Teknik Budidaya Tanaman Pangan

Titi Tricahyati, M. Darmawan, Annisa Nur Ichniarsyah
Yuni Nurfiana, Dewi Andriani, La Ode Agisaqma, Arsi
Evan Purnama Ramdan, Lizawati, Yunnita Rahim, Endang Krisnawati
Andi Rahayu Anwar, Silvana Apriliani, Sakinah Ahyani Dahlan
Juniaty Arruan Bulawan, Zulzain Ilahude, Jeconia Safrida Simarmata

Teknik Budidaya Tanaman Pangan

UU 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 Perlindungan Pasal 26

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

a. penggunaan kutipan ungkian Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk kepentingan penyediaan informasi aktual;
b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
d. 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

1. 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 i, 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).
2. 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 a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Teknik Budidaya Tanaman Pangan

Titi Tricahyati, M. Darmawan, Annisa Nur Ichniarsyah
Yuni Nurfiana, Dewi Andriani, La Ode Agisaqma, Arsi
Evan Purnama Ramdan, Lizawati, Yunnita Rahim, Endang Krisnawati
Andi Rahayu Anwar, Silvana Apriliani, Sakinah Ahyani Dahlan
Juniaty Arruan Bulawan, Zulzain Ilahude, Jeconia Safrida Simarmata

Penerbit Yayasan Kita Menulis

Teknik Budidaya Tanaman Pangan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2025

Penulis:
Titi Tricahyati, M. Darmawan, Annisa Nur Ichniarsyah
Yuni Nurfiana, Dewi Andriani, La Ode Agisaqma, Arsi
Evan Purnama Ramdan, Lizawati, Yunnita Rahim, Endang Krisnawati
Andi Rahayu Anwar, Silvana Apriliani, Sakinah Ahyani Dahlan
Juniaty Arruan Bulawan, Zulzain Ilahude, Jeconia Safrida Simarmata

Editor: Iko Mart Nadeak
Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.
Penerbit
Yayasan Kita Menulis
Web: kitamenulis.id
e-mail: press@kitamenulis.id
WA: 0813-9680-7167
IKAPI: 044/SUT/2021

Titi Tricahyati., dkk.
Teknik Budidaya Tanaman Pangan
Yayasan Kita Menulis, 2025
xviii; 278 hlm; 16 x 23 cm
ISBN: 978-623-113-898-9
Cetakan 1, Juni 2025
I. Teknik Budidaya Tanaman Pangan
II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
Izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini berjudul "Teknik Budidaya Tanaman Pangan", yang dihadirkan untuk memberikan informasi kepada masyarakat khususnya petani, para mahasiswa dan stakeholders serta pihak-pihak yang terkait dengan Teknik Budidaya Tanaman Pangan. Teknik budidaya tanaman pangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk kegiatan persiapan tanam sampai dengan pasca panen. Tujuan budidaya tanaman pangan adalah untuk memaksimalkan hasil panen yang diperoleh agar berkualitas dan berproduksi secara maksimal, mencangkup pemeliharaan seperti pengendalian hama dan penyakit.

Buku ini membahas:
Bab 1 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
Bab 2 Tanaman Pangan Utama
Bab 3 Persiapan Lahan: Teknik Pengolahan Tanah
Bab 4 Teknik Penanaman dan Pemilihan Benih
Bab 5 Pemupukan: Jenis, Cara Aplikasi dan Jadwal
Bab 6 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
Bab 7 Pengendalian Hama
Bab 8 Pengendalian Penyakit Tanaman
Bab 9 Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan
Bab 10 Budidaya Tanaman Jagung
Bab 11 Budidaya Tanaman Kedelai
Bab 12 Budidaya Tanaman Kacang Kacangan
Bab 13 Teknik Panen Tanaman Pangan
Bab 14 Penanganan Pascapanen dan Penyimpanan Hasil
Bab 15 Budidaya Tanaman Pangan Organik
Bab 16 Budidaya Berkelanjutan dan Konservasi Tanah
Bab 17 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Budidaya

Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang berguna dan bermanfaat bagi para pembaca yang ingin memperdalam ilmu pengetahuan tentang Teknik Budidaya Tanaman Pangan. Dengan pengetahuan ini, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha pertanian yang lebih baik serta mendukung sektor pertanian.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pertanian.

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar v
Daftar Isi vii
Daftar Gambar xiii
Daftar Tabel xvii

Bab 1 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
1.1 Pendahuluan 1
1.2 Jenis-jenis Tanaman Pangan 2
1.3 Teknik Budidaya 5
    1.3.1 Persiapan Lahan 6
    1.3.2 Pemilihan Benih Unggul 7
    1.3.3 Penanaman 8
    1.3.4 Pemeliharaan 8
    1.3.5 Pengendalian Hama Penyakit 9
1.4 Tantangan Budidaya Tanaman Pangan 10

Bab 2 Tanaman Pangan Utama
2.1 Pengertian Tanaman Pangan Utama 13
2.2 Morfologis Tanaman Pangan Utama 14
    2.2.1 Morfologi Padi 14
    2.2.2 Morfologi Jagung 16
    2.2.3 Morfologi Kedelai 18
2.3 Fisiologi Tanaman Pangan Utama 20
    2.3.1 Proses Fotosintesis dan Respirasi 20
    2.3.2 Transportasi Air dan Nutrisi 21
    2.3.3 Transpirasi dan Pengaturan Suhu 22
    2.3.4 Perkembangan dan Pembungaan 23
2.4 Karakteristik Produksi dan Hasil Panen 25
2.5 Interaksi Morfologi dan Fisiologi 26
2.6 Ketahanan Hama dan Penyakit 28

Bab 3 Persiapan Lahan: Teknik Pengolahan Tanah
3.1 Definisi dan Tujuan Pengolahan Tanah 31
3.2 Ruang Lingkup Pengolahan Tanah 32
3.3 Tahapan Pengolahan Tanah 34
3.3.1 Pengolahan Tanah Sawah 36
3.3.2 Pola Pengolahan Tanah 37
3.4 Alat dan Mesin Pertanian untuk Pengolahan Tanah 42
3.5 Penghitungan Efisiensi Kinerja Alsintan 44

Bab 4 Teknik Penanaman dan Pemilihan Benih
4.1 Pemilihan Benih 47
4.2 Persiapan Tanam 51
4.3 Teknik Penanaman 53

