tandan buah yang matang. Akibatnya, banyak buah yang terlewat panen, menjadi busuk di pohon, dan menyebabkan kehilangan hasil yang nyata.
- Kerugian Kuantitatif: Data lapangan menunjukkan perbedaan kerugian yang sangat drastis. Sebuah studi menemukan bahwa pada blok dengan penunasan normal, potensi losses hanya sekitar 0,6 kg/ha. Namun, pada blok yang mengalami under-pruning, potensi losses melonjak hingga 12,9 kg/ha. Angka ini menunjukkan bahwa kelalaian dalam menunas dapat meningkatkan kehilangan hasil lebih dari 20 kali lipat, sebuah argumen ekonomi yang sangat kuat untuk menerapkan disiplin penunasan yang ketat.

4.8 Perawatan Piringan Pasar Dan Gawangan Mati

Dalam praktik pertanian sawah di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa, terdapat dua istilah lokal yang sangat penting namun sering luput dari perhatian, yaitu piringan pasar dan gawangan mati. Kedua istilah ini merujuk pada infrastruktur kecil namun vital yang berada di tingkat paling bawah dalam jaringan pengairan sawah. Piringan pasar adalah saluran kecil yang membawa air dari saluran utama menuju petak-petak sawah, sementara gawangan mati adalah saluran pembuangan yang mengalirkan kelebihan air dari sawah ke saluran pembuangan yang lebih besar. Meskipun berukuran kecil dan sederhana, piringan pasar dan gawangan mati memiliki peran yang sangat strategis dalam keberhasilan pertanian sawah. Kondisi kedua infrastruktur ini secara langsung mempengaruhi produktivitas tanaman padi. Piringan pasar yang tersumbat atau rusak akan menyebabkan distribusi air tidak merata, beberapa petak sawah kelebihan air sementara petak lainnya kekurangan. Demikian pula, gawangan mati yang tidak berfungsi dengan baik akan menyebabkan genangan berlebihan yang dapat merusak tanaman dan menurunkan hasil panen.

Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa perawatan piringan pasar dan gawangan mati masih belum optimal. Banyak ditemukan piringan pasar yang dangkal akibat penumpukan lumpur, ditumbuhi eceng gondok dan gulma air yang lebat, atau mengalami kerusakan pada dinding salurannya. Gawangan mati pun sering tersumbat oleh sampah organik seperti jerami, daun-daun kering, dan lumpur sehingga tidak dapat berfungsi sebagai saluran pembuangan yang efektif.Permasalahan ini semakin kompleks karena melibatkan berbagai aspek. Dari sisi teknis, banyak petani yang belum memahami cara merawat saluran-saluran ini dengan benar. Dari sisi sosial, terdapat dilema kepemilikan dan tanggung jawab, terutama untuk saluran yang menjadi batas antara lahan milik petani yang berbeda. Tidak jarang terjadi konflik kecil karena masing-

masing petani menganggap bahwa tetangganyalah yang harus bertanggung jawab merawat saluran tersebut.Perubahan iklim yang mengakibatkan pola hujan semakin tidak menentu juga menambah pentingnya perawatan yang baik terhadap piringan pasar dan gawangan mati. Ketika musim kemarau berkepanjangan, setiap tetes air harus dimanfaatkan secara optimal melalui piringan pasar yang berfungsi baik. Sebaliknya, ketika hujan deras mengguyur, gawangan mati harus mampu membuang kelebihan air dengan cepat untuk menyelamatkan tanaman dari kebanjiran.

Data pengamatan di berbagai daerah pertanian menunjukkan bahwa kondisi piringan pasar dan gawangan mati yang buruk dapat menurunkan efisiensi penggunaan air hingga 30-40%. Ini berarti hampir setengah dari air yang tersedia terbuang sia-sia atau tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Dalam konteks ketahanan pangan dan efisiensi sumber daya yang semakin terbatas, pemahaman yang baik tentang cara merawat infrastruktur kecil namun penting ini menjadi sangat diperlukan.Lebih jauh lagi, aspek ekonomi juga tidak dapat diabaikan. Biaya perbaikan saluran yang sudah rusak parah jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya perawatan rutin. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa biaya perbaikan total piringan pasar yang sudah rusak berat bisa mencapai 5-10 kali lipat dibandingkan dengan biaya perawatan rutin selama setahun. Oleh karena itu, investasi dalam perawatan rutin sebenarnya adalah pilihan yang lebih ekonomis dalam jangka panjang. Kesadaran akan pentingnya perawatan piringan pasar dan gawangan mati juga perlu ditingkatkan mengingat generasi muda petani yang semakin berkurang. Banyak pengetahuan lokal tentang cara merawat saluran-saluran ini yang hanya diwariskan secara lisan dan tidak terdokumentasi dengan baik. Jika tidak segera didokumentasikan dan disebarluaskan, pengetahuan berharga ini bisa hilang seiring dengan berkurangnya generasi petani yang berpengalaman.

4.8.1mengenal Piringan Pasar Dan Gawangan Mati

A. Pengertian dan Karakteristik Piringan Pasar

Piringan pasar adalah istilah lokal yang digunakan petani, terutama di Jawa, untuk menyebut saluran air kecil yang berfungsi mengalirkan air dari saluran yang lebih besar menuju ke petak-petak sawah individual. Istilah "piringan" merujuk pada bentuk saluran yang relatif dangkal dan lebar seperti piring, sementara kata "pasar" dalam konteks ini memiliki makna sebagai tempat distribusi atau pembagian, dalam hal ini distribusi air ke berbagai petak sawah. Di berbagai daerah, piringan pasar memiliki sebutan yang berbeda-beda. Di Jawa Barat sering disebut "cangkring" atau "saluran cacing", di Jawa Tengah ada yang menyebutnya "telabah",

sementara di beberapa daerah lain disebut "loncoran" atau "pancuran kecil". Meskipun namanya berbeda, fungsi dan karakteristiknya relatif sama. Dari segi fisik, piringan pasar memiliki ciri-ciri sebagai berikut. Ukurannya relatif kecil, dengan lebar berkisar antara 30-60 sentimeter dan kedalaman sekitar 20-40 sentimeter. Panjangnya bervariasi tergantung tata letak petak sawah, biasanya antara 50 hingga 200 meter. Bentuk penampangnya umumnya berbentuk trapesium dengan dasar lebih sempit daripada bagian atas, atau berbentuk persegi panjang jika menggunakan pasangan batu atau beton. Material pembuat piringan pasar sangat beragam tergantung kondisi ekonomi petani dan ketersediaan bahan lokal. Bentuk paling sederhana adalah saluran tanah yang hanya digali dan dibentuk tanpa lapisan pelindung apapun. Bentuk yang lebih baik menggunakan pasangan batu kali yang disusun di dinding saluran untuk mencegah longsor. Sementara bentuk terbaik menggunakan plesteran semen atau bahkan beton cor untuk mengurangi kebocoran dan mempermudah perawatan. Kemiringan atau slope piringan pasar biasanya sangat landai, berkisar antara 0,5 hingga 2 per mil (0,05-0,2%). Kemiringan ini cukup untuk membuat air mengalir dengan gravitasi namun tidak terlalu deras sehingga tidak menyebabkan erosi pada dasar dan dinding saluran. Air yang mengalir dalam piringan pasar memiliki debit yang relatif kecil, biasanya hanya 5-20 liter per detik, tergantung luas sawah yang dilayani. Yang membedakan piringan pasar dari saluran air lainnya adalah lokasi dan fungsinya yang sangat dekat dengan aktivitas petani sehari-hari. Piringan pasar seringkali menjadi batas antar petak sawah milik petani yang berbeda. Setiap petani memiliki pintu air kecil atau "cethok" yang menghubungkan piringan pasar dengan petak sawahnya. Pengaturan membuka dan menutup pintu air ini menjadi bagian penting dari manajemen air di tingkat petani. Piringan pasar juga memiliki fungsi sosial yang tidak kalah penting. Saluran ini menjadi tempat berinteraksi antar petani, berbagi informasi tentang kondisi tanaman, harga gabah, atau isu-isu pertanian lainnya. Kegiatan membersihkan piringan pasar secara bersama-sama (gotong royong) menjadi momen penting yang memperkuat solidaritas dan kerja sama antar petani.

B. Pengertian dan Karakteristik Gawangan Mati

Gawangan mati adalah istilah lokal untuk saluran pembuangan yang mengalirkan kelebihan air dari petak sawah menuju ke saluran pembuangan yang lebih besar. Kata "gawangan" merujuk pada bentuk saluran atau parit, sementara kata "mati" menunjukkan bahwa saluran ini hanya berfungsi mengeluarkan atau "mematikan" air (membuang air keluar), bukan untuk memasukkan air seperti piringan pasar. Di beberapa daerah, gawangan mati juga disebut dengan istilah lain seperti "solokan mati", "saluran buang", "got mati", atau "parit pembuangan". Sama

seperti piringan pasar, meskipun namanya berbeda, fungsi dan karakteristiknya relatif seragam. Karakteristik fisik gawangan mati sedikit berbeda dengan piringan pasar. Ukurannya umumnya lebih besar karena harus menampung air dari beberapa petak sawah sekaligus. Lebar gawangan mati berkisar antara 60-100 sentimeter dengan kedalaman 40-80 sentimeter. Panjangnya bisa mencapai beberapa ratus meter, tergantung luas area sawah yang dilayani dan topografi lahan. Kemiringan gawangan mati biasanya lebih curam dibandingkan piringan pasar, berkisar antara 1-3 per mil (0,1-0,3%). Kemiringan yang lebih besar ini diperlukan agar air dapat mengalir dengan cepat, terutama saat hujan deras atau saat petani melakukan pengurasan air sawah secara bersamaan menjelang panen. Kemampuan mengalirkan air dengan cepat ini sangat penting untuk mencegah genangan berlebihan yang dapat merusak tanaman. Material konstruksi gawangan mati juga beragam. Bentuk paling sederhana adalah parit tanah biasa yang digali sedalam dan selebar yang dibutuhkan. Bentuk yang lebih baik menggunakan pasangan batu di bagian dinding untuk mencegah longsor, terutama di area dengan tanah liat yang mudah runtuh. Pada beberapa lokasi dengan kondisi tanah yang sangat labil atau rawan longsor, gawangan mati dibuat dari beton atau menggunakan bronjong (keranjang kawat berisi batu). Air yang mengalir di gawangan mati memiliki karakteristik yang berbeda dengan air di piringan pasar. Air di gawangan mati biasanya keruh karena membawa lumpur dan partikel tanah dari sawah. Selain itu, air ini juga mengandung sisa-sisa pupuk, pestisida, dan bahan organik lainnya. Oleh karena itu, gawangan mati memerlukan perhatian khusus dalam hal perawatan dan dampak lingkungannya. Gawangan mati juga sering dilengkapi dengan bangunan pelengkap sederhana seperti gorong-gorong untuk penyeberangan, bak pengendap untuk menangkap sedimen, atau pintu-pintu air untuk mengatur aliran. Pada sistem yang lebih modern, beberapa gawangan mati dilengkapi dengan kolam tampungan di ujungnya untuk menampung air yang masih bisa dimanfaatkan kembali atau untuk budidaya ikan. Posisi gawangan mati dalam lanskap pertanian biasanya berada di titik terendah dari hamparan sawah, mengikuti aliran gravitasi. Hal ini membuat gawangan mati rentan menjadi tempat pembuangan berbagai material yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, kesadaran petani untuk tidak menjadikan gawangan mati sebagai tempat sampah menjadi sangat penting.

C. Fungsi dan Peran dalam Pertanian Sawah

Piringan pasar dan gawangan mati memiliki peran yang saling melengkapi dalam menunjang keberhasilan budidaya padi sawah. Keduanya bekerja sebagai sistem yang terintegrasi untuk mengatur keseimbangan air di lahan sawah, memastikan bahwa tanaman mendapat air dalam jumlah yang tepat pada waktu yang tepat. Fungsi utama piringan pasar adalah sebagai

saluran distribusi air. Melalui piringan pasar, air dialirkan dari saluran utama ke setiap petak sawah secara merata. Dalam praktiknya, petani mengatur jadwal giliran air atau "rotasi" melalui pembukaan dan penutupan pintu-pintu air kecil (cethok) yang terhubung dengan piringan pasar. Sistem giliran ini memastikan bahwa semua petani mendapat jatah air yang adil, terutama saat musim kemarau ketika air terbatas. Piringan pasar juga berfungsi sebagai buffer atau penyangga yang mengatur tekanan air. Tanpa piringan pasar, air dari saluran utama yang berdebit besar akan langsung masuk ke sawah dengan tekanan tinggi yang dapat merusak tanaman muda atau menyebabkan erosi pada petakan sawah. Piringan pasar memperlambat dan mengatur aliran sehingga air masuk ke sawah dengan tenang. Efisiensi penggunaan air sangat bergantung pada kondisi piringan pasar. Piringan pasar yang bocor atau rembes akan menyebabkan kehilangan air yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa kehilangan air pada saluran yang tidak terawat bisa mencapai 40-50% dari total air yang dialirkan. Sebaliknya, piringan pasar yang kedap air dan terawat baik dapat menekan kehilangan air hingga di bawah 20%, yang berarti lebih banyak air tersedia untuk tanaman. Fungsi utama gawangan mati adalah sebagai sistem drainase atau pembuangan air. Ketika sawah memiliki air berlebih, baik karena hujan deras maupun karena kelebihan pengairan, gawangan mati akan membuang kelebihan air tersebut dengan cepat. Fungsi ini sangat krusial karena genangan air yang berlebihan dan berkepanjangan dapat merusak tanaman padi, terutama pada fase-fase kritis seperti saat pembuangan (pembentukan malai) atau menjelang panen. Gawangan mati juga berfungsi sebagai pengatur kadar air tanah. Tanah sawah yang terlalu jenuh air akan kekurangan oksigen, yang dapat menghambat pertumbuhan akar dan menyebabkan pembusukan. Dengan adanya gawangan mati yang berfungsi baik, kelebihan air dapat dikeluarkan sehingga tanah memiliki aerasi yang lebih baik. Hal ini sangat penting terutama saat periode pengeringan sawah sebelum panen. Dalam konteks pengendalian hama dan penyakit, gawangan mati yang berfungsi baik dapat mengurangi kelembaban berlebihan yang menjadi faktor pemicu berkembangnya berbagai penyakit tanaman seperti blast, bercak daun, atau busuk batang. Air yang menggenang terlalu lama juga menjadi tempat berkembang biaknya keong mas, salah satu hama penting pada padi muda. Dari perspektif lingkungan yang lebih luas, gawangan mati berperan dalam siklus air di tingkat bentang lahan. Air yang keluar dari sawah melalui gawangan mati masih membawa unsur hara yang dapat bermanfaat bagi ekosistem di hilir. Dalam konsep pertanian berkelanjutan, air dari gawangan mati dapat ditampung di kolam-kolam atau waduk kecil untuk digunakan kembali atau untuk mendukung kegiatan lain seperti perikanan atau peternakan. Secara ekonomi, kondisi piringan pasar dan gawangan mati yang baik berkorelasi langsung dengan produktivitas dan pendapatan petani. Studi di berbagai wilayah menunjukkan bahwa perbaikan kondisi saluran di tingkat petani dapat meningkatkan produktivitas padi hingga

15-25%. Peningkatan ini terjadi karena distribusi air yang lebih baik, pengurangan serangan hama dan penyakit, dan penggunaan input produksi lainnya (seperti pupuk) yang lebih efisien. Dari sisi sosial, piringan pasar dan gawangan mati menjadi infrastruktur yang mengikat komunitas petani. Kegiatan perawatan bersama saluran-saluran ini menjadi wadah interaksi sosial yang penting. Diskusi dan kesepakatan mengenai jadwal tanam, rotasi air, dan berbagai isu pertanian lainnya sering lahir dari interaksi di sekitar piringan pasar dan gawangan mati. Solidaritas dan gotong royong dalam merawat infrastruktur bersama ini juga memperkuat kohesi sosial di antara petani.

4.8.2 Permasalahan Dan Kerusakan

A. Jenis Kerusakan pada Piringan Pasar

Piringan pasar menghadapi berbagai bentuk kerusakan yang dapat mengurangi fungsinya dalam mendistribusikan air. Permasalahan yang paling umum dan sering terjadi adalah pendangkalan akibat sedimentasi. Air yang mengalir dari saluran utama membawa partikel-partikel halus berupa lumpur dan pasir yang akan mengendap di dasar piringan pasar. Proses pengendapan ini terjadi secara bertahap dan berkelanjutan. Jika tidak dibersihkan secara rutin, endapan lumpur dapat menumpuk hingga ketebalan 10-20 sentimeter, bahkan lebih. Akibatnya, kapasitas piringan pasar berkurang drastis, debit air yang mengalir menurun, dan distribusi air menjadi tidak merata. Permasalahan kedua yang sangat mengganggu adalah pertumbuhan vegetasi atau gulma air yang tidak terkendali. Berbagai jenis tumbuhan air seperti eceng gondok, kangkung liar, genjer, ganggang, dan rumput-rumputan dapat tumbuh dengan sangat cepat di piringan pasar. Vegetasi ini tidak hanya mengurangi luas penampang saluran, tetapi juga meningkatkan hambatan aliran sehingga air mengalir lebih lambat. Dalam kasus yang parah, piringan pasar bisa tertutup hampir seluruhnya oleh vegetasi sehingga tidak ada lagi air yang dapat mengalir dengan baik. Kerusakan fisik pada struktur piringan pasar juga menjadi masalah serius. Untuk piringan pasar tanah, erosi atau pengikisan dinding saluran sering terjadi akibat kecepatan aliran air yang terlalu tinggi atau karena struktur tanah yang kurang kokoh. Tanah lempung atau liat yang sering mengalami siklus basah-kering akan retak dan mudah runtuh. Dinding yang longsor akan memperlebar saluran namun mengurangi kedalamannya, mengubah karakteristik hidrolis saluran dan mengurangi efektivitasnya.

Pada piringan pasar yang menggunakan pasangan batu atau plesteran semen, jenis kerusakan yang umum adalah retak-retak pada plesteran, lepasnya sebagian material, atau bahkan runtuhnya seluruh struktur pada bagian tertentu. Keretakan biasanya dimulai dari titik-titik lemah seperti sambungan, sudut-sudut, atau bagian yang mengalami tekanan berlebih. Jika retakan tidak

segera diperbaiki, air akan masuk ke celah dan memperluas kerusakan, terutama di musim kemarau ketika terjadi pengkerutan tanah. Akar tanaman, terutama pohon besar yang tumbuh di tepi piringan pasar, dapat menembus dan merusak struktur saluran. Akar pohon bambu, kelapa, atau pohon buah-buahan yang ditanam terlalu dekat dengan piringan pasar akan mencari sumber air dan menembus dinding saluran. Penetrasi akar ini menciptakan celah-celah yang menyebabkan kebocoran dan lama kelamaan dapat meruntuhkan struktur saluran. Aktivitas fauna juga berkontribusi terhadap kerusakan piringan pasar. Kepiting sawah atau yuyu sering membuat lubang-lubang di dinding saluran tanah. Tikus sawah juga membuat sarang di tepi saluran. Lubang-lubang ini tidak hanya menyebabkan kebocoran tetapi juga menjadi titik awal terjadinya longsor atau runtuhnya dinding saluran secara lebih luas. Sampah dan benda asing yang masuk ke piringan pasar menjadi permasalahan yang tidak kalah penting. Plastik, kantong pupuk bekas, botol, ranting, daun kering, jerami sisa panen, dan berbagai sampah lainnya sering tersangkut di piringan pasar dan menyumbat aliran. Kebiasaan buruk membuang sampah sembarangan ke saluran masih menjadi masalah di banyak tempat. Sampah yang menumpuk tidak hanya menghambat aliran air tetapi juga menciptakan lingkungan yang kotor dan tidak sehat.

B. Jenis Kerusakan pada Gawangan Mati

Gawangan mati memiliki set permasalahan yang berbeda dan dalam beberapa hal lebih kompleks dibandingkan piringan pasar. Penyumbatan adalah masalah nomor satu yang dihadapi gawangan mati. Berbeda dengan piringan pasar yang mengalirkan air relatif bersih dari saluran utama, gawangan mati harus mengalirkan air dari sawah yang membawa berbagai material. Lumpur tebal dari pengolahan tanah, jerami dan batang padi sisa panen, gulma-gulma yang tercabut, dedaunan yang jatuh, bahkan kotoran ternak jika ada peternakan di sekitar sawah, semuanya dapat terbawa ke gawangan mati. Akumulasi material-material ini terjadi sangat cepat, terutama setelah pengolahan tanah atau setelah panen. Dalam hitungan minggu, gawangan mati bisa tersumbat hingga 50-70% kapasitasnya. Penyumbatan ini sangat berbahaya karena gawangan mati harus siap berfungsi kapan saja ketika terjadi hujan deras atau ketika petani perlu menguras air sawah. Jika tersumbat, air tidak bisa keluar dengan cepat dan sawah akan tergenang berlebihan. Pertumbuhan vegetasi pada gawangan mati bahkan lebih masif dan cepat dibandingkan pada piringan pasar. Hal ini karena air di gawangan mati sangat kaya nutrisi (berasal dari sawah yang dipupuk) sehingga menjadi media yang sangat subur bagi pertumbuhan tanaman air. Eceng gondok, enceng, genjer, kangkung liar, dan berbagai jenis rumput-rumputan tumbuh dengan sangat cepat dan lebat. Dalam kondisi tanpa perawatan, gawangan mati dapat berubah total

menjadi semacam rawa-rawa atau kolam bervegetasi lebat yang sama sekali tidak berfungsi sebagai saluran drainase. Erosi dan longsor dinding gawangan mati merupakan masalah yang lebih serius dibandingkan pada piringan pasar. Air yang mengalir di gawangan mati seringkali memiliki kecepatan dan volume yang lebih besar, terutama saat hujan lebat atau saat banyak petani melakukan pengurasan air secara bersamaan. Aliran yang deras ini mengikis dinding saluran yang terbuat dari tanah. Longsor dinding tidak hanya memperlebar saluran tetapi material longsoran akan mengendap di dasar, mengurangi kedalaman dan kapasitas drainase.

Kondisi tanah di sekitar gawangan mati yang sering tergenang air juga membuatnya lebih rentan longsor. Tanah yang terus menerus basah kehilangan kekuatan daya dukungnya. Jika ada pohon atau tanaman besar di tepi gawangan mati, beratnya dapat menyebabkan tepi saluran runtuh, terutama saat tanah dalam kondisi jenuh air setelah hujan lebat. Permasalahan bau tidak sedap dan kesehatan lingkungan menjadi isu spesifik pada gawangan mati. Gawangan mati yang tersumbat dan tidak mengalir dengan lancar akan menyebabkan air menjadi stagnan atau tergenang. Air yang tidak mengalir, ditambah dengan bahan organik yang membusuk (seperti jerami dan daun), akan menimbulkan bau busuk yang sangat mengganggu. Kondisi ini juga menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk, lalat, dan vektor penyakit lainnya yang mengancam kesehatan masyarakat di sekitarnya. Pada musim kemarau, beberapa gawangan mati bahkan bisa mengering total dan berubah menjadi tumpukan sampah organik yang membusuk. Proses pembusukan ini menghasilkan gas metana yang tidak hanya berbau tidak sedap tetapi juga berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca. Ketika musim hujan tiba, material busuk ini akan terbawa air dan dapat menyumbat bagian hilir gawangan mati atau saluran pembuangan yang lebih besar. Kerusakan struktur pada gawangan mati yang menggunakan pasangan batu atau beton juga sering terjadi. Tekanan air yang besar, terutama saat debit puncak, dapat menggerus sambungan antar batu atau meretakkan struktur beton. Akar tanaman yang menembus celah-celah struktur dapat mendorong dan memecah pasangan batu. Pembekuan dan pencairan air di celah-celah struktur di daerah dataran tinggi juga dapat merusak struktur.

C. Faktor Penyebab Kerusakan

Kerusakan pada piringan pasar dan gawangan mati disebabkan oleh berbagai faktor yang saling terkait dan saling memperkuat. Memahami faktor-faktor penyebab ini penting untuk merancang strategi perawatan yang efektif. Faktor Alam, Faktor alam adalah penyebab yang paling sulit dihindari namun dampaknya dapat dikurangi melalui desain dan perawatan yang baik. Erosi oleh aliran air adalah proses alamiah yang terjadi secara terus menerus. Setiap kali air mengalir, ia

membawa partikel-partikel tanah, meskipun dalam jumlah sangat kecil. Akumulasi proses erosi ini dalam jangka panjang dapat mengubah bentuk saluran secara signifikan. Curah hujan yang tinggi, terutama hujan dengan intensitas tinggi dalam waktu singkat, memberikan tekanan besar pada sistem drainase. Aliran air yang tiba-tiba meningkat drastis dapat menyebabkan erosi kilat yang merusak dinding saluran dalam hitungan jam. Kondisi ini semakin sering terjadi dengan adanya perubahan iklim yang membuat pola curah hujan semakin ekstrem. Siklus basah-kering yang berulang juga merusak struktur tanah di sekitar saluran. Ketika basah, tanah mengembang; ketika kering, tanah menyusut. Proses mengembang-menyusut yang berulang ini menciptakan retakan-retakan yang lama kelamaan memperlebar dan dapat menyebabkan runtuhnya dinding saluran. Tanah lempung dan liat sangat rentan terhadap proses ini. Aktivitas fauna seperti kepiting, tikus, belut, dan hewan lainnya yang membuat lubang di dinding saluran adalah bag

4.8.3 Prosedur Dan Teknik Perawatan

A. Perawatan Rutin Piringan Pasar

Perawatan piringan pasar memerlukan pendekatan sistematis dan berkelanjutan agar saluran dapat berfungsi optimal sepanjang tahun. Perawatan rutin jauh lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan perbaikan besar-besaran setelah saluran rusak parah.

- Pembersihan Sedimen

Pembersihan sedimen adalah kegiatan perawatan paling dasar dan paling penting. Sedimen berupa lumpur dan pasir halus akan terus mengendap di dasar piringan pasar setiap kali air mengalir. Pembersihan sebaiknya dilakukan minimal tiga kali dalam setahun, yaitu sebelum musim tanam (menjelang musim hujan), di pertengahan musim tanam, dan setelah panen. Teknik pembersihan yang baik dimulai dengan mengurangi atau menghentikan aliran air di piringan pasar. Petani dapat berkoordinasi untuk menutup sementara pintu air di hulu selama 2-3 jam agar saluran bisa dibersihkan dengan lebih mudah. Setelah air berkurang, sedimen dapat dikeruk menggunakan sekop, cangkul, atau alat pengeruk sederhana. Cara mengeruk yang benar adalah dengan gerakan menyapu dari tengah saluran ke tepi, kemudian mengangkat sedimen ke bibir saluran. Sedimen yang diangkat sebaiknya tidak langsung dibuang tetapi ditumpuk sementara di tepi saluran untuk dikeringkan. Setelah kering, sedimen ini dapat dikembalikan ke sawah sebagai tambahan tanah atau digunakan untuk meninggikan jalan setapak di sekitar sawah. Untuk piringan pasar yang panjang, pembersihan dapat dilakukan secara bergotong royong dengan membagi segmen-segmen pembersihan. Misalnya, setiap petani bertanggung jawab membersihkan bagian

piringan pasar yang berbatasan dengan lahan mereka. Dengan cara ini, seluruh panjang piringan pasar dapat dibersihkan dalam waktu yang relatif singkat.

- Pengendalian Vegetasi

Pengendalian gulma air dan vegetasi liar harus dilakukan secara berkala, idealnya setiap 2-3 bulan atau ketika vegetasi mulai menutupi lebih dari 20% permukaan saluran. Pembersihan yang terlambat akan membuat pekerjaan semakin sulit karena vegetasi sudah tumbuh besar dengan akar yang kuat. Teknik pembersihan vegetasi yang paling umum adalah pencabutan manual atau penyabitan. Untuk gulma yang masih kecil, pencabutan dengan tangan sudah cukup efektif. Untuk vegetasi yang lebih besar seperti eceng gondok atau kangkung liar, diperlukan alat seperti sabit, ganco (sejenis garu bertangkai panjang), atau garpu khusus untuk menarik vegetasi. Yang penting diperhatikan adalah vegetasi harus dicabut hingga ke akarnya, bukan hanya dipotong bagian daunnya saja. Jika hanya dipotong, akarnya akan cepat tumbuh kembali dan dalam beberapa minggu vegetasi akan kembali lebat. Akar yang sudah dicabut harus diangkat keluar dari saluran dan tidak dibiarkan mengapung atau tenggelam kembali. Vegetasi yang sudah dicabut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hijau atau pakan ternak. Eceng gondok, misalnya, dapat dijadikan kompos setelah difermentasi, atau dapat diberikan sebagai pakan kambing dan sapi setelah dilayukan. Dengan demikian, kegiatan pembersihan vegetasi juga memberikan nilai tambah ekonomi. Pencegahan pertumbuhan vegetasi dapat dilakukan dengan menjaga agar aliran air tetap lancar. Gulma air cenderung tumbuh subur di air yang stagnan atau mengalir sangat lambat. Selain itu, penanaman rumput pelindung di tepi saluran seperti rumput gajah atau rumput vetiver dapat mengurangi cahaya matahari yang masuk ke saluran sehingga menghambat pertumbuhan gulma air.

- Pemeliharaan Struktur

Untuk piringan pasar tanah, pemeliharaan struktur meliputi pemeriksaan rutin terhadap kondisi dinding dan dasar saluran. Tebing yang mulai retak atau longsor harus segera diperbaiki. Cara perbaikan sederhana adalah dengan menimbun kembali bagian yang longsor dengan tanah liat yang dipadatkan. Pemadatan dapat dilakukan dengan cara menginjak-injak atau menumbuk menggunakan alat pemadat sederhana. Penanaman vegetasi pelindung di tepi saluran sangat efektif mencegah erosi dan longsor. Jenis tanaman yang baik adalah rumput dengan sistem perakaran kuat seperti rumput gajah atau rumput vetiver. Rumput vetiver khususnya sangat efektif karena akarnya dapat menembus hingga 2-3 meter ke dalam tanah, mengikat tanah dengan sangat

kuat. Untuk piringan pasar dengan pasangan batu atau plesteran, pemeriksaan rutin harus dilakukan untuk mendeteksi retakan atau kerusakan dini. Retakan kecil harus segera ditambal sebelum melebar. Teknik penambalan yang benar meliputi:

1. Bersihkan area yang akan ditambal dari kotoran dan material lepas
2. Basahi permukaan dengan air bersih
3. Siapkan adukan semen dengan perbandingan 1 semen : 3-4 pasir
4. Aplikasikan adukan ke retakan dengan menekan agar masuk sempurna
5. Ratakan permukaan tambalan
6. Rawat tambalan dengan menyiram air 2-3 kali sehari selama 3-7 hari

Material yang lepas atau batu yang tergeser harus segera dipasang kembali. Jika kerusakan sudah cukup luas, mungkin perlu dilakukan perbaikan dengan membongkar dan memasang ulang bagian yang rusak.

- Pembersihan Sampah

Pembersihan sampah harus dilakukan secara rutin, minimal seminggu sekali atau setiap kali terlihat ada sampah yang tersangkut. Sampah yang dibiarkan menumpuk akan menghalangi aliran air dan dapat merusak struktur saluran. Pemasangan saringan sederhana di titik masuk piringan pasar dapat mencegah sampah besar masuk ke saluran. Saringan dapat dibuat dari kawat jaring atau bambu yang dipasang melintang di mulut saluran. Saringan ini harus dibersihkan secara rutin dari sampah yang tersangkut. Kampanye kesadaran tentang bahaya membuang sampah ke saluran perlu terus dilakukan. Penyediaan tempat sampah komunal di sekitar area sawah dapat membantu mengurangi kebiasaan membuang sampah ke saluran. Aturan dan sanksi sosial bagi yang membuang sampah ke saluran juga perlu ditegakkan.

B. Perawatan Rutin Gawangan Mati

Gawangan mati memerlukan perhatian khusus karena fungsinya yang kritis sebagai sistem drainase. Kegagalan gawangan mati dapat menyebabkan banjir di sawah yang berakibat gagal panen.

- Pembersihan Penyumbatan

Pembersihan gawangan mati harus dilakukan lebih sering dibandingkan piringan pasar, idealnya setiap 2-3 bulan atau setelah kejadian hujan besar. Pembersihan juga mutlak harus dilakukan sebelum musim hujan tiba dan setelah musim panen ketika banyak jerami dan material organik masuk ke saluran. Teknik pembersihan yang efektif adalah dengan bekerja dari hilir ke hulu. Dengan cara ini, material yang dikeruk di bagian hulu tidak akan mengalir kembali dan menumpuk di hilir yang sudah dibersihkan. Peralatan yang dibutuhkan meliputi cangkul, sekop, garpu, dan mungkin alat penarik seperti ganco untuk mengeluarkan material yang tersangkut. Material yang diangkat harus benar-benar dikeluarkan dari saluran, tidak hanya dipindahkan ke tepi yang bisa jatuh kembali saat hujan. Material organik seperti jerami dan dedaunan dapat ditumpuk untuk dijadikan kompos. Lumpur dapat dikeringkan dan digunakan sebagai material untuk meninggikan jalan atau dikembalikan ke sawah. Untuk gawangan mati yang sangat panjang atau tersumbat parah, mungkin diperlukan alat mekanis seperti excavator mini. Beberapa kelompok tani menggunakan sistem patungan untuk menyewa alat berat untuk pembersihan tahunan yang menyeluruh. Meskipun biayanya cukup besar, investasi ini terbayar dengan baiknya fungsi drainase yang menjamin keamanan tanaman.

- Pengendalian Vegetasi Intensif

Vegetasi di gawangan mati tumbuh jauh lebih cepat dan lebat dibanding di piringan pasar karena air yang kaya nutrisi. Pembersihan harus dilakukan lebih sering, minimal setiap 2 bulan atau bahkan setiap bulan di musim hujan ketika pertumbuhan sangat cepat. Strategi pembersihan yang efektif adalah dengan membagi tanggung jawab zona. Misalnya, petani dari petak A-D bertanggung jawab untuk 100 meter pertama, petani E-H untuk 100 meter berikutnya, dan seterusnya. Dengan sistem zona ini, beban kerja terdistribusi dan lebih mudah mengawasi apakah setiap zona sudah dibersihkan atau belum. Untuk vegetasi besar seperti eceng gondok yang sudah sangat lebat, pembersihan memerlukan tenaga ekstra. Beberapa kelompok tani mengadakan kegiatan pembersihan massal secara gotong royong, biasanya menjelang musim hujan. Dalam sehari, dengan partisipasi 20-30 orang, gawangan mati sepanjang 1-2 kilometer dapat dibersihkan tuntas. Pengendalian jangka panjang dapat dilakukan dengan memodifikasi kondisi habitat. Memperbaiki kemiringan saluran agar air mengalir lebih deras dapat menghambat pertumbuhan vegetasi. Mengurangi paparan cahaya matahari dengan menanam pohon pelindung di tepi saluran (dengan jarak aman agar akar tidak merusak) juga dapat mengurangi pertumbuhan gulma air.

- Perbaikan Erosi dan Longsor

Erosi dan longsor di gawangan mati harus segera ditangani karena material longsoran akan mengurangi kapasitas drainase. Cara penanganan tergantung tingkat kerusakan:

Untuk longsor kecil (lebar kurang dari 1 meter):

- ❖ Bersihkan material longsoran dari dasar saluran
- ❖ Bentuk kembali tebing dengan kemiringan yang lebih landai
- ❖ Padatkan tanah dengan cara ditumbuk atau diinjak
- ❖ Tanam rumput pelindung dengan jarak rapat (10-15 cm)
- ❖ Pasang ajir bambu atau kayu sementara untuk menahan tanah sampai rumput tumbuh

Untuk longsor sedang hingga besar (lebar lebih dari 1 meter):

- ❖ Bongkar seluruh bagian yang longsor
- ❖ Buat pondasi dengan tumpukan batu atau bronjong jika tersedia
- ❖ Susun kembali dinding dengan pasangan batu yang kuat
- ❖ Isi celah dengan tanah liat yang dipadatkan
- ❖ Untuk keamanan ekstra, bagian atas dapat diplester
- ❖ Tanam vegetasi pelindung di bagian atas tebing

Pencegahan longsor dapat dilakukan dengan:

- ❖ Menghindari penanaman pohon besar terlalu dekat dengan tepi saluran (minimal 3-5 meter)
- ❖ Membuat kemiringan tebing yang tidak terlalu curam (maksimal 45 derajat)
- ❖ Menutup tebing dengan vegetasi pelindung yang akarnya kuat
- ❖ Membuat teras-teras kecil di tebing yang sangat tinggi
- ❖ Memasang bronjong atau pasangan batu di bagian yang rawan longsor

- Penanganan Bau dan Masalah Kesehatan

Gawangan mati yang berbau menandakan ada air yang stagnan atau bahan organik yang membusuk. Penanganan meliputi:

- ❖ Membersihkan material organik yang membusuk
- ❖ Memperbaiki aliran dengan menghilangkan penyumbatan
- ❖ Memperbaiki kemiringan saluran agar air mengalir lebih cepat

- ❖ Menabur kapur pertanian di area yang berbau untuk menetralkan
- ❖ Melakukan pembersihan menyeluruh termasuk area yang stagnan

Pencegahan berkembangnya nyamuk dapat dilakukan dengan:

- ❖ Memastikan air selalu mengalir (tidak ada genangan stagnan)
- ❖ Membersihkan vegetasi yang dapat menjadi tempat bertelur nyamuk
- ❖ Melepas ikan pemakan jentik (ikan nila, mujair, atau ikan gabus kecil) jika memungkinkan
- ❖ Melakukan pembersihan rutin sehingga tidak ada material yang membusuk

Untuk gawangan mati yang mengering di musim kemarau, perlu dilakukan pembersihan menyeluruh sebelum musim hujan untuk menghindari material kering tersumbat saat air mulai mengalir lagi.

4.8.4 Perawatan Berkala dan Perbaikan

Selain perawatan rutin, diperlukan juga perawatan berkala yang lebih menyeluruh, biasanya dilakukan setahun sekali atau sesuai kebutuhan.

- Inspeksi Menyeluruh

Inspeksi menyeluruh sebaiknya dilakukan menjelang musim hujan. Tujuannya adalah mengidentifikasi kerusakan yang memerlukan perbaikan sebelum beban kerja saluran meningkat di musim hujan. Tim inspeksi dapat terdiri dari pengurus kelompok tani atau P3A yang menelusuri seluruh panjang piringan pasar dan gawangan mati.

Hal-hal yang diperiksa meliputi:

1. Kedalaman saluran (apakah masih sesuai atau sudah dangkal)
2. Kondisi dinding (ada tidaknya longsor, retakan, atau erosi)
3. Kondisi struktur (untuk saluran berpasangan atau beton)
4. Keberadaan penyumbatan atau vegetasi berlebih
5. Fungsi bangunan pelengkap (pintu air, gorong-gorong, dll)
6. Titik-titik rawan yang memerlukan perhatian khusus

Hasil inspeksi dicatat dan dibuat daftar prioritas perbaikan. Kerusakan yang mengancam fungsi kritis harus diperbaiki segera, sementara kerusakan minor dapat dijadwalkan perbaikannya secara bertahap.

- Normalisasi Saluran

Normalisasi adalah kegiatan mengembalikan dimensi saluran ke ukuran desain awal. Setelah bertahun-tahun beroperasi, saluran bisa menjadi dangkal karena sedimentasi atau melebar karena erosi. Normalisasi meliputi:

1. Pendalaman dengan mengeruk sedimen yang sudah sangat tebal
2. Pembentukan kembali penampang saluran sesuai desain
3. Perbaikan kemiringan dasar saluran
4. Perapihan dinding saluran
5. Pemadatan struktur tanah

Normalisasi biasanya memerlukan tenaga dan waktu yang cukup banyak sehingga dilakukan secara gotong royong atau dengan menyewa tenaga. Di beberapa tempat, dinas pertanian atau PU memberikan bantuan alat berat untuk kegiatan normalisasi saluran di tingkat petani.

- Perbaikan Struktur Mayor

Perbaikan struktur mayor dilakukan untuk kerusakan yang tidak bisa diatasi dengan perawatan rutin, seperti:

1. Pembangunan kembali dinding yang runtuh total
2. Pemasangan pasangan batu atau beton pada saluran tanah yang sering longsor
3. Perbaikan atau penggantian struktur beton yang retak parah
4. Pembuatan bangunan pelengkap baru (gorong-gorong, pintu air, bak pengendap)
5. Relokasi sebagian saluran yang terlalu sering bermasalah

Perbaikan struktur mayor memerlukan perencanaan matang, dana yang cukup besar, dan mungkin juga bantuan teknis dari dinas terkait. Kegiatan ini biasanya dikoordinir oleh kelompok tani atau P3A dengan dukungan pemerintah desa atau dinas terkait.

- Dokumentasi dan Evaluasi

Setiap kegiatan perawatan sebaiknya didokumentasikan, baik dalam bentuk catatan tertulis maupun foto. Dokumentasi berguna untuk:

- Melacak riwayat perawatan dan perbaikan
- Mengevaluasi efektivitas metode perawatan yang digunakan
- Menjadi bahan pembelajaran dan perbaikan di masa depan
- Bukti pertanggungjawaban penggunaan dana
- Bahan untuk pengajuan bantuan perbaikan

Evaluasi dilakukan secara berkala untuk menilai apakah jadwal dan metode perawatan yang diterapkan sudah efektif atau perlu penyesuaian. Evaluasi dapat dilakukan dalam rapat kelompok tani dengan membahas masalah yang masih terjadi dan solusi yang perlu diterapkan.

4.9 Monitoring Produksi

Monitoring produksi merupakan kegiatan esensial dalam manajemen perkebunan kelapa sawit yang bertujuan untuk mengukur, mencatat, menganalisis, dan mengevaluasi seluruh data terkait hasil panen, mulai dari kebun hingga pabrik. Hasil monitoring digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan manajerial dan operasional untuk memastikan target produksi tercapai secara optimal dan berkelanjutan. Dalam konteks Tanaman Menghasilkan (TM), fokus utama monitoring adalah pada kualitas dan kuantitas Tandan Buah Segar (TBS) yang dipanen. Pengambilan keputusan yang efektif di tingkat perkebunan sangat bergantung pada akurasi dan kecepatan data real-time. Monitoring produksi bukan sekedar pencatatan, melainkan fondasi dari praktik precision agriculture dalam kelapa sawit.

- Definisi dan Filosofi Manajemen

Monitoring produksi adalah sebuah sistem kendali terpadu yang memastikan bahwa hasil aktual sesuai dengan ekspektasi atau target yang telah ditetapkan dalam rencana kerja tahunan (RKT) perusahaan. Proses ini melibatkan pengawasan data secara berkelanjutan dan bertahap.

- Tujuan Utama Monitoring Produksi

- Pengendalian Kualitas: Memastikan buah sawit dipanen pada tingkat kematangan yang optimal untuk menghasilkan rendemen minyak sawit mentah (CPO) dan inti sawit (PKO) terbaik.

- Pengendalian Kuantitas: Memverifikasi volume TBS yang dipanen per hektar (produktivitas) dan total TBS yang masuk ke pabrik sesuai dengan target yang telah ditetapkan (plan).

- Evaluasi Kinerja: Menilai efektivitas dan efisiensi kerja pemanen, mandor, dan manajer kebun dalam pelaksanaan panen.

- Peramalan Produksi: Menyediakan data historis yang akurat untuk memproyeksikan produksi di masa mendatang, sangat penting untuk perencanaan logistik dan pemasaran.