Bab 5 Pemupukan: Jenis, Cara Aplikasi dan Jadwal
5.1 Jenis Pupuk 59
5.1.1 Pupuk Organik 60
5.1.2 Pupuk Anorganik (Kimia) 61
5.1.3 Pupuk Hayati (Biofertilizer) 63
5.2 Cara Aplikasi Pupuk 63
5.2.1 Aplikasi Melalui Tanah (Soil Application) 63
5.2.2 Aplikasi Melalui Daun (Foliar Application) 65
5.2.3 Aplikasi Melalui Air Irigasi (Fertigation) 65
5.2.4 Aplikasi Secara Langsung ke Benih atau Tanaman (Seed Treatment). 66
5.3 Jadwal Pemupukan 66
5.3.1 Pemupukan Dasar (Basal Fertilization) 66
5.3.2 Pemupukan Susulan I (Top Dressing I) 67
5.3.3 Pemupukan Susulan II (Top Dressing II) 67
5.4 Dosis Pupuk 68
5.4.1 Dosis Pupuk untuk Tanaman Padi 69
5.4.2 Dosis Pupuk untuk Tanaman Jagung 70
5.4.3 Dosis Pupuk untuk Tanaman Kedelai 71

Bab 6 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
6.1 Prinsip Dasar Pengairan dan Pengelolaan Air 73
6.1.1 Fungsi dan Pentingnya Air dalam Budidaya Tanaman Pangan..... 74
6.1.2 Siklus Hidrologi dan Keterkaitannya dengan Budidaya Tanaman. 75
6.2 Sumber Air untuk Budidaya Tanaman Pangan 76
6.2.1 Air Permukaan (Sungai, Danau, Waduk) 77

6.2.2 Air Tanah (Sumur, Mata Air) 78
6.2.3 Pemanfaatan Air Hujan dan Teknologi Panen Air 79
6.3 Teknik Pengairan dalam Budidaya Tanaman Pangan 80
6.3.1 Irigasi Permukaan (Gravitasi, Genangan) 81
6.3.2 Irigasi Bawah Permukaan 82
6.3.3 Irigasi Sprinkler dan Mikroirigasi (Drip Irrigation) 83
6.4 Pengelolaan Air untuk Efisiensi dan Ketahanan Pangan 85
6.5 Manajemen Kualitas Air dalam Budidaya 87

Bab 7 Pengendalian Hama
7.1 Pendahuluan 89
7.2 Pengendalian Hama 101
7.2.1 Pengendalian dengan Teknik Budidaya 102
7.2.2 Pengendalian Hama secara Fisik 103
7.2.3 Pengendalian Hama secara Mekanik 103
7.2.4 Pengendalian Mengunakan Musuh Alami 104
7.2.5 Pengendalian Hama Pestisida 104
7.2.6 Fumigasi 105

Bab 8 Pengendalian Penyakit Tanaman
8.1 Pendahuluan 107
8.2 Penyakit Tanaman Pangan 108
8.3 Pengendalian Penyakit secara Kultur Teknis 110
8.4 Pengendalian Penyakit secara Kimia 112
8.5 Pengendalian Penyakit secara Hayati 114
8.6 Pengendalian Penyakit secara Fisik 115
8.7 Pengendalian Penyakit secara Mekanis 117

Bab 9 Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan
9.1 Pengertian Teknologi Tepat Guna 119
9.2 Tantangan dalam Budidaya Tanaman Pangan 120
9.3 Aplikasi Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan 121
9.3.1 Teknologi Berbasis Bahan Alami Dan Ramah Lingkungan 121
9.3.2 Teknologi Pengendalian Hama 125
9.3.3 Teknologi Tanam dan Pengolahan Lahan 127
9.3.4 Teknologi Pascapanen 130

Bab 10 Budidaya Tanaman Jagung

10.1 Pendahuluan 133
10.2 Peran Strategis Jagung dalam Sistem Pertanian dan Ketahanan Pangan 134
10.3 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung 135
10.4 Teknik Budidaya Tanaman Jagung 137
10.4.1 Pemilihan Varietas Unggul 137
10.4.2 Benih Bermutu 138
10.4.3 Persiapan Lahan 139
10.4.4 Penanaman 141
10.4.5 Pemupukan 143
10.4.6 Pengairan 144
10.4.7 Pengendalian Gulma, Hama dan Penyakit 145
10.4.8 Panen dan Pasca Panen 146

Bab 11 Budidaya Tanaman Kedelai

11.1 Persiapan Lahan 149
11.2 Pemilihan Benih 152
11.2.1 Pemilihan Benih 152
11.2.2 Perlakuan Benih 153
11.3 Penanaman 155
11.3.1 Waktu Tanam 155
11.3.2 Teknik Penanaman 155
11.3.3 Jarak Tanam 156
11.3.4 Kedalaman Tanam 156
11.3.5 Jumlah Benih per Lubang 157
11.4 Pemeliharaan 157
11.4.1 Penyulaman 157
11.4.2 Penyiangan 158
11.4.3 Pembumbunan 159
11.4.4 Pengairan 159
11.4.5 Pemupukan Susulan 159
11.4.6 Pengendalian Hama dan Penyakit 160
11.5 Panen dan Pascapanen 162
11.5.1 Panen 162
11.5.2 Pascapanen 162

Bab 12 Budidaya Tanaman Kacang Kacangan
12.1 Pendahuluan 165
12.2 Pemilihan Varietas dan Benih Kacang Kacangan 167
12.2.1 Kriteria Pemilihan Varietas Unggul 167
12.2.2 Ketahanan terhadap Cekaman Biotik dan Abiotik 168
12.3 Penyiapan Lahan pada Budidaya Kacang Kacangan 169
12.4 Penanaman pada Budidaya Kacang Kacangan 171
12.4.1 Teknik Penanaman 171
12.4.2 Penanaman Campuran (Bean Mixture) 171
12.5 Pemupukan pada Budidaya Kacang Kacangan 172
12.5.1 Integrasi Pupuk Organik untuk Produktivitas dan Kesehatan Tanah .. 172
12.5.2 Inokulasi Rhizobium dan Aplikasi Fosfor 172
12.5.3 Pengelolaan Hara Berbasis Kebutuhan Spesifik dan Kondisi Tanah ... 173
12.6 Pengairan (irigasi) pada Budidaya Kacang Kacangan 173
12.7 Pentingnya Pengaturan Jadwal Irigasi 174
12.8 Pengendalian Hama dan Penyakit 174
12.8.1Teknologi Presisi untuk Monitoring dan Pengendalian Otomatis.....175
12.8.2 Budidaya Terlindung untuk Kesehatan dan Kualitas Hasil..... 175
12.9 Penyiangan dan Pembumbunan 177
12.10 Panen dan Pasca Panen 178
12.10.1 Penentuan Waktu Panen 178
12.10.2 Teknik Panen dan Penanganan Pascapanen 178

Bab 13 Teknik Panen Tanaman Pangan
13.1 Persiapan Panen 179
13.2 Metode Panen 180

Bab 14 Penanganan Pascapanen dan Penyimpanan Hasil
14.1 Konsep Pascapanen Komoditi Pertanian 187
14.2 Tahapan Penanganan Pacapanen Tanaman Pangan 190
14.3 Teknologi Penyimpanan Hasil Pertanian 194

Bab 15 Budidaya Tanaman Pangan Organik
15.1 Definisi Pertanian Organik 197
15.2 Prinsip Dasar Budidaya Tanaman Pangan Organik 198
15.3 Langkah-langkah dalam Penerapan Budidaya Pangan Organik 200
15.4 Studi Kasus Praktik Budidaya Tanaman Pangan Organik 204

Bab 16 Budidaya Berkelanjutan dan Konservasi Tanah
16.1 Budidaya Pertanian Berkelanjutan 207
16.2 Konservasi Tanah dalam Budidaya Tanaman Pangan 212
16.3 Kebijakan Pemerintah dalam Budidaya Berkelanjutan 216

Bab 17 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Budidaya
17.1 Sistem Pemantauan dan Pengendalian Berbasis Sensor 221
17.2 Internet of Things (IoT) 223
17.3 Drone dan Penginderaan Jauh 224
17.4 Aplikasi Mobile untuk Petani 226
17.5 Teknologi Pengolahan Data untuk Pengelolaan Sumber Daya 227
17.6 Sistem Pemupukan Presisi 229

Daftar Pustaka 231
Biodata Penulis 269

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Persentase bagian tumbuhan yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber pangan 3
Gambar 1.2: Tanaman Oryza Sativa 4
Gambar 1.3: Tanaman pangan yang minor dimanfatkan 5
Gambar 1.4: Proses budidaya tanaman. Pembukaan lahan (A), pemilihan benih (B), penanaman (C), penyiraman (D), pengendalian penyakit (E), pemupukan (F), panen (G).....6
Gambar 1.5: Berbagai penyakit padi pada fase vegetatif. Yellow dwarf disease (A), stem rot (B), stack born (C), sheath rot (D), sheath blight (E), rice tungro (F), node blast (G), narrow brown spot (H), leaf blight (I), leaf blast (J), grassy stunt (K), foot rot (L), brown spot (M) 11
Gambar 1.6: Jenis-jenis hama yang dapat ditemukan pada budidaya padi ..12
Gambar 2.1: Morfologi Padi (Oryza sativa L.).....15
Gambar 2.2: Morfologi Jagung (Zea mays) 17
Gambar 2.3: Morfologi Kedelai (Zea mays) 19
Gambar 3.1: Hasil Pengolahan Tanah Primer 34
Gambar 3.2: Hasil Pengolahan Tanah Sekunder.....35
Gambar 3.3: Pembentukan Bedengan.....35
Gambar 3.4: Profil Tanah Sawah Khas menurut Koenings (1950) dan Moorman dan van Breemen (1978) 36
Gambar 3.5: Pola Tengah.....38
Gambar 3.6: Pola Tepi.....48
Gambar 3.7: Pola Keliling Tengah.....40
Gambar 3.8: Pola Keliling Tepi.....40
Gambar 3.9: Pola Bolak-Balik Rapat.....42
Gambar 3.10: Alat Pengolah Tanah Primer; a) Bajak Singkal, b) Bajak Piring, c) Bajak Pahat, dan d) Subsoiler.....42
Gambar 3.11: Alat Pengolah Tanah Sekunder; a) Garu Piring dan b) Rotari...43
Gambar 3.12: Alat Pembentuk Tanah; a) Bed Shaper dan b) Ridger.....43
Gambar 7.1: Erionata thrax (A,B) gejala serangan, (C), telur, (D,F) larva, (E) pupa dan (G).....90

Gambar 7.2: Spodoptera frugiperda (A,B,C atas) larva,(A) Imago Jantan dan (B) Betina, (A) Telur dan (B,C,D,E,F,G,H,I) Gejala Serangan 92
Gambar 7.3: Nephotettix virescens sebagai vektor penyakit pada tanaman padi...93
Gambar 7.4: Serangan yang menyerang tanaman padi (A) Spodoptera sp., (B) Pelopidas sp.,(C) Amata nigriceps, (D) Oxya chinensis, (E) Dicladispa armigera, (F) Chrysolina coerulans, (G) Leptocorisa acuta, (H) Acrida turita, (I) Nilaparvata lugens 94
Gambar 7.5: Tanaman yang terserang penyakit virus dengan vektor (A), Aphis gosypii, (B). Bemisia tabaci dan Thrips sp. 95
Gambar 7.6: Kutu pisang Pentalonia nigronervosa (A) dan Gejela serangan (B)..96
Gambar 7.7: Biji pala yang terserang kumbang dari Famili Antribidae.....99
Gambar 7.8: Serangga yang ditemukan pada gudang penyimpanan biji pala Famili Laemophloeudae.....99
Gambar 7.9: Kumbang dari famili Silvanidae yang terdapat pada penyimpanan biji pala 100
Gambar 7.10: Serangga dari famili Ptinidae yang terperangkap.....100
Gambar 7.11: Serangga darfi famili Tenebrionidae terdapat pada biji pala.100
Gambar 7.12: Serangga famili Nitidulidae terdapat gudang penyimpanan biji pala.....101
Gambar 7.13: Produk pertanian yang dapat diserang oleh faktor biotik dan abiotic 102
Gambar 7.14: Pengendalian mekanik untuk merangkap serangga gudang .104
Gambar 9.1: Rangkaian alat pembuatan MOL.....124
Gambar 9.2: Rancangan alat Perangkat Hama Serangga 126
Gambar 9.3: Modifikasi Alat Tanam Benih Langsung (Atabela).....128
Gambar 9.4: (A). Hasil produk traktor rakitan dengan mesin motor bekas, dan (B). hasil kinerja alat traktor pada lahan 130
Gambar 9.5: Mesin Perontok Padi Mini Berpenggerak Motor Bakar.....131
Gambar 10.1: Pengolahan tanah primer.....140
Gambar 10.2: Penanaman Jagung secara tugal 142
Gambar 11.1: Bintil akar kedelai.....154
Gambar 13.1: (a) pemotongan tanaman padi dengan sabit, (b) metode pengangkutan tanaman padi secara manual, (c) proses perontokan manual tanaman padi di lahan, dan dipinggir jalan, (d) proses perontokan mekanis, (e) perontok dayung ODT, (f) perontok drum tertutup (CDT).....181
Gambar 13.2: Jagung siap panen dengan kematangan fisiologis.....182
Gambar 13.3: Panen umbi umbian.....184
Gambar 13.4: Proses panen tanaman kedelai dan kacang tanah.....185