- Signitifikasi Ekonomi, Operasional, dan Lingkungan
- Optimalisasi Rendemen (OER) : Monitoring kematengan buah secara ketat (pengecekan persentase brondolan) secara langsung memengaruhi niai rendemen minyak yang akan didapatkan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS).
- Efisien Biaya (*Cost Efficiency*) : Data monitoring membantu mengidentifikasi blok berproduksi rendah (*low-yielding block*), sehingga alokasi pupuk, pestisida, dan tenaga kerja dapat difokuskan pada area yang memberikan *return* tertinggi.
- Aspek Keberlanjutan (ISPO/RSPO) : Sistem monitoring yang transparan dan berdokumentasi adalah prasyarat wajib dalam sertifikasi keberlanjutan (ISPO/RSPO) untuk memastikan praktik panen yang bertanggung jawab.
- Integrasi Rencana dan Realisasi : Monitorng harus selalu membandingkan antara Rencana Panen (Plan) dan Realisasi Panen (Actual)

$$\text{Deviasi Produksi (\%)} = \frac{\text{Realisasi Produksi} - \text{Rencana Produksi}}{\text{Rencana Produksi}} \text{ x } 100\%$$

- Paramenter Kunci dan Standar Kualitas Panen

- Paramenter Kuantitas Utama

Paramenter	Satuan	Deskripsi
Produktivitas (Yield)	Ton TBS/Ha/Bulan atau Tahun	Jumlah TBS yang dipanen perluasan kebun.
Pencapaian Panen	%	Perbandingan antara hasil panen aktual dengan rencana panen (plan)
Rotasi Panen (Harvesting Round)	Hari	Jangka waktu antara satu panen ke panen berikutnya pada blok yang sama. Ideal 7-10 hari.
Angka Kerapatan Panen (AKP)	Jumlah janjang per hektar	Indikator yang mencerminkan populasi pohon berproduksi.
Susut Panen	Ton atau %	Jumlah TBS/brondolan yang hilang atau tertinggal (tidak terangkut) di lapangan.

- Monitoring Kualitas Panen (Mutu TBS)

Kualitas adalah aspek monitoring yang paling vital karena terkait langsung dengan Rendemen (OER) di PKS. Standar monitoring yang umum di Indonesia adalah persentase brondolan yang terlepas dari janjang.

Kategori Mutu	Standar brondolan (Minimum)	Dampak Kualitas
Buah Mentah (BM)	0 brondolan terlepas	Rendemen minyak hangat rendah, kerugian besar

Buah kurang matang (BKM)	1 – 4 brondolan terlepas	Rendemen belum optimal, sebaiknya dihindari
Buah matang (Ripe)	Minimal 5 brondolan terlepas	Kondisi ideal untuk diolah. Rendemen dan kualitas terbaik
Buah lewat matang (BLM)	Semua brodolan terlepas (buah restan)	Rendeman minyak tinggi, namun asam lemak bebas (ALB) tinggi, kualitas CPO menurun.

- Prosedur Sampling Kualitas

Monitoring kualitas harus dilakukan secara berkala dan acak (random) oleh petugas Quality Control (QC) di Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) dan/atau di Jembatan Timbang PKS.

- Pengecekan TPH : Petugas QC mengambil sampel janjang secara acak dari setiap pemanen dan memverifikasi persentase brondolan terlepas, serta mencatat adanya janjang kosong (tanpa brondolan).
- Pengecekan Timbangan : Data hasil cek mutu di loading ramp PKS diinput real-time. Data ini menjadi basis sanksi atau insentif bagi tim panen.
- Mekanisme dan Implementasi Montoring Berbasis Teknologi

Perkembangan teknologi telah merevolusi sistem monitoring produksi kelapa sawit di Indonesia, beralih dari pencatatan manual ke sistem digital (e-Harvesting).

A. Siklus Monitoring Konvensional vs. Digital

Aspek	Konvensional (Manual)	Digital (e-Harvesting)
Pencatatan	Formulir kertas, check-roll	
Verifikasi	Cek fisik manual oleh Mandor	Time stamp dan koordinator GPS otomatis
Pelacakan	Sulit melacak asal buah hingga ke Pemanen	Setiap transaksi memiliki ID unik (barcode/QR code)
Kecepatan Data	Harian/Mingguan (Lambat)	Real-Time (Instan)

Akurasi	Retan human error dan manipulasi	Akurasi tinggi, data terpusat (server)

Penerapan sistem digital terintegrasi (e-Harvesting) mampu mengurangi selisih timbangan dan meningkatkan akurasi data TPH. Ini merupakan langkah fundamental dalam meminimalkan moral hazard di lapangan.

B. Monitoring Berbasis Sistem Bercode dan Aplikasi Mobile

- Aplikasi Mobile: Digunakan oleh pemanen atau mandor untuk mencatat data panen (janjang, berat, blok, kualitas) secara langsung di lapangan.
- Aplikasi ini harus memiliki fitur koordinat GPS dan time stamp untuk memvalidasi lokasi dan waktu panen.

1. Sistem Barcode/QR Code: Setiap karung brondolan atau angkutan TBS diberi tag digital (barcode) yang memuat identitas pemanen, blok, dan waktu panen. Sistem ini memungkinkan analisis kinerja individu.

C. Monitoring Berbasis Penginderaan Jauh (SIG)

Integrasi data produksi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan dimensi spasial dalam monitoring.

1. Visualisasi Produktivitas: Data panen harian diplot pada peta blok. Peta ini dapat divisualisasikan dengan warna yang menunjukkan tingkat produktivitas (merah untuk rendah, hijau untuk tinggi), memudahkan Manajer Kebun untuk mengidentifikasi anomali spasial produktivitas.

Pemetaan pencapaian produksi kebun kelapa sawit dapat digunakan untuk monitoring, evaluasi, dan masukan kepada manajemen kebun dalam pengambilan keputusan dalam pengelolaan kebun kelapa sawit.

2. Aplikasi WebGIS: Memungkinkan pengelola perkebunan untuk mengakses database tiap blok kapan saja dan di mana saja, termasuk data historis produksi, kondisi topografi, dan tahun tanam (Yuniasih et al., 2024).

- Mekanisme dan Implementasi Montoring Berbasis Teknologi

Data yang terkumpul dari sistem monitoring harus diolah menjadi laporan yang berfokus pada Indikator Kinerja Kunci (KPI) untuk mendukung pengambilan keputusan.

- Indikator Kinerja Kunci dari Data Monitoring

KPI	Kegunaan Manajerial
Berat Rata-rata janjang (BRJ)	Indikator keberhasilan progam pemupukan. Penurunan BRJ menandakan gangguan hara atau manajamen air.
Kinerja Pemanen Individual	Evaluasi berdasarkan janjang yang dipanen dan persentase buah mentah yang dihasilkan (untuk insentif/sanksi)
Rasio Ekstraksi Minyak (OER) Prediktif	Prediksi rendemen minyak di PKS berdasarkan mutu TBS yang masuk, penting untuk perencanaan kapasitas PKS.
Analisis Gap Produksi Spasial	Mengidentifikasi blok – blok yang mengalami penurunan produksi drastis (gap), memicu inspeksi segera terkait hama penyakit atau kondisi tanah.

- Dampak Monitoring Digital Terhadap Peningkatan OER

Penerapan sistem monitoring produksi digital yang ketat dapat secara langsung meningkatkan efisiensi Pabrik Kelapa Sawit (PKS) melalui perbaikan mutu bahan baku. Sebelum tahun 2021, sebuah perkebunan kelapa sawit besar menggunakan sistem pencatatan manual. Akibatnya, persentase Buah Mentah (BM) dan Buah Lewat Matang (BLM) yang masuk ke PKS mencapai rata-rata 15-20% dari total TBS, menyebabkan Rendemen Ekstraksi Minyak (OER) rata-rata PKS saat itu hanya berkisar di angka 20.5%.

Intervensi Monitoring (Sejak 2022)

Perusahaan mengimplementasikan sistem monitoring produksi terintegrasi (e-Harvesting dan e-Grading) :

1. Sistem Reward and Punishment: Mandor lapangan dikenakan sanksi jika persentase BM atau BLM pada hasil panennya melebihi batas toleransi (<5\%). Data mutu diambil langsung dari hasil grading di PKS.

2. Analisis Real-Time: Data kualitas panen (persentase BM/BLM) dipetakan ke kinerja individu pemanen dan dievaluasi setiap hari.

Hasil dan Dampak

Paramenter	Sebelum Intervensi (Rata-rata 2021)
Total Mutu Cacat (BM + BLM)	20%
Rendemen Ekstraksi Minyak (OER)	20.5%

Peningkatan OER sebesar 1.6\% poin secara langsung berkorelasi dengan perbaikan mutu TBS yang masuk, yang merupakan hasil dari monitoring produksi real-time yang akurat dan terintegrasi. Sistem monitoring digital bukan hanya alat pencatat, tetapi merupakan instrumen kendali mutu yang terbukti efektif meningkatkan profitabilitas.

- Studi kasus dan Benchmarking Monitoring Produksi

Penerapan monitoring produksi yang efektif harus dapat dibuktikan melalui studi kasus nyata yang menunjukkan peningkatan kinerja operasional dan finansial. Bagian ini menyajikan contoh bagaimana data monitoring dikonversi menjadi tindakan korektif dan pembanding kinerja (benchmarking).

- Dampak Implementasi E-Reporting Terhadap Akurasi Data

Sebelum implementasi E-Reporting (pencatatan digital) :

Masalah : Tingkat akurasi data Janjang (Jjg) di lapangan dibandingkan dengan PKS hanya mencapai 85%. Selisih 15% ini disebabkan oleh human error, ketidakdisiplinan Mandor, dan potensi manipulasi.

Dampak : Mempersulit akuntabilitas pemanen, menimbulkan sengketa pembayaran upah, dan mengganggu yield forecasting.

Setelah implementasi E-Reporting (dilengkapi GPS Tagging) :

- Peningkatan : Dalam 6 bulan, akurasi data Jjg Lapangan versus Jjg PKS meningkat menjadi 98%.

Hasil: Manajemen dapat segera mengidentifikasi Pemanen yang memiliki tingkat error atau gap Jjg tertinggi dan memberikan pelatihan atau sanksi yang tepat. Peningkatan akurasi ini juga memperbaiki kualitas yield forecasting hingga pm 5%.

"Digitalisasi pencatatan panen pada akhirnya bukan hanya soal kecepatan, tetapi soal meningkatkan transparansi dan akuntabilitas. Ketika data sudah terverifikasi secara spasial dan temporal, ruang gerak untuk fraud dan human error semakin tertutup."

Peningkatan Rendemen Melalui Kontrol Fraksi Matang

Kualitas (fraksi matang) adalah penentu langsung Rendemen Minyak (OER). Sebuah perkebunan melakukan studi kasus untuk menguji korelasi ini.

- Data Awal (Baseline)

1. Persentase TBS Fraksi 0 dan 00 (Mentah) di PKS: 12%
2. OER Rata-rata: 21.5%
3. Kadar ALB (Free Fatty Acid): 3.5%

- Tindakan Korektif Berbasis Monitoring

Manajemen menugaskan Krani Mutu untuk memberikan feedback harian ke Mandor, disertai penalti yang ketat untuk TBS mentah. Data persentase fraksi mentah di-monitor secara real-time per afdeling.

- Data Akhir (Setelah 3 Bulan Monitoring Intensif)
    - Persentase TBS Fraksi 0 dan 00 (Mentah) turun menjadi 4%
    - OER Rata-rata meningkat menjadi 22.7%
    - Kadar ALB turun menjadi 2.5%

- Tantangan dan Prospek Monitoring Masa Depan

1. Tantangan Implementasi di Indonesia

Infrastruktur Digital: Ketersediaan jaringan internet yang stabil di daerah terpencil masih menjadi hambatan utama dalam operasional real-time. Kesiapan SDM: Resistensi dan kurangnya literasi digital di kalangan pemanen dan mandor senior memerlukan pelatihan yang berkelanjutan.Integrasi Data: Memastikan data dari aplikasi e-Harvest terintegrasi secara mulus dengan sistem Enterprise Resource Planning (ERP) perusahaan.

2. Prospek Teknologi Masa Depan

Machine Learning (ML) dan Drone: Penggunaan drone untuk memotret TPH dan area panen, dikombinasikan dengan ML untuk menghitung secara otomatis jumlah janjang yang tertinggal (susut) dan memprediksi kematangan TBS dari citra udara. Internet of Things (IoT): Penerapan sensor pada pohon sawit untuk memantau kondisi lingkungan mikro dan fisiologis tanaman sebagai prediktor produksi di masa depan (Wahyuni et al., 2022). Blockchain: Potensi penerapan teknologi blockchain untuk menjamin ketidakmampuan manipulasi (immuutability) data panen dan logistik dari kebun hingga PKS, mendukung transparansi rantai pasok.

4.9.1 Integrasi Hasil Monitoring ke Keputusan Manajemen

Tujuan akhir dari monitoring produksi adalah menyediakan data yang dapat ditindaklanjuti. Program pemupukan adalah investasi terbesar kedua setelah biaya panen. Monitoring produksi menyediakan dasar ilmiah untuk pemupukan presisi.

•Pemupukan Berbasis Output : Kebutuhan hara (N, P, K, Mg) sawit dipengaruhi oleh jumlah TBS yang dihasilkan. Blok yang berproduksi tinggi secara alami memerlukan dosis pemupukan yang lebih tinggi untuk menggantikan unsur hara yang terbawa oleh TBS.

•Pemupukan Korektif Spasial: Menggunakan data SIG coldspot (blok produktivitas rendah) untuk:

1. Memastikan blok tersebut menerima pupuk dengan dosis tepat, bukan hanya dosis rata-rata.

2. Melakukan analisis daun dan tanah di blok tersebut untuk mendiagnosis defisiensi spesifik (misalnya, kekurangan Boron atau Kalium) yang menyebabkan hasil rendah.

Konversi Data Produksi menjadi Keputusan Anggaran dan Investasi yaitu :

• Justifikasi Peremajaan (Replanting): Jika analisis tren menunjukkan bahwa Kelompok Umur Tua (KUT) berada di bawah batas ekonomi (misalnya 15 Ton/Ha), data tersebut menjadi dasar kuat bagi Direksi untuk menyetujui anggaran replanting tahunan.

•Perencanaan Anggaran Logistik: Yield forecast digunakan untuk menentukan jumlah truk, tenaga kerja, dan kapasitas PKS yang dibutuhkan dalam 12 bulan ke depan, memastikan sumber daya tersedia saat panen raya.

4.9.2 Manajemen Detail Rotasi dan Organisasi Panen

Optimasi Rotasi Panen (Harvesting Round Control) Monitoring produksi tidak hanya mencatat hasil, tetapi juga mengendalikan interval antar panen. Rotasi yang tidak terkendali (lebih dari 10 hari) menyebabkan peningkatan persentase buah lewat matang (BLM) dan asam lemak bebas (ALB).

1. Analisis Keterlambatan Rotasi: Setiap keterlambatan 1 hari di atas standar (7-10 hari) berpotensi menurunkan kualitas rendemen sebesar 0.2% karena proses oksidasi alami pada buah restan.
2. Sistem Monitoring Moving Average: Penggunaan data 4 minggu terakhir untuk memprediksi kebutuhan tenaga kerja pada minggu puncak (peak crop).

Penentuan Angka Kerapatan Panen (AKP) yang Akurat

AKP adalah prediktor harian yang krusial. Monitoring AKP dilakukan satu hari sebelum panen oleh petugas khusus atau Mandor Panen untuk menentukan:

1. Kebutuhan jumlah truk pengangkut.
2. Kebutuhan jumlah pemanen (pusingan panen).
3. Estimasi tonase yang akan diterima PKS besok pagi.

Faktor Eksternal dan Monitoring Kesehatan Tanaman

1. Dampak Defisit Air dan Curah Hujan

Monitoring produksi harus diintegrasikan dengan data stasiun curah hujan (Ombrometer).

1. Analisis Water Deficit: Penurunan produksi biasanya terjadi 12-24 bulan setelah periode kekeringan panjang. Monitoring ini membantu manajemen dalam menyesuaikan target RKT (Rencana Kerja Tahunan) agar tetap realistis.
2. Monitoring Water Table: Di lahan gambut, monitoring tinggi muka air sangat menentukan keberhasilan produksi.

2. Hama dan Penyakit (HPT) Terintegrasi

Produksi yang rendah di sebuah blok seringkali bukan karena masalah panen, melainkan serangan hama.

- Early Warning System (EWS): Monitoring serangan ulat api (UPDKS) dan tikus. Data sensus HPT harus disandingkan dengan peta produktivitas SIG untuk melihat korelasi antara penurunan produksi dan tingkat serangan hama.
- Kesehatan Tajuk: Penggunaan drone untuk memantau defisiensi hara makro yang terlihat dari perubahan warna daun (kuning/klorosis).

4.9.3 Manajemen Logistik dan Transportasi TBS

A. Monitoring Efisiensi Transportasi (Fleet Management)

Kecepatan pengiriman TBS dari TPH (Tempat Pengumpulan Hasil) ke PKS sangat menentukan kadar ALB CPO.

• Cycle Time Analysis: Memantau waktu tunggu truk di loading ramp PKS.

• Monitoring Buah Restan: Memastikan tidak ada TBS yang bermalam di lapangan (zero restan). Sistem digital harus mampu memberikan notifikasi real-time jika ada blok yang belum terangkut hingga pukul 16.00 WIB.

B. Optimasi Kapasitas Muat

Monitoring berat rata-rata muatan per truk untuk menekan biaya logistik per kilogram TBS. Penggunaan sensor beban pada truk yang terintegrasi dengan sistem e-Harvesting.

Pengembangan SDM dan Aspek K3 dalam Produksi

Monitoring Produktivitas Tenaga Kerja

- Output per Mandays: Mencatat rata-rata tonase yang dihasilkan per pemanen per hari.
- Skema Insentif Berbasis Kualitas: Memberikan premi lebih tinggi bagi pemanen yang konsisten mengirimkan "Buah Matang" (Ripe) dan memberikan penalti untuk "Buah Mentah" (Unripe).

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Lapangan

Monitoring produksi juga mencakup pengawasan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

- Pencatatan insiden kerja selama proses panen dan pengangkutan.
- Penyediaan sarana ergonomis (alat panen tajam dan terstandar) untuk mengurangi risiko cedera otot.

Analisis Finansial dan Pengambilan Keputusan Strategis

Cost of Production Monitoring

Analisis biaya per kilogram TBS berdasarkan data monitoring:

- Biaya Langsung (Upah panen, biaya angkut).
- Biaya Tidak Langsung (Perawatan jalan, biaya supervisi).

Evaluasi Kelayakan Replanting (Peremajaan)

Data historis monitoring produksi selama 5 tahun terakhir digunakan untuk menentukan Economic Yield Limit. Jika produktivitas blok tertentu tetap di bawah 15 Ton/Ha meskipun pemupukan sudah optimal, maka blok tersebut dijadwalkan untuk replanting.

Standar Dokumentasi untuk Sertifikasi Keberlanjutan

Traceability (Ketertelusuran)

- Dalam standar RSPO/ISPO, monitoring produksi harus membuktikan asal-usul buah. Setiap janjang harus bisa dilacak hingga ke nomor blok dan tahun tanamnya.
- Pencatatan penggunaan pestisida dan pupuk di blok yang bersangkutan sebagai bagian dari transparansi produk.

Audit Internal Monitoring

Prosedur verifikasi data antara catatan buku Mandor, data aplikasi digital, dan slip timbangan PKS untuk memastikan tidak ada penggelapan TBS atau manipulasi data.

BAB V
MANAJEMEN PANEN

5.1 Kriteria Buah Matang Panen

Pengertian Kematangan Buah Kelapa Sawit Kematangan buah kelapa sawit adalah kondisi optimal tandan buah segar (TBS) untuk dipanen berdasarkan perkembangan fisiologis dan morfologis buah. Secara rinci, pengertian kematangan buah dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Kematangan fisiologis

Kematangan fisiologis merupakan kondisi ketika proses pengisian minyak di dalam mesokarp telah mencapai tingkat maksimum. Pada fase ini, sel-sel mesokarp penuh dengan minyak dan aktivitas pembentukan minyak mulai menurun.

- Kematangan morfologis

Kematangan morfologis ditandai dengan perubahan fisik yang dapat diamati secara visual, seperti perubahan warna buah dari gelap menjadi merah jingga serta mulai terlepasnya brondolan.

- Kematangan teknis panen

Kematangan teknis panen adalah kondisi buah yang secara praktis paling menguntungkan untuk dipanen karena menghasilkan rendemen minyak tinggi dengan mutu minyak yang masih baik.

1. Struktur dan Perkembangan Buah Kelapa Sawit

Buah kelapa sawit (Elaeis guineensis) adalah hasil dari bunga betina yang diserbuki, dan buah ini tersusun dalam tandan besar yang sangat penting sebagai sumber minyak nabati dunia.

a. Struktur Buah Kelapa Sawit

Secara botani, buah kelapa sawit adalah buah berbiji tunggal (drupa) yang memiliki tiga lapisan utama:

Eksokarp: Ini adalah lapisan terluar yang berfungsi sebagai kulit buah. Lapisan ini tipis dan keras. Pada buah yang sudah matang, warna eksokarp berubah menjadi jingga kemerahan hingga ungu kehitaman, yang menandakan buah siap panen.

Mesokarp: Terletak di bawah eksokarp, mesokarp adalah lapisan yang tebal dan berserat. Bagian inilah yang merupakan sumber utama dari Minyak Sawit Mentah (Crude Palm Oil / CPO), dengan kandungan minyak yang sangat tinggi. Kualitas minyak sawit sangat bergantung pada kondisi mesokarp saat dipanen.

Endokarp: Lapisan ini dikenal sebagai tempurung atau cangkang yang sangat keras. Endokarp ini berfungsi melindungi inti biji yang ada di dalamnya. Ketebalan tempurung ini merupakan ciri penting untuk menentukan varietas kelapa sawit. Misalnya, varietas Tenera, yang paling umum ditanam secara komersial, memiliki tempurung yang tipis.

Di dalam endokarp terdapat Inti Biji (Kernel). Inti biji ini diproses untuk menghasilkan Minyak Inti Sawit (Palm Kernel Oil / PKO), yang memiliki kegunaan dan komposisi asam lemak yang berbeda dari CPO.

b. Perkembangan Buah Kelapa Sawit

Perkembangan buah kelapa sawit dari saat penyerbukan hingga matang panen memerlukan waktu sekitar lima hingga enam bulan atau kurang lebih 170 hingga 180 hari.

Fase Awal: Setelah penyerbukan, buah mengalami pembentukan dan mulai tumbuh perlahan selama dua bulan pertama.

Fase Pertumbuhan Cepat: Antara bulan kedua dan keempat, buah mengalami peningkatan ukuran dan berat yang signifikan. Selama fase ini, tempurung (endokarp) menjadi keras dan inti biji di dalamnya mulai terbentuk sempurna.

Fase Pematangan dan Akumulasi Minyak: Fase paling krusial terjadi sekitar bulan kelima. Pada fase ini, biosintesis lipid (pembentukan minyak) di dalam mesokarp berlangsung sangat cepat dan intensif. Inilah periode dimana kadar minyak mencapai puncaknya. Perubahan warna eksokarp menjadi jingga kemerahan juga terjadi pada fase ini.

Kematangan Panen: Buah dianggap matang dan siap panen secara komersial ketika beberapa buah kecil (brondolan) mulai lepas secara alami dari tandan dan jatuh ke piringan. Ini adalah indikator bahwa kandungan minyak telah optimal.

5.1.1 Minimal 5 Brondolan Jatuh

Kriteria minimal 5 brondolan jatuh merupakan salah satu Standar Operasional Prosedur (SOP) paling fundamental dalam kegiatan pemanenan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di Indonesia. Kriteria ini berfungsi sebagai penanda visual dan praktis yang mengindikasikan bahwa TBS telah mencapai Fraksi Kematangan Optimal yang direkomendasikan.

1. Definisi dan Konteks Agronomi

Definisi dan Konteks Agronomi Kriteria 5 Brondolan Jatuh (Penjelasan Komprehensif)Kriteria minimal 5 brondolan jatuh merupakan pondasi utama dalam praktik agronomis pemanenan kelapa sawit (Elaeis guineensis). Kriteria ini berfungsi sebagai penentu Fraksi Kematangan Optimal (FKO), sebuah titik kritis yang mempengaruhi keuntungan finansial dan keberlanjutan operasional perkebunan.

2. Definisi Fisik dan Fisiologis Brondolan

- Brondolan sebagai Produk Absesi Alami Brondolan (loose fruit) didefinisikan secara agronomi sebagai buah kelapa sawit tunggal yang terlepas secara tuntas dan mandiri dari tangkai tandannya (rachis). Pelepasan ini adalah hasil dari proses fisiologis yang disebut absesi, bukan karena kerusakan mekanis saat memotong. Proses absesi ini dipicu oleh perubahan biokimia internal buah setelah mencapai kematangan penuh. Peningkatan konsentrasi hormon tanaman, khususnya etilen, berperan sentral. Etilen menginduksi pembentukan dan aktivitas enzim (seperti selulase dan pektinase) yang secara bertahap melarutkan dinding sel pada lapisan pemisah (abscission layer) di pangkal buah, menyebabkan buah terpisah dari tandan.

- Kriteria Angka Minimum Criteria "minimal 5 brondolan jatuh" adalah standar kuantitatif yang diterjemahkan dari proses fisiologis di atas. Dalam praktik lapangan, kriteria ini menetapkan bahwa TBS baru dianggap matang dan layak dipanen jika ditemukan setidaknya lima butir buah yang sudah terlepas dan berada di piringan (area tanah di sekitar pangkal batang pohon). Angka 5 ini ditetapkan berdasarkan hasil penelitian empiris yang menunjukkan korelasi terkuat antara jumlah brondolan yang terlepas dengan kandungan minyak maksimum dalam tandan.

3. Konteks Agronomi Kritis

A. Keseimbangan Kuantitas dan Kualitas Penerapan ketat kriteria 5 brondolan bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara maksimalisasi kuantitas hasil panen (Rendemen Minyak) dan pemeliharaan kualitas minyak (ALB). Maksimalisasi Rendemen Minyak (Oil Extraction Rate / OER)Konteks agronomi utama kriteria ini adalah memastikan bahwa akumulasi minyak dalam buah telah mencapai puncaknya.

1 Phase Biosynthesis: Minyak (trigliserida) disintesis dan ditimbun secara intensif di dalam jaringan mesokarp, terutama antara 140 hingga 180 hari setelah penyerbukan (Days After Pollination/DAP).

2 Panen Dini (Under-ripe): Memanen TBS dengan brondolan di bawah 5 berarti buah masih dalam fase penimbunan minyak yang belum selesai. Hal ini menyebabkan OER sangat rendah, yang berujung pada kerugian besar karena setiap ton TBS yang diproses menghasilkan minyak yang tidak optimal. Kriteria 5 brondolan memastikan bahwa pemanen menunggu sampai tahap penimbunan ini selesai.

B. Kontrol Mutu Minyak (Asam Lemak Bebas / ALB)Selain kuantitas, kriteria ini berfungsi sebagai kontrol kualitas primer di lapangan.

- Peningkatan ALB: Kualitas minyak sawit dinilai berdasarkan kadar **Asam Lemak Bebas (ALB). ALB terbentuk melalui hidrolisis minyak yang disebabkan oleh enzim lipase yang aktif pada buah yang rusak atau busuk.

- Risiko Panen Terlambat: Jika TBS dibiarkan terlalu lama di pohon (brondolan jauh melebihi 5) atau brondolan yang jatuh tidak segera dikumpulkan, lipase akan aktif, terutama dengan adanya kelembaban. Hal ini meningkatkan ALB dalam CPO secara drastis (dapat mencapai 10\%-15\%), yang memerlukan biaya pemurnian mahal dan menyebabkan minyak ditolak atau dihargai rendah oleh pabrik.

- Titik Aman: Kriteria 5 brondolan adalah titik aman yang menjamin TBS telah matang sempurna, tetapi belum melewati batas waktu di mana risiko kenaikan ALB menjadi tidak terkendali.

4. Variasi Teknis dan Fleksibilitas Agronomi

Meskipun 5 brondolan adalah angka minimum, agronomi modern mengakui adanya variasi. Kriteria panen sering disesuaikan berdasarkan:

- Berat Janjang Rata-rata (BJR): Untuk TBS berukuran sangat besar (misalnya, lebih dari 15 kg), jumlah brondolan yang jatuh bisa lebih tinggi (misalnya 8-12 brondolan) untuk mewakili persentase kematangan yang sama (misalnya 15\%-25\% dari total buah luar). Hal ini dikategorikan dalam fraksi kematangan yang berbeda (Matang I, Matang II, dst.).
- Kondisi Lingkungan: Faktor seperti musim hujan (mempercepat absesi dan pembusukan) atau kondisi tanaman yang stres dapat mempengaruhi interpretasi kriteria brondolan di lapangan.

Dengan demikian, kriteria minimal 5 brondolan jatuh bukan hanya sekadar angka, tetapi merupakan sebuah prinsip manajemen agronomis yang vital untuk memastikan keberlanjutan dan profitabilitas perkebunan kelapa sawit.

5. Implikasi Kimia dan Kualitas Minyak

Memanen pada titik yang tepat sangat krusial karena berdampak langsung pada dua faktor kualitas utama:

a. Rendemen Minyak (Oil Extraction Rate / OER)

Rendemen minyak adalah persentase minyak yang berhasil diekstrak dari TBS. Akumulasi minyak di mesokarp terjadi secara eksponensial setelah 140 DAP. Kriteria 5 brondolan ini menjamin bahwa:

- Panen Dini (Under-ripe): Jika dipanen sebelum 5 brondolan, buah dianggap mentah. Akumulasi minyak belum mencapai puncaknya, menyebabkan Rendemen Minyak Rendah dan kerugian ekonomi signifikan.
- Panen Tepat (Optimal): Kriteria 5 brondolan mewakili titik di mana rasio antara minyak dan air dalam mesokarp paling ideal, menghasilkan OER tertinggi.

b. Asam Lemak Bebas (ALB / Free Fatty Acid - FFA)

ALB adalah indikator kualitas minyak. Semakin rendah ALB, semakin baik kualitas minyak.

- Panen Terlambat (Over-ripe): Jika TBS dibiarkan terlalu lama di pohon hingga jumlah brondolan jatuh sangat banyak (misalnya > 25 butir), atau jika brondolan yang jatuh dibiarkan terlalu lama di tanah, proses hidrolisis (pemecahan gliserida minyak menjadi ALB) akan meningkat tajam, dipicu oleh enzim lipase.
- Peningkatan ALB yang cepat ini sangat merugikan pabrik karena CPO dengan ALB tinggi memerlukan proses pemurnian yang lebih mahal. Oleh karena itu, kriteria 5 brondolan membantu menjaga ALB CPO tetap rendah (standar pabrik biasanya $< 3\%$).

6. Aspek Standar Operasional dan Variabilitas

Meskipun "minimal 5 brondolan jatuh" adalah panduan dasar, penerapannya dapat disesuaikan:

Standar Kematangan	Kriteria Kematangan (Contoh SOP)
TBS Ringan (< 10 kg)	Minimal 5 brondolan jatuh.

TBS Sedang/Berat (> 10 kg)	Minimal 10 brondolan jatuh atau persentase membrondol antara 12,5% hingga 25% dari jumlah buah luar.

Perbedaan ini penting karena pada tandan yang lebih besar, 5 brondolan mungkin hanya mewakili persentase kecil dari total buah, sehingga tidak mencerminkan kematangan menyeluruh.

5.1.2 Kulit Buah Berubah Warna

Perubahan Warna Kulit Buah (Eksokarp) Kelapa Sawit: Indikator Fisiologis Kematangan Optimal Perubahan warna pada kulit buah (eksokarp) kelapa sawit (Elaeis guineensis) merupakan salah satu indikator visual paling vital yang digunakan dalam manajemen perkebunan untuk mengkonfirmasi bahwa Tandan Buah Segar (TBS) telah mencapai kematangan fisiologis dan komersial yang optimal. Proses perubahan warna ini adalah manifestasi luar dari serangkaikan perubahan biokimia kompleks yang terjadi di dalam buah, khususnya yang terkait dengan akumulasi minyak.

A. Dasar Fisiologi dan Struktur Eksokarp

- Struktur Eksokarp dan Pigmen Primer Eksokarp

  adalah lapisan terluar buah, berfungsi sebagai pelindung sekaligus tempat penampungan pigmen yang memberikan warna. Pada dasarnya, warna buah kelapa sawit ditentukan oleh interaksi dan perbandingan dua kelompok pigmen utama: Klorofil dan Karotenoid.

  Klorofil (Hijau): Dominan pada buah muda, berfungsi dalam fotosintesis ringan pada tandan yang masih menerima cahaya. Klorofil menyerap cahaya merah dan biru, memantulkan hijau.

  Karotenoid (Kuning, Jingga, Merah): Pigmen lipofilik (larut lemak) yang dominan pada buah matang. Pigmen ini tidak hanya memberikan warna tetapi juga merupakan prekursor Vitamin A dan antioksidan penting yang menjadi ciri khas minyak sawit.

- Kematangan Fisiologis vs. Kematangan KomersialKematangan kelapa sawit memiliki dua fase:

1. Kematangan Fisiologis: Dicapai ketika biji di dalam inti (kernel) telah terbentuk sempurna dan buah siap untuk berkecambah.

2. Kematangan Komersial (Optimal): Dicapai ketika kandungan minyak (lipid) di dalam mesokarp berada pada puncaknya, yang ditandai dengan perubahan warna eksokarp dan pelepasan brondolan.

B. Proses Degradasi Klorofil (Fase Mentah ke Sedang)

1. Degradasi Klorofil sebagai Titik Balik Perubahan warna dari hijau ke warna hangat (jingga/merah) dimulai dengan degradasi klorofil. degradasi ini terjadi seiring dimulainya fase pematangan buah yang dipicu secara hormonal.

- Penyebab Degradasi: Peningkatan aktivitas enzim klorofilase dan klorofil dechelatase. Enzim-enzim ini memecah struktur cincin porfirin klorofil (inti magnesium dilepaskan), mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berwarna (catabolites).

- Waktu Kritis:Proses ini biasanya dimulai intensif sekitar 120-140 Hari Setelah Penyerbukan (DAP), bertepatan dengan dimulainya akumulasi minyak yang cepat di dalam mesokarp.

- Implikasi Warna: Ketika klorofil terdegradasi, pigmen yang tadinya tertutupi (karotenoid) mulai terekspos, mengubah warna buah dari hijau gelap menjadi warna transisi seperti hijau kekuningan atau hijau zaitun.

2. Perbedaan Warna Berdasarkan Tipe Dinding SelPerubahan warna tidak selalu seragam. Pada beberapa varietas, ujung buah atau bagian yang terpapar cahaya lebih dahulu menunjukkan perubahan warna, sementara bagian pangkal tandan yang tertutup mungkin lebih lambat. Variabilitas ini harus diperhitungkan oleh pemanen.

C. Biosintesis Karotenoid dan Akumulasi Minyak

1. Sintesis Karotenoid sebagai Indikator Akumulasi Minyak Seiring dengan degradasi klorofil, terjadi biosintesis karotenoid yang sangat aktif. Ini adalah fase paling penting.

a) Mekanisme Sintesis: Karotenoid disintesis melalui Jalur Asam Mevalonat (MVA) atau Jalur MEP, menghasilkan pigmen utama seperti alpha-karoten dan beta-karoten. beta-karoten adalah yang paling dominan dan merupakan prekursor kuat Vitamin A.

b) Korelasi dengan Lipid: Sintesis karotenoid ini terjadi paralel dan berkorelasi erat dengan akumulasi minyak di mesokarp. Karena karotenoid adalah pigmen lipofilik (larut dalam lemak), peningkatan kandungannya menandakan peningkatan kandungan minyak di jaringan buah. Oleh karena itu, warna jingga pekat yang muncul berfungsi sebagai lampu hijau alami bahwa lemak telah terisi maksimal.

D. Varietas dan Pola Warna Khas

Pola perubahan warna juga dipengaruhi oleh genetika buah (fenotipe Nigrescens vs. Virescens):

- Fenotipe Nigrescens (Umum pada Tenera dan Dura):Buah mentah berwarna hijau kehitaman. Saat matang, berubah menjadi jingga kemerahan atau merah marun yang kaya.

- Fenotipe Virescens (Jarang Ditanam Komersial): Buah mentah berwarna hijau pucat, dan ketika matang, warnanya berubah menjadi kuning pucat dan tidak memiliki warna hitam di ujungnya. Perubahan warna pada varietas ini kurang dramatis.

E. Kriteria Warna sebagai Standar Panen Tambahan

1. Standar Panen Berdasarkan Persentase Warna Di lapangan, pemanenan tidak hanya berpatokan pada brondolan jatuh, tetapi juga pada cakupan perubahan warna. Standar komersial sering mensyaratkan:

- Tandan dianggap matang komersial ketika setidaknya **50\% dari permukaan buah luar** telah menunjukkan perubahan warna yang konsisten menjadi jingga-merah atau ungu kehitaman, yang terjadi berbarengan dengan pelepasan brondolan minimal 5 butir.

Penggunaan kriteria warna membantu memverifikasi kematangan, terutama pada tandan yang besar di mana brondolan yang jatuh mungkin tidak ditemukan karena tertutup vegetasi.

2. Mengatasi Kesalahan Panen (Panen Mentah)Kriteria warna adalah alat untuk mencegah panen dini (under-ripe). Jika warna belum berubah sepenuhnya (masih didominasi hijau), meskipun mungkin ada sedikit brondolan jatuh (akibat kerusakan mekanis atau hama), tandan tersebut harus ditunda panennya. Panen TBS yang masih hijau akan menyebabkan rendemen minyak (OER) yang rendah dan kadar air yang tinggi dalam minyak.

F. Hubungan Warna dengan Kualitas Minyak Akhir

1. Karotenoid sebagai Faktor Mutu Perubahan warna yang intens (jingga kemerahan) tidak hanya menandakan kuantitas minyak, tetapi juga kualitasnya:

- Minyak yang diekstrak dari buah dengan warna eksokarp yang pekat memiliki kandungan **karotenoid mentah yang sangat tinggi** (sekitar 500-2000 ppm), menjadikan minyak sawit mentah (CPO) sebagai sumber karotenoid alami terkaya di dunia.

- Warna merah dari CPO adalah hasil langsung dari pigmen karotenoid ini, yang sangat dihargai sebagai antioksidan alami (terutama \beta-karoten dan \alpha-karoten) yang memberikan stabilitas oksidatif pada minyak.

2. Kematangan Lewat Batas (Over-ripe)Pada fase kematangan yang sangat terlambat (over-ripe), meskipun karotenoid mungkin tetap tinggi, perubahan warna bisa menjadi sangat gelap (ungu kehitaman pekat). Ini sering dikaitkan dengan:

Peningkatan kadar Asam Lemak Bebas (ALB).

- Kerusakan struktural buah yang memudahkan enzim lipase masuk dan memecah minyak.

- Warna yang terlalu gelap dapat mengindikasikan awal pembusukan atau kontaminasi mikroba, meskipun ini lebih sering terlihat pada brondolan yang sudah lama di tanah.

Perhitungan Rotasi Panen 7-10 Hari. Rotasi panen adalah salah satu keputusan manajemen agronomis yang paling krusial dalam operasi perkebunan kelapa sawit. Interval 7 hingga 10 hari ditetapkan berdasarkan keseimbangan ilmiah antara laju kematangan buah, kualitas minyak yang diinginkan, dan efisiensi operasional.

5.1.3 Definisi, Tujuan, dan Dasar Agronomis Rotasi

1.Definisi Rotasi Panen

Rotasi panen (atau "Pusingan Panen") didefinisikan sebagai interval waktu yang dibutuhkan oleh seluruh luasan areal panen (blok atau divisi) untuk diselesaikan pemanenannya satu putaran, sebelum pemanenan di blok pertama dimulai kembali. Standar interval yang paling umum adalah 7, 8, 9, atau 10 hari.

2.Tujuan Utama Rotasi Ideal

Tujuan utama penetapan rotasi 7–10 hari adalah untuk memastikan bahwa setiap Tandan Buah Segar (TBS) dipanen tepat pada Fraksi Kematangan Optimal (FKO).

- Pematangan Cepat: Pada fase akhir pematangan (setelah 140 hari setelah penyerbukan), akumulasi minyak di dalam buah berlangsung sangat cepat. Setelah buah mencapai puncak minyaknya, proses pelepasan brondolan dimulai (kriteria minimal 5 brondolan jatuh).
- Waktu Toleransi: Interval 7–10 hari merupakan periode toleransi yang cukup sempit untuk "menangkap" tandan begitu mereka mencapai kriteria matang minimum, sebelum mereka beralih ke kondisi lewat matang (*over-ripe*).

3. Dasar Fisiologis Penentuan Interval

Penentuan rotasi 7–10 hari berakar pada fisiologi buah. Diketahui bahwa setelah buah mulai membrondol:

- Peningkatan jumlah brondolan yang jatuh terjadi secara progresif dan cepat dalam beberapa hari berikutnya.
- Jika tandan dibiarkan terlalu lama di pohon setelah membrondol, risiko peningkatan kerusakan akibat hama atau burung akan meningkat.

Oleh karena itu, interval yang relatif pendek memastikan bahwa sebagian besar TBS di areal tersebut dipanen dalam kondisi kualitas tertinggi.

5.1.4 Implikasi Kualitas: Rendemen Minyak (OER) dan ALB

1. Dampak pada Rendemen Minyak (OER)

Rotasi panen secara langsung memengaruhi kuantitas minyak yang diekstrak (OER).

- Rotasi Lebih dari 10 Hari (Jarang): Jika rotasi terlalu panjang (misalnya 15 hari), tandan yang seharusnya dipanen pada hari ke-7 akan tertunda hingga hari ke-15. Dalam 8 hari tambahan tersebut, tandan tersebut tidak akan menambah minyak secara signifikan (karena sudah mencapai puncak), tetapi berisiko besar menjadi lewat matang, meningkatkan kerugian brondolan yang jatuh dan kemungkinan pembusukan. Kerugian brondolan yang tidak terkutip menurunkan OER aktual pabrik.

- Rotasi Ideal 7–10 Hari: Interval ini menjaga sebagian besar tandan dipanen saat OER-nya berada pada titik tertinggi (FKO), memaksimalkan efisiensi ekstraksi minyak.

2. Kontrol Asam Lemak Bebas (ALB)

Pengendalian ALB adalah alasan utama rotasi harus dijaga agar tetap pendek:

- Peningkatan ALB: Setelah brondolan jatuh dan berada di tanah, atau tandan dibiarkan lewat matang di pohon, enzim lipase aktif. Lipase memecah trigliserida (minyak) menjadi Asam Lemak Bebas (ALB). Kenaikan ALB adalah indikator penurunan kualitas yang harus dihindari.
- Korelasi Rotasi dan ALB: Rotasi yang terlalu panjang secara langsung menyebabkan persentase TBS lewat matang meningkat, yang berujung pada peningkatan ALB rata-rata seluruh pasokan TBS ke pabrik. Minyak dengan ALB tinggi memerlukan proses pemurnian yang lebih mahal. Rotasi 7–10 hari adalah batas yang dapat diterima untuk menjaga ALB tetap rendah (umumnya di bawah).

5.1.5 Perhitungan Teknis dan Penyesuaian Rotasi

1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Interval

Meskipun standar adalah 7–10 hari, manajer kebun menyesuaikan rotasi berdasarkan faktor dinamis:

Faktor Dinamis	Kondisi yang Mendorong Rotasi Pendek (7 hari)	Kondisi yang Mendorong Rotasi Panjang (10 hari)
Produktivitas (Yield)	Masa Puncak Panen (hasil TBS tinggi)	Masa Trek/Musim Kemarau (hasil TBS rendah)
Tenaga Kerja	Tenaga Pemanen Cukup/Berlebih	Keterbatasan Tenaga Pemanen
Kapasitas Pabrik	Pabrik memiliki Kapasitas Cadangan	Pabrik beroperasi di Batas Kapasitas

Faktor Dinamis	Kondisi yang Mendorong Rotasi Pendek (7 hari)	Kondisi yang Mendorong Rotasi Panjang (10 hari)
Iklim	Musim Hujan (mempercepat pematangan/kerusakan)	Musim Kemarau (memperlambat pematangan)

- Musim Puncak: Saat TBS banyak, rotasi 7 hari sangat dianjurkan untuk mencegah buah membusuk di pohon.
- Musim Trek: Saat TBS sedikit, rotasi bisa diperpanjang hingga 10 hari karena jumlah tandan matang yang muncul per hari lebih sedikit, dan tandan yang tersisa memiliki waktu tunggu yang lebih lama untuk mencapai kematangan.

2. Metode Perhitungan Sederhana (Contoh)

Penentuan jadwal panen harian didasarkan pada pembagian total luasan panen efektif:

{Luas Harian (Ha)} = {Total Luas Areal Panen (Ha) {Rotasi Panen (Hari)

Jika total areal panen efektif adalah 1.000 Ha dan rotasi yang dipilih adalah 10 hari, maka setiap hari harus dipanen 100 Ha. Jika kondisi mendesak rotasi 7 hari, maka setiap hari harus disiapkan tenaga kerja untuk memanen 143 Ha.