Gambar 14.1: Reaksi kimia proses respirasi.....188
Gambar 14.2: Fotosintesis dan respirasi 189
Gambar 14.3: Metabolit sekunder yang terdeteksi dengan fluorescence imaging.....196
Gambar 15.1: Logo Organik Indonesia 204
Gambar 16.1: Praktik Teknik Konservasi Tanah dengan Metode A-Frame di lahan miring Bukit Agrotek-Faperta- UNG'25.....213

Daftar Tabel

Tabel 7.1: Serangga-serangga dan peranan dalam bidang pertanian.....97
Tabel 7.2: Jenis-jenis serangga yang ditemukan di dalam penyimpanan.....98
Tabel 7.3: Perangkap Yellow sticky trap yang digunakan menangkap hama gudang.....98
Tabel 8.1: Penyakit tanaman pangan dan penyebabnya 109
Tabel 8.2: Agens hayati yang digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman pangan.....113
Tabel 8.3: Agens hayati yang digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman pangan 114
Tabel 11.1: Pemupukan Susulan 160
Tabel 12.1: Hama Utama dan Pengendaliannya 176
Tabel 12.2: Penyakit Utama dan Pengendaliannya.....176
Tabel 14.1: Jenis Perlakuan Pascapanen berbagai Komoditas.....193

Bab 1

Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan

1.1 Pendahuluan

Budidaya tanaman merupakan serangkaian upaya yang terencana secara sengaja dilakukan untuk memelihara dan memperbanyak tanaman, baik itu tanaman pangan, tanaman sayur-sayuran, tanaman buah-buahan, tanaman hias, tanaman obat-obatan dan lainnya. Budidaya tanaman pangan merupakan kegiatan penanaman, perawatan dan penanganan tanaman sampai tanaman mampu menghasilkan sumber bahan makanan pokok yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia.

Umumnya tanaman pangan dapat berupa tanaman yang menghasilkan karbohidrat, protein, lemak nabati, vitamin, air dan mineral yang sangat bermanfaat bagi yang mengkonsumsinya (Saidi et al., 2022). Saat ini tanaman pangan bukan hanya dimanfaatkan sebagi pemenuhan kebutuhan nutrisi atau lezatnya pangan tersebut, tetapi juga kaitannya terhadap

manfaatnya bagi kesehatan yang mengkonsumsinya. Tanaman pangan memiliki bagian-bagian tertentu yang dapat diambil manfaatnya untuk dikonsumsi seperti pada (Gambar 1.1).

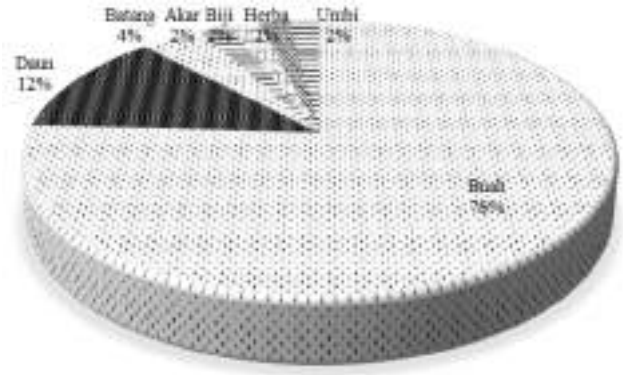
Ketergantungan akan kebutuhan tanaman pangan ini mengharuskan masyarakat untuk mulai fokus pada sistem cara budidaya tanaman pangan, agar kedepannya produksi dari tanaman pangan dapat terus menghasilkan dan memenuhi kebutuhan masyarakat. Penggunaan teknik budidaya tanaman pangan akan sangat bermanfaat kedepannya, dapat ditujukan untuk mencukupi kebutuhan pangan, meningkatkan pendapatan petani, pengoptimalan pemanfaatan lahan pertanian, serta menjaga keberlanjutan pertanian dan lainnya.

Budidaya tanaman telah dilakukan dari ratusan tahun lalu, bukti pertama yang dijumpai menunjukan adanya budidaya tanaman biji-bijian seperti gandum kuno yaitu emmer. Seiring berjalannya zaman budidaya tanaman terus mengalami kemajuan dengan tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Penanaman yang dilakukan dapat dimulai dari pemilihan bibit yang bersifat unggul dan terjamin kesehatannya, menyiapkan tempat atau wadah untuk persemaian benih tanaman, melakukan pengaturan jarak tanam yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman yang dibudidayakan, melakukan penyiraman tanaman secara teratur.

Pemupukan dapat berupa pengaplikasian pupuk dasar seperti pupuk kandang sebelum dilakukan penanaman, pengaplikasian pupuk lanjutan (baik pupuk organik maupun pupuk kimia) sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman budidaya, memastikan tepat jenis, mutu, dosis sampai waktu aplikasi yang tepat.

Pemeliharaan dapat dilakukan dengan rutin melakukan penyiangan gulma dari lahan budidaya, melakukan penyulaman tanaman yang mati atau sakit. Pengolahan lahan sebagai upaya untuk memastikan tanah memiliki drainase yang baik, memperbaiki struktur tanah yang dapat dipadukan dengan penggunaan pupuk organik, melakukan pembuatan bedengan untuk merapikan lahan dan mengatur saluran irigasi dan lainnya.

Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan, berupa pengendalian hama secara terpadu, pengendalian hama dan penyakit menggunakan pestisida kimia ataupun nabati, serta melakukan monitoring. Kegiatan panen dan pasca panen dapat dilakukan dengan penentuan kriteria tanaman yang sudah layak untuk diambil, pengelolaan hasil panen dengan baik untuk menjaga kualitas produk, melakukan pengelolaan lanjutan seperti pengeringan, penyimpanan dan pengawetan.



Gambar 1.1: Persentase bagian tumbuhan yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber pangan (Susanti et al., 2021)

1.2 Jenis-jenis Tanaman Pangan

Terdapat banyak jenis tanaman pangan yang telah ditemukan saat ini, dari hasil penelitian (Sulbi et al., 2025) ditemukan 32 jenis tanaman pangan dari 12 famili, sebagai sumber pangan utamanya yaitu padi (Poaceae: Oryza sativa) (Gambar 1.2). Contoh dari tanaman pangan dapat dikategorikan berupa tanaman biji-bijian, tanaman umbi-umbian, tanaman kacang-kacangan, buah-buahan, sayur-sayuran dan lainnya.

Gambar 1.2: *Tanaman Oryza Sativa*

Beberapa jenis tanaman pangan lainnya juga memiliki arti sangat penting sebagai sumber pangan utama di Indonesia saat ini seperti jagung (Zea mays), singkong (Manihot esculenta), ubi jalar (Ipomea batatas), gandum, barley, sorgum, kentang dan talas.

Tanaman pangan memiliki banyak spesies yang dapat dijadikan sebagi sumber pangan selain pangan utama seperti O. sativa. Namun pada kenyataannya beberapa tanaman pangan kurang dimanfaatkan seperti Abelmoschus spp., Allium tuberosum, Amaranthus caudatus, Anacardium occidentale, Bactris gasipaes, Chenopodium quinoa, Colocasia esculenta, Corchus spp., Dioscore spp., Eleusine coracana, Eragrostis tef dan lainnya.

Kurangnya pemanfaatan dari jenis tanaman lainnya ini dapat disebabkan oleh kurangnya pemahaman tentang bagaimana sistem budidaya yang tepat untuk perkembangan tanaman tersebut, cita rasa yang kurang disukai, harga bibit yang cukup mahal dan penanganan hama penyakit yang belum di pahami dengan baik. Beberapa tanaman yang kurang populer namun dapat dijadikan alternatif selain O. sativa (Gambar 1.3).

Gambar 1.3: Tanaman pangan yang minor dimanfatkan (Massawe et al., 2016)

1.3 Teknik Budidaya

Teknik budidaya sangat penting untuk menunjang keberhasilan penanaman dari suatu komoditi tanaman, dengan teknik budidaya yang baik maka tanaman akan menghasilkan produktivitas yang optimal. Teknik budidaya dapat mencangkup mulai dari pembukaan lahan yang baik, pemilihan benih yang unggul, penyemaian benih, penanaman, perawatan berupa penyiraman, pengendalian hama dan penyakit serta pemupukan, sampai dengan panen dan kegiatan pascapanen. Beberapa tahapan teknik budidaya tanaman yang dapat dilakukan dapat dilihat pada (Gambar 1.4).

Teknik budidaya tanaman pangan ini dapat dilakukan baik secara konvensional ataupun modern, saat ini sudah banyak diketahui teknik

budidaya tanaman yang dapat memanfaatkan pertanian berbasis IoT (Internet of Things). Pertanian dengan memanfaatkan IoT seperti penggunaanya dalam sistem irigasi, untuk mengatur kelembapan dan suhu, pendeteksi kesuburan tanah, penyiraman secara otomatis hingga memastikan sistem keamanan lahan (Heru Sandi & Fatma, 2023).

Dilain sisi sistem kearifan lokal tentang teknik penanaman yang digunakan oleh masyarakat yang ada di desa Pahmungan, Provinsi Lampung, yang disebut dengan sistem repong damar, pohon damar yang ditanam diselingi dengan berbagai jenis tanaman lainnya (Susanti et al., 2021).

Gambar 1.4: Proses budidaya tanaman. Pembukaan lahan (A), pemilihan benih (B), penanaman (C), penyiraman (D), pengendalian penyakit (E), pemupukan (F), panen (G)

1.3.1 Persiapan Lahan

Kegiatan persiapan lahan merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengondisikan lahan agar menjadi lebih layak dan sesuai untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang akan dibudidayakan. Kegiatan pemilihan lokasi, pembersihan lahan dari gulma, semak, sisa tanaman yang dibudidayakan sebelumnya dan bebatuan, pemetaan lahan, sampai pembuatan saluran irigasi pada lahan.

Pembersihan lahan pada saat persiapan lahan ini penting diperhatikan, sisa tanaman dan gulma yang ada dilahan dapat berpotensi menjadi inang alternatif dari keberadaan hama dan penyakit yang dapat menyerang ketanaman budidaya yang akan ditanam. Pengelolaan lahan dengan menggunakan peralatan sederhana seperti cangkul, arit dan parang sampai dengan pembajakan menggunakan traktor untuk kegiatan pembersihan lahan dan pengaturan drainase. Setelah lahan dibersihkan maka dapat dilakukan pemberian pupuk dasar serta penambahan kapur pada tanah apabila diperlukan.

1.3.2 Pemilihan Benih Unggul

Benih yang unggul serta pemilihan varietas yang sesuai perlu diperhatikan, varietas yang unggul dan bermutu yang dapat didapatkan ditoko pertanian atau mengambil dari hasil penanaman sebelumnya. Umumnya bibit yang unggul telah diberi label pada kemasannya berupa identitas nama varietas, daya tumbuh, asal benih, tanggal kedaluwarsa, perusahaan yang memproduksi dan beberapa informasi penting lainnya.

Benih yang unggul umumnya memiliki kemampuan untuk lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit, pada beberapa kemasan benih sudah mendapatkan perlakuan sebelumnya (seed treatment) berupa benih yang terlapisi oleh fungisida. Pemilihan benih yang unggul juga ditujukan untuk meminimalisir penggunaan pestisida ketika tanaman mulai tumbuh dan berkembang.

Seed treatment juga dapat dilakukan pada benih yang ada dengan cara merendam benih pada air hangat selama beberapa menit, benih yang tenggelam merupakan benih yang sehat dan layak untuk ditanam, sedangkan benih yang mengapung diatas permukaan air merupakan benih yang tidak bagus dan tidak layak untuk ditanam. Seed treatment juga dapat dilakukan dengan perendaman benih didalam air yang berisi agensia hayati sebagi pencegahan dari hama dan penyakit pada awal penanaman dilakukan.

1.3.3 Penanaman

Penanaman dapat diawali dengan penyemaian benih, pada tahap ini benih akan disemaikan pada polybag kecil, tray penyemaian, langsung ditanah, menggunakan rockwall, dan lainnya. Penyemaian biasanya dilakukan pada tempat yang teduh dengan pemberian atap agar matahari tidak langsung menyentuh pada bakal tanaman yang baru tumbuh. Setelah tanaman tumbuh dan dikira sesuai untuk mulai dipindahkan dilahan utama atau disebut sebagai proses transplanting, tanaman beserta tanah yang melekat pada akar dimasukan kedalam lubang yang telah disiapkan.