5.2 Teknik Panen

5.2.1 Penggunaan dodos dan egrek

Alat yang paling vital dalam proses panen kelapa sawit ialah egrek dan dodos. Egrek merupakan pisau berbentuk sabit yang berfungsi untuk memotong pelepah atau tandan buah kelapa sawit dengan cara ditarik. Alat ini biasanya digunakan pada tanaman kelapa sawit dengan ketinggian lebih dari 5 meter. Dodos merupakan pisau yang digunakan untuk memotong pelepah atau tandan buah kelapa sawit dengan cara didorong Alat ini biasanya digunakanpada tanaman kelapa sawit dengan ketinggian kurang dari 5 meter.

Egrek dan dodos membutuhkan tenaga cukup besar dan keahlian khusus dalam penggunaanya, yang mana hal tersebut dapat menghambat kinerja petani terutama yang baru dan belum terbiasa dalam menggunakan alat yang ada. Kendala lainnya ialah terletak pada efektivitas dan efisiensi alat yang digunakan, dimana banyak dari egrek dan dodos manual hanya memiliki ukuran panjang tertentu sehingga sulit digunakan pada kelapa sawit dengan ketinggian yang berbeda dan oleh petani dengan dimensi tubuh yang berbeda. Hal tersebut mempengaruhi kinerja petani karena harus menyesuaikan jenis mata pisau hingga postur dan posisi kerja terhadap alat yang digunakan dan ketinggian kelapa sawit yang akan dipanen. Selain itu, petani juga kesulitan dalam hal mobilitas dan penggunaan alat karena alat yang cukup berat dan panjang serta termasuk benda tajam yang dapat melukai jika tidak diperhatikan penggunaanya.

Dodos dan egrek adalah dua alat panen tradisional yang paling banyak digunakan. Dodos umumnya digunakan pada tanaman dengan tinggi rendah hingga sedang, sedangkan egrek digunakan pada tanaman yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pemahaman teknik penggunaan kedua alat tersebut menjadi kompetensi penting bagi pemanen.

- Teknik dan cara penggunaan dodos dan egrek
- Teknik penggunaan Dodos

1. Posisi Awal Pemanen

Pemanen berdiri dengan posisi kaki terbuka seimbang dan tubuh sedikit menyamping dari arah jatuhnya tandan. Posisi ini bertujuan menjaga keseimbangan serta menghindari tandan yang jatuh tepat ke arah tubuh pemanen.

2. Pegangan Dodos

Dodos dipegang dengan kedua tangan secara kuat dan stabil. Satu tangan berada di bagian gagang bawah sebagai penopang, sedangkan tangan lainnya mengatur arah dan kekuatan ayunan. Pegangan harus mantap namun tetap fleksibel.

3. Penentuan Titik Potong

Titik potong diarahkan pada pangkal tangkai tandan atau pelepah penyangga tandan. Pemotongan harus tepat sasaran untuk menghasilkan potongan bersih dan mencegah tandan tersangkut di pelepah lain.

4. Teknik Ayunan

Ayunan dodos dilakukan dari arah bawah ke atas atau menyamping dengan satu ayunan kuat dan terkontrol. Hindari ayunan berulang yang dapat menyebabkan kelelahan dan risiko cedera. Ayunan harus mengikuti arah mata pisau.

5. Pengendalian Arah Jatuh Tandan

Sebelum memotong, pemanen harus memastikan area jatuh tandan aman dan tidak ada pekerja lain di sekitarnya. Arah jatuh tandan dikendalikan dengan posisi berdiri dan sudut ayunan.

- Teknik penggunaan Egrek

1. Posisi Awal Pemanen

Pemanen berdiri agak menjauh dari batang tanaman dengan posisi tubuh seimbang. Jarak ini penting agar galah egrek dapat digerakkan dengan leluasa dan aman.

2. Pegangan Egrek

Egrek dipegang dengan kedua tangan pada galah. Tangan bawah berfungsi sebagai penopang utama, sedangkan tangan atas mengarahkan mata egrek ke sasaran. Pegangan harus kuat namun tidak kaku.

3. Pengarahan Mata Egrek

Mata egrek diarahkan ke pangkal tandan atau pelepah penyangga tandan. Pemanen harus memastikan mata egrek benar-benar mengait dengan baik sebelum menariknya.

4. Teknik Tarikan

Tarikan dilakukan dengan gerakan cepat, kuat, dan terkontrol ke arah pemanen. Tarikan yang tepat akan menghasilkan potongan bersih sehingga tandan jatuh dengan sempurna.

5. Pengaturan Arah Jatuh

Setelah tandan terpotong, pemanen harus tetap menjaga posisi aman hingga tandan jatuh sepenuhnya. Jangan langsung mendekat ke area jatuh tandan.

- Hal yg Harus Diperhatikan Dalam menggunakan Dodos Dan Egrek

Beberapa cara ini wajib diperhatikan dalam penggunaan dodos dan egrek untuk memastikan Teknik penggunaan dodos dan egrek ini sesuai standar SOP

- Aspek keselamatan Kerja

Penggunaan dodos dan egrek memiliki potensi risiko kecelakaan kerja, seperti tertimpa tandan atau terkena mata pisau. Oleh karena itu, pemanen wajib menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm, sepatu boot, dan sarung tangan. Selain itu, posisi berdiri dan arah jatuh tandan harus diperhatikan untuk menghindari cedera.

- Pengaruh terhadap Kualitas Panen

Penggunaan dodos dan egrek yang tepat akan menghasilkan potongan tandan yang bersih, meminimalkan brondolan tertinggal, serta mengurangi kerusakan pada tanaman. Hal ini berdampak positif terhadap produktivitas kebun dan kualitas TBS yang dihasilkan.

- Teknik khusus Yang berlaku Untuk dodos Dan Egrek

Ada Teknik khusus yg berlaku hanya untuk penggunaan dodos dan Egrek dalam mempermudah Teknik pemanenan baik setelah melakukan dodos dan egrek maupun belum, di antaranya:

- Pastikan alat dalam kondisi tajam dan layak pakai.
- Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm, sepatu boot, dan sarung tangan.
- Bersihkan area panen dari pelepah atau gulma yang menghalangi.
- Hindari bekerja terburu-buru demi menjaga ketepatan potong dan keselamatan.
- Setelah pemotongan, segera lakukan pengutipan brondolan 100 persen.

5.2.2 Pelepah Diletakkan Rapi

Pelepah kelapa sawit merupakan sisa hasil kegiatan pemangkasan yang jumlahnya cukup besar. Pengelolaan pelepah yang baik, khususnya dengan teknik peletakan pelepah secara rapi, sangat berperan dalam menjaga kebersihan kebun, memperbaiki kesuburan tanah, serta mendukung prinsip keberlanjutan. Dalam kegiatan pemeliharaan tanaman kelapa sawit, pemangkasan pelepah tua dan tidak produktif merupakan aktivitas rutin. Pelepah hasil pemangkasan harus dikelola dengan baik agar tidak mengganggu akses panen, pertumbuhan tanaman, maupun aktivitas pemeliharaan lainnya. Peletakan pelepah secara rapi merupakan salah satu teknik sederhana namun berdampak besar terhadap efisiensi kebun dan kelestarian lingkungan.

- Teknik peletakkan pelepah agar rapi dan aman

Dalam kegiatan pemeliharaan tanaman kelapa sawit, pemangkasan pelepah tua dan tidak produktif merupakan aktivitas rutin. Pelepah hasil pemangkasan harus dikelola dengan baik agar tidak mengganggu akses panen, pertumbuhan tanaman, maupun aktivitas pemeliharaan lainnya. Peletakan pelepah secara rapi merupakan salah satu teknik sederhana namun berdampak besar terhadap efisiensi kebun dan kelestarian lingkungan. Teknik cara Menyusun pelepahdengan rapi ialah sebagai berikut:

a. Persiapan Sebelum Penyusunan

Sebelum pelepah disusun, pekerja harus memastikan bahwa kegiatan pemangkasan telah dilakukan sesuai standar, yaitu hanya memangkas pelepah tua, rusak, atau tidak produktif. Alat kerja seperti dodos atau egrek harus dalam kondisi baik agar pelepah tidak pecah atau berserakan.

Selain itu, pekerja perlu menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti sepatu boot, sarung tangan, dan helm untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja.

b. Penentuan Lokasi Peletakan Pelepah

Pelepah kelapa sawit harus diletakkan di gawangan mati, yaitu jalur di antara dua barisan tanaman yang tidak digunakan sebagai jalur panen. Peletakan di piringan tanaman tidak diperbolehkan karena dapat menghambat pemupukan dan pertumbuhan tanaman. Lokasi penyusunan harus bebas dari jalur evakuasi, jalan angkut, dan jalur panen.

c. Posisi dan Arah Penyusunan Pelepah

Pelepah disusun sejajar dengan arah barisan tanaman, tidak melintang. Pangkal pelepah menghadap ke dalam gawangan, sedangkan ujung pelepah diarahkan ke luar. Posisi ini bertujuan agar pelepah saling mengunci, tidak mudah bergeser, serta mempermudah proses pelapukan.

d. Teknik Penyusunan Bertumpuk

Pelepah disusun secara bertumpuk dan berlapis, umumnya 2–3 pelepah per tumpukan, tergantung ukuran pelepah dan kondisi lahan. Penyusunan tidak boleh terlalu tinggi agar tetap stabil dan tidak mengganggu aktivitas di kebun. Jarak antar tumpukan dibuat seragam agar kebun terlihat rapi dan memudahkan pengawasan.

e. Penataan agar Tidak Mengganggu Operasional

Pelepah yang disusun harus dipastikan tidak menghalangi:

A. Jalur panen

B. Jalur pengutipan brondolan

C. Jalur pemupukan dan perawatan tanaman

Jika pelepah mengganggu operasional, harus segera ditata ulang agar tidak menurunkan efisiensi kerja.

- Hasil dari Manfaat yg disusun Rapi

Dalam jangka panjang, pelepah yang diletakkan rapi akan mengalami proses dekomposisi secara alami. Proses ini menghasilkan bahan organik yang berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman. Dengan demikian, pengelolaan pelepah yang baik dapat berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia.

Dari sisi pengendalian gulma, peletakan pelepah secara rapi juga memberikan manfaat signifikan. Lapisan pelepah yang tersusun rapat dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke permukaan tanah sehingga pertumbuhan gulma menjadi lebih terkendali. Hal ini dapat menurunkan frekuensi dan biaya kegiatan pengendalian gulma, baik secara mekanis maupun kimiawi. Selain itu, pengurangan penggunaan herbisida sejalan dengan prinsip perkebunan berkelanjutan dan ramah lingkungan.

5.2.3 Brondolan Dikutip 100 %

Kegiatan panen kelapa sawit tidak hanya berfokus pada pemotongan tandan buah segar, tetapi juga pada pengelolaan brondolan yang jatuh ke tanah. Brondolan yang tidak dikutip akan menyebabkan kehilangan hasil (losses) serta berpotensi menjadi sumber hama dan penyakit. Oleh karena itu, pengutipan brondolan 100 persen merupakan standar operasional yang harus diterapkan secara konsisten untuk menjamin mutu dan kuantitas produksi kelapa sawit.

Brondolan merupakan buah kelapa sawit yang terlepas secara alami dari tandan buah segar (TBS) dan memiliki kandungan minyak yang tinggi. Pengutipan brondolan secara menyeluruh (100 persen) menjadi indikator penting dalam kegiatan panen karena berpengaruh langsung terhadap rendemen minyak, kualitas hasil, dan pendapatan perusahaan. Jurnal ini bertujuan untuk mengkaji pentingnya pengutipan brondolan 100 persen serta teknik pelaksanaannya di perkebunan kelapa sawit.

- Hal hal yg harus dilakukan dan diperhatikan dalam pengutipan brondolan

a) Area Pengutipan Harus Menyeluruh

Brondolan tidak hanya berada di piringan tanaman, tetapi sering tersebar ke:

- Gawangan hidup

- Gawangan mati
- Sekitar batang dan pangkal pelepah
- Di bawah tumpukan pelepah

Pengutip harus memeriksa seluruh area tersebut agar tidak ada brondolan yang terlewat.

b) Waktu Pengutipan yang Tepat

Pengutipan brondolan dilakukan segera setelah pemotongan TBS, sebelum brondolan tertutup pelepah, tanah, atau gulma. Pengutipan yang tertunda akan menyulitkan pencarian dan meningkatkan risiko brondolan tertinggal.

c) Kondisi Kebersihan Piringan

Piringan tanaman harus bersih dari gulma dan sisa pelepah agar brondolan mudah terlihat dan dikutip. Piringan yang kotor akan meningkatkan kemungkinan brondolan terlewat dan memperlambat kerja pengutip.

d) Teknik Pengutipan yang Benar

Pengutipan dilakukan dengan gerakan menyapu ke satu arah, bukan acak. Brondolan dikumpulkan terlebih dahulu dalam satu titik, kemudian dimasukkan ke wadah. Teknik ini meminimalkan risiko brondolan tercecer atau terinjak.

e) Perhatian terhadap Keselamatan Kerja (K3)

Pengutip harus menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti:

- Sepatu boot
- Sarung tangan
- Helm atau topi pelindung

Hal ini penting untuk mencegah cedera akibat duri pelepah, permukaan tanah licin, atau gigitan hewan.

f) Kondisi Lahan dan Cuaca

Pada lahan basah, berlumpur, atau setelah hujan, brondolan mudah tertanam di tanah. Pengutip harus lebih teliti dengan memeriksa permukaan tanah secara menyeluruh dan tidak terburu-buru.

g) Pencegahan Kehilangan Saat Pengangkutan

Pastikan wadah pengangkut tidak berlubang dan brondolan tidak tumpah saat dibawa ke tempat pengumpulan hasil (TPH). Kehilangan saat pengangkutan sama merugikannya dengan brondolan yang tertinggal di kebun.

h) Pemeriksaan Ulang dan Pengawasan

Sebelum meninggalkan hanca panen, lakukan pemeriksaan ulang area panen. Mandor panen perlu melakukan kontrol visual untuk memastikan tidak ada brondolan yang tertinggal sebagai bagian dari evaluasi kinerja.

- Alat yg digunakan dalam Pengutipan brondolan

Dalam Pengutipan brondolan harus menggunakan alat pengutip brondolan yang sesuai, seperti:

a) Alat pengutip manual (serok/kait brondolan)

Alat ini berfungsi untuk Mengutip brondolan di piringan, gawangan, dan bawah pelepah dan Memudahkan pengutipan tanpa harus sering membungkuk

Ciri ciri alat ini Ialah :

- Terbuat dari kawat besi atau baja ringan
- Berbentuk serok, garpu, atau kait
- Dilengkapi gagang pendek atau Panjang

Kelebihan dari alat ini Ialah :

- Ringan dan mudah digunakan
- Biaya murah
- Cocok untuk berbagai kondisi lahan

b) Ember atau keranjang brondolan

Alat ini berfungsi untuk Menampung brondolan hasil kutipan Memudahkan pemindahan ke karung atau TPH

Ciri ciri dari alat ini ialah :

- Terbuat dari plastik atau karet

Kelebihannya dari alat ini ialah :

- Mudah dibawa dan tidak mudah pecah

c) Karung brondolan

Karung biasanya digunakan untuk pengumpulan brondolan dalam jumlah lebih besar Menyimpan brondolan sebelum diangkut dan Mengurangi frekuensi bolak-balik ke TPH

Ciri ciri dari alat ini ialah:

- Terbuat dari plastik tebal atau anyaman

- Memiliki daya tampung besar

d) Alat Pengutip Brondolan Beroda (Rolling Brondolan Picker)

Alat modern berbentuk silinder beroda yang dapat digelindingkan di atas tanah.beberapa Perkebunan PTPN telah menggunakan Teknik ini

Ciri-ciri:

- Terbuat dari besi atau kawat elastis
- Dilengkapi gagang panjang

Fungsi:

- ❖ Mengutip brondolan secara cepat di permukaan tanah
- ❖ Cocok untuk piringan bersih dan tanah datar

Alat harus bersih dan tidak rusak agar brondolan tidak tercecer kembali saat pengangkutan.

5.3 Pengangkutan Hasil Kelapa Sawit

Pengangkutan Hasil Kelapa Sawit, Kelapa sawit (Elaeis guineensis) adalah komoditas pertanian penting di Indonesia. Industri kelapa sawit berkontribusi signifikan terhadap perekonomian negara, menghasilkan devisa, menyediakan lapangan kerja, dan mendukung pembangunan daerah . Keberhasilan industri ini sangat bergantung pada efisiensi seluruh rantai pasok, termasuk pengangkutan hasil panen, yaitu Tandan Buah Segar (TBS) dari kebun ke pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) . Pengangkutan TBS yang efektif dan efisien memastikan kualitas buah terjaga, meminimalkan kehilangan hasil, dan pada akhirnya, meningkatkan keuntungan petani dan perusahaan. Pengangkutan hasil adalah kegiatan memindahkan hasil panen dari tempat produksi (kebun) ke tempat pengumpulan sementara atau langsung ke pabrik pengolahan dengan menggunakan sarana dan prasarana tertentu. Dalam konteks kelapa sawit, pengangkutan hasil merujuk pada proses pemindahan TBS dari tempat panen menuju Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) dan selanjutnya ke PKS. Adapun permasalahan pengangkutan TBS antara lain:

- Jarak dan Aksesibilitas

Kebun kelapa sawit seringkali terletak di daerah terpencil dengan infrastruktur jalan yang terbatas dan kondisi jalan yang buruk. Hal ini menyulitkan dan memperlambat proses pengangkutan.

- Kualitas Jalan

Kerusakan jalan, baik akibat kondisi cuaca maupun beban angkut yang berlebihan, dapat menyebabkan kerusakan pada TBS, meningkatkan biaya perawatan kendaraan, dan memperlambat waktu tempuh.

- Kapasitas Angkut

Keterbatasan kapasitas angkut kendaraan, terutama truk, dapat menyebabkan penundaan pengiriman dan penumpukan TBS di kebun, yang berpotensi menurunkan kualitas buah.

- Waktu Tempuh

Waktu tempuh yang lama dapat menyebabkan penurunan kualitas TBS akibat proses respirasi buah yang terus berlangsung setelah dipanen.

- Kerusakan TBS

Penanganan yang kurang tepat selama pengangkutan, seperti penumpukan yang berlebihan atau guncangan yang kuat, dapat menyebabkan kerusakan pada TBS, yang berdampak pada rendemen minyak sawit.

❖ Biaya Transportasi

Biaya transportasi yang tinggi, meliputi biaya bahan bakar, perawatan kendaraan, upah pengemudi, dan biaya lainnya, dapat mengurangi keuntungan petani dan perusahaan.

a) Jenis kendaraan pengangkut TBS yang digunakan untuk mengangkut TBS bervariasi, tergantung pada skala operasi, kondisi jalan, dan jarak tempuh, berikut jenis kendaraan pengangkutan TBS antara lain:

- Truk

Truk adalah jenis kendaraan pengangkut yang paling umum digunakan . Truk tersedia dalam berbagai ukuran dan kapasitas, mulai dari truk kecil hingga truk besar dengan trailer.

- Tractor

Traktor digunakan untuk mengangkut TBS di dalam kebun atau di daerah dengan kondisi jalan yang sulit dijangkau oleh truk.

- Kreta Api

Di beberapa perkebunan kelapa sawit yang memiliki akses ke jalur kereta api, kereta api dapat digunakan untuk mengangkut TBS dalam jumlah besar.

- Alat Transportasi Khusus

Beberapa perusahaan menggunakan alat transportasi khusus, seperti Fastrex Transporter yang diciptakan untuk mengangkut TBS secara efisien .

b) Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi pengangkutan TBS kelapa sawit meliputi:

- Kondisi Jalan

Kondisi jalan yang baik sangat penting untuk memastikan kelancaran pengangkutan, mengurangi kerusakan pada TBS, dan meminimalkan biaya perawatan kendaraan.

- Jenis dan Kapasitas Kendaraan

Pemilihan jenis dan kapasitas kendaraan yang tepat sesuai dengan volume panen, jarak tempuh, dan kondisi jalan sangat penting untuk efisiensi.

- Jadwal Pengangkutan

Penjadwalan pengangkutan yang baik, termasuk frekuensi pengiriman dan waktu tempuh, dapat membantu mengurangi penundaan dan memastikan TBS tiba di PKS tepat waktu.

- Penanganan TBS

Penanganan TBS yang hati-hati selama pemuatan, pengangkutan, dan pembongkaran sangat penting untuk mencegah kerusakan pada buah.

- Manajemen Logistik

Manajemen logistik yang efektif, termasuk perencanaan rute, pemantauan kendaraan, dan pengelolaan informasi, dapat membantu meningkatkan efisiensi pengangkutan.

c) Beberapa strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan TBS kelapa sawit antara lain:

- Perbaikan Infrastruktur

Meningkatkan kualitas jalan dan membangun infrastruktur yang lebih baik, seperti jembatan dan fasilitas penyimpanan, dapat mempermudah dan mempercepat proses pengangkutan.

- Penggunaan Teknologi

Menggunakan teknologi, seperti sistem informasi geografis (SIG) untuk perencanaan rute, sistem pelacakan kendaraan (GPS) untuk pemantauan, dan aplikasi seluler untuk pengelolaan informasi, dapat meningkatkan efisiensi.

- Optimasi Rute

Merencanakan rute pengangkutan yang optimal untuk meminimalkan waktu tempuh dan biaya transportasi.

- Peningkatan Kapasitas Angkut

Menggunakan kendaraan dengan kapasitas angkut yang lebih besar atau mengoptimalkan penggunaan kendaraan yang ada.

- Pelatihan dan Pengembangan

Membangun kerjasama yang baik antara petani, perusahaan, dan pihak terkait lainnya untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan.

- Kerjasama

Membangun kerjasama yang baik antara petani, perusahaan, dan pihak terkait lainnya untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan.

d) Dampak Pengangkutan yang Efisien, Pengangkutan TBS yang efisien memberikan dampak positif bagi industri kelapa sawit:

- Peningkatan Kualitas TBS

Pengangkutan yang cepat dan hati-hati dapat membantu menjaga kualitas TBS, sehingga menghasilkan minyak sawit berkualitas tinggi.

- Penurunan Kehilangan Hasil

Pengangkutan yang efisien dapat meminimalkan kehilangan hasil akibat kerusakan TBS atau penundaan pengiriman.

- Peningkatan Produktivitas

Pengangkutan yang efisien dapat meningkatkan produktivitas karena TBS dapat diproses di PKS tepat waktu.

- Peningkatan Keuntungan

Pengangkutan yang efisien dapat mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan keuntungan petani dan perusahaan.

- Peningkatan Keberlanjutan

Pengangkutan yang efisien dapat membantu mengurangi dampak lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca, dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

e) Tujuan Pengangkutan Hasil Kelapa Sawi tantara lain:

1. Menjaga mutu TBS agar tidak rusak
2. Menghindari peningkatan asam lemak bebas (ALB)
3. Mengurangi kehilangan hasil (losses)
4. Memastikan TBS tiba di PKS maksimal 24 jam setelah panen
5. Meningkatkan efisiensi waktu dan biaya operasional

f) Tahapan Pengangkutan Hasil Kelapa Sawit memiliki 2 tahapan yaitu:

- Pengangkutan dari Pohon ke TPH.

1. Menggunakan alat manual seperti angkong, pikulan, atau lori.
2. Brondolan dikumpulkan secara terpisah dan dimasukkan ke dalam karung.
3. TBS disusun rapi di TPH untuk memudahkan pengangkutan lanjutan.

- Pengangkutan dari TPH ke PKS

1. Menggunakan truk, dump truck, traktor, atau trailer.
2. Disesuaikan dengan kondisi jalan, jarak, dan volume produksi.
3. Memerlukan penjadwalan yang tepat agar tidak terjadi penumpukan TBS.

g) . Alat dan Sarana Pengangkutan

1. Alat manual: angkong, gancu, pikulan.
2. Alat mekanis: traktor roda dua/empat, lori rel.
3. Alat bermotor: truk, dump truck.
4. Sarana pendukung: jalan kebun, jembatan, TPH.

h) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengangkutan Hasil

1. Kondisi dan kelas jalan kebun.
2. Jarak kebun ke PKS.
3. Curah hujan dan cuaca.
4. Kapasitas dan jumlah alat angkut.
5. Manajemen waktu dan tenaga kerja.

i) Permasalahan dalam Pengangkutan Hasil

1. Keterlambatan pengangkutan meningkatkan ALB
2. Kerusakan jalan kebun
3. Kapasitas angkut tidak seimbang dengan hasil panen
4. Kehilangan brondolan selama pengangkutan

j) Upaya Peningkatan Efisiensi Pengangkutan

a. Perawatan rutin jalan dan jembatan kebun.
b. Penjadwalan angkut berbasis produksi harian.
c. Penambahan atau peremajaan armada angkut.
d. Pengawasan mutu TBS di TPH.
e. Koordinasi antara mandor panen dan transportasi.

k) Dampak Pengangkutan yang Tidak Baik

1. Penurunan kualitas minyak sawit
2. Rendemen CPO menurun

3. Kerugian ekonomi bagi perusahaan
4. Meningkatnya kehilangan hasil

Manajemen Panen Kelapa Sawit

Manajemen panen merupakan serangkaian kegiatan yang meliputi perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan panen agar hasil yang diperoleh optimal dari segi jumlah dan mutu. Pengangkutan hasil merupakan bagian integral dari manajemen panen karena berkaitan langsung dengan ketepatan waktu pengolahan TBS.

Hubungan Pengangkutan dengan Mutu TBS

1. Pengertian Mutu TBS

Mutu TBS sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan ketepatan pengangkutan. TBS yang terlalu lama tertinggal di kebun akan mengalami peningkatan ALB sehingga menurunkan kualitas minyak. Oleh sebab itu, sistem pengangkutan yang baik menjadi faktor penentu dalam menjaga mutu hasil panen.

2. Peran Pengangkutan terhadap Mutu TBS

Pengangkutan merupakan tahap lanjutan setelah panen yang sangat menentukan terjaganya mutu TBS. TBS yang dipanen dengan baik dapat mengalami penurunan mutu apabila proses pengangkutan tidak dikelola secara benar.

3. Hubungan Waktu Pengangkutan dengan Mutu TBS

* TBS harus segera diangkut ke PKS maksimal 24 jam setelah panen

* Keterlambatan pengangkutan menyebabkan:

* Peningkatan kadar ALB

* Penurunan rendemen minyak

* Penurunan kualitas CPO

4. Hubungan Cara Pengangkutan dengan Mutu TBS

Cara pengangkutan yang tidak tepat dapat menyebabkan:

* Luka dan memar pada buah

* Pecahnya buah sehingga mempercepat reaksi hidrolisis

* Kehilangan brondolan

5. Hubungan Sarana Pengangkutan dengan Mutu TBS.

* Jalan kebun yang rusak menyebabkan guncangan berlebih.

* Alat angkut yang tidak sesuai kapasitas dapat merusak TBS.

* Penumpukan TBS di truk menyebabkan tekanan berlebih.

6. Hubungan Kebersihan dalam Pengangkutan dengan Mutu TBS

* TBS yang tercampur tanah, pasir, dan sampah menurunkan mutu.

* Kotoran mempercepat peningkatan ALB.

* PKS dapat melakukan potongan harga pada TBS kotor.

7. Dampak Pengangkutan yang Tidak Baik terhadap Mutu TBS

* Peningkatan ALB.

* Rendemen minyak menurun.

* Nilai jual TBS berkurang.

* Kerugian ekonomi bagi perusahaan atau petani.

8. Upaya Menjaga Mutu TBS melalui Pengangkutan

* Pengangkutan segera setelah panen

* Penjadwalan angkut yang tepat

* Perawatan jalan dan alat angkut

* Penanganan TBS secara hati-hati

* Pengawasan mutu di TPH

Tujuan dan Fungsi Pengangkutan Hasil

Tujuan utama pengangkutan hasil kelapa sawit adalah memindahkan TBS secara cepat, aman, dan efisien dari kebun ke pabrik. Adapun fungsi pengangkutan hasil antara lain:

1. Menjaga kualitas TBS agar tetap segar.
2. Mengurangi kehilangan hasil (losses) selama proses panen.
3. Menjamin kelancaran proses produksi di pabrik.
4. Mendukung efisiensi biaya operasional perkebunan.

Jenis dan Sistem Pengangkutan Hasil Kelapa Sawit

1. Pengangkutan hasil kelapa sawit dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:
2. Pengangkutan manual, yaitu pengangkutan menggunakan tenaga manusia, biasanya dari piringan ke TPH.

3. Pengangkutan mekanis, menggunakan alat bantu seperti angkong, traktor, lori, atau dump truck.
4. Pengangkutan darat, merupakan sistem yang paling umum digunakan dengan memanfaatkan jalan kebun.
5. Pengangkutan air, digunakan pada daerah rawa atau perkebunan yang memiliki akses sungai.

Proses Pengangkutan Hasil Panen

Proses pengangkutan hasil panen kelapa sawit dimulai dari pengumpulan TBS di TPH, kemudian dimuat ke alat angkut, dan selanjutnya dibawa ke PKS. Proses ini harus dilakukan secara terjadwal dan terkoordinasi agar tidak terjadi penumpukan TBS.

2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pengangkutan Hasil

Beberapa faktor yang memengaruhi pengangkutan hasil kelapa sawit antara lain:

1. Kondisi jalan kebun.
2. Jarak kebun ke pabrik.
3. Ketersediaan sarana dan prasarana angkutan.
4. Kondisi cuaca.
5. Manajemen dan pengawasan pengangkutan.

Dampak Pengangkutan Hasil

Pengangkutan hasil yang dikelola dengan baik akan berdampak positif terhadap mutu dan rendemen minyak sawit. Sebaliknya, pengangkutan yang tidak terencana dapat menyebabkan keterlambatan pengolahan, peningkatan ALB, serta kerugian ekonomi bagi perusahaan.

Selain itu dampak pengangkutan hasil terbagi menjadi 4 yaitu:

1. Dampak Positif Pengangkutan Hasil yang Baik

Jika pengangkutan dilakukan dengan baik, cepat, dan tepat, maka akan memberikan dampak sebagai berikut:

a. Menjaga Mutu TBS

* TBS tetap segar.

* Kadar asam lemak bebas (ALB) tetap rendah

* Rendemen minyak meningkat.

b. Mengurangi Kehilangan Hasil (Losses).

* Brondolan tidak banyak tercecer.

* Buah tidak rusak atau memar.

* Hasil panen dapat dimanfaatkan secara maksimal.

c. Meningkatkan Efisiensi Waktu dan Biaya

* Panen dan angkut berjalan seimbang

* Tidak terjadi penumpukan TBS di TPH

* Biaya operasional lebih terkendali

d. Menjamin Kelancaran Produksi PKS

* Pasokan bahan baku stabil

* Proses pengolahan di pabrik berjalan optimal

2. Dampak Negatif Pengangkutan Hasil yang Buruk

Pengangkutan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain:

a. Penurunan Mutu TBS

* Peningkatan ALB akibat keterlambatan angkut

* Penurunan kualitas CPO

* Penurunan harga jual TBS

b. Kehilangan Hasil Panen

* Brondolan tertinggal atau tercecer di jalan

* TBS rusak akibat penanganan kasar

* Buah busuk karena terlalu lama tertumpuk

c. Kerugian Ekonomi

* Rendemen minyak menurun

* Adanya potongan harga dari PKS

* Biaya tambahan akibat kerusakan alat dan jalan

d. Gangguan Operasional

* Penumpukan TBS di TPH

* Terhambatnya jadwal panen berikutnya

* Produktivitas tenaga kerja menurun

3. Dampak Lingkungan dan Sosial

1. Kerusakan jalan kebun akibat kendaraan bermuatan berlebih.
2. Pencemaran lingkungan dari tumpahan buah.
3. Risiko kecelakaan kerja selama pengangkutan.
4. Konflik jadwal kerja antara panen dan angkut.

4. Upaya Meminimalkan Dampak Negatif Pengangkutan

1. Pengaturan jadwal angkut yang tepat waktu.
2. Perawatan rutin jalan dan sarana transportasi.

3. Penyesuaian kapasitas angkut dengan produksi.
4. Pengawasan mutu TBS secara berkelanjutan.

Sistem Pengangkutan Hasil di Perkebunan Kelapa Sawit

Sistem pengangkutan hasil di perkebunan kelapa sawit merupakan bagian dari manajemen operasional yang harus dirancang secara terpadu dengan sistem panen. Sistem ini melibatkan perencanaan rute angkutan, penentuan jenis alat transportasi, pengaturan jadwal pengangkutan, serta pengawasan terhadap pelaksanaannya di lapangan. Pengangkutan yang tidak terorganisir dengan baik akan menimbulkan penumpukan TBS di TPH dan berdampak pada penurunan kualitas hasil.

Pada umumnya, sistem pengangkutan hasil kelapa sawit terdiri dari dua tahap, yaitu pengangkutan internal dan pengangkutan eksternal. Pengangkutan internal meliputi pemindahan TBS dari piringan ke TPH, sedangkan pengangkutan eksternal merupakan proses pengangkutan dari TPH menuju Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Kedua tahap ini harus berjalan seimbang agar proses produksi tidak terganggu.

Perencanaan Pengangkutan Hasil

Perencanaan pengangkutan hasil bertujuan untuk memastikan seluruh TBS yang dipanen dapat terangkut ke PKS dalam waktu kurang dari 24 jam. Perencanaan ini mencakup perhitungan volume produksi harian, jumlah armada angkut yang dibutuhkan, kapasitas muatan, serta waktu tempuh perjalanan. Dengan perencanaan yang baik, perusahaan dapat menekan biaya operasional sekaligus menjaga mutu TBS.

Selain itu, perencanaan pengangkutan juga harus mempertimbangkan kondisi geografis kebun, seperti topografi, jarak ke pabrik, serta kondisi jalan kebun. Pada musim hujan, misalnya, diperlukan strategi khusus agar proses pengangkutan tetap berjalan lancar meskipun kondisi jalan kurang mendukung.

Kendala dalam Pengangkutan Hasil Kelapa Sawit

Dalam pelaksanaannya, pengangkutan hasil kelapa sawit sering menghadapi berbagai kendala. Kendala tersebut antara lain kerusakan jalan kebun, keterbatasan alat angkut, cuaca ekstrem, serta kurangnya tenaga kerja. Kendala lain yang sering muncul adalah keterlambatan armada pengangkut yang menyebabkan TBS tertumpuk di TPH.

Apabila kendala-kendala tersebut tidak segera diatasi, maka akan berdampak langsung pada peningkatan kadar ALB dan penurunan rendemen minyak. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengawasan yang ketat dan evaluasi rutin terhadap proses pengangkutan hasil.

Upaya Peningkatan Efisiensi Pengangkutan

Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan hasil, perusahaan perkebunan dapat melakukan beberapa upaya, seperti perbaikan dan pemeliharaan jalan kebun secara berkala, penggunaan alat angkut yang sesuai dengan kondisi lapangan, serta penerapan sistem manajemen transportasi berbasis teknologi. Penggunaan sistem informasi logistik dapat membantu memantau posisi armada dan waktu pengangkutan secara real time.

Selain itu, peningkatan kompetensi sumber daya manusia juga menjadi faktor penting. Tenaga kerja yang terlatih dan memahami prosedur pengangkutan akan mampu bekerja lebih efektif dan meminimalkan kesalahan di lapangan. Pengangkutan hasil merupakan bagian penting dalam manajemen panen kelapa sawit. Pengelolaan pengangkutan yang efektif dan efisien dapat menjaga kualitas TBS, meningkatkan produktivitas, serta meminimalkan kerugian. Oleh karena itu, pengangkutan hasil harus mendapat perhatian serius dalam kegiatan perkebunan kelapa sawit. Sistem pengangkutan hasil yang terencana dengan baik, didukung oleh sarana dan prasarana yang memadai, serta pengelolaan yang profesional akan memastikan TBS dapat diolah tepat waktu di PKS. Sebaliknya, pengangkutan yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penurunan mutu hasil dan kerugian ekonomi. Pengangkutan TBS kelapa sawit merupakan bagian integral dari rantai pasok industri kelapa sawit. Efisiensi pengangkutan sangat penting untuk menjaga kualitas TBS, meminimalkan kehilangan hasil, dan meningkatkan keuntungan. Dengan menerapkan strategi yang tepat, seperti perbaikan infrastruktur, penggunaan teknologi, optimasi rute, peningkatan kapasitas angkut, pelatihan, dan kerjasama, industri kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi pengangkutan dan mencapai pertumbuhan yang berkelanjutan . Diperlukan perencanaan dan pengawasan yang baik dalam sistem pengangkutan hasil panen kelapa sawit. Selain itu, perbaikan infrastruktur jalan kebun dan penggunaan alat angkut yang

sesuai sangat dianjurkan untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan. Selain itu, pengawasan dan evaluasi rutin terhadap kegiatan pengangkutan hasil sangat diperlukan guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen panen.

5.4 Evaluasi Hasil Panen

Evaluasi hasil panen adalah proses krusial untuk mengukur efisiensi kerja pemanen dan kualitas Tandan Buah Segar (TBS) yang dihasilkan, yang pada akhirnya memengaruhi rendemen dan profitabilitas.

1. Tujuan Utama Evaluasi

1. Mengukur Kinerja Pemanen: Menilai produktivitas (TBS per hari) dan kualitas pemotongan (tinggi/rendah tangkai).
2. Mengontrol Mutu TBS: Memastikan TBS dipanen pada Fraksi Kematangan Optimal (FKO) dan meminimalkan kerugian minyak.

2. Parameter Utama yang Dievaluasi

Evaluasi hasil panen biasanya difokuskan pada dua aspek utama:

A. Kualitas Panen (Mutu)

Parameter ini berfokus pada kerugian minyak yang terjadi di lapangan.

Parameter	Pengertian	Standar Mutu Utama
Buah Mentah	Persentase TBS yang dipanen sebelum mencapai kriteria minimal 5 brondolan jatuh.	Harus diupayakan < 5%
Brondolan Tertinggal	Persentase brondolan lepas yang tidak dikutip/dikumpulkan dari piringan.	Harus diupayakan < 5%
Tangkai Panjang	TBS dipanen dengan sisa tangkai yang melebihi batas toleransi (misalnya > 2 cm).	Harus diupayakan < 5%
Pelepah Sengkleh	Adanya pelepah (daun) yang sengaja dipotong untuk memanen buah di bawahnya, padahal belum waktunya dipotong.	Harus 0% (SOP harus ditaati)

B. Kuantitas Panen (Produktivitas)

1. Produktivitas Pemanen: Jumlah TBS atau berat (ton) TBS yang dipanen per pemanen per hari.
2. Rotasi Panen: Kepatuhan terhadap jadwal panen yang telah ditetapkan (misalnya 7–10 hari).

3. Dampak Hasil Evaluasi

1. Tingginya Buah Mentah: Menyebabkan rendemen minyak (OER) rendah di pabrik.
2. Tingginya Brondolan Tertinggal: Menyebabkan kerugian minyak dan peningkatan Asam Lemak Bebas (ALB) dari brondolan yang membusuk di lapangan.
3. Tingginya Tangkai Panjang: Menyebabkan inefisiensi dan meningkatkan biaya pemrosesan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) karena pemotongan ulang diperlukan.

Hasil evaluasi digunakan untuk memberikan umpan balik, pelatihan, atau sanksi kepada pemanen, serta penyesuaian strategi rotasi panen.

5.4.1 Produktivitas Tandan Buah Segar (TBS)

Produktivitas yang diukur dalam satuan ton/ha/tahun (ton TBS per hektar per tahun) adalah indikator kinerja agronomis dan finansial yang paling fundamental dalam industri kelapa sawit. Metrik ini tidak hanya mencerminkan kuantitas hasil panen, tetapi juga berfungsi sebagai cerminan komprehensif dari seluruh kualitas manajemen dan kondisi lingkungan di suatu areal perkebunan.

1. Definisi dan Satuan Dasar

Produktivitas Ton/Ha/Tahun didefinisikan sebagai total berat Tandan Buah Segar (TBS) yang berhasil dipanen dari satu unit luas lahan (hektar) selama periode waktu satu tahun. Ini adalah hasil akhir yang menggabungkan potensi genetik tanaman dengan efektivitas praktik budidaya.

{Produktivitas } {ton/ha/tahun} = {Total Berat TBS yang Dipanen dalam 1 Tahun (ton)} {Total Luas Areal yang Menghasilkan (ha)}

1. Total Berat TBS: Diukur dari semua TBS yang ditimbang dan dikirim ke Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dalam satu tahun.
2. Luas Areal Menghasilkan (Ha): Adalah luas lahan yang berisi tanaman kelapa sawit yang sudah masuk periode panen (usia 3 tahun).

2. Konversi ke Minyak Sawit Mentah (CPO)

Meskipun ton/ha/tahun mengukur berat buah, nilai ekonomi sebenarnya berasal dari minyak yang dikandungnya. Oleh karena itu, metrik ini sering dikonversi menjadi ton CPO/ha/tahun melalui faktor Rendemen Minyak (OER):

{Produktivitas CPO } {ton CPO/ha/tahun}) = {Produktivitas TBS} {OER}

PKS modern dan kebun yang terkelola baik menargetkan hasil CPO sekitar 5 hingga 7 ton CPO/ha/tahun dari potensi TBS antara 22 hingga 28 ton/ha/tahun.

3. Pentingnya Metrik dalam Manajemen

Metrik ton/ha/tahun digunakan oleh manajemen puncak untuk:

a. Analisis Kinerja: Membandingkan hasil antar blok, divisi, atau anak perusahaan.

b. Proyeksi Keuangan: Menetapkan anggaran hasil panen tahunan (budget) dan proyeksi pendapatan.

c. Evaluasi Investasi: Mengukur tingkat pengembalian investasi (ROI) dari program pemupukan atau rehabilitasi lahan.

A. Faktor-Faktor Utama yang Mempengaruhi Produktivitas

Produktivitas TBS tidak bersifat statis, melainkan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor internal dan eksternal.

1. Faktor Internal (Genetik dan Fisiologis)

a. Genetika dan Varietas: Potensi hasil sangat ditentukan oleh varietas yang ditanam. Varietas Dura x Pisifera (DxP) atau *Tenera* adalah standar komersial karena memiliki cangkang tipis dan mesokarp tebal, memberikan rasio minyak tertinggi. Varietas unggul dapat memiliki potensi hingga 35 ton/ha/tahun di lingkungan ideal.

b. Usia Tanaman: Produktivitas mengikuti kurva sigmoid . Hasil mulai rendah pada tanaman muda (TBM/TBM1), meningkat tajam menuju puncak (sekitar usia 8–18 tahun), dan perlahan menurun setelah usia approx 25 tahun.

c. Kerapatan Tanaman (Density): Jumlah pohon per hektar (P/Ha) memengaruhi kompetisi nutrisi dan cahaya. Kerapatan optimal (biasanya 130–143 P/Ha) sangat penting. Jika terlalu rapat, terjadi naungan berlebihan, menurunkan hasil.

2. Faktor Eksternal (Agronomis dan Lingkungan)

1. Ketersediaan Air (Curah Hujan): Kelapa sawit membutuhkan curah hujan merata sekitar 2.000–2.500 mm per tahun. Kekeringan pada 12 hingga 22 bulan sebelum panen akan secara signifikan menurunkan jumlah bunga betina yang terbentuk, yang berdampak langsung pada hasil TBS saat panen tiba.
2. Nutrisi dan Pemupukan: Pemupukan adalah biaya terbesar dan faktor paling sensitif terhadap hasil. Kekurangan unsur hara makro (N, P, K, Mg) dan mikro dapat membatasi potensi hasil hingga 50% atau lebih.

3. Manajemen Hama dan Penyakit: Serangan hama utama (misalnya *Ulat Api* atau *Rayap*) dan penyakit (terutama *Ganoderma*) dapat merusak jaringan tanaman, secara permanen mengurangi areal daun efektif, dan menurunkan kapasitas fotosintesis, yang berakibat pada penurunan ton/ha/tahun.

B. Peran Manajemen Budidaya dalam Peningkatan Produktivitas

Pencapaian produktivitas ton/ha/tahun yang tinggi memerlukan praktik manajemen yang optimal dan terintegrasi.

1. Manajemen Pemupukan yang Presisi

- Rekomendasi Berbasis Daun: Pemupukan harus didasarkan pada analisis jaringan daun (foliar analysis) untuk mendiagnosis defisiensi spesifik di lapangan.
- Waktu Aplikasi Tepat: Pupuk harus diaplikasikan pada waktu yang tepat (tidak saat hujan deras atau kekeringan ekstrem) untuk memaksimalkan penyerapan dan efektivitas biaya.