Transplanting baiknya dilakukan pada sore hari, hal tersebut ditujukan agar tanaman dapat menyesuaikan dengan suhu yang ada dilapangan. Terdapat sistem penanaman dengan istilah jajar legowo, pada tanaman padi untuk kedelai dan jagung yang dapat ditanam dengan sistem tugal. Jarak penanaman yang gunakan baiknya disesuaikan dengan komoditi tanaman yang digunakan, akan lebih baik jika disesuaikan dengan perkiraan rata-rata kanopi tanaman.

Jarak antar tanaman perlu diperhatikan, sebab apabila tanaman terlalu rapat akan memicu peningkatan kelembapan yang dapat memicu tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan seperti jamur. Jarak tanaman yang terlalu lebar juga akan berpengaruh pada optimalisasi penanaman dilahan yang digunakan.

1.3.4 Pemeliharaan

Pemupukan merupakan salah satu bagian terpenting yang harus dilakukan dalam budidaya tanaman pangan. Pemberian nutrisi tambahan dalam bentuk pemberian pupuk ini dapat memanfaatkan penggunaan pupuk kandang, organik maupun kimia. Pemberian pupuk pada budidaya tanaman pangan ditujukan untuk mencukupi kebutuhan nutrisi tambahan yang dibutuhkan oleh tanaman, agar tanaman mampu bertumbuh dengan baik dan berproduksi secara maksimal.

Pemberian pupuk biasanya berimbang mulai dari awal tanam sampai dengan tanaman yang sudah mulai menghasilkan. Pemberian pupuk dasar

berupa pupuk kandang baik dari kotoran ayam ataupun sapi umumnya adalah langkah awal yang digunakan ketika lahan akan digunakan untuk budidaya tanaman. Selanjutnya saat tanaman sudah mulai tumbuh dapat diaplikasikan pupuk kimia yang memiliki kandungan senyawa pupuk N, P dan K.

Tanaman cabai rawit yang diberikan pupuk NPK 100% (2 gr/tanaman) yang di gabungkan dengan pemberian biourin sapi (40 mL/tanaman) menunjukan pertumbuhan yang baik mulai dari jumlah daun, jumlah cabang produktif, serta jumlah buah dan bobot buah (Andriansyah et al., 2020).

1.3.5 Pengendalian Hama Penyakit

Pengendalian hama dan penyakit pada budidaya tanaman pangan sangat penting dilakukan, seperti yang diketahui hama dan penyakit merupakan organisme yang selalu menjadi bagian dari sistem budidaya tanaman, dimana keberadaannya dapat menjadi ancaman yang serius pada sistem budidaya tanaman pangan.

Pengendalian hama dan penyakit dapat dilakukan dalam banyak bentuk, seperti pengendalian secara kultur teknis, pengendalian fisik, pengendalian mekanik, pengendalian menggunakan varietas tahan, pengendalian secara hayati, pengendalian kimia dan lainnya. Pengendalian ini ditujukan untuk mengelola keberadaa hama dan penyakit yang ada dilapangan agar populasinya tidak merugikan bagi petani yang melakukan budidaya.

Pengendalian secara hayati pada hama dapat dilakukan dengan berbagaimacam bentuk, seperti menggunakan jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen seperti Metarhizium sp. dan bakteri entomopatogen seperti Bacillus thuringiensis (Bt), dapat mengendalikan serangga hama seperti kutu putih, belalang dan larva Spodoptera litura (Zulfitri et al., 2020). Pada budidaya kedelai secara alami ditemukan beberapa parasitoid seperti Polynema sp. (Hymenoptera: Mymaridae), Eretmocerus sp., Encarsia sp., Aphelinus sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) dan Aphidius sp., (Hymenoptera: Aphididae) (Utami et al., 2014).

Pengendalian menggunakan pestisida nabati berupa penggunaan ekstrak dari tembakau, jeruk, kulit bawang, daun nimba, serai dan lainnya juga telah banyak digunakan. Senyawa yang ada pada bagian tanaman tersebut dapat meminimalisir serangan hama dan penyakit yang dapat hidup pada lahan budidaya. Penggunaan tanaman dan mikroorganisme yang bersifat hayati sangat disarankan karena minim meninggalkan residu dan lebih mudah dilakukan, meskipun salah satu konsekuesinya adalah efek atau kemampuannya yang tidak secepat penggunaan pestisida kimia.

1.4 Tantangan Budidaya Tanaman Pangan

Serangan hama penyakit, perubahan iklim, harga pupuk yang mahal, dan bencana alam merupakan beberapa tantangan yang dapat terjadi saat budidaya tanaman pangan dilakukan. Beberapa penyakit yang dapat menyerang pada tanaman pangan seperti O. sativa yaitu hawar daun yang disebabkan Xanthomonas campestris pv. Pryzae., penyakit tugro yang disebabkan Virus Tugro, bercak daun pyricularia yang disebabkan Pyricularia grisea, busuk batang disebabkan Helminthosporium sigmoideun, hawar pelepah daun disebabkan oleh Rhizoctonia solani, kerdil hampa dan kerdil rumput (Monareh & Ogie, 2020).

Beberapa penyakit yang menyerang pada tanaman padi dapat dilihat pada (Gambar 1.5). Pada tanaman jagung penyakit utama yang dapat menyerang seperti penyakit karat daun yang disebabkan oleh Puccinia sp., hawar daun yang disebabkan oleh Helminthosporium sp., bulai daun yang disebabkan oleh Peronosclerospora sp. Pada tanaman singkong penyakit yang sering ditemukan berupa penyakit bercak daun yang dapat disebabkan oleh Cercospora sp., Cassava Mosaic Diasease, busuk akar, antraknosa, sampai layu bakteri.

Gambar 1.5: Berbagai penyakit padi pada fase vegetatif. Yellow dwarf disease (A), stem rot (B), stack born (C), sheath rot (D), sheath blight (E), rice tungro (F), node blast (G), narrow brown spot (H), leaf blight (I), leaf blast (J), grassy stunt (K), foot rot (L), brown spot (M) (Sethy et al., 2020)

Hama yang menyerang pada tanaman padi seperti wereng, penggerek batang, walang sangit, tikus, ulat, keong mas, kutu daun dan lainnya. Selain hama yang terlihat aktif menyerang pada tanaman seperti pada fase larva, perlu diperhatikan juga imago seperti ngengat yang hidup disekitar tempat penanaman.