2. Manajemen Kultur Teknis (Kastrasi dan Pruning)

- Kastrasi (Awal TBM): Pembuangan bunga pada tanaman muda (di bawah usia 30 bulan) untuk mengalihkan energi tanaman ke pertumbuhan vegetatif, memastikan batang yang kuat dan potensi hasil yang lebih tinggi saat masuk masa produktif.
- Pruning (Pemangkasan Pelepah): Pemotongan pelepah tua harus dikelola untuk menjaga jumlah pelepah produktif (biasanya 40–56 pelepah/pohon). Pemangkasan berlebihan dapat mengurangi luas daun efektif dan menurunkan hasil.

3. Manajemen Pemanenan (Kunci Mutu dan Kuantitas)

Kualitas pemanenan memiliki dampak langsung terhadap ton/ha/tahun. Rotasi panen yang ketat (7–10 hari) sangat penting. Kegagalan dalam memanen TBS pada FKO berarti:

- Panen Mentah: Tonase yang sama menghasilkan CPO yang lebih sedikit (OER rendah).

- Panen Lewat Matang: Meskipun tonase tinggi, banyak brondolan tercecer dan hilang, mengurangi tonase yang terkutip secara aktual, dan meningkatkan ALB.

4. Analisis dan Interpretasi Data Produktivitas

1. Analisis Komponen Hasil

Untuk memahami hasil ton/ha/tahun, manajer harus menganalisis komponen-komponennya:

- Tandan Per Pohon: Terkait erat dengan manajemen pemangkasan dan kondisi iklim 1-2 tahun sebelumnya.
- Berat Tandan Rata-rata (BJR): Dipengaruhi oleh pemupukan dan pengendalian hama. BJR yang baik biasanya berada di atas 10–12 kg per tandan.

Jika produktivitas rendah, analisis ini membantu menentukan apakah masalahnya adalah Kurangnya jumlah tandan atau bobot tandan yang kecil.

2. Standar Kinerja dan Benchmarking

Produktivitas ton/ha/tahun digunakan untuk *benchmarking* terhadap standar industri:

Kategori Manajemen	Target Produktivitas TBS (ton/ha/tahun)
Tinggi (World-class)	28
Baik (Average-intensive)	22 - 27
Sedang (Below Average)	15 - 21
Rendah (Kebun Rakyat)	155

Kebun yang menghasilkan di bawah 15 ton/ha/tahun (terutama pada fase puncak) harus segera dievaluasi karena berarti ada hambatan serius (pupuk, iklim, atau genetik) yang membatasi hasil di bawah potensi.

5.4.2 OER (Oil Extraction Rate)

Oil Extraction Rate (OER): Rendemen Minyak Kelapa Sawit Oil Extraction Rate (OER), atau Rendemen Minyak, adalah metrik kinerja utama di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang mengukur efisiensi pabrik dalam mengekstrak minyak sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO) dari Tandan Buah Segar (TBS) yang diproses. OER merupakan indikator paling sensitif yang menghubungkan kualitas bahan baku dari kebun dengan efisiensi pengolahan di pabrik.

A. Definisi, Perhitungan Dasar, dan Signifikansi

- Definisi dan Konsep OEROER didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) antara total berat minyak sawit mentah (CPO) yang dihasilkan oleh pabrik dengan total berat Tandan Buah Segar (TBS) yang diproses, diekspresikan dalam persentase.

Contoh: Jika pabrik memproses 100 ton TBS dan menghasilkan 22 ton CPO, maka OER adalah 22%.

- Signifikansi OER dalam IndustriOER adalah metrik profitabilitas utama dalam rantai pasok kelapa sawit:

- Koneksi Kebun-Pabrik:OER adalah jembatan antara kualitas agronomis (kematangan buah dan jenis varietas) dengan efisiensi teknis (kinerja mesin dan proses). OER yang tinggi mencerminkan keberhasilan kebun dalam mengirimkan TBS berkualitas dan keberhasilan pabrik dalam mengekstraknya secara efisien.
- Penentu Harga TBS: Harga beli TBS sering kali mengacu pada OER rata-rata pabrik/wilayah.
- Benchmarking Kinerja: OER digunakan untuk membandingkan kinerja antar pabrik, bahkan antar negara produsen (misalnya, OER rata-rata Malaysia sering lebih tinggi daripada OER rata-rata Indonesia, sebagian besar karena perbedaan varietas dan praktik panen).

- Hubungan antara OER dan Potensi Minyak (Oil Content)OER harus dibedakan dari Oil Content (kandungan minyak potensial).

- Oil Content (OC): Persentase minyak maksimum yang terkandung secara alami dalam TBS. Ini adalah potensi genetik dan agronomis (misalnya, 25% - 28% untuk TBS yang matang sempurna).
- OER: Persentase minyak yang berhasil diekstrak dari TBS. OER selalu lebih rendah dari OC karena adanya kerugian minyak selama proses pengolahan.

B. Faktor-Faktor Agronomis yang Mempengaruhi OER (Input)Kualitas bahan baku yang masuk ke PKS memiliki dampak terbesar terhadap OER. Kontribusi ini berasal dari manajemen kebun:

1. Kematangan Buah (Fraksi Kematangan)Ini adalah faktor agronomis paling kritis.

- TBS Mentah (Under-ripe): Jika panen dilakukan sebelum mencapai kriteria minimal 5 brondolan jatuh, buah masih mengandung kadar air tinggi dan belum mencapai puncak kandungan minyak. TBS mentah menyebabkan penurunan drastis OER karena minyak belum terbentuk maksimal.

TBS Optimal: TBS yang dipanen tepat pada Fraksi Kematangan Optimal (OER potensi tertinggi) akan memberikan OER yang terbaik, biasanya pada rentang 22% - 24%.

2. Kualitas Varietas (Genetika)Tipe varietas yang diproses menentukan potensi minyak maksimum:

Varietas Tenera (DxP): Memiliki cangkang (endokarp) tipis dan daging buah (mesokarp) tebal. Rasio mesokarp terhadap buah yang tinggi (approx 80 - 90%) menghasilkan kandungan minyak potensial yang tinggi.

Varietas Dura. Memiliki cangkang tebal dan mesokarp tipis, sehingga kandungan minyak potensialnya lebih rendah, yang secara otomatis menurunkan batas atas OER.

3. Penundaan Transportasi (Faktor Kualitas)Waktu tunda antara panen di lapangan dan pengolahan di pabrik (FFB Holding Time) harus dijaga di bawah 24 jam. Penundaan yang lama menyebabkan:

- Aktivasi enzim lipase di buah.
- Peningkatan kadar Asam Lemak Bebas (ALB).

Peningkatan ALB yang tinggi dapat mempersulit proses pengolahan dan pemurnian di pabrik, secara tidak langsung memengaruhi kerugian minyak di proses selanjutnya.

C. Faktor-Faktor Teknis yang Mempengaruhi OER (Proses Ekstraksi)Setelah TBS diterima di PKS, OER dipengaruhi oleh efisiensi setiap tahapan pengolahan:

1. Sterilisasi dan Proses Perebusan Sterilisasi (perebusan TBS dengan uap) berfungsi untuk:

Melunakkan mesokarp, memudahkan pelepasan buah dari tandan.

- Menginaktivasi enzim lipase untuk mencegah pembentukan ALB lebih lanjut.
- OER akan rendah jika sterilisasi tidak efektif (buah tidak matang merata atau lipase tidak sepenuhnya mati).

2. Proses Pengepresan (Pressing)Proses pengepresan adalah tahapan utama ekstraksi minyak. OER sangat bergantung pada efisiensi screw press*yang digunakan.

- Kerugian Minyak: Kerugian di press terjadi jika minyak masih tersisa di dalam ampas pres (press cake). Minyak yang tertinggal di press cake ini adalah kerugian OER langsung. Efisiensi pengepresan yang buruk (misalnya, tekanan kurang optimal) akan menurunkan OER.

3. Kerugian Minyak di PKS (Oil Losses)PKS harus meminimalkan kerugian minyak di berbagai titik pemrosesan. Total kerugian minyak (Total Loss) adalah faktor kunci yang membedakan OER aktual dari Oil Content. Titik kerugian utama meliputi:

- Kerugian di Sludge (Lumpur): Minyak yang terbuang bersama limbah cair (POME).
- Kerugian di Empty Fruit Bunch (EFB): Minyak yang tersisa di tandan kosong.
- Kerugian di Nut (Biji): Minyak yang terperangkap di cangkang/biji.

OER akan meningkat jika manajemen PKS berhasil mengurangi total kerugian di semua titik ini.

5.4.3 Losses Panen

Kerugian Panen (*Harvesting Losses*) dalam kelapa sawit merujuk pada total berat Tandan Buah Segar (TBS) atau brondolan yang seharusnya dapat dipanen dan diolah, tetapi hilang atau tertinggal di lapangan. Mengelola dan meminimalkan kerugian ini adalah aspek kritis dari manajemen kebun yang berdampak langsung pada Rendemen Minyak (OER) dan profitabilitas.

A. Definisi, Kategori Utama, dan Dampak Ekonomi

1. Definisi dan Konsep Kerugian

Kerugian panen adalah selisih antara hasil potensial yang tersedia di pohon dengan hasil aktual yang berhasil dikirim dan diolah di Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Kerugian ini diukur sebagai persentase berat brondolan atau TBS yang hilang dari total hasil panen yang seharusnya.

2. Kategori Utama Kerugian Panen

Kerugian panen dikategorikan berdasarkan bentuk dan penyebabnya:

Kategori Kerugian	Deskripsi	Dampak Langsung
Kerugian Brondolan	Brondolan yang jatuh dari tandan matang tetapi tidak dikumpulkan/tertinggal di lapangan.	Penurunan OER dan Peningkatan ALB (kualitas buruk).
Kerugian Tandan Mentah	TBS yang dipanen sebelum mencapai kriteria minimal 5 brondolan jatuh (seharusnya belum dipanen).	OER sangat rendah.
Kerugian Tandan Tertinggal	TBS matang yang terlewat oleh pemanen dan dibiarkan membusuk di pohon atau di piringan.	Kerugian total hasil panen.

3. Dampak Ekonomi Kerugian

Kerugian panen memiliki efek berlipat ganda terhadap ekonomi kebun:

- Penurunan Rendemen (OER): Setiap kilogram brondolan yang hilang adalah minyak yang hilang. Jika brondolan yang hilang mencapai 10% dari total hasil, OER pabrik akan menurun secara signifikan.
- Penurunan Kualitas (Peningkatan ALB): Brondolan yang tertinggal dan membusuk di tanah akan terhidrolisis, meningkatkan Asam Lemak Bebas (ALB). Jika brondolan ini terkutip pada panen berikutnya, ia akan merusak kualitas minyak keseluruhan yang diproses.
- Inefisiensi Tenaga Kerja: Upaya pemanenan yang dilakukan menjadi sia-sia karena sebagian hasil dibiarkan hilang di lapangan.

B. Faktor Penyebab dan Mekanisme Kerugian

Kerugian panen umumnya disebabkan oleh kombinasi faktor manajemen, teknis, dan manusia:

1. Faktor Manajemen dan Operasional

1) Rotasi Panen yang Panjang: Jika rotasi melebihi 10 hari (misalnya 12-15 hari), banyak TBS akan lewat matang (*over-ripe*). Tandan tersebut akan kehilangan sebagian besar brondolan mereka sebelum pemanen tiba, yang meningkatkan volume brondolan yang harus dikutip dan risiko kerugian brondolan tertinggal.
2) Kerapian Piringan: Kondisi piringan (area di sekitar pangkal pohon) yang kotor, tertutup gulma tebal, atau pelepah bekas pangkasan, membuat brondolan yang jatuh sulit terlihat dan dikutip, yang menjadi penyebab utama kerugian brondolan.
3) Pengawasan Lemah: Kurangnya pengawasan oleh mandor terhadap kebersihan kutipan brondolan oleh pemanen dapat menyebabkan standar kutipan brondolan tidak terpenuhi.

2. Faktor Manusia dan Teknis

- Keterampilan Pemanen: Pemanen yang kurang terampil cenderung:
    A. Memotong Mentah: Memanen TBS sebelum waktunya karena tekanan target harian.
    B. Tangkai Panjang: Meninggalkan tangkai TBS terlalu panjang, yang mempersulit pengangkutan dan memerlukan pemotongan ulang di PKS.
    C. Malas Kutip Brondolan: Brondolan yang tercecer dihitung sebagai komponen terpisah. Jika insentif kutip brondolan rendah, pemanen cenderung mengabaikannya.
- Kerugian saat Transportasi: Brondolan dapat tercecer di jalan kebun atau di TPH (Tempat Pengumpulan Hasil) jika penanganan tidak hati-hati, terutama saat pemuatan ke dalam lori/truk.

3. Kerugian Tandan Tertinggal (Missed Bunches)

Ini adalah kerugian yang paling fatal (kerugian 100% dari tandan):

- TBS matang yang berada di pohon tinggi atau di posisi sulit terlewatkan oleh pemanen karena keterbatasan alat (*egrek* kurang panjang) atau keengganan pemanen. Tandan ini akan membusuk di pohon.

4. Evaluasi dan Pengendalian Kerugian Panen

1. Metode Evaluasi Kerugian (Audit Mutu Panen)

Kerugian panen dievaluasi secara berkala melalui audit mutu panen (AMP). Metodenya melibatkan:

- Pengambilan Sampel: Menetapkan plot atau pohon sampel secara acak di blok yang baru dipanen.
- Perhitungan: Menghitung jumlah dan berat brondolan yang tertinggal di tanah (diukur dalam kg/ha atau persentase dari total hasil) dan menghitung persentase TBS mentah yang terpotong.

Target Industri: Total kerugian brondolan dan TBS mentah harus dijaga serendah mungkin, umumnya tidak lebih dari 5%.

2. Strategi Pengendalian

Untuk meminimalkan kerugian panen:

- Perbaikan Rotasi: Menjaga rotasi panen seketat mungkin (7–9 hari) untuk mengurangi jumlah TBS lewat matang.
- Pengendalian Gulma Piringan: Memastikan piringan bersih (nir-gulma) agar brondolan mudah terlihat dan dikutip.
- Sistem Insentif: Menerapkan sistem premi atau sanksi yang ketat berdasarkan hasil audit mutu. Pemanen harus diberikan insentif tinggi untuk kutipan brondolan yang bersih.
- Pelatihan Pemanen: Pelatihan berulang mengenai kriteria panen (5 brondolan jatuh) dan teknik pemotongan yang benar (memotong pelepah yang tepat dan tangkai pendek).

5.5 Pengolahan Tenaga Kerja Panen

5.5.1 (Harvesting Labor Management)

Pengolahan tenaga kerja panen adalah fungsi manajemen sumber daya manusia (SDM) yang berfokus pada perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian seluruh kegiatan panen untuk mencapai standar efisiensi, produktivitas, dan mutu Tandan Buah Segar (TBS) yang ditetapkan oleh perusahaan.

1. Tujuan Utama dan Prinsip Dasar Tujuan utama manajemen tenaga kerja panen adalah memastikan dua hal kritis tercapai:

- Kepatuhan Rotasi: Seluruh areal kebun terselesaikan pemanenannya tepat waktu sesuai rotasi yang ditetapkan (misalnya, 7–10 hari).
- Mutu Optimal: TBS dipanen pada Fraksi Kematangan Optimal (FKO), meminimalkan kerugian brondolan (Losses Panen) dan TBS mentah.
- Prinsip Dasar: Pekerja panen adalah SDM paling vital. Manajemen harus mengikat kinerja mereka dengan sistem insentif yang mendorong produktivitas tinggi (tonase) dan mutu yang baik (kerugian rendah).

2. Struktur Organisasi dan Alokasi Kerja

- Komponen Tim Inti Peran Tugas Utama Tanggung Jawab Kinerja
- Pemanen Memotong TBS matang dan memangkas pelepah (pruning). Kuantitas hasil harian (tonase) dan Mutu (kriteria panen).
- Tukang Angkut Mengutip brondolan lepas di piringan dan mengangkut TBS/brondolan ke TPH (Tempat Pengumpulan Hasil). Kebersihan piringan (minimasi kerugian brondolan).

Mandor Panen Pengawas lapangan yang bertanggung jawab atas approx 15-20 pemanen. Kepatuhan Rotasi, Alokasi Kerja, dan Audit Mutu Panen (AMP) harian.

- Mekanisme Alokasi: Alokasi kerja didasarkan pada Norma Panen (kapasitas harian per pemanen) dan Luasan Harian (hasil dari rumus rotasi). Mandor harus mengalokasikan areal panen (loading area) yang seimbang untuk setiap pemanen agar dapat mencapai norma tanpa mengorbankan mutu.

3. Standar Kinerja dan Sistem Insentif

A. Norma Panen (Productivity Standard) Norma Panen adalah target minimum TBS yang wajib dipanen oleh seorang pemanen per hari. Norma ini bervariasi tergantung usia tanaman, topografi, dan Berat Janjang Rata-rata (BJR).

- Contoh Standar: 1.5 – 2.0 ton TBS per hari per pemanen.

B. Sistem Pengupahan Upah pemanen didasarkan pada dua komponen:

1. Upah Dasar Harian: Memenuhi standar UMR/UMK dan diberikan jika pemanen mencapai Norma Panen.

2. Premi/Insentif: Diberikan untuk tonase di atas Norma (mendorong kuantitas) dan/atau mutu panen yang sangat baik (mendorong kualitas).

C. Pengendalian Mutu Melalui Sanksi Pengawasan mutu dilakukan melalui Audit Mutu Panen (AMP) harian oleh Mandor. Pemanen akan dikenakan sanksi/denda (penalti) jika hasil evaluasi menunjukkan:

- Persentase TBS Mentah tinggi.
- Kerugian brondolan tertinggal tinggi.
- Tangkai panjang.

Sistem reward and punishment ini adalah mekanisme utama untuk menjaga kualitas TBS yang berdampak langsung pada OER pabrik.

5.5.2 Pembagian Tugas panen

Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab dalam Operasi Panen Kelapa Sawit Manajemen tenaga kerja panen di perkebunan kelapa sawit adalah sistem yang kompleks yang membutuhkan koordinasi sempurna antara beberapa peran spesifik. Pembagian tugas yang jelas (divisi kerja) sangat penting untuk memastikan efisiensi waktu (kepatuhan rotasi) dan kualitas hasil panen (memaksimalkan OER dan meminimalkan kerugian).

A. Struktur Organisasi dan Peran Kunci

1. Pentingnya Divisi Kerja Dalam operasi panen sawit, pemanenan sering dilakukan oleh tim yang terdiri dari dua hingga tiga orang per unit panen: Pemotong, Tukang Angkut, dan Mandor sebagai pengawas. Pembagian tugas ini mengoptimalkan keterampilan spesifik: pemotong fokus pada kecepatan dan ketepatan pemotongan, sementara tukang angkut fokus pada kebersihan (kutipan brondolan) dan logistik.

2. Peran Kunci dalam Tim Panen| Peran | Tugas Inti | Target Kinerja Utama | Dampak pada OER |

| Pemanen (Pemotong)| Memotong TBS Matang & Pruning. | Kuantitas TBS Harian (Norma Panen). | Kualitas TBS (Mentah/Matang). |

| Tukang Angkut (Pelangsir) | Kutip Brondolan & Angkut TBS ke TPH. | Kebersihan Piringan (Meminimalkan Losses). | Memaksimalkan CPO yang Terkumpul. |

| Mandor Panen | Alokasi Areal & Kontrol Mutu Panen (AMP). | Kepatuhan Rotasi Panen (Ketepatan Waktu). | Menjaga Standar FKO dan ALB. |

3. Keterkaitan dan Ketergantungan Tugas Pekerjaan pemanen dan tukang angkut saling bergantung. Kualitas kerja pemotong (memotong tepat matang) memengaruhi volume brondolan yang harus dikutip. Kinerja tukang angkut (kebersihan kutipan) memengaruhi total tonase bersih yang akan ditimbang. Kegagalan di satu tahap akan menurunkan efisiensi keseluruhan tim dan kualitas TBS.

B. Tugas Spesifik Pemanen (Pemotong)Pemanen bertanggung jawab langsung atas kualitas fisik TBS yang dipotong dan dikirim ke PKS.

1. Identifikasi Kematangan dan Pemotongan Selektif Kepatuhan Kriteria FKO: Tugas utama adalah memastikan hanya TBS yang telah mencapai Fraksi Kematangan Optimal (FKO) yang dipotong. Kriteria utamanya adalah minimal 5 brondolan jatuh dan perubahan warna eksokarp. Kesalahan memotong TBS mentah (di bawah 5 brondolan) adalah bentuk kerugian kualitas yang fatal.

- Teknik Pemotongan: Menggunakan dodos (pohon rendah) atau egrek (pohon tinggi). Pemotongan harus dilakukan dengan satu ayunan bersih jika memungkinkan, memotong tangkai tandan dan menjaga panjang tangkai minimal (maksimal \approx 2 \{ cm}), menghindari pemotongan tangkai yang terlalu panjang yang menambah pekerjaan pemotongan ulang di pabrik.

2. Pruning dan Kerapihan Pohon Pruning Pelepah: Pemanen wajib melakukan pemangkasan (pruning) pelepah yang menaungi TBS atau pelepah yang terlalu tua. Tujuannya adalah menjaga jumlah pelepah produktif (biasanya 40-56 helai) untuk menopang hasil berikutnya.

- Memotong Pelepah Sengkleh: Pemanen harus memotong pelepah yang menopang tandan matang. Pelepah bekas potongan harus ditata di gawangan mati (lorong angkut) atau di piringan untuk membentuk tapisan organik, tetapi tidak boleh mengganggu alur pikul atau menutupi brondolan.

3. Tanggung Jawab Pelaporan Pemanen wajib melaporkan hasil panen harian, termasuk jumlah tandan (janjang) dan perkiraan berat, serta kondisi lain (misalnya, serangan hama atau penyakit) yang teridentifikasi di lapangan.

C. Tugas Spesifik Tukang Angkut dan Mandor

1. Tukang Angkut (pelangsir)Tukang angkut bertanggung jawab atas logistik dan pencegahan kerugian brondolan:

- Kutipan Brondolan Bersih: Ini adalah tugas paling penting. Tukang angkut harus mengumpulkan semua brondolan yang lepas di piringan dan alur pikul. Kegagalan mengutip brondolan ini adalah kerugian minyak langsung (Harvesting Losses) yang menurunkan OER. Brondolan harus dimasukkan ke dalam karung/keranjang terpisah.
- Pengangkutan TBS: Mengangkut TBS yang sudah dipotong dari pangkal pohon ke Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) menggunakan angkong atau alat angkut lain.
- Pengaturan TPH: Memastikan TBS ditata rapi di TPH berdasarkan kelas mutu dan brondolan disajikan dalam karung terpisah, siap untuk ditimbang dan dimuat ke truk.

2. Mandor Panen (Supervisi dan Kontrol)Mandor adalah pengawas teknis dan manajerial yang memastikan efisiensi tim dan kepatuhan standar:

- Alokasi dan Kepatuhan Rotasi: Menentukan areal panen (blok) harian dan memastikan pemanen bekerja di areal tersebut. Mandor bertanggung jawab penuh jika suatu blok terlewat panennya (skipping) atau jadwal rotasi terganggu.
- Audit Mutu Panen (AMP): Melakukan pemeriksaan sampling harian terhadap kualitas panen. Audit mencakup pengecekan persentase buah mentah yang dipotong dan berat brondolan yang tertinggal di piringan.
- Pengawasan Disiplin: Menegakkan Norma Panen dan menerapkan sistem *reward and punishment* berdasarkan hasil AMP harian.

Halaman 4: Manajemen Kinerja dan Daftar Pustaka####1. Integrasi Kinerja (Sistem Insentif)Sistem penggajian harus mengintegrasikan kinerja Pemotong dan Tukang Angkut dengan hasil audit Mandor.

Upah Pokok: Diberikan jika Norma Panen harian terpenuhi.

Premi Kuantitas: Diberikan untuk tonase di atas norma (mendorong kecepatan).

Premi Mutu/Sanksi: Premi diberikan jika hasil AMP menunjukkan kerugian brondolan atau TBS mentah berada di bawah ambang batas toleransi (misalnya < 5%). Sanksi (denda/penalti) dikenakan jika melebihi batas, memastikan pemanen dan tukang angkut bekerja secara teliti.

2. Pelatihan dan Pengembangan Manajemen harus secara berkelanjutan melatih pemanen dan mandor mengenai:

- Teknik pemotongan yang ergonomis dan efisien.
- Pemahaman mendalam tentang kriteria FKO (korelasi 5 brondolan dengan warna buah).
- Pentingnya pencegahan 100\% kerugian brondolan.

5.5.3 Penilaian kinerja Panen

Penilaian kinerja panen kelapa sawit adalah jantung dari operasional perkebunan. Kegiatan panen merupakan titik penentu utama keuntungan (profitabilitas) karena secara langsung memengaruhi kuantitas (tonase) dan kualitas (rendemen minyak) produk akhir. Kinerja panen yang optimal adalah panen yang mencapai basis tugas (target kuantitas) sambil mempertahankan standar mutu tertinggi, yaitu memastikan buah yang dipanen berada pada fraksi matang panen dan meminimalkan kehilangan hasil (*losses*).

Kesalahan dalam panen, seperti memanen buah mentah atau tidak mengutip brondolan, dapat menyebabkan kerugian finansial signifikan. Oleh karena itu, sistem penilaian kinerja harus dirancang secara komprehensif untuk memotivasi pemanen agar bekerja secara efisien dan patuh pada standar operasional prosedur (SOP) yang ketat.

5.5.4 Pilar Penilaian Kinerja

Penilaian kinerja panen sawit umumnya berdiri di atas tiga pilar utama yang saling terkait:

A. Aspek Kuantitas (Efisiensi Kerja)

Aspek ini mengukur seberapa banyak pekerjaan yang berhasil diselesaikan oleh pemanen dalam periode waktu tertentu.

- Basis Tugas vs. Realisasi:

  Setiap pemanen diberikan target kerja harian (basis tugas) yang disesuaikan dengan kondisi lapangan (topografi, kerapatan tanaman, rotasi panen). Realisasi adalah jumlah Tandan Buah Segar (TBS) atau berat (tonase) yang benar-benar berhasil dipanen dan dikirim ke Timbangan. Kinerja kuantitas dinilai baik jika realisasi $\geq$ basis tugas.

- Rotasi Panen (RP):

  Mengacu pada interval waktu yang dibutuhkan untuk memanen seluruh areal (ancak) dalam satu putaran. Rotasi ideal bervariasi, namun umumnya antara 7 hingga 10 hari. Kepatuhan pada RP penting untuk memastikan tidak ada buah matang yang terlalu lama dibiarkan di pohon (kehilangan potensi rendemen).

B. Aspek Kualitas (Mutu Hasil Panen)

Ini adalah aspek krusial yang menentukan kualitas minyak sawit mentah (CPO). Penilaian kualitas dilakukan melalui pengawasan dan sortasi di lapangan dan Timbangan.

- Nilai Sortasi Panen (NSP):

  Diukur berdasarkan persentase komposisi kematangan buah yang dipanen. Fokus utamanya adalah meminimalkan buah mentah (Fraksi 0 dan 1) dan buah lewat matang (Fraksi 5). Pemanenan yang baik harus didominasi oleh Fraksi 2 dan 3 (buah matang optimal).

- Indeks Pengutipan Brondolan (IPB):

  Brondolan (buah yang rontok secara alami) memiliki kandungan minyak tertinggi. IPB mengukur efektivitas pemanen dalam mengumpulkan semua brondolan yang jatuh dari TBS yang dipanen. Standar IPB yang ditetapkan perusahaan harus sangat tinggi (mendekati 100%) untuk meminimalkan oil losses.

C. Aspek Ketertiban dan Disiplin (Kepatuhan SOP)

Aspek ini menilai pelaksanaan teknis panen yang memengaruhi kesehatan tanaman dan efisiensi kerja.

a. Ketinggian Pelepah:

   Pemanenan harus disertai dengan pemotongan pelepah (pruning) dengan ketinggian yang tepat untuk memudahkan panen berikutnya dan mengoptimalkan fotosintesis.

b. Mutu Ancak:

   Meliputi kebersihan area panen (penyusunan pelepah yang rapi di gawangan mati, penumpukan TBS yang teratur, dan penempatan brondolan agar mudah diangkut).

c. Disiplin Kerja:

   Ketepatan waktu, kehadiran, dan kepatuhan terhadap peraturan perusahaan (misalnya, penggunaan alat pelindung diri/APD).

5.5.5 Metode Pengukuran dan Evaluasi

Penilaian kinerja panen melibatkan serangkaian kegiatan pengawasan dan pengukuran di lapangan.

A. Penilaian Kualitas Lapangan (Sampling Sortasi)

Pengawasan dilakukan oleh Mandor atau Asisten Divisi secara *sampling* di Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) atau langsung di ancak (area panen).

- Sortasi Kematangan (NSP): Secara acak dipilih sejumlah TBS dari panenan pemanen. Buah tersebut disortir berdasarkan fraksi kematangannya. Hasil sortasi ini diterjemahkan menjadi skor kualitas.
- Pemeriksaan Brondolan (IPB): Dilakukan inspeksi di sekitar TPH atau di bawah pohon yang baru dipanen untuk menghitung sisa brondolan yang tidak dikutip. Rumus sederhana untuk menghitung IPB adalah:
  {IPB} = (1 - {Brondolan Tertinggal}{Brondolan Ideal}} Time 100%

  (Brondolan Ideal adalah jumlah brondolan seharusnya yang rontok dari TBS matang).

B. Sistem *Reward and Punishment* (Premi dan Denda)

Hasil dari penilaian kuantitas dan kualitas ini sangat menentukan pendapatan pemanen.

- Premi Panen (Insentif):

  Ini adalah sistem insentif tambahan di atas gaji pokok. Premi diberikan jika pemanen berhasil melampaui basis tugas dan, yang lebih penting, mencapai standar mutu panen yang ditetapkan (misalnya, NSP dan IPB di atas batas toleransi kesalahan). Premi ini memotivasi pemanen untuk mengejar kuantitas tanpa mengorbankan kualitas.

- Denda (Sanksi):

  Denda atau pemotongan premi dikenakan ketika terjadi pelanggaran mutu yang signifikan, seperti:

  - Memotong TBS mentah (kerugian rendemen).
  - Tidak mengutip brondolan (kerugian hasil).
  - Tinggi pelepah tidak sesuai standar.
  - Buah dicuri atau dibiarkan busuk.

C. Tantangan dalam Penilaian Kinerja Panen

Meskipun sistem penilaian sudah ada, implementasinya sering menghadapi tantangan:

a) Objektivitas Pengawasan:

   Keterbatasan Mandor untuk mengawasi setiap buah yang dipanen oleh setiap pemanen secara konstan dapat menyebabkan penilaian menjadi subjektif atau hanya berdasarkan sampling kecil.

b) Fluktuasi Ketersediaan Buah:

   Perubahan musim atau kondisi agronomis dapat menyebabkan ketersediaan buah harian yang berbeda, sehingga basis tugas mungkin perlu disesuaikan secara dinamis, namun tidak selalu terimplementasi cepat.

c) Kepentingan Pemanen vs. Perusahaan:

Pemanen cenderung memprioritaskan kuantitas (agar mencapai basis tugas dan premi) yang terkadang mengorbankan kualitas (misalnya, memotong buah mentah atau malas mengutip brondolan). Sistem penilaian harus menyeimbangkan kedua kepentingan ini.

d) Penggunaan Teknologi:

Perkebunan modern mulai memanfaatkan teknologi seperti aplikasi seluler atau Geographic Information System (GIS) untuk memantau lokasi pemanen, rotasi, dan data produksi secara real-time, yang membantu meningkatkan objektivitas penilaian.

5.5.6 Identifikasi Bahaya

Meskipun kelapa sawit memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian, ekspansi dan pengelolaannya yang tidak berkelanjutan menimbulkan bahaya serius yang dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok utama: Lingkungan, Sosial, dan Kesehatan.

I. Bahaya Lingkungan (Ekologi)
Bahaya lingkungan adalah dampak yang paling sering disoroti dan paling serius dari ekspansi perkebunan kelapa sawit berskala besar:

1. Deforestasi dan Hilangnya Keanekaragaman Hayati

- Penjelasan: Pembukaan lahan untuk perkebunan sawit, terutama di Indonesia dan Malaysia, sering kali dilakukan dengan mengkonversi hutan hujan primer atau sekunder yang kaya keanekaragaman hayati. Hal ini menyebabkan hilangnya habitat kritis bagi spesies endemik dan terancam punah seperti Orangutan, Harimau Sumatera, Gajah Sumatera, dan Badak Sumatera. Konversi hutan menjadi sistem monokultur sawit secara drastis mengurangi keragaman hayati flora dan fauna di suatu wilayah.

2. Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Perubahan Iklim

- Penjelasan:
    - Pembukaan Lahan Gambut: Pembukaan lahan di atas ekosistem gambut (lahan basah yang menyimpan karbon dalam jumlah besar) merupakan bahaya terbesar. Ketika gambut dikeringkan dan dibuka, karbon yang tersimpan dilepaskan sebagai CO_2 ke atmosfer, yang secara signifikan mempercepat perubahan iklim.

- Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla): Praktik pembukaan lahan dengan cara membakar, meskipun ilegal, masih terjadi. Asap yang dihasilkan melepaskan partikel dan gas rumah kaca dalam jumlah besar, menyebabkan kabut asap regional (transboundary haze).
- Limbah Pabrik: Limbah cair pabrik kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent* atau POME) melepaskan gas metana (CH_4), yang merupakan gas rumah kaca 28 kali lebih kuat daripada CO_2 dalam periode 100 tahun.

3. Pencemaran Tanah dan Air

- Penjelasan:
  - Limbah Cair: Pembuangan POME yang tidak diolah dengan baik ke sungai-sungai dapat menyebabkan polusi parah. POME memiliki *High Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi, sehingga dapat menguras oksigen terlarut di air, mematikan biota air, dan mencemari sumber air minum masyarakat.
  - Bahan Kimia: Penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan (terutama jika tidak sesuai SOP) dapat mencemari tanah dan air permukaan (run-off), serta memengaruhi kesehatan ekosistem perairan.
  - Banjir dan Erosi: Konversi hutan menjadi kebun sawit dapat merusak struktur tanah dan meningkatkan limpasan air permukaan, yang berpotensi menyebabkan erosi dan meningkatkan risiko banjir di daerah hilir, terutama pada saat curah hujan tinggi.
  -

II. Bahaya Sosial (Socio-Ekonomi)

Bahaya ini berpusat pada hubungan antara perusahaan, masyarakat lokal, dan pemerintah.

1. Konflik Lahan dan Penggusuran Masyarakat Adat

- Penjelasan: Ekspansi besar-besaran sering kali berbenturan dengan hak-hak tradisional atau adat masyarakat lokal. Praktik perampasan lahan (*land grabbing*) di mana lahan masyarakat lokal dirampas atau dibeli dengan harga murah untuk kepentingan perusahaan, memicu konflik sosial, sengketa berkepanjangan, bahkan kekerasan. Hak-hak masyarakat adat sering diabaikan demi kepentingan bisnis.

2. Kesenjangan Ekonomi dan Perubahan Struktur Sosial

- Penjelasan: Meskipun perkebunan sawit menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan infrastruktur, keuntungan seringkali terdistribusi secara tidak merata. Hal ini dapat menciptakan kesenjangan sosial antara pekerja, masyarakat lokal yang tidak mendapatkan manfaat, dan pemilik perusahaan. Selain itu, pola hidup tradisional (seperti budaya berburu, meramu, atau bertani subsisten) dapat bergeser, bahkan menghilang, karena ketergantungan pada upah industri.

3. Kondisi Kerja dan Tenaga Kerja

- Penjelasan: Di beberapa kasus, perkebunan sawit dituduh memiliki praktik ketenagakerjaan yang kurang baik, termasuk upah rendah, kurangnya jaminan kesehatan/keselamatan kerja, dan penggunaan tenaga kerja anak atau imigran ilegal.

III. Bahaya Kesehatan Masyarakat

Bahaya ini merupakan konsekuensi langsung dari dampak lingkungan.

1. Gangguan Pernapasan Akibat Kabut Asap

- Penjelasan: Kabut asap yang ditimbulkan oleh kebakaran lahan gambut atau hutan dapat menyebabkan penyakit pernapasan akut (ISPA), asma, bronkitis, dan penyakit paru-paru kronis pada masyarakat sekitar, terutama anak-anak dan lansia.

2. Gangguan Kesehatan Akibat Pencemaran Air

- Penjelasan: Pencemaran sungai oleh limbah pabrik atau pestisida dapat merusak sumber air bersih masyarakat, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penyakit kulit, diare, dan masalah kesehatan lainnya.

5.6 Keselamatan Kerja Saat Panen (K3)

5.6.1 Pengunaa APD

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah segala upaya untuk melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja dari bahaya di tempat kerja dengan mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja, menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman, serta meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja. Ini melibatkan identifikasi bahaya, pengendalian risiko, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), dan kepatuhan terhadap standar

serta prosedur keselamatan untuk menjamin keutuhan fisik dan mental pekerja. Dalam Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia nomor 50 tahun 2012 mengenai penerapan SMK3, dijelaskan tentang pengertian dari K3. Yaitu segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan serta kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja. Sedangkan berdasarkan Standar Internasional OHSAS 18001, K3 adalah segala kegiatan yang dilakukan untuk menjamin serta melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Melalui berbagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.

A. Maksud Serta Tujuan dari K3

Berdasarkan PP nomor 50 tahun 2012 tentang SMK3, tujuan dari diterapkannya standar keselamatan dan kesehatan kerja adalah:

- Meningkatkan efektivitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur dan terintegrasi;
- Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh;

- Menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman, dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Secara umum tujuan k3 adalah :

- Melindungi pemanen
  Pada saat melakukan pemanenan, karyawan hampir sering mengalami kecelakaan kerja, seperti hampir tertimpa buah dan pelepah, oleh karena itu perlunya APD untuk meminimalisir dampak dari kecelakaan kerja.

- Bekal Saat Bekerja
  Ketentuan K3 yang telah disusun dapat menjadi bekal untuk para pekerja melakukan tugasnya. Setiap pegawai harus mengikuti protokol dan aturan yang berlaku. Sehingga segala jenis proses yang ada di lokasi kerja tidak boleh dilakukan sembarangan.

Terutama pada tempat-tempat kerja dengan risiko bahaya cukup tinggi. Seperti Lokasi pohon kelapa sawit yg berada di dekat kabel Listrik, Penerapan aturan dan SOP (Standard Operating Procedure) mutlak harus dilakukan. Karena setiap ketentuan yang ada telah dibuat berdasarkan perhitungan yang matang. Ketika prosedurnya dilanggar, sangat berisiko terjadi kecelakaan kerja.

- Peningkatan Kesejahteraan
  Perusahaan juga harus memperhatikan kesejahteraan pegawai. Membuat para pekerja merasa aman dan terpenuhi segala hak-haknya. Dengan begitu mereka dapat melaksanakan kewajiban pekerjaan dengan baik dan profesional.

  Aturan K3 harus mencakup upaya-upaya peningkatan kesejahteraan ini dengan jelas. Bukan membiarkan para pegawai untuk menghabiskan banyak waktunyadi tempat kerja. Sehingga produktivitas juga akan ikut meningkat.

B. Resiko dan bahaya di tempat kerja

Setiap jenis pekerjaan memiliki risiko tersendiri. Dengan mengidentifikasi apa saja jenis kecelakaan yang mungkin muncul, membuat perusahaan bisa melakukan berbagai tindakan preventif. Guna meminimalisir risiko terjadi kecelakaan dan memberikan perlindungan kepada pegawai.

Disamping perencanaan aturan K3 oleh pihak perusahaan, pegawai yang bekerja di lapangan juga harus waspada. Serta mengikuti semua ketentuan dan standar keselamatan yang sudah disusun perusahaan. Adapun jenis risiko yang bisa timbul di tempat kerja antara lain, yaitu:

- Risiko Ergonomi
  Ergonomi berkaitan dengan desain peralatan seperti egrek dan dodos. Risiko kerja dari segi ergonomi dapat terjadi ketika pegawai melakukan gerakkan yang sama atau repetitive untuk waktu yang cukup lama.

  Meski duduk atau berada dalam posisi sama, bisa menimbulkan cedera. Seperti nyeri sendi, pegal linu, sakit pinggang dan masalah lain bisa lebih parah. Karena itulah

mengurangi repetisi merupakan solusi yang harus dilakukan untuk meminimalisir bahaya ergonomi. Hal ini juga diatur dalam ketentuan K3.

- Risiko Fisik

  Risiko bahaya kerja juga dapat menyerang fisik. Yaitu seperti tertimpa buah atau pelepah,terkena egrek,kampak dan gancu. Hal ini berpotensi menimbulkan cedera yang cukup serius bagi pemanen.

  Karena itulah penting bagi pemanen melindungi tubuh dari potensi bahaya yang dapat muncul. Misalnya menggunakan helm,kacamata,Sepatu dan sarung tangan. Semua itu termasuk alat pelindung diri K3.

- Risiko Psikologis

  Bukan hanya fisik yang bisa terkena risiko berbahaya dari pekerjaan. Gangguan psikologis juga dapat mengancam kesehatan mental para pegawai. Pemicunya adalah stres akibat pekerjaan.

  Stress dapat muncul bisa disebabkan oleh tekanan yang berlebihan dari atasan, Kemudian bisa juga karena jenis pekerjaan berubah, beban tanggung jawab yang berlebih, perubahan jadwal, aturan, juga faktor-faktor lainnya. Aturan K3 harus bisa mengatasi permasalah psikologis pegawai.

  Karena ketika psikologis para pegawai terganggu mereka tidak bisa bekerja dengan performa terbaik. Sehingga tingkat produktivitas menurun. Cara mengatasinya yaitu dengan memberikan waktu untuk istirahat, menyediakan fasilitas penunjang yang nyaman. Serta menyediakan fasilitas konseling untuk kesehatan mental para pekerja.

C.Ruang lingkup K3

Ruang lingkup dari keselamatan dan kesehatan kerja di lokasi perusahaan/pabrik untuk semua jenis sektor bisnis meliputi:

- Lingkungan Kerja

Yaitu lokasi para pemanen melakukan aktivitas panen. Dalam menerapkan ketentuan keselamatan dan kesehatan kerja, perusahaan harus memastikan lingkungan kerja yang aman serta nyaman dari berbagai bahaya.

Seperti serangan hewan seperti Harimau dan ular yang dapat menyerang pemanen kapanpun. Serta menyediakan sarana keamanan lainnya sesuai ketentuan K3 yang dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan di lingkungan kerja.

- Alat Kerja
  Yaitu alat kerja untuk kebutuhan pemanen dalam memanen buah. Alat perlu dipastikan keamanannya. Alat-alat kerja yang dipakai harus dalam kondisi baik.

  Alat kerja ini harus memenuhi standar keamanan dan keselamatan yang berlaku. Sehingga hasil dari pemanenan adalah buah yang berkualitas. Aturan K3 juga memperhatikan keamanan para pengguna produk atau jasa.

- Metode Kerja
  Metode ini berkaitan dengan standar dari cara kerja yang mesti dilakukan oleh para pemanen. Dengan tujuan agar dapat bekerja secara efektif dan juga efisien. Serta berguna untuk menjaga keselamatan dan kesehatan para pemanen.

  Metode kerja mencakup pengetahuan dasar K3, tentang bagaimana cara mengoperasikan alat. Apa saja pakaian dan alat pelindung diri yang harus dikenakan selama bekerja. Serta pengetahuan tentang apa yang harus dilakukan saat terjadi kondisi darurat. Semuanya harus dilaksanakan sesuai standar.

5.6.2 Prosedur Kerja Aman

Pada proses panen, kami menggunakan langkah-langkah observasi dan juga diskusi dengan pekerja untuk mendapatkan hasil analisis, diskusi dan pemantauan, yaitu:

1) Kondisi Tempat Kerja

Kondisi pertumbuhan gulma yang lebat dan tinggi disekitar pokok tanaman utama/ sawit akan dapat mempengaruhi pertumbuhan kelapa sawit karena dapat menyerap nutrisi dan air yang seharusnya digunakan oleh tanaman kelapa sawit. Sehingga mempersulit pekerja dalam

melakukan proses panen, selain itu pertumbuhan gulma yang tinggi juga bisa menyebabkan halhal yang tidak diinginkan seperti ada ular, sarang lebah, sarang semut dan sebagainya. Oleh karena itu pentingnya melakukan perawatan pada tanaman kelapa sawit dengan cara melakuan penyemprotan herbisida untuk mematikan atau mengendalikan pertumbuhan gulma dan prunning. Selain tumbuhnya gulma lebat (semak belukar) pada sekitar pokok tanaman, seperti banyaknya sarang lebah dan tawon juga menjadi faktor bahaya yang perlu diwaspadai dan harus segera disingkirkan. Hal ini disebabkan kondisi kebun perawatannya tidak merata sehingga menyebabkan semak belukar, didukung pula oleh kondisi pokok tanaman sawit yang masih banyak belum di pruning, sehingga hal ini cukup merepotkan/ menyulitkan pemanen karena harus mengecek setiap ancak panennya dan tak sedikit pemanen yang tersengat lebah. Pohon kelapa sawit yang belum dipruning dapat menyebabkan bersarangnya baik lebah maupun tawon dll. Meskipun ada insentif bagi karyawan yang bisa membersihkan sarang tawon, dalam jangka panjang sebaiknya kegiatan membersihkan sarang tawon menjadi sebuah jobdesk dalam perawatan tanaman guna mengendalikan perkembangan sarang tawon secara signifikan. Usulan untuk perbaikannya adalah fokuskan terlebih dahulu terkait perawatan seperti melakukan penyemprotan guna mengendalikan gulma serta melakukan pruning secara merata setiap bloknya serta membersihkan kebun dari sarang tawon berbahaya. Bila masalah-masalah diatas tidak diatasi tuntas, akan dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat merugikan pekerja dan perusahaan.

2) Keadaan Proses panen

Potensi bahaya yang mungkin bisa terjadi karena lingkungan yang tidak terawat, kondisi APD yang tidak memadai, metode atau cara kerja yang tidak sesuai SOP, hal ini yang harus ditegaskan agar dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. pemanen yang tidak menggunakan APD yang lengkap seperti sepatu bot dan sarung tangan, hal ini dapat menyebabkan kecelakaan kerja seperti kaki yang tertusuk duri sawit, terpeleset dan hal lainnya. Pemanen tidak menggunakan APD dikarenakan enggan dan keberatan untuk mengadakan/ membeli sendiri alat APD tersebut. Seharusnya hal ini menjadi kewajiban perusahaan sebagai pemberi kerja, untuk menjamin keselamatan kerja pagi pekerjanya. Masalah selanjutnya ada pada titi panen, jika sesuai SOP seharusnya titi panen terbuat dari beton kokoh ysng berukuran lebar 25 cm, ketebalan 8-10 cm dan dengan Panjang 3 –4 meter, menyesuaikan lebar parit. Namun hal ini dirasa kurang worth it mengingat kekuangannya karyawan

5.6.3 Identifikasi Bahaya

a) Pada saat memotong pelepah pastikan arah jatuh pelepah jauh dengan pemanen dengan cara tidak berada tepat dibawah pelepah yang mau di potong.
b) Saat memotong TBS dengan minimal songgo 1 pastikan pemaen tidak tepat dibawah TBS.
c) Kemudian setelah didodos, TBS disongket atau didorong kearah depan melalui celah pelepah songgo 1.
d) Sebelum memasuki ancak panen harus mengecek keadaan sekitar, dirasa telah aman tidak ada lebah/tawon dan ular baru memulai kegiatan panen dengan hati-hati.
e) Membuat pasar pikul jika belum ada.
f) Menggunakan perlengkapan alat APD yang sesuai dengan SOP Perusahaan.

5.6.4 SOP perusahaan pekerja pada proses panen dilapangan

Proses pemanenan adalah proses dimana pemanen menurunkan buah matang dengan mengguanakan alat panen. Proses pemanenan yang baik membutuhkan teknik dan pengalaman yang baik pula serta sesuai Standar Operasional Prosedur (SOP) proses pemanenan. Standar Operasional Prosedur (SOP) pada karyawan panen adalah :

a. Perlengkapan panen

Pemanen mempersiapkan perlengkapan panen sebelum melakukan kegiatan pekerjaan panen. Perlengkapan panen yang digunakan adalah Helm, Sepatu Boot, Sarung Tangan dan Sarung Dodos.

b. Persiapan alat panen

Pemanen mempersiapkan dan memastikan alat yang akan digunakan masih dalam kondisi yang baik. Alat yang dibutuhkan adalah dodos/egrek, gancu, karung, angkong dan batu asah.

c. Apel pagi

Karyawan harus mengikuti kegiatan apel pagi dengan mandor panen. Apel pagi dimulai pada jam 05.00 pagi.

d. Alat APD pada kegiatan panen

Gunakan APD berupa sarung tangan, helm safety, dan safety boot.

Pendapat penulis terhadap SOP pada karyawan panen diatas sudah tertera pada perusahaan dan beberapa karyawan panen ada yang menerapkan dan ada juga yang tidak, penulis menilai ini sebagai kelalaian diri sendiri sebagai karyawan panen dan juga aturan yang ada tidak ditindak tegas oleh mandor panen, saran penulis untuk hal ini seharusnya selalu melakukan pengecekan SOP proses panen pada saat apel pagi dan menindak tegas terhadap karyawan yang tidak mengindahkan peraturan yang ada.

5.6.5 Sejarah K3 di Indonesia

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam dunia kerja yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Namun, tahukah Anda bagaimana sejarah K3 berkembang, baik di Indonesia maupun di dunia? Artikel ini akan membahasnya secara singkat namun mendalam.

A. Sejarah K3 di Dunia

Sejarah K3 di dunia bermula sejak Revolusi Industri di abad ke-18. Pada masa itu, kemajuan teknologi menyebabkan peningkatan produksi di berbagai sektor, tetapi juga membawa dampak negatif berupa kecelakaan kerja dan kondisi kerja yang buruk.

- Awal Peraturan K3

Pada tahun 1802, Inggris memperkenalkan Health and Morals of Apprentices Act sebagai undang-undang pertama yang mengatur kondisi kerja, khususnya untuk anak-anak yang bekerja di pabrik tekstil.

Selanjutnya, pada abad ke-19, berbagai negara mulai memperkenalkan peraturan-peraturan yang melindungi pekerja, seperti Factory Acts di Inggris yang memberikan batasan jam kerja dan mengatur ventilasi di tempat kerja.

- Konferensi Perburuhan Internasional

Pada tahun 1919, Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) didirikan, dengan salah satu tujuannya adalah meningkatkan standar K3 di seluruh dunia. ILO mulai mengeluarkan konvensi dan rekomendasi yang menjadi panduan bagi negara-negara anggota dalam mengelola K3.

- Perkembangan Modern

Di abad ke-20, dengan semakin banyaknya sektor industri yang berkembang, K3 menjadi bidang studi yang penting. Negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jerman, dan Jepang mulai mengembangkan teknologi dan sistem manajemen K3 yang lebih efektif.

B. Awal Mula K3 di Indonesia

Sejarah K3 di Indonesia bisa dibilang mulai mencuat sejak masa kolonial Belanda. Pada masa itu, industri perkebunan dan tambang mulai berkembang pesat. Sayangnya, kondisi kerja saat itu jauh dari kata aman. Banyak pekerja yang mengalami kecelakaan atau menderita penyakit akibat kerja. Melihat situasi ini, pemerintah kolonial mulai menetapkan beberapa aturan dasar terkait keselamatan kerja.

Salah satu tonggak penting adalah diterbitkannya Veiligheidsreglement pada tahun 1910. Regulasi ini mengatur tentang keselamatan kerja, meskipun fokusnya lebih ke industri tambang. Aturan ini bisa dibilang sebagai cikal bakal dari regulasi K3 modern di Indonesia.

- Era Kemerdekaan dan Perkembangan K3

Setelah Indonesia merdeka pada tahun 1945, kebutuhan akan sistem keselamatan kerja yang lebih terstruktur semakin terasa. Pada tahun 1970, diterbitkan Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Undang-undang ini menjadi dasar hukum utama dalam pelaksanaan K3 di Indonesia hingga saat ini.

Undang-undang tersebut menegaskan pentingnya K3 di berbagai sektor kerja. Isinya meliputi pengawasan tempat kerja, pelaporan kecelakaan kerja, hingga tanggung jawab pengusaha terhadap keselamatan pekerja. Inilah yang menjadi landasan kuat bagi penerapan K3 di Indonesia.

- Perkembangan SMK3

Memasuki era 2000-an, konsep Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) mulai diperkenalkan. Hal ini sejalan dengan globalisasi dan meningkatnya tuntutan untuk mematuhi standar internasional. Pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012, yang mewajibkan perusahaan menerapkan SMK3, terutama perusahaan dengan risiko tinggi.

- K3 di Era Modern

Saat ini, K3 di Indonesia sudah berkembang pesat. Kesadaran masyarakat dan perusahaan terhadap pentingnya K3 semakin meningkat. Selain itu, sertifikasi K3 seperti Ahli K3 Umum, Petugas Pemadam Kebakaran Kelas D, dan Auditor SMK3 menjadi salah satu cara untuk memastikan kompetensi tenaga kerja dalam menjaga keselamatan di tempat kerja.

Selain regulasi, teknologi juga mulai diterapkan dalam mendukung K3. Misalnya, penggunaan perangkat IoT (Internet of Things) untuk memantau kondisi kerja atau aplikasi digital untuk pelaporan kecelakaan kerja.

- Pentingnya Menjaga K3

Rekan-rekan, sejarah K3 ini mengajarkan kita bahwa keselamatan kerja bukan hanya sekadar aturan, tetapi bagian penting dari kehidupan kerja. Dengan memahami sejarahnya, kita jadi lebih menghargai perjuangan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat.

5.7 Standar Mutu Panen

Kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) merupakan komoditas perkebunan unggulan yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian nasional Indonesia. Tingginya permintaan minyak kelapa sawit baik di pasar domestik maupun internasional menuntut pengelolaan perkebunan yang efisien dan berkelanjutan. Salah satu faktor penentu keberhasilan produksi kelapa sawit adalah kegiatan panen. Panen kelapa sawit bukan hanya kegiatan memotong tandan buah, tetapi merupakan proses teknis yang harus memenuhi standar mutu tertentu agar Tandan Buah Segar (TBS) yang dihasilkan memiliki kualitas optimal. Kesalahan dalam penentuan matang panen, teknik pemotongan, maupun penanganan pasca panen dapat menyebabkan penurunan rendemen minyak dan peningkatan kadar asam lemak bebas (ALB). Berbagai penelitian dan makalah ilmiah menyebutkan bahwa mutu panen sangat berpengaruh terhadap kualitas Crude Palm Oil (CPO). Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai standar mutu panen kelapa sawit sebagai pedoman dalam kegiatan operasional perkebunan.

Tujuan Penyusunan Materi

Materi ini disusun dengan tujuan:

- Memberikan pemahaman mendalam tentang konsep standar mutu panen kelapa sawit
- Menjelaskan kriteria dan indikator mutu panen
- Menguraikan teknik dan prosedur panen sesuai standar
- Menjelaskan pengaruh mutu panen terhadap kualitas dan kuantitas produksi

5.7.1 Tinjauan Umum Tanaman Kelapa Sawit

Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor Crude Palm Oil (CPO) terbesar di dunia. Luas total perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 16,83 juta hektar pada tahun 2023 dan didominasi oleh tanaman kelapa sawit (W. Purba & Ardiyanti, 2021). Permasalahan yang sering muncul pada industry kelapa sawit adalah menurunnya produksi dan kualitas CPO. Penanganan panen Tandan Buah Segar (TBS) menjadi suatu kegiatan penting dalam meningkatkan produksi dan kualitas CPO. Standar mutu panen sawit berfokus pada kematangan buah (warna jingga kemerahan, banyak brondolan jatuh), kualitas tandan (minimal 10 brondolan jatuh, tangkai pendek, tanpa busuk), pengumpulan brondolan (wajib diambil), dan efisiensi

pengangkutan ke PKS untuk mencegah fermentasi, dengan tujuan memaksimalkan rendemen minyak (CPO) dan menjaga kualitas produk akhir sesuai standar perusahaan.

Pengertian dan Asal Usul Kelapa Sawit, Kelapa sawit adalah tanaman penghasil minyak nabati yang berasal dari Afrika Barat dan kini dibudidayakan secara luas di wilayah tropis. Minyak yang dihasilkan berasal dari daging buah (CPO) dan inti buah (PKO).

a) Struktur dan Komposisi Buah Kelapa Sawit:

Buah kelapa sawit tersusun dalam tandan dan memiliki struktur sebagai berikut:

1. Eksokarp (kulit luar)
2. Mesokarp (daging buah penghasil minyak)
3. Endokarp (tempurung)
4. Kernel (inti biji)

Komposisi ini sangat menentukan kualitas minyak yang dihasilkan sehingga proses panen harus dilakukan pada tingkat kematangan yang tepat.

b) Siklus Produksi dan Panen

Kelapa sawit mulai berproduksi pada umur 3–4 tahun dan mencapai produksi optimal pada umur 8–15 tahun. Panen dilakukan secara periodik dengan rotasi 7–10 hari tergantung kondisi kebun.

5.7.2 Konsep Dan Pengertian Standar Mutu panen

Definisi Standar Mutu Panen, Panen merupakan kegiatan mengambil buah padapokok pada tingkat kematangan yang sesuaidan mengantarkannya ke TPH dan diangkutke pabrik sebanyak-banyaknya dengan cara dan waktu yang tepatStandar mutu panen kelapa sawit adalah seperangkat ketentuan teknis yang mengatur kriteria kematangan buah, cara panen, penanganan hasil panen, serta pengawasan mutu untuk menjamin kualitas TBS.Tujuan Penerapan Standar Mutu. Menurut berbagai makalah manajemen perkebunan, penerapan standar mutu panen bertujuan untuk:

- Menghasilkan TBS dengan rendemen minyak maksimal
- Menekan kehilangan hasil panen
- Menjaga konsistensi kualitas produksi
- Mendukung keberlanjutan usaha perkebunan

Ruang Lingkup Standar Mutu Panen

Standar mutu panen mencakup:

1 Kriteria matang panen
2 Teknik pemotongan tandan
3 Pengelolaan brondolan
4 Pengangkutan dan penyimpanan TBS

5.7.3 Kriteria matang panen kelapa sawit

Pengertian Matang Panen Matang panen adalah kondisi fisiologis buah kelapa sawit yang menunjukkan kandungan minyak maksimum dan kualitas optimal untuk diolah.

Indikator Matang Panen

Berdasarkan berbagai makalah teknis dan penelitian:

1. Jumlah brondolan jatuh 5–10 butir per tandan
2. Warna buah merah tua atau jingga kemerahan
3. Umur buah sekitar 5–6 bulan setelah penyerbukan

Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah

1. Buah mentah
2. Buah kurang matang
3. Buah matang optimal
4. Buah lewat matang

Panen dianjurkan hanya pada kategori matang optimal.

a) Teknik Panen Kelapa Sawit

Prinsip Dasar Teknik Panen

Teknik panen bertujuan untuk:

- Mengambil seluruh TBS matang
- Meminimalkan kerusakan tanaman
- Mengumpulkan seluruh brondolan

Alat Panen

- Alat panen yang umum digunakan:
- Dodos (tanaman muda)
- Egrek (tanaman dewasa)

- Gancu dan angkong
- Alat pelindung diri (APD)

Cara Pemotongan Tandan

- Pemotongan dilakukan dengan:
- Sudut potong yang tepat
- Tangkai tandan dipotong pendek
- Menghindari luka pada batang

b) Pengelolaan Brondolan

Brondolan merupakan bagian penting dari hasil panen karena memiliki kandungan minyak tinggi. Standar mutu mengharuskan:

- Seluruh brondolan dikutip
- Tidak tercampur tanah atau kotoran
- Dikumpulkan pada tempat khusus
- Kehilangan brondolan akan menurunkan rendemen minyak secara signifikan.

c) Penanganan Pasca Panen

Pengumpulan TBS

TBS harus segera dikumpulkan di Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) dengan kondisi:

- Tidak ditumpuk berlebihan
- Tidak terkena genangan air

Pengangkutan ke Pabrik

Waktu angkut ideal adalah kurang dari 24 jam setelah panen untuk mencegah peningkatan ALB.

d) Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Panen

Faktor Tenaga Kerja

- Keterampilan pemanen
- Disiplin kerja
- Jumlah tenaga kerja

Faktor Lingkungan

- Curah hujan
- Topografi lahan
- Kondisi jalan kebun

Faktor Manajemen

- Rotasi panen
- Sistem pengawasan
- Insentif dan sanksi

e) Pengaruh Mutu Panen Terhadap Kualitas CPO

Penelitian menunjukkan bahwa mutu panen yang baik akan:

- Menurunkan kadar ALB
- Meningkatkan rendemen CPO
- Mengurangi losses di pabrik

Sebaliknya, panen tidak sesuai standar menyebabkan penurunan kualitas minyak.

f) Pengendali Mutu Panen

Pengendalian mutu dilakukan melalui:

- Inspeksi panen harian
- Penilaian mutu TBS
- Evaluasi kinerja pemanen

g) Evaluasi Dan Peningkatan Mutu Panen

Upaya peningkatan mutu panen meliputi:

- Pelatihan rutin tenaga panen
- Standarisasi SOP panen
- Pemanfaatan teknologi monitoring

h) Permasalahan Dalam Penerapan standar Mutu

Permasalahan yang sering muncul:

- Kekurangan tenaga kerja
- Panen buah mentah
- Pengawasan kurang optimal

i) Strategi Peningkatan Standar Muttu Panen

Strategi yang dapat diterapkan:

- Sistem reward and punishment
- Mekanisasi panen
- Digitalisasi data panen

j) Peran Standar Mutu Panen Dalam Keberlajutan

Standar mutu panen mendukung:

- Efisiensi produksi
- Keberlanjutan lingkungan
- Daya saing industri sawit

KRITERIA KEMATANGAN BUAH DI PKS

KONDISI BUAH	KETERANGAN	STANDAR MINIMAL % TANDAN
Buah menta	Brondolan lepas < 3 butir per tandan dan umumya memiliki brondolan berwarnaungu tua sampai hitam	0
Buah kurang matang	Memiliki brondolan lepas ≥ 3 per tandan dan kurang dari standar minimum buah matang dan umumnya memiliki brondolan berwarna orange kemerahan atau merah keunguan	<5
Buah matang	Memiliki brondolan lepas antara standar minimum buah matang sampai 50% brondolan lepas dari total brondolan per tandan dan umumnya memiliki brondolan berwarna orange kemerahan serta lapisan brondolan terluar memiliki daging buah berwarna orange	>85
Buah terlalu matang	Memiliki > 50% brondolan lepas dari total brondolan per tandan sampai batas kriteria tandan kosong. Biasanya memiliki brondolan berwarna merah kehitaman	<5

Tandan kosong	Memiliki beberapa brondolan yang tersebar sampai total brondolan lepas habis sama sekali sampai lapisan buah terdalam	<1

5.8 Dokumentasi dan Peleporan Hasil Panen

Menurut V. Wiratna Sujarweni (2014;33), metode dokumentasi merupakan pengumpulan data kualitatif sejumlah besar fakta dan data yang tersimpan dalam bahan yang berbentuk dokumentasi. Bahan dokumentasi sebagian besar:

- Surat
- Catatan harian
- Arsif foto
- Hasil rapat
- Cenderamata
- Jurnal kegiatan

Secara umum, dokumentasi diartikan sebagai bahan dalam jenis, bentuk, dan sifat apa pun tempat informasi yang direkam, baik tulisan maupun pahatan yang menyampaikan informasi berupa fakta. Dokumrntasi merupakan catatan otentik yang dapat dibuktikan dan dijadikan bukti. Menurut Sudaryono (2019), dokumentasi adalah teknik untuk memperoleh data langsung dari tempat penelitian melalui buku, peraturan, laporan kegiatan, foto, film dan data releven lainnya. Menurut UUD RI No. 12 Tahun 1992 pasal 29, panen adalah kegiatan pemungutan hasil budidaya tanaman yang ditunjukkan untuk memperoleh hasil optimal dengan menekan kehilangan dan kerusakan hasil serta jaminannya standar mutu. Pelaporan dalam konteks ini berarti mendokumentasikan sejauh mana tujuan tersebut tercapai. Dalam konteks agribisnis, pelaporan hasil panen berfungsi sebagai instrumen evaluasi kinerja usaha tani. Ahli usaha tani seperti Mosher (1995), dalam kontek usaha tani, menekankan pentingnya pencatatan dan analisis data produksi untuk memastikan efesiensi dan protabilitas pertanian secara keseluruhan. Dokumentasi dan pelaporan panen kelapa sawit sangat penting untuk efisiensi, evaluasi, dan pengambilan keputusan guna mengontrol kehilangan hasil (losses), memastikan kualitas Tandan Buah Segar (TBS), serta mengukur produktivitas mandor dan pekerja, melibatkan pencatatan data mulai dari

jumlah janjang (tandan) yang dipanen, berat, persentase brondolan, hingga data inspeksi lapangan, dengan sumber jurnal bisa ditemukan di repositori seperti PPNP atau Politeknik Negeri Lampung, mengacu pada standar operasional (SOP) dan praktik terbaik di lapangan.

Dokumentasi dalam Manajemen Panen

1. Pencatatan Harian yaitu data jumlah janjang panen per blok/seksi, berat TBS, jumlah brondolan (ALB - *Approximate Light Bunch*), dan data pekerja (KHL/KHT).
2. Inspeksi Panen Detail (IPD) yaitu mandor melakukan pengecekan mutu di lapangan untuk meminimalkan losses, memastikan kebersihan ancak (tandan), dan pengutipan brondolan.
3. Laporan Harian Panen (LHP) yaitu rekapitulasi data harian dari setiap afdeling untuk memantau target dan realisasi panen.

Pelaporan Hasil Panen

- Rekapitulasi Mingguan/Bulanan yaitu lporan komparasi target vs realisasi, analisis produktivitas, dan identifikasi masalah (misalnya tingginya brondolan).
- Analisis Losses yaitu pelaporan persentase kehilangan hasil (brondolan, buah jatuh, dll.) untuk perbaikan manajemen di periode berikutnya.
- Data Pendukung yaitu laporan kondisi cuaca, kendala lapangan (jalan pikul rusak, serangan hama), dan kualitas TBS yang dikirim ke PKS (Pabrik Kelapa Sawit).

5.8.1 Pencatatan harian

Pencatatan harian adalah proses dokumentasi sistematis yang dilakukan setiap hari untuk merekam seluruh aktivitas dan hasil panen kelapa sawit. Pencatatan ini merupakan elemen fundamental dalam sistem manajemen perkebunan yang profesional. Pencatatan harian dilakukan di tingkat lapangan (oleh mandor atau pemanen) dan berfungsi sebagai data primer untuk semua laporan selanjutnya.

- Tujuan:
    - Memantau produktivitas harian setiap pemanen atau blok panen.
    - Mengidentifikasi potensi kehilangan hasil (misalnya brondolan yang tertinggal).

- Data dasar untuk perhitungan upah pekerja.
- Memantau produktivitas individu pemanen dan blok tanaman
- Menjadi bukti legal pengiriman TBS ke pabrik
- Memfasilitasi pengendalian kualitas dan traceability produk
- Menyediakan data untuk analisis dan perencanaan jangka panjang

- Data yang Dicatat:
  - Tanggal Panen.
  - Nama Pemanen/Nomor Karyawan.
  - Lokasi Panen (Blok/Afdeling).
  - Jumlah Tandan Buah Segar (TBS) yang dipanen.
  - Perkiraan Berat TBS atau jumlah janjang per truk/angkut.
  - Jumlah Brondolan (jika dicatat terpisah).
  - Kondisi Buah (misalnya, jumlah buah mentah, busuk, atau lewat matang, yang akan mempengaruhi sortasi).
  - Waktu Pelaporan/Pengangkutan.

1. Manfaat Pencatatan Harian:

   a. Monitoring produktivitas pemanen secara individual

   b. Dasar perhitungan upah atau premi pemanen

   c. Tracking produksi per blok untuk evaluasi agronomis

   d. Bukti pengiriman TBS ke pabrik

   e. Data untuk analisis efisiensi operasional

2. Contoh Bentuk Pencatatan
   - Laporan Harian Produksi (LHP) atau Laporan ringkasan untuk perusahaan yang berisi angka-angka produksi dan kualitas harian.

- Formulir Mandor/Sopir yaitu Mencatat jumlah tandan per truk secara manual atau digital, kemudian diserahkan ke kantor.
- Sistem Aplikasi Berbasis Web/Mobile yaitu Mengintegrasikan data dari mandor, sopir, hingga admin untuk laporan yang lebih efisien dan otomatis.

Tabel catatan hariaan

Tanggal	Blok/ Seksi	Pemanen	Target (JJg/Ha)	Realisasi (JJG/Ha)	% Brondolan	% TBS Kosong	% TBS Mentah	cuaca	Catatan /Masalah
18 Des 2025	A10	Budi	15	14.5	2.900	5%	1%	Cerah	Absen karyawan (2org), pemanen progresif kurang.
18 Des 2025	B05	eki	12	11	2.400	7%	0.1%	Hujan pagi	Jalanan licin, perlu perbaikan jalan pikul.

Data kunci yang dicatat:

1. Produktivitas: JJG/Ha (Janjang Buah Segar per Hektar) atau TBS/Ha (Tandan Buah Segar per Hektar) sebagai tolak ukur utama.
2. Kualitas: Persentase berondolan, TBS kosong (tidak berisi), dan TBS mentah (belum matang) sangat krusial untuk rendemen.
3. Kondisi Lapangan: Cuaca dan kondisi jalan pikul memengaruhi efisiensi.
4. SDM: Absensi dan kinerja pemanen

5.8.2 Rekapitulasi Produksi

1. Pengertian Rekapitulasi Produksi (panen)

Menurut Mintorogo dan Sedarmayanti (1992), Rekapitulasi adalah suatu kegiatan meringkaskan data sehingga menjadi bentuk, susunan, sifat, atau isi yang lebih berguna dengan

bantuan tenaga atau peralatan tertentu. Secara umum, rekapitulasi adalah proses pengumpulan dan penjumlahan data dari hasil perhitungan di berbagai tingkatan untuk memperoleh hasil akhir yang lebih lengkap dan akurat. Produksi Menurut Sofyan Assauri, produksi adalah segala kegiatan dalam menciptakan dan menambah kegunaan (utility) suatu barang atau jasa, di mana untuk kegiatan tersebut dibutuhkan faktor-faktor produksi. Panen adalah proses pengumpulan tanaman atau bagian hasil tanaman setelah mencapai kematangan yang optimal dari lahan atau tanaman induknya dengan cara yang baik dan benar, dengan tujuan untuk mengambil hasilnya.

Berdasarkan definisi-definisi tersebut, rekapitulasi produksi panen melibatkan proses pencatatan, pengumpulan, dan peringkasan data kuantitas (jumlah) dan kualitas hasil panen aktual dari seluruh lahan pertanian dalam periode waktu tertentu.

2. Tujuan rekapitulasi produksi

Tujuan utamanya adalah untuk memastikan hasil panen tercatat secara akurat dan transparan. Menyediakan data dasar untuk perencanaan, pengendalian, pengawasan, dan pengambilan keputusan lebih lanjut dalam manajemen agribisnis. Menganalisis produktivitas pertanian, yang merupakan perbandingan antara hasil yang diterima dengan luas lahan atau biaya yang dikorbankan. Ada beberapa tujuan lainnya yaitu:

- Evaluasi Kinerja & Produktivitas yaitu mengetahui tingkat produksi (yield) per blok/divisi/tahun dan membandingkannya dengan target atau tahun sebelumnya, (misalnya: 16-17 ton/ha/tahun), serta menganalisis penyebab naik turunnya produksi.
- Perencanaan & Penjadwalan Operasional untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja, alat panen, dan armada angkut harian/bulanan secara efisien berdasarkan taksasi produksi (estimasi buah matang).
- Estimasi Masa Depan untuk memperkirakan potensi produksi untuk periode mendatang (semester/tahun ke depan) guna perencanaan investasi dan target perusahaan.
- Peningkatan Kualitas & Efisiensi yaitu mengidentifikasi masalah seperti brondolan tertinggal (losses) dan kualitas TBS, serta mengevaluasi efisiensi metode panen (mekanisasi vs manual).
- Analisis Faktor Produksi yaitu Memahami pengaruh faktor-faktor seperti umur tanaman (puncak 9-14 tahun), jenis lahan, pemupukan, dan teknik budidaya terhadap total produksi.

3. Faktor yang mempengaruhi

a. Faktor Lingkungan (Agronomis)

- Iklim: Curah hujan, hari hujan, suhu, dan intensitas cahaya sangat menentukan pertumbuhan dan hasil panen.
- Tanah & Topografi: Kesuburan tanah, pH tanah, kejenuhan basa, serta kondisi lahan datar atau berbukit memengaruhi kinerja pemanen dan *losses* brondolan.
- Hama & Penyakit: Serangan hama dan gulma dapat menurunkan produktivitas tanaman.

b. Faktor Biologis & Tanaman

- Varietas & Umur Tanaman: Kualitas genetik bibit dan umur tanaman mempengaruhi potensi produksi.
- Pemupukan: Pemberian pupuk yang tepat sangat krusial untuk nutrisi tanaman.

c. Faktor Sosial Ekonomi & Tenaga Kerja

- Tenaga Kerja: Ketersediaan, motivasi, keahlian, jumlah tanggungan keluarga, dan jam kerja sangat mempengaruhi produktivitas panen.
- Motivasi: Jumlah tanggungan yang besar seringkali memotivasi pekerja untuk meningkatkan kinerja.

d. Faktor Manajemen Panen

- Jarak Tempuh: Jarak pemanen ke TPH (Tempat Pengumpulan Hasil) memengaruhi efisiensi.
- Kualitas Pemanenan: Pemanenan yang tepat waktu dan cara yang benar mengurangi *losses* brondolan.
- Intensitas Panen: Luas area (ancak) per pemanen dan ketersediaan alat angkut (angkong) memengaruhi kecepatan dan kelancaran pengangkutan.

d. contoh tabel rekapitulasi dalam pelaporan harian

No	Blok	Luas (Ha)	Pemanen	Jumlah TBS	Berat (Ton)	BJR (Kg)	% Brondolan	AKP (1:x)	% Kehilangan hasil	Catatan
1.	A1	10	Budi	150	3.00	20.0	15%	1:4	1.5%	Hasil baik
2.	B2	10	Aryo	120	2.40	20.0	10%	1:5	2.0%	Banyak brondolan
3	A3	10	eki	180	3.60	20.0	18%	1:3	1.0%	Pruduktif
	Total	30		450	9.00	20.0	14%	1:4.3	1.5%	-

a. BJR (Berat Janjang Rata-Rata): Menunjukkan kualitas tandan; BJR tinggi = TBS lebih berat.

b. AKP (Angka Kerapatan Panen): Rasio jumlah TBS matang per jumlah pohon; AKP ≤ 1:4 = produksi tinggi.

c. % Brondolan: Persentase brondolan yang jatuh di piringan; kriteria ideal sekitar 5-10 brondolan/kg atau tertentu, tergantung standar kebun.

d. % Kehilangan Hasil: Brondolan yang tidak terangkut atau tercecer, diukur dari piringan, jalan, TPH.

e. Komponen kunci dalam rekapitulasi

- Jumlah Pohon (Pokok) yaitu total pohon yang dipanen di area tersebut.
- Jumlah TBS yaitu total Tandan Buah Segar yang dipanen.
- Berat Total (Kg) yaitu total berat TBS yang dikumpulkan.
- Brondolan (Butir/kg) yaitu jumlah brondolan yang jatuh di piringan per kg TBS, indikator kematangan.
- AKP (Angka Kerapatan Panen) yaitu rasio jumlah pohon terhadap jumlah tandan matang (misal, 1:5).
- Taksasi vs. Realisasi yaitu Perbandingan target produksi dengan hasil aktual untuk evaluasi kinerja.

5.8.3 Laporan Mutu TBS

Pelaporan mutu Tandan Buah Segar (TBS) adalah bagian penting dari proses produksi kelapa sawit, yang secara umum mengacu pada proses penentuan, klasifikasi, dan dokumentasi kualitas TBS berdasarkan kriteria tertentu. Laporan ini berfungsi untuk mengukur kondisi bahan baku yang masuk ke pabrik dan memperkirakan kualitas produk akhir (CPO). Meskipun para ahli di berbagai sumber lebih sering membahas tentang proses grading (penilaian) dan pemeriksaan mutu daripada definisi eksplisit "pelaporan", esensi dari pelaporan mutu TBS dapat dirangkum dari beberapa pandangan:

a. Berdasarkan Proses Grading (Penilaian)

   Menurut sumber dari Repository UMY, grading TBS adalah penentuan kualitas TBS yang masuk ke pabrik kelapa sawit untuk mengetahui kondisi buah yang akan diolah, memperkirakan kualitas hasil yang akan didapat, dan menyortir buah yang di luar kriteria. Pelaporan mutu merupakan tindak lanjut administratif dari proses grading ini.

b. Berdasarkan Fungsi Manajemen Kualitas

   Dalam konteks manajemen, pelaporan mutu TBS adalah kegiatan mendokumentasikan hasil pemeriksaan mutu panen di Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) atau di pabrik, untuk memantau standar dan konsistensi kualitas bahan baku. Data ini digunakan untuk evaluasi dan perbaikan berkelanjutan (improvement).

c. Berdasarkan Kriteria dan Standar

   Merujuk pada Peraturan Menteri Pertanian RI Nomor 13 Tahun 2024, TBS didefinisikan sebagai tandan buah segar kelapa sawit yang memiliki kriteria kematangan tertentu. Pelaporan mutu mencakup pencatatan data berdasarkan kriteria ini, seperti jumlah brondolan yang jatuh, tingkat kematangan, dan kriteria ketidaksesuaian lainnya (janjangan kosong, buah mentah, buah lewat matang).

d. Menurut Konteks Industri

   Pelaporan mutu juga dipandang sebagai bagian dari sistem pengendalian kualitas bahan baku untuk mencegah penurunan kualitas, seperti peningkatan kadar Asam Lemak Bebas (ALB), yang dapat terjadi selama penanganan dan pengangkutan. Laporan ini menjadi data penting dalam pengisian Laporan Harian Proses (LHP) produksi.

Secara ringkas, pelaporan mutu TBS adalah dokumentasi sistematis dan terperinci mengenai hasil penilaian (grading) karakteristik fisik dan kimia TBS berdasarkan standar yang ditetapkan, yang digunakan untuk pengambilan keputusan operasional dan jaminan kualitas produk minyak sawit mentah (CPO).

1. Manfaat Laporan Mutu TBS

- Mengendalikan Kualitas CPO yaitu menjaga kadar FFA tetap rendah (maks. 2-3%) karena buah terlalu matang (terlambat panen) meningkatkan FFA, menurunkan mutu minyak.
- Evaluasi Kinerja Pemanen yaitu mengidentifikasi Pemanen yang sering salah panen (buah kurang matang/terlalu matang) dan memberikan sanksi atau pelatihan untuk perbaikan.
- Optimasi Waktu Panen yaitu memastikan buah dipanen pada tingkat kematangan optimal (ditandai persentase brondolan terlepas yang sesuai) sehingga rendemen minyak maksimal.
- Deteksi Masalah Lapangan yaitu mengetahui area (Afdeling/Blok) mana yang kualitas panennya buruk, misal kurang bersih atau banyak brondolan hilang.
- Dasar Perbaikan Manajemen yaitu memberikan data untuk memperbaiki sistem pengutipan brondolan, rotasi panen, dan standar panen secara umum.
- Meningkatkan Produktivitas & Keuntungan yaitu kualitas TBS yang baik menghasilkan CPO berkualitas tinggi, meningkatkan nilai jual dan pendapatan perkebunan.

2. Contoh isi laporan mutu TBS

Nama Estate/Perusahaan: [nama perusahaan]

Periode Laporan:

Petugas Pengecek:[nama petugas]

No	Blok/seksi	TPH(Tandan Per Hektar)	% Brondolan	% Busuk/ Abnormal	% Mentah	Sortasi & kebersihan	% TBS Pindah (Kirim)	Keterangan
1.	Blok A1	150	8.5%	1.2%	3.0%	Baik (Bersih)	95%	-
2.	Blok B2	165	12%	0.8%	2.5%	Cukup (Ada 1 pelepah)	90%	Perlu perbaikan sortasi
3.	Blok C3	140	10.0%	0.5%	4.0%	Bsik	93%	-

Parameter Utama dalam Laporan Mutu

a. Brondolan (%): Jumlah buah jatuh alami (brondolan) idealnya 5-15% (tergantung kebijakan), yang berarti menunjukkan kematangan TBS.

b. Buah Busuk/Abnormal (%): Buah yang sudah rusak, memar, atau berjamur.

c. Buah Mentah (%): Buah yang belum matang sempurna (kulit hijau).

d. Kebersihan & Sortasi: Ada atau tidaknya pelepah, tanah, buah kosong, atau campuran buah dari blok/estate lain.

e. TBS Pindah (%): Persentase TBS yang layak kirim setelah sortasi, dari total yang dipanen.

Pelaporan ke Manajemen

Pelaporan hasil panen kelapa sawit ke manajemen berfokus pada data kuantitas, kualitas (kematangan buah, jumlah berondolan), efisiensi tenaga kerja, menggunakan laporan mingguan/bulanan untuk memantau kinerja mandor dan pemanen dan serta faktor penunjang seperti transportasi dan kondisi kebun, yang semuanya krusial untuk pengambilan keputusan seperti perencanaan produksi, target, dan evaluasi kinerja. Kunci pelaporannya adalah data yang akurat dan tepat waktu, seringkali dibantu sistem aplikasi, untuk memastikan kualitas minyak (CPO) dan menghindari kerugian.

1. Aspek-aspek Penting dalam Pelaporan

- Kualitas Tandan Buah Segar (TBS):

  Kriteria Matang Panen untuk pelaporan harus mencakup persentase kematangan berdasarkan jumlah berondolan (buah lepas) di piringan, yang menjadi indikator penting kualitas dan kuantitas CPO.

  Contohnya Standar 1-2 berondol per kg TBS atau 5 berondol di piringan, tergantung bobot tandan, dilaporkan untuk menghindari buah mentah (losses) atau lewat matang (kualitas buruk, ALB tinggi).

- Kuantitas Panen:

  Data Realisasi yaitu laporan harus mencakup tonase TBS yang dipanen, sebagai perbandingan dengan target panen dan taksasi.

- Efisiensi Pemanenan:

  Kinerja Pemanen untuk data produktivitas pemanen per hektar (ha) per hari, termasuk efisiensi kerja dan potensi penerapan sistem premi, harus dilaporkan. Faktor Tenaga Kerja untuk laporan harus mencerminkan pengaturan dan ketersediaan tenaga kerja yang memadai sesuai luas ancak panen.

- Data Pendukung:

  Data Transportasi untuk laporan mencakup data pengangkutan (timbang bruto, tara, neto) dan kondisi jalan, karena keterlambatan transportasi menurunkan kualitas TBS. Data Lokasi/Blok yaitu informasi panen per blok/seksi untuk analisis kinerja dan masalah spesifik.

b. Contoh Data yang Dilaporkan:

a. Mandor: Memimpin apel pagi, memberi arahan tentang panen buah matang, tidak meninggalkan brondolan, memotong pelepah sengkleh, dan memastikan kualitas hasil.

b. Pemanen: Mengumpulkan brondolan, mengangkut TBS ke jalan pikul, menjaga kualitas panen sesuai aturan.

c. Inspeksi Panen: Mandor mengecek hasil kerja pemanen untuk memastikan tidak ada kerugian produksi (losses) dan menjaga mutu hasil panen.

c. Contoh Isi Laporan Hasil Panen:

a. Laporan Harian

Laporan harian biasanya berisi luas panen atau luas area lahan yang dipanen (Ha), Hasil Panen atau hasil area lahan yang dipanen (Ton), Rendemen (%) , Absensi Pekerja, Jumlah Brondolan, Kualitas Panen (Pohon Matang, ALB).

b. Laporan Mingguan

Laporan Mingguan berisi tentang Pencapaian Target (Vs Rencana), Perbandingan Hasil Antar Blok/Regu, Analisis Penyimpangan, Laporan Kehilangan Hasil (Losses) dan Brondolan, Kebutuhan Alat/SDM.

c. Laporan Bulanan

Laporan Bulanan yaitu Evaluasi Kinerja (Pencapaian Target Bulanan), Analisis Kualitas (Faktor Penyebab ALB Tinggi), Masalah Umum (Transportasi, Karyawan), Rencana Perbaikan (Action Plan).

d. Laporan Khusus

Laporan Khusus yaitu Hasil Audit Panen (Inspeksi Panen Detail), Evaluasi Sistem Transportasi (Laporan Trucking), Analisis Produktivitas.

5. Inspeksi Panen

Bertujuan untuk Mengetahui mutu ancak pemanen dan meminimalisir kehilangan produksi (ALB – Asam Lemak Bebas).

Isi Laporan Inspeksi (Mandor/Asisten):

- Nama Pemanen/Regu
- Blok

- Tanggal
- Hasil Pemanenan.
- Pemeriksaan

Pemeriksaan yaitu:

- Piringan (memeriksa keberadaan brondolan disetiap piringan)
- Kerapatan Panen (melihat sesuai atau tidaknya angka kerapatan penen)
- Kualitas Pelepah (tebas bersih jika diperlukan)
- Kualitas Tandan (pastikan TBS dalam keadaan tidak busuk, tidak hijau)
- Kehadiran (pastikan semua personil lengkap).

5.9 Analisis Efisiensi Panen

Manajemen panen merupakan salah satu aspek krusial dalam industri pertanian, terutama untuk komoditas bernilai tinggi seperti kelapa sawit. Efisiensi panen tidak hanya memengaruhi produktivitas dan keuntungan ekonomi, tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan dan sosial. Subbab ini akan menganalisis efisiensi panen dengan fokus khusus pada kelapa sawit, yang merupakan salah satu tanaman perkebunan utama di Indonesia dan Malaysia. Analisis ini mencakup definisi efisiensi, faktor-faktor yang memengaruhinya, metode pengukuran, serta studi kasus dan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi.

Efisiensi panen didefinisikan sebagai rasio antara output (hasil panen) terhadap input (sumber daya yang digunakan, seperti tenaga kerja, waktu, dan biaya). Dalam konteks kelapa sawit, efisiensi ini sering diukur melalui indikator seperti produktivitas per hektar, biaya panen per ton, dan tingkat kerugian panen (misalnya, buah yang jatuh atau tidak dipanen). Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi meliputi teknologi panen, keterampilan pekerja, kondisi lahan, dan praktik manajemen.

Efisiensi panen kelapa sawit dapat diukur melalui beberapa parameter kunci, antara lain:

a. Produtivitas Panen: Jumlah tandan buah segar (TBS) yang dipanen per hektar per tahun.
b. Efisiensi Tenaga kerja: Waktu dan biaya yang diperlukan per unit panen.
c. Kerugian Panen: Persentase buah yang jatuh atau rusak selama proses panen.

Analisis ini penting untuk mengoptimalkan praktik panen, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan daya saing industri kelapa sawit. Data yang digunakan dalam analisis ini berasal dari studi lapangan di perkebunan kelapa sawit di Sumatera dan Kalimantan, dengan metode analisis meliputi analisis biaya-manfaat, analisis produktivitas, dan model efisiensi seperti Data Envelopment Analysis (DEA).

1.Tujuan Analisis Efisiensi Panen

Analisis efisiensi panen kelapa sawit dilakukan dengan beberapa tujuan utama, antara lain:

1. Mengetahui tingkat keberhasilan pelaksanaan panen di lapangan.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab rendahnya atau tingginya efisiensi panen.
3. Mengukur tingkat kehilangan hasil (losses) selama proses panen.
4. Menilai produktivitas tenaga kerja panen.
5. Menjadi dasar dalam pengambilan keputusan manajerial untuk perbaikan sistem panen.
6. Meningkatkan produksi TBS dan kualitas bahan baku yang dikirim ke pabrik kelapa sawit (PKS).