Ngengat adalah fase dewasa dari larva lepidoptera yang hidup aktif dan berterbangan disekitar lahan budidaya, dimana ngengat dapat menghasilkan puluhan telur yang akan menetas menjadi larva, maka dari itu apabila ditemukan ngengat di lahan budidaya baiknya juga dikendalikan baik menggunakan perangkap ataupun langsung ditangkap.

Beberapa contoh dari serangga hama yang dapat menyerang pada padi dapat dilihat pada (Gambar 1.6). Pada tanaman kedelai serangga hama yang menyerang seperti kutu kebul (Bemisia tabaci) dan kutu daun (Aphid spp.). Kedua hama utama ini juga memiliki peranan sebagai vektor penyakit virus pada tanaman kedelai.

Gambar 1.6: Jenis-jenis hama yang dapat ditemukan pada budidaya padi (Quach et al., 2024)

Perubahan iklim yang ekstrim akibat cuaca yang tidak menentu dapat memepengaruhi hasil dan kualitas tanaman (Slingo et al., 2005). Perubahan curah hujan yang tidak menentu yang dapat mengakibatkan banjir pada lahan budidaya, kekeringan yang mengganggu aktivitas penyiraman dan ketersediaan hara.

Badai yang dapat merusak infrastruktur pertanian dan perkembangan tanaman di lapangan. Hal-hal tersebut memiliki kemungkinan untuk terjadi saat budidaya tanaman pangan dilakukan, sehingga perlu dilakukan tindakan pencegahan atau persiapan agar tanaman yang dibudidayakan tidak sampai mengalami gagal panen ataupun mati.

Bab 2

Tanaman Pangan Utama

2.1 Pengertian Tanaman Pangan Utama

Tanaman pangan utama adalah jenis tanaman yang memiliki peran sentral dalam penyediaan makanan bagi manusia, di antaranya mencakup tanaman padi, jagung, gandum, serta umbi-umbian. Tanaman pangan utama ini tidak hanya menjadi sumber kalori dan nutrisi bagi populasi dunia, tetapi juga berkontribusi pada pendapatan dan ketahanan pangan masyarakat lokal. Tanaman pangan utama mendominasi lahan pertanian dan berperan dalam memfasilitasi keberlangsungan sistem pertanian dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim dan ketidakpastian ekonomi (Ardy et al., 2023).

Salah satu jenis tanaman pangan utama yang signifikan adalah padi (Oryza sativa), yang merupakan sumber karbohidrat utama bagi lebih dari setengah populasi dunia, khususnya di Asia. Jagung (Zea mays) juga memainkan peran penting, tidak hanya sebagai bahan pangan langsung, tetapi juga sebagai pakan ternak dan bahan baku industri. Tanaman umbi-umbian, seperti cassava (Manihot esculenta), dikenal sebagai "savior crop"

karena ketahanannya terhadap kondisi ekstrem dan kemampuannya untuk bertahan dalam kondisi tanah yang kurang baik dan kering.

Peran tanaman pangan utama dalam sistem pertanian sangat luas. Mereka merupakan sumber ketahanan pangan yang esensial, memberikan kontribusi terhadap penghapusan kelaparan dan meningkatkan status gizi masyarakat. Misalnya, tanaman kacang-kacangan seperti kacang polong dan kedelai, selain sebagai sumber protein, juga berkontribusi terhadap perbaikan kesuburan tanah melalui proses fiksasi nitrogen (Ardy et al., 2023). Sistem pertanian yang sehat mengandalkan keanekaragaman tanaman yang dapat meningkatkan resilien terhadap penyakit dan hama, serta memastikan pemanfaatan yang berkelanjutan dari sumber daya alam.

Mengingat pentingnya tanaman pangan utama, pengembangan varietas yang tahan terhadap stres iklim dan pemanfaatan teknologi modern juga semakin diperhatikan. Pemanfaatan teknologi seperti pemetaan menggunakan Google Earth Engine dapat membantu dalam pemantauan dan pengelolaan tanaman pangan secara efisien, ungkap penelitian terbaru (Syukri et al., 2020). Dengan demikian, dukungan dari kebijakan yang memperhatikan keberlanjutan lahan pertanian dan diversifikasi tanaman sangat diperlukan untuk meningkatkan ketahanan pangan di masa depan.

2.2 Morfologis Tanaman Pangan Utama

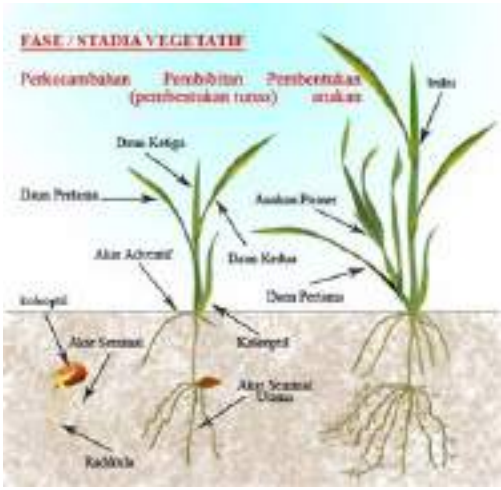
Tanaman pangan utama memiliki struktur organ yang terdiri dari akar, batang, daun, bunga, serta buah atau biji, masing-masing dengan fungsi krusial dalam memastikan keberlangsungan hidup dan produksi tanaman.

2.2.1 Morfologi Padi

Morfologi padi (Oryza sativa L.) memiliki karakteristik penting yang mencakup struktur batang berongga, daun bendera, akar serabut, malai, dan gabah. Struktur batang padi terdiri dari sekumpulan pelepah daun yang berbentuk silinder dan berongga, memberikan stabilitas serta dukungan

bagi tanaman. Batang padi yang berbentuk berongga juga membantu dalam pengawetan air dan nutrisi, serta memfasilitasi fotosintesis melalui pelepah daun yang terpasang secara berurutan.

Tinggi batang, lebar dan panjang daun, serta jumlah anakan produktif menjadi indikator penting dalam analisis morfologi. Daun bendera berperan krusial dalam proses fotosintesis. Karakteristik daun ini, seperti panjang dan lebar, dapat menentukan efisiensi tanaman dalam melakukan fotosintesis dan akhirnya berpengaruh pada hasil gabah. Penelitian menunjukkan bahwa daun bendera yang lebih panjang dapat meningkatkan produksi gabah secara signifikan. Jenis daun ini juga mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, dan keberadaan daun yang sehat diperlukan untuk menghasilkan malai yang optimal (Widyaningtias et al., 2020).