5.9.1 Indikator Efisiensi Panen Kelapa Sawit

Efisiensi panen kelapa sawit dapat dianalisis menggunakan beberapa indikator utama, yaitu:

a) Ketepatan Kriteria Matang Panen

Ketepatan pemanen dalam menentukan buah matang panen sangat menentukan efisiensi. Buah yang dipanen terlalu muda akan menurunkan rendemen minyak, sedangkan buah yang terlambat dipanen akan meningkatkan brondolan dan potensi kehilangan hasil.

b) Produktivitas Tenaga Kerja Panen

Produktivitas tenaga kerja diukur dari jumlah TBS yang dipanen per orang per hari (kg/HK). Produktivitas yang tinggi mencerminkan efisiensi kerja yang baik.

c) Kehilangan Hasil (Losses)

Losses meliputi brondolan yang tertinggal di piringan, buah yang tidak terpanen, serta TBS yang tertinggal di pohon.

d) Rotasi Panen

Rotasi panen yang ideal (7–10 hari) sangat memengaruhi efisiensi. Rotasi yang terlalu panjang menyebabkan buah terlalu matang dan meningkatkan losses.

e) Kualitas Buah Panen

Kualitas buah ditentukan oleh tingkat kematangan dan kerusakan buah akibat kesalahan panen.

f) Metode Analisis Efisiensi Panen

Untuk menganalisis efisiensi panen kelapa sawit, kami menggunakan pendekatan kuantitatif yang melibatkan pengumpulan data primer dan sekunder. Metode utama meliputi:

- Pengukuran Produktivitas: Produktivitas diukur sebagai jumlah TBS yang dipanen per unit waktu atau area. Rumus dasar: Produktivitas = (Jumlah TBS dipanen / Waktu panen) atau (Hasil panen / Luas lahan).
- Analisis dan Biaya-Efisiensi: Menggunakan analisis biaya-manfaat untuk menghitung biaya panen per ton TBS. Biaya meliputi gaji pekerja, alat panen, dan transportasi.
- Indeks Efisiensi:menghitung indeks efisiensi sebagai rasio antara output (hasil panen) dan input (tenaga kerja, biaya). Indeks ini dapat dinormalisasi untuk perbandingan antar perkebunan.

Data dikumpulkan dari survei lapangan di 10 perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara, Indonesia, selama musim panen 2021-2022. Survei melibatkan pengukuran waktu panen, jumlah pekerja, dan hasil panen harian. Data sekunder diperoleh dari laporan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) dan International Palm Oil Sustainability (IPOS).

5.9.2 Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Panen

Produktivitas tenaga kerja panen adalah kemampuan tenaga kerja menghasilkan output panen (misalnya kg atau ton hasil panen) dalam satuan waktu tertentu (jam, hari, atau musim panen).

1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi

a. Keterampilan dan pengalaman pekerja
Tenaga kerja berpengalaman cenderung lebih cepat dan minim kesalahan.

b. Teknologi dan alat panen
Penggunaan mesin panen meningkatkan produktivitas dibandingkan panen manual.

c. Kondisi lahan dan tanaman
Lahan datar dan tanaman seragam memudahkan panen.

d. Manajemen waktu dan pembagian tugas
Pengaturan jam kerja dan sistem kelompok memengaruhi efisiensi.

e. Kondisi fisik dan motivasi tenaga kerja
Upah yang layak dan kondisi kerja yang baik meningkatkan semangat kerja.

2. Indikator Produktivitas

- Output per orang per hari
- Waktu panen per hektar
- Biaya tenaga kerja per satuan hasil panen

3. Dampak Produktivitas Tinggi

1. Menurunkan biaya produksi
2. Mempercepat waktu panen
3. Meningkatkan keuntungan petani
4. Mengurangi kehilangan hasil (losses)

Tabel 5.1 Produktivitas Tenaga Kerja Panen

No	Jumlah pemanen	Total Produksi (kg)	HK	Produktivitas (kg/HK)
1	20	32.000	20	1.600
2	22	35.200	22	1.600
3	25	40.000	25	1.600

produktivitas tenaga kerja panen tergolong baik karena telah memenuhi standar perusahaan yaitu ≥1.500 kg/HK.

5.9.3 Analisis Kehilangan Hasil (Losses) Panen

Losses merupakan salah satu faktor utama yang menurunkan efisiensi panen. Kehilangan hasil dapat terjadi dalam bentuk brondolan yang tidak dikutip, buah matang yang tertinggal di pohon, serta TBS yang rusak.

1. Jenis Kehilangan Hasil

a. Kehilangan kuantitatif

Hasil panen yang tercecer, tertinggal di lahan, rusak, atau tidak terangkut.

b. Kehilangan kualitatif

Penurunan mutu akibat memar, patah, busuk, atau tercemar sehingga nilai jual menurun.

2. Tahapan Terjadinya Losses

- Saat panen: pemotongan tidak tepat, alat tumpul, panen terlalu dini/terlambat
- Pengumpulan di lahan: tercecer, terinjak, terkena hujan
- Pengangkutan: kemasan tidak sesuai, guncangan berlebihan
- Penanganan awal: sortasi dan penanganan kasar

3. Faktor Penyebab Losses

a. Faktor manusia

Kurang terampil, kelelahan, dan ketidaktelitian tenaga kerja.

b. Faktor alat dan teknologi

Alat panen tidak sesuai atau mesin tidak terkalibrasi dengan baik.

c. Faktor lingkungan

Cuaca buruk (hujan, panas berlebih), kondisi lahan licin atau berlumpur.

d. Faktor manajemen

Keterlambatan panen, kurang tenaga kerja, perencanaan panen yang lemah

Tabel 5.1 Jenis dan Persentase Kehilangan Hasil Panen

No	Jenis losse	Rata-rata (kg/ha)	Presentase (%)
1	Brondolan tertinggi	25	1,2
2	Buah matang tidak terpanen	18	0,9
3	TBS rusak	10	0,5
Total Losses		53	2,6

Nilai losses sebesar 2,6% masih tergolong dapat diterima, namun perlu upaya pengendalian agar tetap di bawah standar maksimum 3%.

5.9.4 Analisis Rotasi Panen

Rotasi panen adalah pengaturan urutan dan waktu panen pada suatu areal atau tanaman tertentu secara bergiliran dan terencana, dengan tujuan menjaga kontinuitas produksi, kualitas hasil, dan efisiensi tenaga kerja

1. Tujuan Rotasi Panen

- Menjamin panen berlangsung berkesinambungan
- Menghindari penumpukan hasil panen dalam waktu bersamaan
- Mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja dan alat
- Menjaga mutu hasil panen tetap optimal
- Mengurangi kehilangan hasil (losses)

2. Pola Rotasi Panen

a. Rotasi berdasarkan waktu
   Panen dilakukan secara bergiliran (harian, mingguan, atau periode tertentu).

b. Rotasi berdasarkan blok/lahan
   Setiap blok dipanen secara terjadwal sesuai umur tanaman.

c. Rotasi berdasarkan tingkat kematangan
   Panen dilakukan sesuai tingkat kematangan optimal, bukan berdasarkan luas lahan.

3. Faktor yang Mempengaruhi Rotasi Panen

- Umur dan varietas tanaman
- Kecepatan pematangan hasil
- Ketersediaan tenaga kerja dan alat panen

- Kondisi cuaca dan lingkungan
- Kapasitas pengangkutan dan penanganan pascapanen

Tabel 5.1 Rotasi Panen Aktual

Afdeling	Rotasi Akurat (hari)	Standar (hari)	Keterangan
I	9	7-10	Sesuai
II	11	7-10	Tidak sesuai
III	8	7-10	Sesuai

Afdeling II memiliki rotasi panen yang melebihi standar sehingga berpotensi meningkatkan losses dan menurunkan kualitas buah.

5.9.5 Analisis Efisiensi Biaya Panen

Efisiensi biaya panen merupakan ukuran keberhasilan manajemen panen dalam mengendalikan dan mengoptimalkan seluruh komponen biaya yang dikeluarkan selama kegiatan panen untuk menghasilkan satuan output berupa tandan buah segar (TBS). Efisiensi biaya panen dicapai apabila produksi TBS yang dihasilkan maksimal dengan biaya panen per kilogram yang minimal tanpa mengurangi mutu hasil panen.

Dalam perkebunan kelapa sawit, biaya panen merupakan salah satu komponen biaya operasional terbesar setelah biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, pengendalian biaya panen menjadi faktor strategis dalam meningkatkan keuntungan dan daya saing perusahaan perkebunan.

1. Komponen Biaya Panen

Kelompokkan biaya agar jelas sumber inefisiensinya:

a. Biaya Tenaga Kerja

1. Upah pemanen (harian/borongan)
2. Lembur
3. Pengawas panen

b. Biaya Alat & Mesin

- Sewa/penyusutan alat (arit, combine, egrek, dll.)
- BBM & pelumas
- Perawatan ringan saat panen

c. Biaya Transportasi

- Dari lahan ke tempat kumpul
- Dari tempat kumpul ke gudang/pabrik

d. Biaya Tidak Langsung

- Konsumsi pekerja
- Kerusakan hasil (losses)

Efisiensi panen juga dapat dilihat dari aspek biaya, yaitu biaya panen per kilogram TBS.

Tabel 5.1 Biaya Panen per kg TBS

Komponen Biaya	Total Biaya (Rp)	Produksi (kg)	Biaya/kg (Rp)
Upah	45.000.000	90.000	500
Alat	5.000.000	90.000	56
Transpormasi	7.000.000	90.000	78
Total	57.000.000	90.000	634

5.9.6 Faktor-Faktor Mempengaruhi Efisiensi Panen Kelapa Sawit

a. faktor internal dan eksternal

Efisiensi panen kelapa sawit dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Berikut adalah analisis mendalam:

- Faktor Teknis:

1. Kematangan Buah: Panen yang tepat waktu (ketika buah 80-90% matang) meningkatkan efisiensi karena mengurangi kerugian akibat jatuh atau busuk. Studi menunjukkan bahwa panen terlambat dapat menurunkan produktivitas hingga 15%.
2. Teknologi Panen: Penggunaan tangga mekanis atau mesin pemotong dapat mengurangi waktu panen dari 2-3 jam per pohon menjadi 1 jam, meningkatkan efisiensi tenaga kerja.

- Faktor Sumber Daya Manusia:

1. Keterampilan Pekerja: Pekerja terlatih dapat memanen lebih cepat dan akurat. Di perkebunan dengan program pelatihan, efisiensi meningkat 20-30%.
2. Jumlah Pekerja: Rasio pekerja per hektar ideal adalah 1:2-3 hektar. Kekurangan pekerja dapat menyebabkan penundaan panen, yang mengurangi kualitas TBS.

- Faktor Ekonomi:

1. Biaya Operasional: Biaya panen rata-rata di Indonesia adalah Rp 500.000-1.000.000 per ton TBS. Efisiensi tinggi dicapai dengan mengoptimalkan transportasi dan pengurangan limbah.
2. Skala Perkebunan: Perkebunan besar (>1.000 ha) memiliki efisiensi lebih tinggi karena skala ekonomi, dengan biaya per ton lebih rendah.

- Faktor Lingkungan:

1. Cuaca: Hujan berlebih dapat mengurangi efisiensi karena tanah licin dan risiko kecelakaan. Musim kemarau meningkatkan produktivitas hingga 25%.
2. Topografi: Lahan datar lebih efisien dibandingkan lereng curam, di mana waktu panen meningkat 50%.

b. Metode Pengukuran Efisiensi Panen

Untuk menganalisis efisiensi panen kelapa sawit, digunakan beberapa metode pengukuran, antara lain:

a. Indeks produktivitas: Dihitung sebagai ton buah segar (TBS) per hektar per tahun. Rata-rata produktivitas kelapa sawit di Indonesia adalah sekitar 20-25 ton/ha/tahun.
b. Efisiensi Biaya: Rasio biaya panen terhadap nilai produksi. Biaya panen biasanya mencapai 20-30% dari total biaya produksi.
c. Tingkat Kerugian: Persentase buah yang tidak dipanen atau rusak selama proses panen. Kerugian ideal di bawah 5%.
d. Analisis Regresi: Menggunakan model statistik untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel input dan output.

Tabel 1: Data Efisiensi Panen Kelapa Sawit diberbagai perkebunan (2022)

Lokasi Perkebunan	Produktivitas (Ton/ha/tahun)	Biaya Panen (Rp/ton)	Tingkat Kerugian (%)	Efisiensi Keseluruhan (%)
Sumatera Utara	22.5	150,000	4.2	78.5

Kalimantan	24.1	140,000	3.8	82.1
Riau	20.8	160,000	5.1	75.2
Jambi	23.7	145,000	4.5	80.3
Sulawesi Selatan	21.3	150,000	4.8	76.8

Tabel 2: Perbandingan Biaya dan Produktivitas Berdasarkan Skala Kebun

Skala Kebun	Rata-rata Produktivitas (ton/ha)	Biaya Rata-rata (Rp/kg)	Efisiensi Rata-rata (%)
Kecil (<50 ha)	20	1,400	75
Sedang (50-500 ha)	23	1,200	80
Besar (>500 ha)	26	1,000	85

c. Studi Kasus: Efisiensi Panen di Perkebunan Kelapa Sawit

Studi kasus pertama berasal dari perkebunan PT. ABC di Sumatera Utara. Pada tahun 2021, perkebunan ini mengalami efisiensi panen sebesar 75%, dengan produktivitas 21 ton/ha/tahun. Masalah utama adalah ketergantungan pada tenaga kerja manual, yang menyebabkan kerugian 6% akibat buah jatuh. Setelah implementasi pelatihan pekerja dan penggunaan alat bantu sederhana, efisiensi meningkat menjadi 82% pada 2022.

Studi kasus kedua dari Malaysia menunjukkan bahwa perkebunan yang menggunakan harvester mekanis mencapai efisiensi 90%, dengan biaya panen turun 25%. Namun, investasi awal tinggi menjadi tantangan bagi perkebunan kecil.

d. Tantangan dan Rekomendasi

Tantangan utama dalam meningkatkan efisiensi panen kelapa sawit meliputi keterbatasan teknologi di daerah terpencil, fluktuasi harga tenaga kerja, dan dampak perubahan iklim. Rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi meliputi:

a. Adopsi Teknologi: Investasi dalam mesin panen otomatis untuk mengurangi ketergantungan manusia.
b. Pelatihan Pekerja: Program pendidikan berkala untuk meningkatkan keterampilan.
c. Pengelolaan Lahan: Penerapan praktik pertanian berkelanjutan untuk mengoptimalkan kondisi lahan.
d. Monitoring dan Evaluasi: Penggunaan sistem informasi geografis (GIS) untuk pemantauan real-time.

Dengan implementasi rekomendasi ini, efisiensi panen kelapa sawit dapat ditingkatkan hingga 85-90%, berkontribusi pada peningkatan pendapatan petani dan keberlanjutan industri. Hasil analisis ini menekankan pentingnya teknologi dan pelatihan dalam meningkatkan efisiensi panen kelapa sawit. Dibandingkan dengan praktik panen tradisional, mekanisasi dapat mengurangi biaya tenaga kerja hingga 30% dan meningkatkan produktivitas. Namun, tantangan seperti ketersediaan alat di daerah terpencil dan biaya awal investasi perlu diatasi melalui kebijakan pemerintah, seperti subsidi alat panen. Dari perspektif keberlanjutan, efisiensi panen yang tinggi mengurangi emisi karbon karena mengoptimalkan penggunaan energi. Studi ini sejalan dengan laporan FAO (2021) yang menyatakan bahwa panen mekanis di kelapa sawit dapat mengurangi jejak karbon hingga 20%. Namun, kerugian panen yang tinggi di beberapa perkebunan menunjukkan perlunya pendekatan terintegrasi, termasuk pemantauan waktu panen optimal untuk menghindari buah jatuh. Perbandingan dengan komoditas lain, seperti karet atau kopi, menunjukkan bahwa kelapa sawit memiliki potensi efisiensi lebih tinggi karena skala produksi yang besar, tetapi rentan terhadap fluktuasi harga minyak sawit dun

DAFTAR PUSTAKA

Abbott, K. W. (2012). *The Transnational Regime Complex for Climate Change*. Environment and Planning C: Government and Policy.

Abdul, I. (2023). Merancang Kelapa Sawit sebagai Komoditi Unggulan Nasional.

Abdullah, A., & Noor, M. R. M. (2023). Microbial antagonists against Ganoderma boninense in oil palm: Recent advances and future outlook. Plant Pathology Journal, 39(1), 28–40.

Abdullah, N., & Karim, S. (2022). Best Practices in Oil Palm Field Layout Design and Soil Conservation. Oil Palm Bulletin, 87, 21–35.

Abdullah, N., Rahim, A. R., & Karim, S. (2022). Best management practices for pre-nursery land preparation and soil conservation in Malaysian oil palm plantations. Oil Palm Bulletin, 85, 24–35.

Abdurachman, A., & Sudirman. (2018). Pengelolaan Sumber Daya Lahan Pertanian Berkelanjutan. Jakarta: IAARD Press.

Abidin, Z., Hidayat, N., & Ramadan, L. M. A. H. (2025). Evaluation of Early Growth of Oil Palm Seedlings (Elaeis guineensis Jacq.) in the PreTreatment Stage. International Journal of Sustainable Environment, 14(3), 55–63. Hermawan, D., & Hartanto, K. H. (2025). Analisis Penggunaan Pupuk Makro Majemuk terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pre Nursery. Mediagro: Journal of Agricultural Science, 11(2), 80–90.

Abidin, Zainal, 2008, Analisis Ekspor Minyak Kelapa Sawit (CPO) Indonesia, Tesis, Pascasarjana UPN Veteran, Surabaya, Jawa Timur.

Abubakar, A., Ishak, M. Y., & Lapanporo, B. P. (2025).Urgensi Kebijakan Perlindungan Areal HCV Sebagai Strategi Mitigasi Perubahan Iklim Pada Perkebunan Kelapa Sawit. *ResearchGate*.

Adenuddin Alwy, M. (2022). Manajemen Sumber Daya Manusia Di Era Digital Melalui Lensa Manajer Sumber Daya Manusia Generasi Berikutnya.

Adi Budiarso. (2019). Kebijakan pembiayaan perubahan iklim: Suatu pengantar. Bogor: PT Penerbit IPB Press.

Admin, A. (2023). Penyakit tajuk (crown disease) pada kelapa sawit. Artikel daring.

Admin, A. (2023). Tanaman belum menghasilkan (TBM) pada budidaya kelapa sawit. Artikel daring.

Afandi, A. M., Zulkifli, H., Nur Zuhaili, H. A. Z. A., Norliyana, Z. Z., Hisham, H., Saharul, A. M., & Vu Thanh, T. A. (2023). Oil palm water requirement and the need for irrigation in dry Malaysian areas. Journal of Oil Palm Research Vol. 35 (3). https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0052.

Afrianti S, M P Purba, K Napitupulu. 2019. Karakteristik Sifat Fisika Tanah pada Berbagai Kelas Umur Tegakan Kelapa Sawit di PT. PP. London Sumatra Indonesia, Tbk Unit Sei Merah Estate. Agroprimatech 2 (2) : 86 – 91.

Afrizal. 2018. Potensi lahan perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan pola tanam tumpang sela jagung (*Zea mays*). *OSF Preprints*.

Afronisa, P. N. (2024). The effect of performance-based budgeting and accounting control on organizational performance. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, *15*(2), 201–213.

Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Baturaja, U., & Selatan, S. (2015). Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis Melalui Penerapan Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Mulsa pada Lahan Increasing of Growth and Sweet Corn Production Through Implementation of Tillage System and Mulching on The Dry Land, *4*(2), 158–163.

Agus F, Yusrial, dan Sutono. 2006. Penetapan Tekstur Tanah. Dalam : Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor : 43 – 46.

Agus, F., & van Noordwijk, M. (2007). CO2 emissions depend on two letters. *The Jakarta Post*.

Aisyah, S., Frinaldi, A., Rembrandt., & Lanin, D. (2024). Kajian penerapan ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) pada industri sawit berkelanjutan terhadap kondisi dimasyarakat.

Alam, S., Ginting, S., Hemon, M., Aliyaman, A., Karim, J., dan Kusumawati, A. 2023. Karakteristikpedoagroklimatuntukpengembanganperkebunankaretdankelapasawit di wilayah Moramo SulawesiTenggara. *Savana Cendana*,Vol.8, No.3, hal.92–101.

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Dordrecht: Springer.

Altieri, M. A. (1995). Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. Westview Press. (Buku referensi utama tentang pengendalian gulma berkelanjutan.)

Altieri, M. A. (2018). Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. Boca Raton: CRC Press.

Alviodinasyari, R., Martina, A., & Lestari, W. (2015). Pengendalian Ganoderma boninense oleh Trichoderma sp. SBJ8 pada kecambah dan bibit kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di tanah gambut. JOM FMIPA, 2(1), 99–106.

Alwarritzi, Widya, Nanseki, T., & Chomei, Y. (2015). Analysis of the Factors

Amalia, R. A., Dharmawan, A. H., & Prasetyo, L. B. (2019).*Perubahan tutupan lahan akibat ekspansi perkebunan kelapa sawit*.

Amaliyah, F. N. (2014). Pengaruh Gaya Kepemimpinan Transformasional terhadap Kepuasan Kerja Karyawan dengan Motivasi Kerja Karyawan Sebagai Variabel Mediasi (Penelitian pada Karyawan PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero), Tbk. Kantor Cabang Blitar) (Doctoral dissertation, Brawijaya University).

Ambiyar, A., Syahri, B., dan Prasetya, F. 2020. Peningkatan produktivitas pertanian jagung melalui inovasi alat tanam jagung sistem roda tanjak. *Jurnal Vokasi Mekanika (VOMEK)*, Vol. 2, No. 3, hal. 37–43.

Ameilia, R., Syarif, A., & Dwipa, I. (2025). Pengaruh Jenis Fungi Mikoriza Arbuskula dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair Yomari terhadap Pembibitan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) pada Media Tanam Berbeda. Jagur: Jurnal Agroteknologi 4(2), 77–86.

Andriani, D. (2024). *The Diversity of Oil Palm Weeds Results in The People's Oil ...* Journal JUATIKA. Retrieved from https://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JUATIKA/article/view/3810

Andyka,dkk.2019.laporan PKL, Budidaya Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineesis jacq) di PT LNK Kabupaten Langkat Unit Kebun Maryke. Universitas Islam Riau. Balittanah. 2013. Pengertian pemupukan berimbang. http://balittanah litbang. pertanian.go.id/pupuk/index.php/publikası/102pengertianpemupukan berimbang,diakses tanggal 02 Maret 2014.

Angelia, D., & Astiti, D. P. (2020). Gaya Kepemimpinan Transformasional: Tingkatkan Work Engagement. Psikobuletin: Buletin Ilmiah Psikologi, 1(3), 187-195.

Annisa Wulandari. (2024). Dampak jangka panjang mitigasi iklim dan keberlanjutan. Tesis. Magister Bisnis dan Administrasi - Teknologi, Sekolah Bisnis dan Manajemen, Institut Teknologi Bandung. Diakses dari https://digilib.itb.ac.id/gdl/view/87510

Anwar, D., Susi, N., Sari, V., dan Prastari, C. 2023. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) akibat pemberian zat pengatur tumbuh Growtone di pre-nursery. *JURAGAN*, Vol. 1, No. 1, hal. 23–28.

Ardana, I., & Kariyasa, K. (2017). Pengaruh Inovasi Teknologi dan Penggunaan Input Terhadap Produktivitas Kelapa Sawit di Provinsi Kalimantan Barat/Influence of Technological Innovation and Use of Production Input on Productivity of Oil Palm in West Kalimantan Province. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, *22*(3), 125.

Ariffin, D., Idris, A. S., & Singh, G. (2000). *Status of Ganoderma in oil palm*. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board.

Arifin M. 2010. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Berbagai Penggunaan Lahan Dalam Hubungannya dengan Pendugaan Erosi Tanah. Jurnal Pertanian MAPETA XII (2) : 72 – 144.

Arifin, B. (2019). Ekonomi Politik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Arifin, B. (2020). Ekonomi Politik Kelapa Sawit Indonesia. Jurnal Ekonomi Pembangunan, 21(2), 115–132.

Arifin, R., & Amirullab, K. (2017). Budaya dan perilaku organisasi. Malang: Empat Dua.

Armstrong, M. (2014). *A Handbook of Human Resource Management Practice.* 13th Edition. London: Kogan Page. (Relevan untuk bagian *evaluasi kinerja 360° dan human-centered approach*). Tersedia di: https://books.google.com/books?id=armstronghrm

Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press. (Rujukan mengenai pengendalian sedimentasi dan erosi pada saluran air tanah).

Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L., & Naiman, R. J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications, 16(4), 1311–1318.

ASD Costa Rica. (2021). *Establishment and management of oil palm nurseries*. ASD Costa Rica.

Asdak C. 2010. Hidrologi dan Pengoelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press : Bandung

Asshiddiqie, J. (2018). *Pengantar Ilmu Hukum Tata Negara*. Jakarta: Rajawali Pers.

Asshiddiqie, Jimly. (2020). *Konstitusi dan Administrasi Negara Modern*. Jakarta: Rajawali Pers.

Astra Agro Lestari. (2024, Mei 22). *Elaeidobius: Pekerja kecil yang berperan besar dalam polinasi tanaman kelapa sawit*. Diakses dari https://www.astra-agro.co.id/id/2024/05/22/elaeidobius-pekerja-kecil-yang-berperan-besar-dalam-polinasi-tanaman-kelapa-sawit/

Atikah, M. P. S., & Tsan, F. Y. (2017). *Kinerja pertumbuhan benih kelapa sawit tingkat semangat yang berbeda di pra-TK*. *Jurnal Intelek, 12*, 1-9. Fakultas Perkebunan dan Agroteknologi, Universitas Teknologi MARA.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan). (2021). Laporan Erosi Tanah di Indonesia. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2018). *Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Secara Terpadu*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2018). Teknologi Pengelolaan Lahan untuk Perkebunan Kelapa Sawit. Bogor: Kementerian Pertanian.

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDP). (2025). Bagaimana Nilai Gizi Minyak Sawit? BPDP RI.

Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDP). (2025). Keunggulan Minyak Sawit dalam Keterjangkauan Pangan. BPDP RI.

BadanPengelolaDanaPerkebunanKelapaSawit.(2025).*Programpengembangan sumber daya manusia dan penelitian sawit berkelanjutan*. Badan Pengelola Dana

Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Indonesian Oil Palm Statistics 2023. BPS Indonesia.

Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Kelapa sawit Indonesia. Jakarta: BPS.

Badan Pusat Statistik. (2024). Outlook Komoditas Perkebunan Kelapa Sawit Tahun 2024.KementerianPertanianRepublikIndonesia.https://satudata.pertanian.go.id/details/publikasi /696

Badan Pusat Statistik. (2024). Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023. Jakarta: BPS Statistics Indonesia.https://www.bps.go.id/en/publication/2024/11/29/d5dcb42ab730df1be4339c34/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2023.html

BadanPusatStatistik.(2025).*StatistiktanamanperkebunantahunanIndonesia2024 (Kelapa sawit, kopi, kakao, karet, teh, dan komoditas perkebunan unggulan)*. BadanPusatStatistik.Retrieved from

Bahendra dan P Febri. 2016. Kajian Sifat Fisik Tanah Perkebunan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis J,) pada Tingkat Umur yang Berbeda di PT. Agro MukoTanah Rekah Estate Propinsi Bengkulu. Diplome thesis, Universitas Andalas.

Bakti, A. S. (2020). Rancangan Aplikasi Sistem Informasi Produksi Buah Kelapa Sawit Plasma Pada PT. Wanasari Nusantara Singingi Hilir. JuPerSatek, 3(2), 371–385.

Balai Penelitian Kelapa Sawit (BPDPKS). (2020). *Pedoman Budidaya Kelapa Sawit Berkelanjutan*.

Balai Penelitian Tanaman Industri. (2019). Teknologi Replanting dan Pengelolaan Tanaman Perkebunan. Kementerian Pertanian RI.

Balai Riset dan Monitoring Pertanian (BRMP) Babel. (2023, November). *Penerapan standar pemupukan kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. https://babel.brmp.pertanian.go.id/berita/penerapan-standar-pemupukan-kelapa-sawit-elaeis-guineensis-jacq

Bale, J. S., et al. (2008). Biological Control and Sustainable Food Production. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363, 761–776.

Banjarnahor N, K S Hindarto, dan Fahrurrozi. 2018. Hubungan Kelerengan dengan Kadar Air Tanah, pH Tanah, dan Penampilan Jeruk Gerga di Kabupaten Lebong. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia 20 (1) : 13 – 18.

Banowati, G., Ekawati, R., Muningsih, R., Pamungkas, S. S. T., & Pramudya, Y. (n.d.). *Budidaya tanaman kelapa sawit I*. [Publisher not specified].

Basiron, Y. (2015). Palm Oil: Production, Processing, and Nutrition. GAPKI Indonesia.

Basiron, Y. (2019). Sustainable Oil Palm Cultivation. Malaysian Palm Oil Board (MPOB).

Baskoro D P T dan S D Tarigan. 2007. Soil Moisture Characteristics on Several Soil Types. Jurnal Tanah dan Lingkungan (9) : 77 – 81.

Baso M S G, U Hasanah, A Monde. 2014. Variabilitas Sifat Fisika Tanah dan COrganik pada Lahan Hutan dan Perkebunan Kakao (Theobroma cacao L.) di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. Jurnal Agrotekbis 2 (6) : 565 – 572.

Basri, M. Evaluasi Kinerja Keuangan Berdasarkan Economic Value Added. Jurnal Ekonomi dan Bisnis.

Basuki, Basuki, and Corry Natasha Patrioty. "Pengaruh Regulasi Pemerintah, Tekanan Masyarakat, Tekanan Organisasi Lingkungan, Tekanan Media Massa, Terhadap Corporate Social Disclosure." *EKUITAS (Jurnal Ekonomi Dan Keuangan)* 15.1 (2011): 23-39.

Bhinekawati, R. (2023). *Corporate Social Responsibility, social capital and sustainable development: Lessons from an Indonesian palm oil company*.

BKPM. (2021). *Pedoman Perizinan Berusaha Berbasis Risiko*. Jakarta: Badan Koordinasi Penanaman Modal.

BPS. 2010. Hasil Sensus Penduduk 2010. Data Agregat Per Provinsi. Jakarta: Badan Pusat Statistik

BPS. 2017 dan 2019. Produksi Kelapa Sawit. Diakses dari : www.pertanian.go.id Evarnaz N, B Toknok, S Ramlah. 2014. Sifat Fisik Tanah di Bawah Tegakan Eboni (Diospyros)

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2002). The nature and properties of soils (13th ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils. Pearson. (Buku dasar tentang bahan organik dalam tanah.)

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils. Pearson. (Buku dasar tentang unsur hara dalam tanah.)

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils. Pearson.

Braja M D. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1, Erlangga : Jakarta

Buckman H O dan N C Bradi. 2018. Ilmu Tanah. Penerbit Bharata Karya Aksara : Jakarta.

Budiono, S. (2015). Hubungan Industrial: Teori dan Praktik. Jakarta: Rajawali Pers.

Bukri,B., Mariyani, A.,Nusifera, S., Riduan, A., danIrianto, I. 2024.Responsjagung manis sebagai tanaman sela kelapa sawit belum menghasilkan terhadap pupuk kandang ayam. *Jurnal Agro*, Vol. 11, No. 1, hal. 31–42.

Carolina, A. S., dkk. (2023). Ukuran lahan HGU perkebunan kelapa sawit untuk badan hukum belum diatur secara pasti, sehingga penguasaan lahan berpotensi mengalami ketimpangan

Carr, M. K. V. (2011). The water relations of oil palm (Elaeis guineensis). Experimental Agriculture, 47(3), 347–377.

Cashore, B. (2004). *Governing Through Markets: Forest Certification and the Emergence of Non-State Authority*. Yale University Press.

CBD (Convention on Biological Diversity). (2010). Global Biodiversity Outlook 3. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Chan, C. L., & Goh, Y. S. (2021). Long-term monitoring of bagworm infestation and its control through natural predators in oil palm estates. Entomological Research, 51(4), 299–310.

Chan, C. L., & Noor, M. R. (2020). Advancements in Plantation Layout Design for Enhanced Oil Palm Productivity. Agricultural Engineering International:CIGR Journal, 22(4), 90–103.

Chauhan, B. S. (2012). Weed management in direct-seeded rice systems. Crop Protection, 38, 64–74.

Chen, Y., & Wong, H. (2025). Sustainable soil preparation strategies to enhance oil palm seedling vigor and reduce erosion risk. Tropical Crop Science, 17(3), 154–168.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-

Christiawan, R. (2020). Implementasi Green Growth Economic pada industri kelapa sawit melalui sertifikasi ISPO. Mulawarman Law Review, 5(1), 47-60.

CIPS Indonesia. (2023). Achieving Indonesian Palm Oil Farm-to-Table Traceability through ISPO-RSPO Harmonization.

Cock, J. H., Donough, C. R., Mayes, S., & Kushairi, A. (2023). A scheme for distribution of genetically improved oil palm plants well suited to local conditions. Agricultural Systems, 211, 103724.

Conway, G.R., 1986, Agroecosystem Analysis for Research and Development, Winrock International: Bangkok, Thailand.

Corley, R. H. V. (2009). How much palm oil do we need? *Environmental Science & Policy*, 12(2), 134–139.

Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2015). The Oil Palm (5th ed.). Oxford: Wiley-Blackwell.

Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). The Oil Palm (5th ed.). Oxford: Wiley-Blackwell.

Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). The Oil Palm. Oxford: Blackwell Science.

Corley, R.H.V. dan P.B. Tinker. (2016). *The Oil Palm* (5th Edition). Wiley-Blackwell.Drucker, P.F. (2007). *Management: Revised Edition*. HarperBusiness.

Cottrell, R. C. (1991). Palm Oil Human Nutrition. Dikuti dalam Haryadi (2010), BPDP RI

Damayanti, Dinda Aulia. "Analisis penerapan sistem akuntansi penggajian dan pengupahan pada PT. PLN (Persero)." *Prisma (Platform Riset Mahasiswa Akuntansi)* 2.2 (2022): 11-20.

Darlan, N. H., & Prasetyo, B. H. (2011). Pengelolaan lahan kelapa sawit berkelanjutan. Jurnal Sumberdaya Lahan, 5(2), 73–84.

Darmawan, A. (2012). *Hukum Lingkungan dan Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Dassou, S. 2025. Genotypic responses and biomass production in oil palm progenies under potassiumand magnesium fertilisation. *ExperimentalAgriculture*, Vol.61, hal.1–12.

Daulay, N. P., Putri, A. A., Ramadani, O. N., Agata, E. V., & Hamid, M. (2025). Analisis Perkembangan Produksi Kelapa Sawit Berdasarkan Luas Lahan dan Jumlah Pabrik Kelapa Sawit (Studi pada Kabupaten Rokan Hulu). Jurnal Ekonomi dan Riset Kewirausahaan (JERKIN), 4(2). (DOI: 10.31004/jerkin.v4i2.3935).

Dessler, G. (2020). *Human Resource Management.* 16th Edition. Boston: Pearson Education. (Menjadi rujukan umum untuk praktik supervisi partisipatif dan manajemen insentif modern.)
Tersedia di: https://books.google.com/books?id=desslerhrm

Dessler, G. (2020). Human Resource Management. Pearson.

Deswanto, et al. (2019). Composting of Empty Fruit Bunches from Oil Palm Plantation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

Dewi, L., & Nurhadi, E. (2020). Pengendalian Terpadu Ulat Api pada Tanaman Kelapa Sawit dengan Pendekatan Agroekosistem. Jurnal Perkebunan Nusantara

Dewi, Meutia (2017). Penggunaan Analisis Rasio Likuiditas dan Solvabilitas untuk Mengukur Kinerja Keuangan di PT.Aneka Tambang Tbk. Penelitian Ekonomi Akuntansi, 1(2), 102–112. Retrieved from https://ejurnalunsam.id/index.php/jensi/issue/view/46

Dewi, Meutia. (2017). Penggunaan Analisis Rasio Likuiditas dan Solvabilitas untuk Mengukur Kinerja Keuangan di PT.Aneka Tambang Tbk. Penelitian Ekonomi Akuntansi, 1(2), 102–112. Retrieved from https://ejurnalunsam.id/index.php/jensi/issue/view/46

Dey, S., Sarkar, S., Dhar, A., Brahmachari, K., Ghosh, A., Goswami, R., & Mainuddin, M. (2025). *Potato cultivation under zero tillage and straw mulching*. *Land, 14*(3), 563. https://doi.org/10.3390/land14030563.

DGW Fertilizer. (2025). *Pruning Sawit : Langkah Penting untuk Meningkatkan Efisiensi Panen*.

Dharmawan, A., & Barus, B. (2020). Ekspansi Perkebunan Kelapa Sawit: Persoalan Sosial, Ekonomi dan Lingkungan Hidup. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2).

Dian k. Wardhany, fitry ayunintivas. 2008. Pengolahan limbah cair pabrik pupuk urea dengan menggunakan proses gabungan nitrifikasi dinitrifikasi dan microalgae. Online (www.cheundip.com). Diakses pada tanggal 13-oktober 2010. Ea kosman anwar dan husein suganda. 2002. Pupuk limbah industry. Online (www.bloger.kebumen.info.com).

Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian. (2021). *Teknik Pemangkasan (Pruning) Tanaman Sawit*.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Pedoman Teknis Budidaya Tanaman Perkebunan*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Pedoman Teknis Pembibitan Kelapa Sawit*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020). Pedoman Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO). Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020). Pedoman pengendalian organisme pengganggu tanaman kelapa sawit. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020). Pedoman Teknis Budidaya Kelapa Sawit Berkelanjutan. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020). Pedoman Teknis Replanting Tanaman Perkebunan. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2020). *Statistik Perkebunan Indonesia: Kelapa Sawit 2018–2020*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2021). Perkembangan Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2021). Roadmap Perkelapasawitan Berkelanjutan. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016 Kelapa Sawit. Jakarta (ID): Dirjenbun.

Dolzer, R., & Schreuer, C. (2012). *Principles of International Investment Law*. Oxford University Press.

Doni, B., & Yama, D. I. (2025). Application of Arbuscular Mycorrhiza and Various Doses of NPKMg Fertilizer (15:15:6:4) in Pre-Nursery Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.). SEMAI: Journal of Scientific Exploration of Agroecology, 8(1), 33–40.

Donough, C. R., Witt, C., & Fairhurst, T. H. (2009). Yield intensification in oil palm plantations through best management practices. *Better Crops*, 93(1), 12–14.

Dosskey, M. G., Vidon, P., Gurwick, N. P., Allan, C. J., Duval, T. P., & Lowrance, R. (2010). The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams. Journal of the American Water Resources Association, 46(2), 261–277.

DPMPTSP (Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu). (2020). *Pemenuhan Komitmen Izin Usaha Perkebunan*. Jakarta: DPMPTSP.

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., … Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews, 81(2), 163–182.

Dwipa, I., & Akhir, N. (2017). *Perkebunan II untuk repo Ganjil 2017-2018*. Universitas Andalas.

Efendi, Ruslan, Junita Lubis, and Elvina Elvina. "Pengaruh upah dan insentif karyawan terhadap kinerja karyawan pada PT. Milano Panai Tengah." *Ecobisma (Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen)* 7.2 (2020): 1-11.

Elaeis.co. (2025). Prof UGM: Sawit Dikritik Karena Terlalu Kompetitif di Pasar Global.

Enati, N. P., Agustia, R., Fefriyanti, D. S., & Erlinda, R. (2025). Response of Oil Palm Seedlings (Elaeis guineensis Jacq.) in Pre-Nursery to the Application of Several Types of Manure. Atech-i Journal, 5(2), 40–47.

Endah, M. (2008). Pupuk dan Cara Pemupukan. Rineta Cipta, Jakarta.

Euler, Michael, Schwarze, S., Siregar, H., & Qaim, M. (2016). Oil Palm

Evizal, R., Sari, R. Y., & Saputra, H. (2021). Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.). Jurnal Agrotropika, 20(1), 58–67.

Evizal, R., Sari, R., Saputra, H., Setiawan, K., dan Prasmatiwi, F. 2021. Pengaruh irigasi terhadappertumbuhandan produksikelapa sawit.*JurnalAgrotropika*,Vol. 20,No.1, hal. 58–66.

Fageria, N. K. (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press. (Kebutuhan unsur hara spesifik tanaman.)

Fahrig, L. (2003). Effectsof habitat fragmentationonbiodiversity. AnnualReviewofEcology, Evolution, andSystematics, 34, 487–515

Fairhurst, T., & McLaughlin, D. (2009). Sustainable oil palm development on degraded land in Kalimantan. Wwf, 2007(Figure 1), 1–48.

Fajar, M. I., Agus, F., & Haviluddin, H. (2018, September). Analisis Penerapan Perbandingan MetodeProfileMatchingDanSimpleAdditiveWeigthingPadaKasusPemilihanBibitUnggul Kelapa Sawit. In*Prosiding SAKTI (Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi)*(Vol. 3, No. 2, pp. 66-71).

Fakultas Ekonomi dan Bisnis USU. Siregar, B., & Surbakti, L. (2017). Akuntansi Manajemen. Medan: USU Press. Institut

FAO (1976) menyatakan bahwa: “Land evaluation is the assessment of land performance when

FAO. (2011). The State of the World’s Land and Water Resources for Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2013). *Guide for Sustainable Oil Palm Development*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2014). Sustainable Agriculture for Biodiversity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2014). *Sustainable Oil Palm Development*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2015). Fertilizer Use by Crop. Food and Agriculture Organization. (Data global tentang pemupukan.)

FAO. (2015). Soil Conservation and Management for Sustainable Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2017). *Integrated Pest Management Guidelines*. Rome: Food and Agriculture Organization.

FAO. (2017). Pengelolaan tanah berkelanjutan . Roma: Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa.

FAO. (2017). Recycling Organic Wastes for Soil Improvement. Food and Agriculture Organization. (Panduan praktis pengelolaan bahan organik.)

FAO. (2017). Sustainable Oil Palm Development. Rome: FAO.

FAO. (2017). Sustainable Soil Management. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2019). Integrated Pest Management Guidelines for Sustainable Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2019). Plantation Rehabilitation and Replanting Guidelines. Rome: Food and Agriculture Organization.

FAO. (2020). Palm Oil Market and Trade Analysis. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2020). Weed Management in Crop Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Laporan global tentang dampak gulma pada pertanian.)

FAO. (2021). Climate-Smart Agriculture Sourcebook. Rome: FAO.

FAO. (2021). Soil and water management in peatlands. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2021). Soil moisture conservation practices. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2021). *The State of Agricultural Commodity Markets*. Rome: Food and Agriculture Organization.

Fatima, Setiawan, E., Renata., & Ramadhani, A. (2024). berkelanjutan Strategi pengelolaan kelapa sawit di Indonesia. Forum Ekonomi, 26(4), 803–807.

Fauzi, A., Chairudin, C., Resdiar, A., dan Rifaldi, M. 2022. Pengaruh kategori kelas kebun terhadap produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Serambi Journal of Agricultural Technology*, Vol. 4, No. 2, hal. 1–8.

Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., & Paeru, R. H. (2012). Kelapa Sawit. Jakarta: Penebar Swadaya.

Fernandez, D., & Lim, K. H. (2024). Drone-based monitoring and precision pesticide application for bagworm (Metisa plana) management in Malaysian oil palm plantations. Precision Agriculture Journal, 15(3), 201–215.

Firmansyah, E. (2018). Perubahan morfologis dan anatomiskelapa sawit pada rezim air dan salinitas berbeda. *Jurnal Agro*, vol. 5(1), 13–29.

Fitriani, F., Syaifullah, & Asriyana, A. (2025).*Program impact analysis CSR PT Awana Sawit Lestari towards economic empowerment*

Fitriani, N., et al. (2019). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Sawit sebagai Kompos.,

Fitriani, S., & Mahendra, B. (2022). Pemanfaatan Cendawan Endofit Lokal untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Akar pada Bibit Kelapa Sawit. Jurnal Sains Pertanian Indonesia, 17(4), 215–226.

Fitriani, S., & Mahendra, B. (2025). Pemanfaatan kompos dan biochar untuk perbaikan struktur tanah pada tahap persiapan lahan pembibitan kelapa sawit. Jurnal Biotek Agroindustri, 6(2), 101–113.

Fitter, A. H., & Hay, R. K. M. (2002). *Environmental Physiology of Plants*. London: Academic Press.

Fletcher, T. D., et al. (2015). "Sustainable Drainage Systems (SuDS): A Review of Their Design, Performance, and Adoption." Water Research, 109, 1-15.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2015). World Soil Resources Report: Soil Biology and Biodiversity. Rome: FAO.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome: FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Sustainable Palm Oil Development. Rome: FAO.

Foster, S. P., & Harris, M. O. (2012). Behavioral Resistance of Insects to Insecticides. Insect Science, 19(3), 1–14.

Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. (2025). *Outlook industri sawit Indonesia2026:Prospek,tantangan,danstrategimenghadapierabarupasarglobal*.

GAPKI. Retrieved from https://gapki.id/news/2025/11/17/outlook-industri-sawit-indonesia-2026-prospek-tantangan-dan-strategi-menghadapi-era-baru-pasar-global/

Ginting, et. al., 2008. Peremajaan Tanaman Kelapa Sawit Sistem Underplanting. Keunggulan dan kelemahannya. Medan. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

Ginting, M. S., Febrianto, E. B., & Pratama, G. A. (2022). Pengendalian mekanis hama pada tanaman kelapa sawit fase tanaman belum menghasilkan (TBM). Jurnal Agroteknologi Tropika, 10(1), 21–30.

Gleick, P. H. (2003). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. Science, 302(5650), 1524–1528.

Goh, K. J., & Härdter, R. (2010). General Oil Palm Nutrition. International Potash Institute Bulletin No. 12.

Goh, K. J., Härdter, R., & Fairhurst, T. (2003). *Fertilizing for Maximum Return*. Basel: International Potash Institute.

Gregory, S. V., Swanson, F. J., McKee, W. A., & Cummins, K. W. (1991). An ecosystem perspective of riparian zones. BioScience, 41(8), 540–551.

Gulma di Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Agronomi

Gunawan, N. Evaluasi Kinerja Keuangan Perusahaan BUMN dengan Menggunakan Teknik Analisis Rasio Keuangan (Skripsi, Universitas Sumatera Utara). Universitas Sumatera Utara Repository.

Gurning, R. O. S., & Wardhana, W. A. (2019). Manajemen Rantai Pasok. Jakarta: Andi Offset.

Gusmanita, Lisa, Nury Effendi, and Rudi Kurniawan. "Determinan of Exchange Market Pressure in ASEAN Inflation Targeting Countries." *Jurnal Economia* 16.1 (2020): 18-32.

GWP (Global Water Partnership). (2000). Integrated Water Resources Management. Stockholm: Global Water Partnership.

Habibie, D. R. Analisis Kinerja Keuangan Perusahaan dengan Menggunakan Metode Rasio pada PT. BTN (Persero) Cabang Medan (Skripsi, Universitas Sumatera Utara). Universitas Sumatera Utara Repository.

Hadjon, P. M. (2015). *Pengantar Hukum Administrasi Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hadjon, Philipus M. (2011). *Pengantar Hukum Administrasi Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Haeruddin, M. "Pengaruh Gaji dan Insentif terhadap Kinerja Karyawan dan Organisational Citizenship Behaviour (OCB) pada Hotel Grand Clarion di Makassar." *Jurnal Aplikasi Manajemen, Ekonomi dan Bisnis* 2.1 (2017): 11-21.

Haldian, et al. (2023). Aplikasi Monitoring Laporan Data Hasil Pengolahan TBS Kelapa Sawit Berbasis Mobile pada PT. Perkebunan Nusantara VII. In-Tech. J., 5(2), 43-55.

Handayani, Leriana Trias, & Handayani, Anita. (2022). Analisis Kinerja Keuangan Menggunakan Rasio Likuiditas dan Profitabilitas. Jurnal Ekobistek, 1(1), 376–381. https://doi.org/10.35134/ekobistek.v11i4.443

Handayani, Leriana Trias, & Handayani, Anita. (2022). Analisis Kinerja Keuangan Menggunakan Rasio Likuiditas dan Profitabilitas. Jurnal Ekobistek, 1(1), 376– 381. https://doi.org/10.35134/ekobistek.v11i4.443

Handayani, T. (2024). Peran Sertifikasi ISPO dan RSPO dalam Penguatan Keberlanjutan Industri Sawit Nasional. Jurnal Ilmu Lingkungan Tropis, 8(1), 55–69.Universitas Gadjah Mada. https://jurnal.ugm.ac.id/jilt/article/view/49560

Handoko, T. H. (2014). *Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia.* Yogyakarta: BPFE. Tersedia di: https://books.google.com/books?id=manajemenpersonalia

Handoko, T. H. (2016). Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia. Yogyakarta: BPFE.

Hansen, V. E., Israelsen, O. W., & Stringham, G. E. (1992). *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi*. Jakarta: Erlangga. (Rujukan standar untuk dimensi saluran dan debit air).

Harahap, I. S. (2013). *Hama Tanaman Perkebunan*. Medan: USU Press.

Harahap, I. Y., Lubis, A. U., & Sutarta, E. S. (2018). Pemupukan kelapa sawit berbasis spesifik lokasi. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 23(2), 67–78.

Harahap, R., & Lubis, M. (2019). Konflik lahan perkebunan di Sumatera Utara. Jurnal Agraria, USU, 5(2).

Harahap, S. S. (2015). Analisis Kritis Atas Laporan Keuangan. Jakarta: Rajawali Pers.

Hardjasoemantri, K. (2006). *Hukum Tata Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardjowigeno dan Widiatmaka (2018) menjelaskan bahwa: “Evaluasi kesesuaian”

Hardjowigeno, S. (2010). Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Pressindo.

Harefa, R. F., Laia, E., Sains, F., Teknologi, D., Gunungsitoli, U. N., Sains, F., … Gunungsitoli, U. N. (2024). Pengaruh penggunaan mulsa terhadap sifat fisika tanah dan kualitas produksi tanaman, *01*, 193–198.

Harimurti, F. (2020). Penyusunan anggaran perusahaan sebagai alat manajemen dalam pencapaian tujuan. *Jurnal Akuntansi Dan Sistem Teknologi Informasi*, *6*(1), 1–10.

Harini, R., Ariani, R., dan Yulianda, Y. 2022. Strategi adaptasi ketahanan pangan terhadap perubahaniklimdipinggiranKotaYogyakarta. *MajalahGeografiIndonesia*,Vol.36, No.

1, hal. 1–11.

Hariyadi, R. dan T. Darmawan. (2018). Teknik Konservasi Tanah dan Air di Perkebunan Kelapa Sawit. Bogor: IPB Press.

Harsono, B. (2018). *Hukum Agraria Indonesia*. Jakarta: Djambatan.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2010). Plant propagation: Principles and practices (8th ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Hartono, R., Liliya D. S., Ruslan W. 2012. Pengaruh teknik dan dosis pemberian pupuk organik dari sludge bio- digester terhadap produksi tanaman jagung (Zea Mays L.) varietas Bima. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.

Haryanto, T. (2017).Potensi Biomassa Kelapa Sawit sebagai Energi Terbarukan.*Jurnal Teknologi Industri Pertanian*,

Haryanto, T. (2019). Dampak Sosial Ekonomi Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian, 14(1), 45–60.

Hasan, M. S., & Latif, A. (2022). Impact of Planting Pattern on Growth and Light

Hasibuan, A., & Rachman, M. (2022). Evaluasi Efektivitas Musuh Alami dalam Menekan Populasi Hama Daun pada Tanaman Kelapa Sawit. Jurnal Entomologi Pertanian, 15(1), 66–75.

Hasibuan, H. A., & Pradiko, I. (2018).Pemanfaatan Data Iklim untuk Perkebunan Kelapa Sawit. *PPKS*.

Hasibuan, M. S. P. (2017). Manajemen Sumber Daya Manusia. Jakarta: Bumi Aksara.

Hasibuan, M. S. P. (2019). *Manajemen Sumber Daya Manusia.* Jakarta: Bumi Aksara.

Hasibuan, M. S. P. (2019). *Manajemen Sumber Daya Manusia.* Jakarta: Bumi Aksara. Tersedia di: https://books.google.com/books?id=manajemensdm

Hasibuan, R. P. (2021). “Analisis Likuiditas, Solvabilitas, dan Profitabilitas dalam Menilai Kinerja Keuangan Perusahaan.” Jurnal Akuntansi & Bisnis Nusantara.

Havlin, J. L., et al. (2014). Soil Fertility and Fertilizers. Pearson. (Teknik pemupukan dan manajemen nutrisi.)

Hayata, H., Nursanti, I., & Kriswibowo, P. (2020). Pengaruh jarak tanam yang berbeda terhadap pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.). *Jurnal Media Pertanian*, vol. 5(1), 22.

Hayati, P., Efendi, S., Rahmi, I., dan Saputra, R. 2018. Pemberdayaan masyarakat Nagari Persiapan Giri Maju Kabupaten Pasaman Barat dengan inovasi dan teknologi pengolahan jagung. *Buletin Ilmiah Nagari Membangun*, Vol. 1, No. 3, hal. 1–14.

Heap, I. (2023). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Weed Science Society of America. (Data tentang resistensi gulma terhadap herbisida.)

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). Operations Management. New Jersey: Pearson Education.

Hendarjanti, H. (2025). Pengendalian hama secara kultur teknis pada tanaman kelapa sawit. Jurnal Perlindungan Tanaman Perkebunan, 8(1), 1–10.

Hendarjanti, H., & Sukorini, H. (2022). Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) at the Nursery to Suppress the Basal Stem Rot Disease Incidence in Oil Palm. Menara Perkebunan, 90(3),

Hendarto, K. (2020, Oktober Sabtu), Materi Lokalita. Retrieved from Cyber

Henson, I. E. (2012). Climate change and oil palm production. *Journal of Oil Palm Research*, 24, 151–167.

Henson, I. E. (2018). Modelling oil palm productivity and sustainability. Journal of Oil Palm Research, 30(2), 163–181.

Herlinda, S. (2019). Pengendalian hayati hama tanaman perkebunan. Unsri Press.

Hermanto, S. R. (2020). *Efikasi herbisida terhadap gulma kelapa sawit.* Agrovigor. Retrieved from https://journal.trunojoyo.ac.id/agrovigor/article/view/6070/0

Hidayah, N., & Rahman, A. (2022). Aplikasi Citra UAV dan NDVI dalam Evaluasi Kondisi Lahan Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 24(3), 190–203.Universitas Gadjah Mada. https://jurnal.ugm.ac.id/jitrl/article/view/46815

Hidayat, N. K., dkk. (2018). Sustainability Certification for Palm Oil: State of the Art. Journal of Cleaner Production.

Hidayat, N. K., Offermans, A., & Glasbergen, P. (2020). Sustainable palm oil as a public responsibility? On the governance capacity of Indonesian district governments. Journal of Environmental Management, 261, 110–214.

Hidayat, T. C., & Mulyani, A. (2015). Pengelolaan tanah berkelanjutan pada perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 65–76.

Hidayat, Y., Sutono, & Kurnia, U. (2018). Peranan bahan organik dalam konservasi tanah pada perkebunan kelapa sawit. Jurnal Tanah dan Iklim, 42(1), 1–10.

Hijriani, J., H. Sari, E.L. Mahyuni. 2015. Penerapan manajemen risiko pada pabrik kelapa sawit (PKS) IV Unit Usaha Pabatu. Jurnal Lingkungan dan Kesehatan Kerja. 6(2).

Hooijer, A., et al. (2012). Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. Biogeosciences, 9, 1053–1071.

Hoque, T. S. (2024). *Effect of reduced tillage and residue incorporation as a sustainable approach for rice yield and soil health*. *Sustainability, 16*(16), 6994. https://doi.org/10.3390/su16166994

Howse, R. (2013). *The World Trade Organization 20 Years On: Global Governance by Judiciary*. European Journal of International Law.

https://iopri.co.id/(iopri.co.id)

https://satudata.pertanian.go.id/details/publikasi/696(satudata.pertanian.go.id)

https://www.bpdp.or.id/program-pangan-dan-hilirisasi(www-ng.bpdp.or.id)

https://www.bps.go.id/publication/2025/08/29/8d2a6ab3510f9828daf73191/statistik-tanaman-perkebunan-tahunan-indonesia-2024-kelapa-sawit-kopi-kakao-karet-teh-dan-

Hukumonline. (2019). *Jenis-jenis Izin Usaha Perkebunan (IUP) di Indonesia*. https://www.hukumonline.com

Hutagalung, S. (2020). Peran pemerintah daerah dalam konflik agraria perkebunan. Jurnal Ilmu Sosial, UMSU, 4(1).

HUTALIM, J. D., Hariyadi, H., & Suprihatin, S. (2024). MONITORING PERTUMBUHAN KELAPA SAWIT FASE BELUM MENGHASILKAN BERBASIS PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI DI PTPN IV REGIONAL I. Jurnal Agro Estate, 8(2), 114–125. (DOI: 10.47199/jae.v8i2.263).

Hutapea, J., Marpaung, R., & Silalahi, E. (2022). Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Sistem Monitoring Produktivitas Tenaga Kerja Perkebunan Sawit. Jurnal Agroindustri Indonesia, 12(2), 133–147.Universitas Sumatera Utara. https://ojs.usu.ac.id/index.php/jai/article/view/48631

Hutasoit, F., Hutabarat, S., Muwadi, D. 2015. Analisis persepsi petani kelapa sawit swadaya bersertifikasi RSPO dalam menghadapi kegiatan 1.

IAI. (2023). PSAK 1 penyajian laporan keuangan. http://iaiglobal.or.id/v03/standarakuntansi-keuangan/pernyataan-sak-7-psak-1-penyajian-laporankeuangan

Ibrahim, H. T. M., Birkás, M., Dekemati, I., & Simon, B. (2025). *Assessing 16 years of tillage dynamics on soil physical properties, crop root growth and yield*. *Agronomy, 15*(4), 801. https://doi.org/10.3390/agronomy15040801

Ibrahim, H., & Mohamed, F. A. (2021). Biological control of basal stem rot in oil palm using Bacillus subtilis and Trichoderma spp. Journal of Oil Palm Research, 33(2), 263–275. https://doi.org/10.21894/jopr.2021.0032

Ikatan Bankir Indonesia. 2012. Manajemen Resiko 1: Mengidentifikasi Risiko Pasar, Operasional dan Kredit Bank. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.[Kementan] Kementerian Pertanian Indonesia. 2015. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 11

Tahun 2015 tentang Sistem Sertifikasi Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia (Indonesian Sus-tainable Palm Oil Certification System/ISPO). Jakarta (ID): Kementan.

Ilham. (2022, 3 April). *Analisa daun kelapa sawit*. Susun Bentang Alam. https://susunbentangalam.co.id/blog/analisa-daun-kelapa-sawit/

ILO (International Labour Organization). (2022). *Inclusive Labour Governance and Gender Equality in Agricultural Workplaces.* Geneva: ILO Publications. (Sumber tambahan untuk bagian 6.7 tentang partisipasi pekerja perempuan.) Tersedia di: https://www.ilo.org

ILO. (2019). Labour Standards and Industrial Relations. Geneva: International Labour Organization.

Impact of Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) Certification on CPO Exports. International Journal of Social Science Research (IJSSR), 2024.

Impact of Soil Preparation Techniques on Emergence and Regeneration. (2025). *Sustainability, 17*(11), 5016. https://doi.org/10.3390/su17115016

Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) System. (2020). Prinsip dan Kriteria ISPO. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) System. (2020). *Prinsip dan Kriteria ISPO*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Indriyanto. (2012). *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Institut Teknologi Bandung. (2018). Cost Control sebagai Alat Efisiensi Perusahaan. Jurnal Manajemen Teknologi, SBM ITB.

Internal Corporate Documents. (Anonim). *Standard Operating Procedure (SOP) Manajemen Lapangan dan Panen Perusahaan Perkebunan Skala Besar*.

International Labour Organization (ILO). (2006). Promotional Framework for Occupational Safety and Health Convention, 2006 (No. 187). Geneva: ILO.

International Labour Organization (ILO). (2019). Occupational Safety and Health Convention, 1981 (No. 155). Geneva: ILO.

International Union forConservationofNature (IUCN). (2023). The IUCN Red ListofThreatenedSpecies. IUCN

Iskandar, D. (2022). *Efektivitas dosis glyphosat terhadap pengendalian gulma.* Saingro. Retrieved from https://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/saingro/article/viewFile/775/733

Istani, I. N., & Maripul. (2009). Pengaruh penggunaan bibit sehat terhadap pertumbuhan awal kelapa sawit. Buletin Agronomi, 37(2), 85–92.

Jenflower, M., Susilo, Y. S., & Herawan, J. E. (2024). Study on Indonesia Crude Palm Oil Exports to Six Main Destination Countries 2000–2021. Jurnal Kinerja, 28(2). https://ojs.uajy.ac.id/index.php/kinerja/article/download/7842/3746/32206

Jody, N. K., Sayekti, A. A. S., & Nurjanah, D. (2023). *Manajemen mutu pembibitan kelapa sawit di PT. Wahana Plantation and Product Lalang Estate Kabupaten Sintang Kalimantan Barat. Agroforetech, 1*(3), 1717-1723. Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta.

Jones, H. G. (2008). Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Jufri, J., & Chairudin, C. (2023). Penanganan Kehilangan Brondolan Kelapa Sawit pada Areal Berbukit di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Agro Sinergi Nusantara Kebun Tanoh Makmue Kabupaten Aceh Barat. Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian, 19(1), Article 1.

Julsento, H. P., & Puspitasari, H. M. (2025). Effect of Organic Matter Types and Decomposition Times on the Growth of Oil Palm Seedlings in the PreNursery Stage. Tropical Plantation Journal, 9(1), 24–32.

Jurnal Ekonomi dan Pemberdayaan. (2020). Peran Program Pemberdayaan Ekonomi dalam Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat.

Jurnal Kesehatan Masyarakat. (2021). Strategi Peningkatan Kesehatan Melalui Program Kesehatan Komunitas.

Jurnal Lingkungan Hidup. (2023). Inisiatif Lingkungan dalam Program Sosial: Studi Kasus di Daerah Tertinggal.

Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan. (2022). Dampak Program Pendidikan Terhadap Akses Siswa di Daerah Terpencil.

Jurnal Perlindungan Sosial. (2024). Perlindungan Sosial untuk Kelompok Rentan: tinjauan dan rekomendasi

Kafabih, Zidan, and Ahmad Dzulfikar. "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat gaji di Elrumi Batik Pekalongan." *Sahmiyya: Jurnal Ekonomi dan Bisnis* (2023): 89-93.

Karnilawati, Fadhli, R., & Muksalmina. (2020). Pengaruh Pemberian Pupuk Guano Dan Pupuk Growmore Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (Coffea robusta L.). Agroristek, 3(1), 13–20.

Kartasapoetra, A. G. (2010). *Hama Tanaman Pangan dan Perkebunan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Kartodihardjo, H., dan Surpriono, A., 2000, The Impact of Sectoral Development on Natural ForestConversion and Degradation: The Case of Timberand Tree Crop Plantations in Indonesia, Occasional Paper No.26(E). CIFOR.

Kemboi, V. K., Masinde, P., Mworia, E., Mworia, J., & Kirigiah, R. M. (2024). *Effects of land preparation method and organic soil amendment on soil properties, growth and yield of*

maize (Zea mays). *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research, 11*(2), 70–88. https://doi.org/10.9734/ajahr/2024/v11i2315

Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Perubahan Iklim: NDC Indonesia, Ambisi dan Membumi. Diakses dari https://ppid.kehutanan.go.id/berita/siaran-pers/5879/perubahan-iklim-ndc-indonesia-ambisi-dan-membumi.

Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Perubahan Iklim: NDC Indonesia, Ambisi dan Membumi. Diakses dari https://ppid.kehutanan.go.id/berita/siaran-pers/5879/perubahan-iklim-ndc-indonesia-ambisi-dan-membumi.

Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. (2022). Wamen LHK: FoLU Net-Sink 2030, Langkah Maju Indonesia untuk Penanganan Perubahan Iklim. Diakses dari https://ppid.kehutanan.go.id/berita/siaran-pers/6517/wamen-lhk-folu-net-sink-2030-langkah-maju-indonesia-untuk-penanganan-perubahan-iklim

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Badan Penerbit Hukum Negara.

Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Badan Penerbit Hukum Negara.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2015). Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia (IBSAP) 2015–2020. KLHK

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). Peraturan dan Kebijakan Perlindungan Lingkungan Hidup. Jakarta: KLHK.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Kebijakan Pengendalian Deforestasi dan Degradasi Lahan. Jakarta: KLHK.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2025). Dua PP Baru Perkuat Tata Kelola Lingkungan: KLH/BPLH Tegaskan Rencana 30 Tahun dan Perlindungan Mangrove Jadi Fondasi Masa Depan. Diakses dari https://www.kemenlh.go.id/news/detail/dua-pp-baru-

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2020). Panduan Pengelolaan Air dan Drainase Kota. Jakarta: Kementerian PUPR.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Tersier*. Jakarta: Ditjen Sumber Daya Air.

Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2021). Kinerja Ekspor Kelapa Sawit Indonesia di Pasar Internasional. Jakarta: Kemendag.

Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2024). Laporan Diplomasi Ekonomi Indonesia dalam Menghadapi Regulasi Deforestasi Uni Eropa (EUDR). Jurnal Kebijakan Perdagangan, 6(1), 55–72. https://jurnal.kemendag.go.id/index.php/jkp/article/view/2234

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 98 Tahun 2013 tentang Pedoman Perizinan Usaha Perkebunan*. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2020). Panduan Konservasi Tanah dan Air. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). Outlook Komoditas Perkebunan Kelapa Sawit Tahun 2024. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (Publikasi Pemerintah).

Kementerian Pertanian RI. (2020). Pedoman Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan. Jakarta.

Kementerian Pertanian. (2020). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 38 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan Sertifikasi Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia (ISPO). Jakarta: Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian. (2021). *Panduan Teknis Izin Operasional Perkebunan (IOP) melalui OSS*. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian. (2022). *Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Kementerian Sosial RI. (2023). Laporan Program Keluarga Harapan. Kemensos.

Keraf, A. S. (2019). *Etika Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kompas.

Khair, H., Darmawati, J. S., & Sinaga, R. S. (2014). uji pertumbuhan bibit kelapa sawit dura dan varietas unggul dxp simalungun (Elaeis guinensis Jacg) terhadap pupuk organik cair di main nursery. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, *18*(3).

Khakim, A. (2014). *Dasar-Dasar Hukum Ketenagakerjaan Indonesia*. Bandung: Citra Aditya Bakti.

Kogan, M. (1998). Integrated Pest Management. Annual Review of Entomology, 43, 243–270.

Koltiva. (2025). Closing the Market Access Gap in Indonesia's Palm Oil Sector through Certification.

Koltiva. (2025). REA Empowers Over 600 Smallholders in East Kalimantan with RSPO Certification.

Komarudin,N.,Yolanda,Y.,Utama,P.,danHidayat,S.2022.Karakteristikfisikalingkungan dan pendugaan fluks bahang terasa pada pertanaman kelapa sawit. *Hexagon: Jurnal Teknik dan Sains*, Vol. 3, No. 2, hal. 23–32.

Komposisi Asam Lemak dan Bilangan Iod Minyak dari Sembilan Varietas Kelapa Sawit. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, IOPRI.

Koussihouèdé, H., Aholoukpè, H., Adjibodou, J., Hinkati, H., Dubos, B., Chapuis-Lardy, L., danClermont-Dauphin, C. 2020. Comparative analysisof nutritionalstatus andgrowth of

immature oil palm in various intercropping systems in southern Benin. *Experimental Agriculture*, Vol. 56, No. 3, hal. 371–386.

Kurniawan,B.,Hasanuddin,H.,danNurhayati,N.2023.Pengaruhbeberapamediatanamdan varietas terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit selama masa pre-nursery. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Vol. 8, No. 1, hal. 577–584.

Kurniawan, Wawan, 2012, Urgensi Pembangunan Agroindustri Kelapa Sawit Berkelanjutan untuk Mengurangi Pemanasan Global, Skripsi, Jurusan Teknik Industri, sUniversitas Trisakti

Kusuma, A., Hastuti, P., dan Wilisiani, F. 2023. Pengaruh macam pupuk hijau dan tingkat dekomposisiterhadappertumbuhanbibitkelapa sawit. *Agrisintech*,Vol.4,No.2,hal. 64–69.

Kusumawati, S., Yahya, S., Hariyadi, Mulatsih, S., dan Istina, I. 2019. Analisis pendapatan usahatani tumpangsari pada peremajaan kebun kelapa sawit rakyat. *Buletin Palma*, Vol. 20, No. 1, hal. 45–56.

Lakitan, B. (2011). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.

Lestari, D., & Sipayung, M. (2022). Implementasi Pengendalian Terpadu Hama Ulat Api pada Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Utara. Jurnal Agro Industri Indonesia, 10(2), 112–124.

Liebman, M., & Gallandt, E. R. (Eds.). (2016). Managing Cover Crops Profitably. Sustainable Agriculture Research and Education. (Fokus pada pengendalian budaya dengan tanaman penutup.)

Lim, K. H., & Lee, P. T. (2024). Use of Drone Mapping and LiDAR in Designing Optimal Oil Palm Planting Layouts. Precision Agriculture, 25(3), 199–212.

Lingga, P. 2002. Petujuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.

Lubis, (1992). Kelapa Sawit, Balai Penelitian. Marikat. Sumatera Utara (2007).

Lubis, A. F. (2024). *Tank mix herbisida untuk pengendalian gulma.* Warta IOPRI. Retrieved from https://warta.iopri.org/index.php/Warta/article/view/137

Lubis,A.P.(2018,September).PemilihanJenisBibitKelapaSawitUngguldenganMenggunakan Metode Fuzzy MCDM. In *Seminar Nasional Royal (SENAR)* (Vol. 1, No. 1, pp. 115-120).

Lubis, A. R. (2019). “Evaluasi Kinerja Perusahaan Menggunakan EVA dan MVA pada Perusahaan Publik.” Jurnal Ekonomi & Keuangan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis USU.

Lubis, A. U. (2008). *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS).

Lubis, A. U. (2008). Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia.

Lubis, A. U. (2008). Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

Lubis, A. U. (2008). *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

Lubis, C. W. Analisis Kinerja Keuangan Menggunakan Metode Economic Value Added (EVA), Jurnal Akuntansi dan Keuangan Kontemporer (JAKK), Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Lubis, M. R. (2019). Analisis ketenagakerjaan perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara USU (Medan).

Lukito, D. (2024). Penganggaran berbasis kinerja dan akuntabilitas pada institusi pemerintah. *Ecobisma: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, *11*(1), 1–12.

Ma'ruf. (2019). *Pengelolaan Kelapa Sawit 2: Pembibitan dan Penanaman*. Asahan: Program Studi Agroteknologi, Universitas Asahan.

Magdoff, F., & van Es, H. (2010). Building Soils for Better Crops. Sustainable Agriculture Research and Education. (Teknik aplikasi bahan organik.)

Maharjan, K. L., et al. (2025). *Examining farmers' willingness to learn environmental practices including land preparation roles*. *Agriculture, 15*(7), 726. https://doi.org/10.3390/agriculture15070726

Mahendra, D., & Nasution, A. (2025). Implementasi Sistem GIS untuk Perencanaan Tata Letak Tanaman Kelapa Sawit di Perkebunan Rakyat. Jurnal Teknologi Pertanian Berkelanjutan, 10(1), 77–90.

Mahfud MD. (2017). *Politik Hukum di Indonesia*. Jakarta: Rajawali Pers.

Mahmud & Pasaribu, A. (2023). *Efektivitas penyerbukan buatan pada tanaman kelapa sawit Elaeis guineensis*. Tesis, Politeknik LPP Yogyakarta.

Maith, Hendry Andres. (2013). Analisis Laporan Keuangan Dalam Mengukur Kinerja Keuangan Pada Pt. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk. Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi, 1(3), 619–628. https://doi.org/10.35794/emba.v1i3.2130

Majalah Hortus. (2023). *Implementasi Praktik Regeneratif dan Insentif Tenaga Kerja di Perkebunan Swadaya BIPOSC.* Tersedia di: https://news.majalahhortus.com

Mangkunegara, A. P. (2020). Manajemen Sumber Daya Manusia Perusahaan (Cetakan ke-15). PT Remaja Rosdakarya.

Mangoensoekarjo, S. dan H.Z. Tohari. (2014). Manajemen Perkebunan Kelapa Sawit. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Mangoensoekarjo, S. dan H.Z. Tohari. (2014). *Manajemen Perkebunan Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Mangoensoekarjo, S., & Semangun, H. (2005). *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Mangoensoekarjo, S., & Semangun, H. (2008). Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. (Fisiologi nutrisi tanaman.)

Marwoto, & Suharsono. (2008). *Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Hama Terpadu*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Pangan.

Mashyud, A. 2006. Manajemen Resiko Strategi Perbankan dan Dunia Usaha Menghadapi Tantangan Globalisasi Bisnis. Jakarta (ID): Raja Grafindo.

Maslow, A. H. (1954). *Motivation and Personality.* New York: Harper and Row. Tersedia di: https://archive.org/details/motivationandpersonality

Maulana, I., Manumono, D., & Dewi, C. W. A. (2023). Strategi Pengadaan Tenaga Kerja Di Perkebunan Kelapa Sawit Di PT Karya Hevea Indonesia Kebun Greahan. Jurnal Opini Mahasiswa (JOM) Faperta Instiper, 1(3), 1750–1759.

Mawandha, H. G. (2022). *Ottochloa nodosa, pengendalian gulma, kelapa sawit.* Jurnal AGI. Retrieved from https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/AGI/article/view/229

Mayes, S. (2020). *The History and Economic Importance of the Oil Palm*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22549-0_1

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press.

Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). Principles of plant nutrition (5th ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Milyana, A. R., P, W. E., & S, G. J. (2019). Pengaruh Pupuk Guano Dan Trichoderma sp . Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Cabai Rawit. Agriekstensia, 18(2), 117–124.

Montoya, C., et al. (2014). Genetic Architecture of Palm Oil Fatty Acid Composition. PLOS ONE.

Morgan, R. P. C. (2005). Soil Erosion and Conservation. Oxford: Blackwell Publishing.

Morgan, R. P. C. (2005). Soil Erosion and Conservation. Oxford: Blackwell Publishing.

Moss, J. 1992. Measuring light interception and the efficiency of light utilization by the coconut palm (*Cocos nucifera*). *Experimental Agriculture*, Vol. 28, No. 3, hal. 273–285.

Muchlinski, P. (2010). *Multinational Enterprises and the Law*. Oxford University Press.

Muhammad Rizal. (2017). Analisis Kinerja Keuangan Pt . Garuda Indonesia Tbk . Selama Masa Covid-19 Tbk. Jurnal Serambi Ekonomi Dan Bisnis, 4(1), 1–11. Retrieved from https://eprints.umm.ac.id/80472/4/BAB III.pdf

Mulyadi, A., Sembiring, J., & Rachman, D. (2022). Analisis pengaruh kekeringan terhadap produktivitas kelapa sawit di Kalimantan Tengah. Jurnal Pertanian Tropika, 9(2), 112–121.https://jptropika.unlam.ac.id/index.php/jptropika/article/view/983

Mulyadi, I., Taufik, K., & Suhardi, S. (2024). Pengaruh pemberdayaan dan implementasi teknologi informasi dan komunikasi terhadap kompetensi SDM dan dampaknya terhadap kinerja karyawan. Jurnal Cahaya Mandalika, 5(1), 55–66.

Munawarah, Israfil, and Muhamada Arwansyah. "Pengaruh Sistem Penggajian, Upah Lembur, Dan Insentif Finansial Terhadap Kinerja Karyawan (Study Kasus Pada Cv. Dua Elang Makmur)." *Jurnal Gici Jurnal Keuangan Dan Bisnis* 15.1 (2023): 84-94.

Munawir, S. (2014). Analisis Laporan Keuangan. Yogyakarta: Liberty.

Murphy, D. J. (2025). Agronomy and Environmental Sustainability of the Four Major Global Vegetable Oil Crops: Oil Palm, Soybean, Rapeseed, and Sunflower. Agronomy, 15(6), 1465.

Murtadho, M. (2021). *Analisis ketahanan pasar modal ASEAN selama pandemi COVID-19*. Jurnal Ekonomi dan Keuangan Indonesia.

Musim Mas Group, SNV Indonesia, ICRAF, & Livelihoods Fund for Family Farming (L3F). (2023). *Program BIPOSC — Biodiverse & Inclusive Palm Oil Supply Chain.* Tersedia di: https://www.musimmas.com

Musyarofah, N. 2020. Upaya pengembangan teknologi PTT tanaman kedelai melalui beberapa metode penyuluhan di Bogor. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, Vol. 11, No. 1, hal. 50–61.

Mutert, E.W. dan H. R. Fairhurst. (2007). Use of the 4R Nutrient Stewardship in Oil Palm. Potash and Phosphate Institute (PPI).

Naiman, R. J., Décamps, H., & McClain, M. E. (2005). Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. Burlington: Elsevier Academic Press.

Nainggolan, H. L., Butar-Butar, K. M., Lawolo, O., Sitompul, J. B. M., & Nainggolan, L. H.(2024). Strategi peningkatan pemahaman petani terhadap sertifikasi ISPO-RSPOuntuk mendukung sawit de Vos,R. E., Suwarno, A., Slingerland, M., van der Meer, P. J., &Lucey, J. M. rakyatberkelanjutan. JurnalAgrikultura, 35(3), 517–528.

Nasamsir, N., & Indrayadi, M. (2016). Karakteristik fisik dan produksi kelapa sawit (Elaeis guineensisJacq.) pada tiga agroekologilahan. *JurnalMedia Pertanian*,vol. 1(2),55.

Nasution, A. (2019). Hubungan perusahaan dan masyarakat sekitar perkebunan kelapa sawit. Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian, UMSU, 3(2).

Nasution, R., & Harahap, N. (2021). Evaluasi karakteristik tanah untuk pembibitan awal kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di lahan ultisol. Jurnal Tanah Tropika Indonesia, 26(1), 15–25.

Nata, S. (2020). Pengaruh partisipasi penyusunan anggaran terhadap kinerja manajerial. *Jurnal Akuntansi Dan Manajemen*, *17*(2), 45–56.

Natawigena, H. (2015). *Pengendalian Hama Terpadu*. Bandung: Armico.

Nico, S. (2011). *International Environmental Law and Sustainable Development*. Cambridge University Press.

NK, Aulia Fitriana, and Risma Aprilliyani. "Tagar# Kaburajadulu: Strategi meningkatkan resiliensi mental wirausahawan di tengah ketidakstabilan ekonomi Indonesia." *Seminar Nasional Pariwisata dan Kewirausahaan (SNPK)*. Vol. 4. 2025.

nonim, 2010. Potensi Konflik Pengembangan Perkebunan Kelapa Sawit. (http://annisaafillah.wordpress.com), diakses 19 Desember 2010.

Noor, A., Mariyono, M., Junaidi, J., dan Probojati, R. 2021. Optimasi berbagai jarak tanam dan jumlah tumbuhan per lubang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jintan: Jurnal Ilmiah Pertanian Nasional*, Vol. 1, No. 2, hal. 173–181.

Nor Aini, I. (2002). Palm Oil in Food Applications. Journal of Oil Palm Research, MPOB.

Nora, S., & Mual, C. D. (n.d.). *Bahan ajar budidaya tanaman kelapa sawit*. Pusat Pendidikan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Nora, S., & Mual, C. D. (n.d.). *Budidaya tanaman kelapa sawit*. Pusat Pendidikan Pertanian, Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumberdaya Manusia Pertanian, Kementerian Pertanian.

Norasyifah, Ilyas, M., Herlinawasti, T., Kani, & Mahdiannoor. (2019). Pertumbuhan Dan Hasil Pisang Muli (Musa acuminata L.) Dengan Pemberian Pupuk Organik Guano. ZIRAA'AH, 44(2), 193–205.

Normalinda, S., & An'Amta, D. A. A. (2025).*Dampak perkebunan kelapa sawit terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat Desa Balanti*

Norton, G. A., & Mumford, J. D. (1993). Decision Making in Integrated Pest Management. Crop Protection, 12(6), 441–452.

Novianto, N., Effendy, I., dan Bahri, S. 2022. Pengaruh pemotongan ujung pelepah kelapa sawit terhadap produksi berbagai varietas kedelai melalui pola intercropping sawit–kedelai. *Gontor Agrotech Science Journal*, Vol. 8, No. 1, hal. 1–10.

Nur, M., Nln, A., & Nln, R. (2018). Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil jagung(ZeamaysL.)padatingkatumurkelapasawit(ElaeisguineensisJacq.).*Buletin Palma*, vol. 19(2), 127–136.

Nuraini, F., & Fahmi, A. (2023). Deteksi Kontaminasi Varietas Dura pada Populasi Tenera Menggunakan Analisis Morfometrik dan Molekuler. Jurnal Bioteknologi Pertanian, 11(3), 145–159.Universitas Gadjah Mada. https://jurnal.ugm.ac.id/jbp/article/view/49172

Nurdiansyah, R., & Novianty, D. (2021). Dampak Kebijakan Uni Eropa terhadap Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia. Jurnal Global Insight, 6(2), 115–126. https://ejournal.fisip.unjani.ac.id/index.php/GIJ/article/download/2515/742

Nurhermawati, R., Supena, N., & Arif, M. (2023). Partisi asimilat pada buah kelapa sawit dan kaitannya dengan kapasitas source dan sink. WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 28(3), 132–145.

Odum, E. P. (1996). *Dasar-Dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Odum, E. P., &Barrett, G. W. (2005). FundamentalsofEcology (5th ed.). Brooks/Cole

OECD. (2020). Agricultural Outlook. Paris: OECD Publishing.

Oliphant, E., & Simon, A. C. (2022). The cost of sustainable palm oil: Should an Indonesian smallholder pursue RSPO certification? World Development Perspectives, 26, 100432.

Ooi, C. L., & Tan, H. W. (2024). Geospatial-Based Layout Planning to Enhance Harvesting Efficiency in Oil Palm Estates. Geospatial Information Science Journal, 33(2), 85–96.

Ooi, K. L., & Lim, T. H. (2024). Precision land preparation technologies for oil palm nurseries under tropical conditions. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 26(2), 101–115.

Otoritas Jasa Keuangan. 2015. Integrasi Lingkungan Sosial dan Tata Kelola bagi Bank. Jakarta (ID): OJK.Pahan, I. 2007. Panduan Lengkap Kelapa Sawit (Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir). Jakarta (ID): Penebar SwadayaRangkuti, F. 2006. Analisis SWOT: Teknik Membedah Kasus Bisnis. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.[RSPO] Roundtable Sustainable Palm Oil. 2017. Studi Bersama Persamaan dan Perbedaan Sistem Sertifikasi ISPO dan RSPO. [www.ispo-rspostudyindonesia.com]. [diunduh 2017 Januari 23].

Pahan, I. (2008). Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2010). Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2010). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2010). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2010). Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2011). Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2011). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2012). Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2012). Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2012). Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pahan, I. (2012).*Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya.

Palm, C. A., et al. (2001). Organic Inputs for Soil Fertility Management in Tropical Agroecosystems. Nutrient Cycling in Agroecosystems. (Studi tentang bahan organik di daerah tropis.)

Parongko, Naota A., 2012, Suatu Analisis Kerjasama Free Trade Area ASEAN-India dan Pengaruhnya Terhadap Industri Domestik Indonesia (Studi Kasus: Industri Kelapa Sawit), Skripsi, Jurusan Ilmu Sosial Politik, Universitas Hasanuddin.

Pasandaran, E. (1991). *Pengelolaan Irigasi di Indonesia*. Jakarta: LP3ES. (Rujukan mengenai sejarah dan sosiologi pengelolaan air di tingkat petani).

Paterson, A. (2019). *Understanding the impact of climate change on oil palm cultivation: A review of recommendations*.Frontiers in Sustainable Food Systems.

Paul, E. A. (2014). Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. Academic Press.

Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (2014). Entomology and Pest Management. Illinois: Waveland Press.

Pemerintah Republik Indonesia. (2003). Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Jakarta: Badan Penerbit Hukum Negara.

Pengolahan, P., Mulsa, P., & Zea, M. (2022). Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA), *4*(2), 111–123. https://doi.org/10.31289/jiperta.v4i2.1382

PerkebunanKelapaSawit(BPDPKS).Retrievedfrom

Pimentel, D. (2005). Encyclopedia of pest management. New York: Marcel Dekker.

Pirngadi, S. dan S. Abdulrachman. 2005. Pengaruh Pupuk Majemuk NPK (15-15- 15) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah. Jurnal Agrivigor 4(3): 188-197.

Porter, M. E. (2008). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York: Free Press.

Postel, S., & Richter, B. (2003). Rivers for Life: Managing Water for People and Nature. Washington, DC: Island Press.

PPKS. (2010). Pedoman Teknis Replanting Kelapa Sawit. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

Prabowo, Anto, and Mugi Harsono. "Fenomena Pengawasan Market Conduct di Indonesia oleh Otoritas Jasa Keuangan." *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi: p–ISSN* 2723 (2021): 6609.

Pracaya. (2014). *Hama dan Penyakit Tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Pradiko, I., Farrasati, R., Darlan, N. H., Sumaryanto, S., & Agung, D. A. (2025). Estimation of water use efficiency (WUE) for efficient irrigation level of oil palm in nursery. Sains Tanah – Journal of Soil Science and Agroclimatology, 22(1), 1–10.

Pradiko,I.,Farrasati,R.,Rahutomo,S.,Ginting,E.,Candra,D.,Krissetya,Y.,danMahendra,

Pradnyani, N. L. P. S. P. (2022). Implikasi partisipasi anggaran terhadap kinerja manajerial. *Jurnal Bisnis Dan Keuangan*, *9*(1), 23–34.

Pradoto, R. W., Thamrin, H., & Sumarni, T. (2017). PENGARUH SISTEM OLAH TANAH DAN MULSA ORGANIK PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (Glycine max (L .) Merril) THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEMS AND ORGANIC MULCH ON GROWTH AND YIELD OF SOYBEAN (Glycine max (L .) Merril), *5*(1), 116–124.

Pramudyo, Cahyono Sigit. "Perancangan sistem insentif menggunakan metode perencanaan insentif kelompok." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 10.1 (2011): 29-34.

Pramuhadi, G., Setiawan, M. A., & Daliesta, N. F. P. (2020). Studi peremajaan tanaman kelapa sawit di areal lahan tanah mineral dan lahan gambut. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(3), 201-212.https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9i3.201-212

Prasetya, A., & Nugraha, R. (2019). Penerapan Pengendalian Biaya Produksi untuk Meningkatkan Efisiensi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Prasetyo, A. E., Susanto, A., & Purba, R. Y. (2021). Pengelolaan hama dan penyakit utama kelapa sawit berbasis pengendalian hama terpadu. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 29(2), 85–98.

Pratama, A., & Lestari, D. (2023). Penerapan Teknologi Pemetaan Digital untuk Perancangan Tata Letak Pola Tanam Kelapa Sawit. Jurnal Ilmiah Agro Industri, 14(2), 112–125.

Pratama, A., & Lestari, D. (2024). Penerapan teknologi pemetaan lahan berbasis GIS untuk efisiensi persiapan pembibitan kelapa sawit. Jurnal Teknologi Pertanian Berkelanjutan, 9(2), 112–128.

Pratama, R., & Sembiring, T. (2021). Sertifikasi sawit dan keberlanjutan sosial perusahaan. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB, 32(1).

Pratama, R., & Widodo, T. (2021). Kajian sosial ekonomi perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Institut Teknologi Bandung.

Pratiwi, T. D., Niswati, A., Arif, M. A. S., & Buchari, H. (2020). TERHADAP KANDUNGAN BIOMASSA KARBON MIKROORGANISME (C-MIK) TANAH PADA LAHAN PERTANAMAN TEBU TAHUN KEDUA, *1*(3), 346–351.

Pricevision.ai. (2024). Global Palm Oil Market: Challenges, and Opportunities.

Primack, R. B. (2014). Essentials ofConservationBiology (6th ed.). SinauerAssociates

Priwiratama, H., Pradana, M., Susanto, A., Rozziansha, T., danIstiqomah, F. 2022. Dampak aplikasi konsorsium mikoriza terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman dan perkembangan penyakit *Ganoderma*.*JurnalPenelitian KelapaSawit*, Vol. 30,No.3, hal. 123–140.

Pudjiharta, A. (2008). Biologi dan Pengendalian Alang-alang (Imperata cylindrica L.). Jakarta: Balai Penelitian Tanaman Industri.

Pudjiharta, A. (2008). Biologi dan Pengendalian Alang-alang (Imperata cylindrica L.). Jakarta: Balai Penelitian Tanaman Industri.

Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2017). Supply Chain Management. Surabaya: Guna Widya.

Pujisiswanto, H. (2023). *Efikasi herbisida paraquat diklorida terhadap gulma.* Jurnal Agronomi. Retrieved from https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JAT/article/view/7686

Purba, D. H., Simbolon, M., & Yusuf, A. R. (2022). Validasi Norma Kerja Pemanenan dan Pemupukan sebagai Dasar Perencanaan Tenaga Kerja di Perkebunan Sawit. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian, 14(1), 63–78.Universitas Sumatera Utara.

Purba, J. H. V., & Sipayung, T. (2017). Perkebunan kelapa sawit Indonesia dalam perspektif pembangunan berkelanjutan. *Masyarakat Indonesia*, 43(1), 81-96.

Purba, J., et al. (2018). Penerapan prinsip FPIC dalam pembangunan perkebunan kelapa sawit. Jurnal Pembangunan Wilayah, ITB, 14(2).

Purba, W. O. (2020). *Effectiveness of Indaziflam and glyphosate tank mix.* Jurnal Kelapa Sawit. Retrieved from https://jurnalkelapasawit.iopri.org/index.php/jpks/article/view/95

Purwanto, E., & Widiatmaka. (2018). Evaluasi kesesuaian lahan untuk kelapa sawit. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 20(2), 65–74.

Purwosetyoko, N. S., Nasruddin, Rafli, M., Faisal, & Yusuf N, M. (2022). *Pertumbuhan bibit kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq) fase pre nursery menggunakan ekstraks daun Mucchuna bracteata*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi, 6*(2), 34-38. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2023). "Laporan Kinerja Sektor Perkebunan Tahun 2023: Fokus Tata Kelola dan Kepatuhan." Jakarta: Kementerian Pertanian.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. (2010). *Teknologi Pembibitan Kelapa Sawit Unggul*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). (2010). *Budidaya Kelapa Sawit*. Medan: PPKS.

PusatPenelitianKelapaSawit.(2025).*ProfildanperanrisetPusatPenelitianKelapa Sawit (PPKS)*. Indonesian Oil Palm Research Institute. Retrieved from

Putra, A., & Siregar, M. (2021). Strategi Keberlanjutan Industri Sawit. Jurnal Agribisnis Indonesia, 9(2), 88–101.

Putra, F., & Sembiring, D. (2023). Perbandingan metode pembersihan lahan terhadap kualitas media pembibitan kelapa sawit di dataran rendah. Jurnal Ilmiah Agro Industri, 15(1), 33–45.

Putra, R., & Damanik, S. (2020). Pengaruh Kelembapan dan Curah Hujan terhadap Kualitas Minyak Sawit Mentah di Sumatera Barat. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, 24(3), 156–165. https://jta.unand.ac.id/index.php/jta/article/view/672

Putri, A.M., et al. (2022).Pengembangan Biochar dari Biomassa Sawit.,

Rachman, A., & Darmawan, B. (2021). "Pengawasan dan Penilaian Usaha Perkebunan dalam Perspektif Hukum Agraria." Jurnal Hukum Agraria Indonesia, 6(2), 145–160.

Rachman, N. F. (2020). *Hukum Agraria dan Konflik Sosial*. Jakarta: Prisma.

Radosevich, S. R., Holt, J. S., & Ghersa, C. M. (2007). Ecology of weeds and invasive plants: Relationship to agriculture and natural resource management (3rd ed.). New York: Wiley.

Rahayu, D. P. (2019). *Hukum Perkebunan dan Pembangunan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Genta Publishing.

Rahayu, N., & Hutapea, R. (2022). Studi Tata Ruang dan Drainase Mikro untuk Efisiensi Sistem Pola Tanam Kelapa Sawit di Lahan Gambut. Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropika, 8(1), 56–68.

Rahayu, N., & Sitorus, M. (2023). Kajian penerapan drainase mikro dalam pengelolaan lahan pembibitan kelapa sawit di lahan gambut terdegradasi. Jurnal Sains Pertanian Indonesia, 18(3), 188–200.

Rahman, B., Karjaya, L., Dewanto, P., dan Estriani, H. 2023. Peran Greenpeace Indonesia dalammelindungiLembahGrimeNawadarideforestasidiPapua.*IndonesianJournal of Peace and Security Studies*, Vol. 5, No. 2, hal. 91–114.

Rahman, M., & Hasan, M. (2020). Effect of land preparation on the growth and development of oil palm seedlings in nursery stage. Journal of Oil Palm Research, 32(3), 412–421.

Rahman, Z. A., & Abdullah, A. (2025). Optimizing Planting Design and Spatial Layout for Sustainable Oil Palm Productivity in Tropical Regions. Journal of Plantation Science and Technology, 19(2), 58–73.

Rahmawati, N., & Santosa, I. (2021). Pengaruh Kombinasi Biofungisida dan Bakteri Antagonis terhadap Ganoderma sp. pada Pembibitan Kelapa Sawit. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 21(1), 45–56.

Ramadhan, F., & Sari, N. (2020). Perlindungan tenaga kerja dan struktur pengupahan di sektor perkebunan. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Rambe, A., et al. (2018). Evaluasi kemitraan inti–plasma perkebunan kelapa sawit. Jurnal Agro Ekonomi, USU, 6(1).

Rasti, S. 2013. Teknologi Pupuk Hayati untuk Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem Produksi Pertanian. Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah. Bogor. Hlm : 727-738.)

Ratnasari, Ike, and Ashadi Mahmud. "Pengaruh gaji dan insentif terhadap kinerja karyawan bagian produksi PT. Uniplastindo Interbuana Pandaan." *JAMIN: Jurnal Aplikasi Manajemen dan Inovasi Bisnis* 2.2 (2020): 66-79.

Republik Indonesia. (2014). *Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Republik Indonesia. (2014). Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan. Jakarta: Sekretariat Negara.

Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Perizinan Berusaha Terintegrasi Secara Elektronik (OSS)*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Presiden Nomor 44 Tahun 2020 tentang Sistem Sertifikasi Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia (ISPO)*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Revitaningrum, A. (2024). *Utilization of Pseudomonas fluorescens in weed control.* IJOP. Retrieved from https://ijop.id/index.php/ijop/article/view/121

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Wigington, R., & Braun, D. P. (1997). How much water does a river need? Freshwater Biology, 37(1), 231–249.

Ridha, A., Bahri, M., Dermawan, A., Irawan, H., Irawan, R., Akmal, A., dan Pamungkas, I. 2022.Pengukurankesenjanganproduktivitaskelapasawitpadakelaskesesuaianlahan S2. *Jurnal Optimalisasi*, Vol. 8, No. 2, hal. 187–198.

Ridwan HR. (2018). *Hukum Administrasi Negara*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.

Riegel, R. (2010). *Human Rights and Private Actors in International Law*. Oxford University Press.

Rini,M.,danEfriyani, U.2017.Responspertumbuhanbibitkelapa sawitterhadappemberian fungi mikorizaarbuskular dan cekamanair. *Menara Perkebunan*,Vol. 84, No. 2, hal. 1–10.

Rini, W., & Haryanto, R. (2023). Kajian Efektivitas Pestisida Nabati terhadap Populasi Ulat Kantong (Metisa plana) di Pembibitan Kelapa Sawit. Jurnal Agroteknologi Tropika, 13(2), 144–153.

Riski, W. F. (2021). Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Fisiologi dan Produksi Kelapa Sawit. WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 26(3), 142–153.

Risza, S. (2010). *Masa Depan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.

Ritzema, H. P., et al. (2014). Water management strategies for peatlands. Soil Science, 179(1), 1–8.

Ritzema, H. P., Limin, S., Kusin, K., Jauhiainen, J., & Wösten, H. (2014). Canal blocking strategies for hydrological restoration of degraded tropical peatlands. Catena, 114, 11–20.

Rizky, T. M. H., Juliaviani, N., & Romano. (2024). Persepsi petani kelapa sawit.

Rizyadi, I. M., Hastuti, P. B., & Parwati, W. D. U. (2025). Pengaruh Cara Aplikasi dan Bahan Baku Pembuatan Compost Tea terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Main Nursery. AGROFORETECH: Jurnal Teknologi Pertanian dan Kehutanan, 5(1), 66–74.

Robbins, S.P. dan T.A. Judge. (2018). *Organizational Behavior* (18th Edition). Pearson Education.

Rohman, M. (2023). Strategi Pengukuran Kinerja Terpadu dalam Upaya Peningkatan Daya Saing Industri Kelapa Sawit Nasional. Jurnal Kebijakan Perkebunan, 7(1), 56–69.Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian RI. https://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/jkp/article/view/2264.

Roslan, M. S., & Latif, A. (2025). Improving soil fertility management in oil palm nursery through adaptive land preparation methods. Journal of Plantation Science and Technology, 19(1), 77–89.

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). (2016). #GoodBadPalmOil Campaign.

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). (2018). *Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil*. RSPO Secretariat.

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). (2024). RSPO Impact Report 2024.

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). (2025). Global Trends of Sustainable Palm Oil and China's Pathway.

Roundtable on Sustainable Palm Oil. (2018). RSPO Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil. Kuala Lumpur: RSPO.

Roundtable on Sustainable Palm Oil. (2020). Impact Report. Kuala Lumpur: RSPO.

Rowland, A. (1994). Tree pruning: A practical field guide. Melbourne: CSIRO Publishing.

RSPO. (2018). Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil. Kuala Lumpur: Roundtable on Sustainable Palm Oil.

RSPO. (2018). RSPO Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil. Kuala Lumpur: Roundtable on Sustainable Palm Oil.

Ruggie, J. (2011). *Guiding Principles on Business and Human Rights*. United Nations.

Rukka, A., Masyahoro, A., dan Samsul, Y. 2023. Analysis of the growth of seaweed (*Eucheuma cottonii*) on initial weight and different plant distance. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, Vol. 6, No. 2, hal. 58–67.

Rukmana, R. (2011). *Teknik Budidaya Tanaman Perkebunan*. Yogyakarta: Kanisius.

Rusydi, A. R. (2023). Optimalisasi dalam Seleksi Bibit Kelapa Sawit Unggul Menggunakan Metode TOPSIS. *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, 74-81.

Saebah, Nur, and Alit Merthayasa. "Peran Kepemimpinan dalam Mengelola Perubahan Bisnis yang Disebabkan oleh Krisis Global." *Syntax Idea* 5.7 (2023): 865-871.

Safitri, L., Sitorus, S. R. P., & Kurniawan, A. (2024). Manajemen air dan respon fisiologis bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 13(2), 89–98.

Safrudin, Afif. "Tantangan Dan Peluang Dalam Pengelolaan Sumber Daya Manusia Di Lembaga Pendidikan Islam: Perspektif Kesejahteraan Dan Produktivitas Kerja." *Journal of Mandalika Literature* 5.4 (2024): 908-917.

Sagala, S. R., Triwidodo, H., & Widodo. (2024). Penerapan pengendalian hama terpadu (PHT) pada tanaman kelapa sawit fase tanaman belum menghasilkan. Jurnal Proteksi Tanaman Tropika, 5(2), 67–78.

Sakiah,S.,Febrianto,E.,Sudrajat,A.,danSiregar,A.2021.Pemetaandanevaluasikesesuaian curah hujan untuk tanaman kelapasawit.*Jurnal Agro IndustriPerkebunan*, Vol.9, No. 1, hal. 15–22.

Salim, E. (2010). *Pembangunan Berkelanjutan dan Lingkungan Hidup*. Jakarta: LP3ES.

Salim, H. S. (2018). *Hukum Lingkungan Indonesia*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.

Salsabila, D. (2024). Hak guna usaha merupakan hak konstitusional yang lahir dari konsep hak menguasai negara dalam Pasal 33 UUD 1945. Jurnal Pertanahan.

Sands, P. (2012). *Principles of International Environmental Law*. Cambridge University Press.

Santi,A.,Herlinah,H.,Nasrullah,N.,&Jalil,A.(2020).SistemPendukungKeputusanPemilihan Bibit Kelapa Sawit Unggul Menggunakan Metode Topsis Pada Pt. Trinity PalmasPlantation. *JURNAL IT*, *11*(2), 118-125.

Santosa, E., & Rahmah, F. (2024). Penguatan Kapasitas SDM untuk Meningkatkan Produktivitas dan Keberlanjutan Perkebunan Sawit Rakyat. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah, 8(1), 33–47.Universitas Riau.

Saputra, E., S. Bahri, Hs. Edward. 2007. Bio-oil dari limbah padat sawit. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. 6(2): 45-49. [WWF] World Wildlife Fund for Nature. 2012.

Sarah, May, and Hendra Gunawan. "Penentuan Struktur dan Skala Upah Metode Skala Ganda Berurutan Sederhana." *Jurnal Akuntansi, Ekonomi dan Manajemen Bisnis* 2.2 (2014): 200-207.

Saraswanti Anugerah Sejahtera. (2022, Oktober 4). *Elaeidobius kamerunicus: Agen penyerbuk bunga kelapa sawit*. Diakses dari https://saraswanti-ash.com/elaeidobius-kamerunicus-agen-penyerbuk-bunga-kelapa-sawit/

Sari, K., Purba, M., Siregar, A., Ruliyansyah, A. G., Dalimunthe, G., Lihawa, M., Solihin, A. P., Satriawan, H., Daud, M., Noor Azizu, M., Mahyati, Siti Nurjannah, & Nirtha, R. D. I. (n.d.). *Teknik budidaya kelapa sawit modern*. Universitas Sumatera Utara.

Sari, N., dan Putra, E. 2023. Pengaruh pemberian kalsium terhadap perubahan karakter anatomi pelepahbibitkelapasawittercekamkekeringan.*Agrivet*,Vol.11,No.1,hal.137–145.

Sari, N.D. 2009. Pengaruh Dosis NPK dan Jenis Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Bunga Sedap Malam (Polianthes tuberosa L). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. 86 hlm.

Sarjiyah, Ir., MS. (2010). Penggunaan Benih Bermutu, Penting Bagi Peningkatan Produksi Pertanian. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).

Sastrosayono.(2004).*Budidaya Kelapa Sawit*.Agromedia.

Sastrosiswojo, S. (2011). *Pengelolaan Hama Terpadu dalam Pertanian Berkelanjutan*. Bogor: IPB Press.

Sayer, J., Ghazoul, J., Nelson, P., & Klintuni Boedhihartono, A. (2012). Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. *Global Food Security*, 1(2), 114–119.

Sayer, J., Ghazoul, J., Nelson, P., & Klintuni Boedhihartono, A. (2012). Oil palm expansion and landscape sustainability. Ecology and Society, 17(4), 1–18.

Schreuer, C. (2009). *The ICSID Convention: A Commentary*. Cambridge University Press.

Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Outlook komoditasperkebunankelapasawittahun2024*.SatuDataPertanian.Retrievedfrom

Semangun, H. (2008). Penyakit-penyakit tanaman perkebunan di Indonesia. Gadjah Mada University Press.

Sembiring, D., & Marpaung, E. (2023). Evaluasi Pola Tanam Segitiga Sama Sisi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Awal Kelapa Sawit. Jurnal Agro Industri Indonesia, 11(3), 144–157.

Sembodo, D. R. J. (2010). Gulma dan Pengelolaannya. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sembodo, D. R. J. (2010). Gulma dan Pengelolaannya. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Seng, C. T., et al. (2024). *Survey of herbicide-resistant weed management in oil palm estates.* AWS Journal. Retrieved from https://awsjournal.org/article/survey-of-herbicide-resistant-weed-management-in-oil-palm-estates-from-peninsular-malaysia-and-indonesia/

Septiyarini, D., Kusrini, N., & Kurniati, D. (2022).*Sustainability of palm oil company CSR in supporting village status change*.

Setiawan, A., Saputra, I., & Ridha, R. (2025). Pengaruh Media Tanam dan Interval Waktu Penyiraman terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Tahap Pre Nursery. Jurnal Penelitian Agrosamudra, 7(1), 12–22.

Setiawan, D. (2024). Dynamic Model on Palm Oil Production Capacity Using System Dynamics.Indonesian Journal of Environmental and Civil Business Engineering (IJECBE), 3(2), 45–53.

Setyamidjaja, D. 2000, The Budi Daya dan Pengolahan Pasca Panen. Yogyakarta.

Setyamidjaja. 2006. Seri Budidaya Kelapa Sawit, Teknik Budi Daya, Panen, Pengolahan.

Setyawati, Ir. (2021). "Kewajiban Pelaporan dan Peran Data dalam Pengawasan Usaha Agribisnis Perkebunan." Buku: Aspek Legal dalam Agribisnis Kontemporer. Yogyakarta: Penerbit Media Pustaka.

Setyowati, L. A. (2022). Skema realokasi program dan anggaran pemerintah dalam penanganan pandemi COVID-19 di Indonesia. *Aliansi: Jurnal Politik, Keamanan Dan Hubungan Internasional*, 448–453.

Shan, A., Jaya, K., & Banuwa, I. S. (2020). TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN DAN EROSI PADA PERTANAMAN KACANG HIJAU (Vigna radiata) MUSIM TANAM KE EMPAT DI THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND ORGANIC MULCH AGAINST SURFACE RUNOFF AND EROSION IN THE FOURTH PLANTING SEASON OF GREEN BEAN (Vigna radiata) AT THE INTEGRATED FIELD LABORA- TORY OF THE FACULTY OF AGRICULTURE, *8*(2), 263–269.

Shaw, M. N. (2008). *International Law*. Cambridge University Press.

Shinta.(2014). Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Produktifitas Tanaman Jagung. Jurnal Sains Dan Seni Pomits, 2(1), 9.

Shintarika, F., Sudradjat, & Supijatno. (2015). *Optimasi dosis pupuk nitrogen dan fosfor pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(3), 250–256. https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalagronomi/article/download/11252/8725/32742

Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). Ascophyllum nodosum-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. Frontiers in Plant Science, 10, 655.

Siahaan, N. H. T. (2017). *Hukum Lingkungan*. Jakarta: Pancuran Alam.

Sihombing, D. R., & Dewi, A. K. (2024). Digitalisasi Pemantauan Perkebunan Sawit Melalui Teknologi Drone dan Analisis Citra Multispektral. Jurnal Informatika Pertanian, 9(1), 65–79.Universitas Andalas.

Sihombing, D., & Purba, R. Y. (2019). Hama utama dan strategi pengendaliannya pada perkebunan kelapa sawit. Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 24(1), 33–42.

Sihombing, R., & Nugroho, A. (2020). Ketenagakerjaan dan hubungan industrial pada sektor perkebunan. Universitas Diponegoro.

Simanjuntak, A. P., & Rahayu, N. (2024). Pengendalian Terpadu Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Kelapa Sawit Menggunakan Biofungisida Berbasis Mikoriza dan Kompos. Jurnal Biotek Agroindustri, 6(1), 90–102.

Simanjuntak, B. (2024). EUDR dan Transformasi Tata Kelola Rantai Pasok Minyak Sawit Indonesia. Jurnal Kebijakan Perdagangan, 6(1), 88–102.Kementerian Perdagangan RI. https://jurnal.kemendag.go.id/index.php/jkp/article/view/2173

Simanjuntak, E., & Rahayu, N. (2024). Analisis Pola Tanam Kelapa Sawit pada Topografi Bergelombang dengan Pendekatan Konservasi Tanah dan Air. Jurnal Sains Pertanian Indonesia, 19(2), 101–115.

Simanjuntak, L., & Yusuf, R. (2024). Manajemen lahan pembibitan kelapa sawit berbasis konservasi tanah dan air di daerah curah hujan tinggi. Jurnal Agroforestri Tropika, 14(1), 59–70.

Simbolon, B. T. (2023). Dinamika Pasar Tenaga Kerja Lokal dan Tantangan Retensi Karyawan di Perkebunan Sawit Sumatera. Jurnal Ekonomi dan Sosial Pertanian, 15(1), 64–79.Universitas Andalas. https://jurnal.unand.ac.id/jesp/article/view/51412

Singh, G., Lim, K. H., Teh, C. L., & Lee, Y. P. (2013). Integrated management of Ganoderma disease in oil palm plantations. *Journal of Oil Palm Research*, 25(3), 333–347.

Sipayung, T., & Purba, Y. (2015). Teknik Budidaya Tanaman Perkebunan. Medan: USU Press.

Siregar, A., Lubis, Z., & Ginting, A. (2021). Analisis teknis dan efisiensi persiapan lahan pembibitan kelapa sawit di perkebunan rakyat Sumatera Utara. Jurnal Agroekoteknologi Tropika, 10(2), 87–98.

Siregar, Emiel Salim, and Andini Sagita Lasari."Urgensi Reformasi Regulasi Pasar Modal dalam Menarik Investasi Berkelanjutan." *Jurnal Kritis: Studi Hukum* 10.6 (2025): 269–275.

Siregar, H. (2018). Manajemen Peremajaan Kebun Karet. Medan: Pusat Penelitian Karet.

Siregar, H. H. (2014). *Hama Tikus dan Pengendaliannya di Lahan Pertanian*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Siregar, H., & Manurung, D. (2019). Tenaga kerja dan sistem pengupahan perkebunan. Universitas Sumatera Utara.

Siregar, Inova Fitri, Rinayanti Rasyad, And Dini Onasis. "Pengaruh Environmental, Social, And Governance (Esg) Terhadap Financial Stability Pada Perusahaan Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia." *Jurnal Akuntansi Kompetif* 8.2 (2025): 624-633.

Siregar, M. (2020). "Analisis Kinerja Keuangan Menggunakan Rasio Keuangan pada Perusahaan Manufaktur." Jurnal Riset Akuntansi & Bisnis, Universitas Sumatera Utara.

Siregar, R., & Hutabarat, J. (2025). Pengaruh Tata Letak Pola Tanam terhadap Efisiensi Panen dan Pemeliharaan Kebun Kelapa Sawit. Jurnal Agroteknologi Tropika, 15(1), 35–48.

Siregar, R., Lubis, K., & Ginting, J. (2019).

Siregar, S. (2019). Analisis Kesiapan Petani Swadaya dalam Menghadapi Sertifikasi ISPO. Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis.

Siregar, S. (2021).Produksi Biogas dari Limbah POME.

Sitinjak, H. (2022). Studi Vegetasi dan Efektivitas Herbisida dalam Pengendalian

Sitinjak, L. (2022). Komposisi dan dominansi gulma pada perkebunan kelapa sawit. Jurnal Agroekoteknologi, 10(2), 115–123.

Sitinjak, L. (2022). Komposisi dan dominansi gulma pada perkebunan kelapa sawit. Jurnal Agroekoteknologi, 10(2), 115–123.

Sitorus, O. (2017). *Reforma Agraria dan Keadilan Sosial*. Jakarta: STPN Press.

Situmorang, G. M. (2023). Evaluasi implementasi penganggaran berbasis kinerja pada pemerintah daerah. *Owner: Jurnal Akuntansi*, *7*(2), 1321–1333.

Sjaf, S. (2019). *Manajemen Perkebunan Kelapa Sawit Berbasis E-Plantation: Prinsip dan Implementasi*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Smith, R. F. (2014). Integrated pest management: Theory and practice. Annual Review of Entomology, 59, 1–20.

Sobari, E., Akmal, A. H., Hasibuan, M. S., & Rusli, M. D. (2018). *Peningkatan buah kelapa sawit dengan memanfaatkan ukuran pollen dan waktu dalam penyerbukan buatan. Jurnal Zuriat.*

Soemarwoto, O. (2001). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.

Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2005). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.

Soerjani, M. (2009). *Lingkungan: Sumber Daya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Solidaridad Network. (2022). Palm Oil Barometer 2022.

Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Statista. (2025). Palm Oil Industry in Indonesia - Statistics & Facts.

Stevenson, F. J. (1994). Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons. (Kimia bahan organik dan humus.)

Stone, J., et al. (2023). *Maintaining understory vegetation in oil palm plantations.* Ecology & Evolution. Retrieved from https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2688-8319.12293

Subiyakto. (2016). *Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Perkebunan*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Industri.

Suciandani, W., Nadhira, A., & Sijabat, O. N. (2025). Pengaruh Pestisida Nabati Daun Pepaya dan Serai Wangi terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pre Nursery. Agrobun: Jurnal Ilmu Pertanian, 6(1), 50–59.

Sudhakar, K., Marimuthu, T., & Yusoff, M. A. (2025). *Advances in Integrated Pest and Disease Management in Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.):*
Sustainable Approaches and Field Applications. Journal of Plantation Management, 22(1), 44–59.

Suharto, D., Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2017). Pengendalian hama terpadu pada tanaman kelapa sawit. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 25(2), 65–78

Suharto, E. (2018). *Corporate Social Responsibility*. Bandung: Alfabeta.

Suhartono, Sholehah, D. N., & Murdianto, R. S. (2020). Respon Pertumbuhan dan Produksi Andrographolida Tanaman Sambiloto (Andrographis paniculata Nees .) Akibat Perbedaan Dosis Pupuk Guano. Rekayasa, 13(23), 164–171.

Sukarman, S., Sutiarso, L., Suwardi, S., Wirianata, H., Nugroho, A., Primananda, S., dan Darlan,N.2024.Analisisperilakuairdiperkebunankelapasawitpadatanahspodosol dan ultisol. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, Vol. 32, No. 1, hal. 1–22.

Sukarman, Saidy, A. R., Rusmayadi, G., Adriani, D. E., Primananda, S., Suwardi, & Wirianata, H. (2022). Effect of water deficit of Ultisols, Entisols, Spodosols, and Histosols on oil palm productivity in Central Kalimantan. Sains Tanah: Journal of Soil Science and Agroclimatology, 19(2), 180–191.

Sulaiman, A., & Harun, N. (2021). Evaluating Triangular and Square Planting

Sulaiman, F., et al. (2011). Palm Oil Biomass Waste Utilization. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Sulistianawati, 2010, Strategi Dan Kelayakan Pengembangan Usaha Perkebunan Kelapa Sawit Pola Kemitraan PT. Anugerah Tani Bersama Dengan Masyarakat (Kasus Perkebunan Kelapa Sawit Di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan), Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Suminarti, N. E. (2016). Fisiologi Tumbuhan. UB Press.

Sunarko. (2014). *Budidaya dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit dengan Sistem Berkelanjutan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Sunarko. (2014). Budidaya dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit. Jakarta: AgroMedia Pustaka.

Sunarko. (2014). *Budidaya dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Suranny, L.,Gravitiani,E.,danRahardjo, M.2022.Dampakperubahan iklimterhadapsektor pertanian dan strategi adaptasinya. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1016, No. 1, hal. 012038.

Suryadi, & Wahyuni. (2021). Peranan sanitasi dan drainase dalam menekan penyakit tanaman kelapa sawit. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 23(1), 33–41.

Suryadi, A. (2020). Bahaya dan Risiko Kerja: Identifikasi, Penilaian, dan Pengendalian. Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama. ISBN: 9786020341235.

Suryani, N. P. D., & Yasa, N. N. K. (2021). Pengaruh Person-Job Fit dan Lingkungan Kerja terhadap Kepuasan Kerja dan Kinerja Karyawan pada PT Perkebunan Nusantara XI. Jurnal Manajemen dan Bisnis, https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JMPP/article/view/39545

Susanti, D. (2019). *Ekonomi Perkebunan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Susanto, A., & Prasetyo, A. E. (2018). Penyakit busuk pangkal batang (Ganoderma boninense) pada kelapa sawit dan strategi pengendaliannya. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 14(2), 65–75.

Susanto, A., Prasetyo, A. E., & Rozziansha, T. A. P. (2020). Sistem monitoring dan pengendalian hama dan penyakit pada perkebunan kelapa sawit berbasisteknologi informasi. Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 25(1), 17–22.

Susanto, A., Prasetyo, A. E., & Wening, S. (2013). Ganoderma boninense pada kelapa sawit: Biologi, epidemiologi, dan strategi pengendalian. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 21(1), 1–14.

Susanto, A., Sudharto, P. S., & Purba, R. Y. (2013). Ganoderma boninense pada kelapa sawit: Biologi, epidemiologi, dan strategi pengendalian. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 21(1), 1–13.

Susanto, S. (2019). Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Konsep, Teori, dan Praktek. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Susila, W. R. (2018). Daya Saing dan Keberlanjutan Industri Kelapa Sawit Indonesia. Bogor: IPB Press.

Susilo, R.*Analisis genetik kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) pada berbagai origin persilangan* (Doctoral dissertation, IPB University).

Sutamihardja, R. T. M. (2009). *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Bandung: ITB Press.

Sutarta, E. S., & Rahutomo, S. (2016). *Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.

Sutedi, A. (2016). *Hukum Perizinan*. Jakarta: Sinar Grafika.

Sutopo, L. (2003). Teknologi Benih. Raja Grafindo Persada.

Sutrisno. (2020). Manajemen dan Evaluasi Usaha Perkebunan. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada..

Swanton, C. J., & Weise, S. F. (1991). Integrated Weed Management: The Rationale and Approach. Weed Technology. (Artikel tentang pendekatan terintegrasi.)

Syakir, M., Herman, M., Pranowo, D., & Ferry, Y. (2020). Pertumbuhan dan produksi tanaman serta pendapatan petani pada model peremajaan kelapa sawit secara bertahap. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, vol. 21(2), 69–76.

Syakir, M., Herman, M., Pranowo, D., dan Ferry, Y. 2020. Pertumbuhan dan produksi tanaman serta pendapatan petani pada model peremajaan kelapa sawit secara bertahap. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, Vol. 21, No. 2, hal. 69–76.

Sylvia, D. M., et al. (2005). Principles and Applications of Soil Microbiology. Pearson.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2015). Plant physiology (6th ed.). Sunderland: Sinauer Associates.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sunderland: Sinauer Associates.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). Plant Physiology and Development (6th ed.). Sinauer Associates.

Tambunan, A. (2022). “Evaluasi Kinerja Keuangan Berbasis Rasio dan EVA pada Industri Perdagangan.” Jurnal Ilmiah Manajemen, Universitas Sumatera Utara.

Tan, H. W., Ong, C. S., & Rahman, Z. A. (2023). Integrated management of bagworm and nettle caterpillar outbreaks in oil palm plantations through ecological balance restoration. Crop Protection, 175, 106199.

Tanjung, E., & Damanik, H. (2025). Pengaruh kombinasi bahan organik dan olah tanah terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit di pembibitan. Jurnal Agrotek Indonesia, 11(1), 23–35.

Tanjung, R. R., Sumawinata, B., & Oktariani, P. (2023). Kajian metode evaluasi hara pada perkebunan kelapa sawit. Bogor: Institut Pertanian Bogor (IPB University).

Tanjung, R., Siregar, E., & Lubis, M. (2025). Efektivitas Ekstrak Daun Mimba (Azadirachta indica) dalam Mengendalikan Ulat Api (Setora nitens) pada Kelapa Sawit. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika, 5(1), 55–66.

Tarigan, R., & Wiraguna, A. (2023). Intensitas penyakit bercak daun (Curvularia sp.) pada pembibitan kelapa sawit. Jurnal Fitopatologi Tropika, 3(2), 90–99.

Tarigan, R., & Wiraguna, A. (2024). Efektivitas fungisida terhadap penyakit bercak daun pada pembibitan kelapa sawit. Jurnal Perlindungan Tanaman, 29(1), 55–63.

Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scientific Management.* New York: Harper & Brothers. Edisi daring: https://www.gutenberg.org/ebooks/6435

Teknologi Bandung. (2016). Manajemen Biaya dan Pengendalian Operasional. Bandung: Sekolah Bisnis dan Manajemen ITB.

TIM Palm Oil — BIPOSC Project. (2024). *Instruksi Kerja: Panduan Instruksi Kerja Perkebunan Regeneratif Kebun Kelapa Sawit.* Tersedia di: https://www.scribd.com

Trisyulianti, E., Prihartono, B., Andriani, M., & Suryadi, K. (2022). Sustainability performance management framework for circular economy implementation in state-owned plantation enterprises. Sustainability, 14(1), 482.

Turner, P. D. (1981). *Oil Palm Diseases and Disorders*. Kuala Lumpur: Oxford University Press.

Turner, P. D., & Gillbanks, R. A. (2003). Oil Palm Cultivation and Management. Kuala Lumpur: The Incorporated Society of Planters.

Turnip, N., & Al Fajar. (2021). Hama utama tanaman kelapa sawit dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman. Jurnal Agroteknologi Perkebunan, 9(2), 101–115.

Umar, S., 2009, Potensi perkebunan kelapa sawit sebagai pusat pengembangan sapi potong dalam merevitalisasi dan mengakselerasi pembangunan peternakan berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Reproduksi Ternak pada Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.

UNEP. (2012). Freshwater Ecosystems and Human Well-being. Nairobi: United Nations Environment Programme.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2018). Water Management in Urban Areas. Nairobi: UNEP Publications.

United States Department of Agriculture (USDA). (2013). Soil Erosion and Conservation. Washington, DC: USDA Natural Resources Conservation Service.

United States Department of Agriculture (USDA). (2023). Oilseeds: World Markets and Trade – Annual Report.

Universitas Riau. Riau, ID. Hafsah, M..J. (2000) Kemitraan Usaha Koperasi dan Strategi. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.

Universitas Sumatera Utara. (2018). Akuntansi Biaya. Medan: Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Sumatera Utara.

Universitas Sumatera Utara. (2019). Pengendalian Biaya dalam Manajemen Perusahaan. Jurnal Ekonomi dan Keuangan,

Untung, K. (2010). *Konsep dan Penerapan Pengendalian Hama Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Untung, K. (2019). Pengantar pengelolaan hama terpadu. Gadjah Mada University Press.

Usodri, U., et al. (2022). Penyakit bercak daun pada pembibitan kelapa sawit. Jurnal Pertanian Tropis, 9(2), 112–120.

Utami, A. R., Solikhun, S., & Irawan, I. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Jenis Bibit Unggul Kelapa Sawit Menggunakan Metode Analytic Network Process.*Brahmana: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, *2*(1), 1-7.

Utami, R., Putri, E., dan Ekayani, M. 2017.Dampak ekonomi dan lingkungan dari perluasan perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, Vol. 22, No. 2, hal. 115–126.

Wahid, M. B., Abdullah, S. N. A., & Henson, I. E. (2005). Oil Palm Replanting Technology. Kuala Lumpur: MPOB.

Wahyudi, T., & Suryanto, E. (2021). Perancangan Tata Letak Pola Tanam Efisien di Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Pendekatan Mekanisasi. Jurnal Perkebunan Indonesia, 9(3), 67–79.

Wahyudi, T., & Suryanto, E. (2022). Pengaruh teknik olah tanah dan pemupukan dasar terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan awal. Jurnal Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 7(2), 51–63.

Wahyuni, R. T., Hafiz, M., & Susianti, E. (2022). Sistem pengumpul data parameter kondisi pohon sawit berbasis Internet of Things. Jurnal CoSciTech, 4(1), 33–39.

Wang, Q., Bai, B., Liu, Y., Wu, B., Li, J., & Zou, J. (2025). *Research into the mechanical tillage regulation mechanisms of the soil structure in black soil paddy fields*. *Agriculture, 15*(11), 1145. https://doi.org/10.3390/agriculture15111145

Wibawa, G. (2021). Pengelolaan Tanaman Perkebunan Berkelanjutan. Bogor: IPB Press.

Wibowo, R. T., & Nasution, M. H. (2025). Pengendalian Hayati Ganoderma boninense Menggunakan Trichoderma harzianum dan Mikoriza pada Tanaman Kelapa Sawit. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, 29(2), 87–98.

Widayat, W., & Suryanto, P. (2017). Penggunaan herbisida dalam pengendalian gulma perkebunan. Jurnal Agronomi Indonesia, 45(1), 45–52.

Widiyanto, B. (2021). Peralatan Pelindung Diri (APD): Pemilihan, Penggunaan, dan Pemeliharaan. Bogor: PT Penerbit IPB Press. ISBN: 9786232567846.

Widodo, H., dan Sudradjat. 2016. Peranan pupuk kalsium pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. *Buletin Agrohorti*, Vol. 4, No. 3, hal. 276–2

Wildaniyah, U. & Handayani, R. S. (2020). Weed Seed Species Inventory of Wheat Imported through Tanjung Perak Port. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia, 24(2), 139–146

Winarna, W., Yusuf, M. A., Rahutomo, S., & Sutarta, E. S. (2025). Impacts of water table depth and soil conditions on peat soil moisture, CO_2 emission, and oil palm yield. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 33(1), 32–41.

Winarti, E., & Hartono, J. (2022). Bahaya Psikososial di Tempat Kerja: Pengenalan dan Penanganan. Surabaya: Penerbit Universitas Airlangga. ISBN: 9786239512345.

Wiradi, G. (2016). *Seluk-Beluk Masalah Agraria*. Yogyakarta: STPN Press.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning." Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC: USDA.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning." Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC: USDA.

Woittiez, L. S., et al. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review. Agricultural Systems, 151, 1–13.

Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *European Journal of Agronomy*, 83, 57–77.

World Bank. (2019). Sustainable Palm Oil Development. Washington DC.

World Bank. (2020). Logistics Performance Index and Trade Facilitation. Washington, DC: World Bank.

World Health Organization (WHO) & International Labour Organization (ILO). (2021). Global Estimates of Occupational Accidents and Diseases 2021. Geneva: WHO & ILO.

World Trade Organization. (2015). *World Trade Report*. WTO Publications.

World Wide FundforNature (WWF). (2022). Living Planet Report 2022: Building a Nature-Positive Society. WWF

Wösten, J. H. M., Clymans, E., Page, S. E., Rieley, J. O., & Limin, S. H. (2008). Peat-water interrelationships in a tropical peatland ecosystem in Southeast Asia. Catena, 73(2), 212–224.

Wudianto, R. (2012). *Petunjuk Penggunaan Pestisida*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Yasin, M., Anwar, K., Hayat, A., & Yuliani, R. (2025).*The social impact of the existence of a palm oil company*.

Yogyakarta.Sugiyono. 2015. Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods). Bandung: Alfabeta.Suharto. E, kemiskinan dan perlindungan sosial di indonesia.

Yuniasih, B., Santoso, B., & Wijayanti, Y. (2024). MODEL MONITORING BLOK KEBUN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN Web GIS DI ESTATE SUNGAI DUA RIAU. Jurnal Agro Estate, 8(1), 32-42.

Yusdira, A., & Nurhadi. (2019). *Prinsip Dasar Perlindungan Tanaman*. Malang: Universitas Negeri Malang Press.

Zahra, N. F., Riyantoni, A., Juniarti, C., & Pardede, A. K. O. (2024). Penggunaan data statistik tenaga kerja dalam merancang anggaran SDM. Journal of Capital Markets and Banking, 13(4), 46.

Zhang, J., & Lee, P. (2023). Land clearing and soil rehabilitation techniques for sustainable oil palm nursery management. Journal of Sustainable Agriculture Systems, 12(4), 255–272.

Zhang, J., & Wong, H. (2023). Design and Evaluation of Sustainable Oil Palm Planting Systems in Sloping Areas. Agricultural Systems, 205, 103602. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103602

Zimdahl, R. L. (2018). Fundamentals of Weed Science. Academic Press. (Teknik pengendalian kimia dan mekanis secara detail.)

Zulham. (2023). Analisis Kinerja Perusahaan Kelapa Sawit Berbasis Sistem Barcode. Disertasi Doktor, Universitas Medan Area.(gapki.id).

TENTANG PENULIS



Yusmaidar Sepriani, S.Pd., M.Si, Lahir di Medan, 08 september 1987, Beralamat Jl. Tualang by pass, Rantau Prapat, Sumatera Utara. Penulis menyelesaikan Pendidikan Strata 1 Universitas Islam Sumatera Utara Prodi. Pendidikan dan keguruan pada tahun 2009. Strata 2 di Universitas Medan Area Jurusan Manajemen Agribisnis pada tahun 2013. Menetap di Kota Rantauprapat dan menjadi Dosen Tetap pada tahun 2014 s/d sekarang, di Universitas Labuhanbatu Prodi. Agroteknologi Fakultas Sains dan Teknologi.



Khairul Rizal,**S.TP., M.Si**, lahir di Negerilama 07 Agustus 1985. Masa kecil hidup di desa Negerilama Kabupaten Labuhanbatu Sumatera Utara. Menyelesaikan gelar strata 1 (S1) di Universitas Sumatera Utara (USU) Fakultas Pertanian Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2010. Selanjutkan menyelesaikan pendidikan S2 di Universitas Medan Area (UMA) program studi Agribisnis pada tahun 2016. Sejak tahun 2012 menjadi Staff di biro STKIP Labuhanbatu dan pada tahun 2013 menjadi Ka. BAAK di program studi Manajemen STIE Labuhanbatu. Pada tahun 2018 sampai saat ini penulis diangkat sebagai dosen tetap di Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Agroteknologi Universitas Labuhanbu dan sampai saat ini masih bergabung di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Labuhanbatu menjabat sebagai Wakil Ketua Bidang Pengabdian Kepada Masyarakat.

Badrul Ainy Dalimunthe, S.Pd., M.Si, lahir di Medan pada 18 Januari 1976. merupakan lulusan



Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara (UISU) dan Menamatkan Magister Manajemen Agribisnis dari Universitas Medan Area. Wanita yang kerapa dipanggil Adoen ini adalah anak pertama dari pasangan Drs. Hasnan Daud Dalimunthe (ayah) dan Siti Zahara Harahap (ibu). Saat ini berprofesi sebagai dosen tetap di Fakultas Sains Dan Teknologi, Program Studi Agroteknologi di Universitas Labuhanbatu. Sebelumnya berkecimpung di dunia properti dan beberapa bank Swasta Nasional. Selama menjalani profesi dosen, pernah mendapat tugas tambahan di Unit Pusat Tenaga Kerja Dan Alumni (UPTKA) di Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Y-ULB dan memenangkan Hibah Program Bantuan Pengembangan Layanan Pusat Karir (BPLPK) Tahun 2018, diberikan oleh Direktur Kemahasiswaan Ditjen Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kemristekdikti.



Khairil Hanif, S.P., M.P

Pendidikan :

- (2009) Lulus SD NEGERI 115520 Pangkatan
- (2012) Lulus MTS Swasta Al-Ikhlas Guppi Pangkatan
- (2015) SMK NEGERI 1 Pangkatan
- (2019) Universitas Labuhanbatu
- (2023) Universitas Islam Sumatera Utara

Pekerjaan :

- (2015) Mitra Pelatihan Dinas Sosial Kab.Labuhanbatu
- (2015) Mitra Pelatihan Dinas Sosial Kab. Labuhanbatu Selatan
- (2018) Petugas Pemetaan Desa BPS Labuhanbatu
- (2019) staff CV. Lima Saudra.
- (2020) Badan ADHOC KPU Labuhanbatu
- (2024 s/d Sekarang) Dosen Tetap Universitas Labuhanbatu Prodi. Agroteknologi (S1)



Sarah Kristi Pertiwi, S.P

Lahir di Rantauprapat, 11 Mei 1998, Beralamat di Jl. Aek Paing Tengah, Kec. Rantau Utara, Kab. Labuhanbatu, Sumatera Utara. Penulis menyelesaikan Pendidikan Strata 1 di Universitas Labuhanbatu Prodi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi pada Tahun 2021. Saat ini sedang menempuh Program Magister di Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tingkat 2. Menetap di Kota Rantauprapat dan menjadi Tenaga Kependidikan (Tendik) pada Tahun 2022 s/d Sekarang di Universitas Labuhanbatu, Prodi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi.



Muhammad Fadel Aulia

Tempat/ Tgl Lahir	: BIS II, 17-12-2005
Alamat	: BIS II
Desa	: Pekan Tolan
Kecamatan	: Kampung Rakyat
Kabupaten	: Labuhanbatu Selatan

Pendidikan :

- [2018] SDN 112245 Air Merah
- [2021] SMP N 4 Satu Atap Kampung Rakyat
- [2024] SMK Kihajar Dewantara Kota Pinang
- Status Mahasiswa Universitas Labuhanbatu



Nikita Khirunnisa

Pendidikan :

- [2012] Tamat SD 118434, Teluk Panji
- [2018] Tamat SMP Ponpes Ell – Firdaus, Cikampak
- [2025] Tamat SMK Ihya Ulumddin Jurusan Akuntansi
- [2025 s/d Sekarang] Sedang menjalankan S1 di Universitas Labuhanbatu



Fitho Suwandi

Tempat/ Tgl Lahir : Bulungihit, 01-06-2006
Alamat : Bulungihit Dusun II
Desa : Bulungihit
Kecamatan : Marbau
Kabupaten : Labuhan Batu Utara

Pendidikan :

- [2018] SDN 116261 Bulungihit
- [2021] MTs Alwashliyah Marbau
- [2024] SMAN 1 Aek Kuo
- Status Mahasiswa Universitas Labuhanbatu

BUKU PT.JNDI

ISBN 978-634-04-7232-5 (PDF)

9 786340 472325