Gambar 2.1: Morfologi Padi (Oryza sativa L.) (Sumber: Hendarto et al., 2021)

Akar serabut merupakan ciri khas dari padi, tidak hanya berfungsi dalam penyerapan nutrisi tetapi juga membantu stabilitas tanaman di dalam tanah. Akar yang kokoh dan luas dapat meningkatkan penyerapan air dan nutrisi, yang sangat penting terutama dalam kondisi ketersediaan air yang

tidak menentu. Struktur akar ini berkontribusi terhadap ketahanan tanaman terhadap cekaman (Safitri et al., 2020).

Malai padi, yang terbentuk dari banyak spikelet, berfungsi sebagai penentu hasil akhir produksi padi. Karakter dan jumlah malai yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa karakter morfologi malai, seperti panjang dan jumlah percabangan, berhubungan langsung dengan keberhasilan penyerbukan dan pembentukan gabah.

Jumlah gabah per malai yang optimal dapat dihasilkan dari malai yang sehat dan berstruktur baik, sedangkan malai yang kurang produktif dapat berisiko mengalami kehampaan gabah akibat faktor lingkungan seperti serangan hama atau penyakit (Oktavia & Kusdiana, 2021).

Gabah, sebagai hasil akhir dari proses reproduksi padi, juga memiliki karakteristik penting dalam penentuan kualitas beras. Panjang, lebar, dan bobot gabah sering kali menjadi ukuran utama dalam menilai kualitas beras yang dihasilkan. Beras yang baik biasanya berasal dari tanaman dengan karakter morfologi yang optimal, termasuk batang yang kuat, daun bendera yang sehat, serta malai dengan jumlah gabah yang banyak dan berkualitas (Duda, 2024). Pentingnya menjaga keseimbangan dalam morfologi tanaman padi akan berpengaruh signifikan terhadap hasil panen yang berkualitas.

2.2.2 Morfologi Jagung

Morfologi tanaman jagung (Zea mays L.) mencakup beberapa ciri khas penting seperti batang kokoh, daun memanjang, serta pemisahan antara bunga jantan dan betina. Batang jagung dikenal memiliki struktur yang kuat, memberikan stabilitas serta ketahanan terhadap kondisi cuaca yang ekstrem. Batang ini juga berfungsi sebagai penghubung antara akar dan bagian atas tanaman, mendukung transportasi nutrisi dan air yang diperlukan untuk pertumbuhan sehat.

Daun jagung, yang memanjang dan tipis, memiliki fungsi esensial dalam proses fotosintesis. Daun yang panjang membantu meningkatkan

efektivitas penangkapan cahaya matahari. Selain itu, permukaan daun yang luas memungkinkan untuk pertukaran gas yang lebih efisien, yang vital bagi metabolisme tanaman. Riset menunjukkan bahwa ukuran dan jumlah daun dapat memengaruhi hasil produksi jagung, karena kontribusinya terhadap penyerapan sinar matahari dan penguapan (Lestari Putri et al., 2022).

Gambar 2.2: Morfologi Jagung (Zea mays) (Sumber: Lestari Putri et al., 2022)

Dalam hal fertilisasi, jagung merupakan tanaman monoecious, yang berarti memiliki bunga jantan dan betina secara terpisah tetapi dalam satu tanaman. Bunga jantan biasanya dikelompokkan dalam struktur yang disebut tassels, sedangkan bunga betina berkembang menjadi tongkol yang menghimpun biji jagung. Proses ini terjadi melalui polinasi, di mana serbuk sari dari bunga jantan harus mencapai bunga betina untuk memungkinkan pembentukan biji. Penelitian menunjukkan bahwa pemangkasan bunga jantan dapat memengaruhi hasil biji dengan mengalihkan energi dari bunga jantan menuju pengembangan tongkol.

Tongkol jagung sebagai organ reproduktif sangat penting karena merupakan tempat berkembangnya biji jagung setelah proses pembuahan.

Kualitas dan ukuran tongkol juga berkorelasi langsung dengan kondisi pertumbuhan tanaman dan perlakuan agronomisnya. Penelitian menunjukkan bahwa ukuran dan jumlah tongkol yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh jarak tanam dan pengelolaan pupuk. Variasi dalam jarak tanam akan memengaruhi persaingan antar tanaman dalam hal nutrisi dan cahaya, serta berperan dalam efisiensi fotosintesis yang pada akhirnya dapat memengaruhi produktivitas.

2.2.3 Morfologi Kedelai

Dalam analisis morfologi kedelai (Glycine max), beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan adalah batang bercabang, daun majemuk, bunga sempurna, dan polong yang menjadi buah. Kedelai merupakan tanaman yang memiliki karakteristik morfologi yang mendukung proses pertumbuhannya dan ketahanannya terhadap hama.

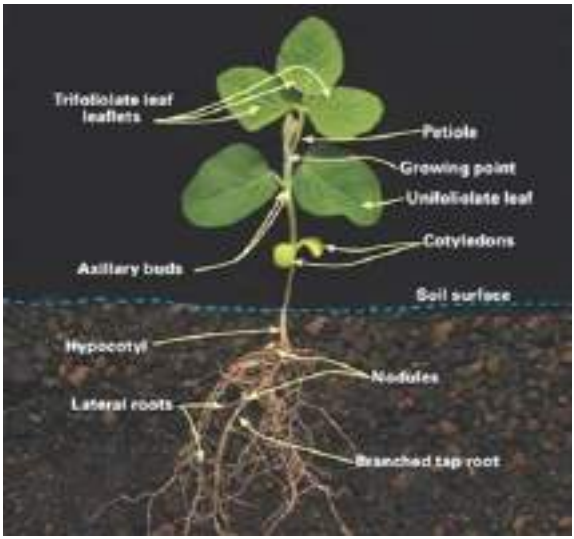
Pertama, batang kedelai yang bercabang memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Cabang tambahan dapat berkontribusi terhadap jumlah daun dan polong yang dihasilkan. Penelitian menunjukkan bahwa variasi dalam tinggi tanaman dan jumlah cabang berhubungan dengan karakter agronomi, seperti yang dinyatakan dalam penelitian oleh Harun et al. yang melaporkan pengukuran tinggi tanaman dan jumlah cabang dalam berbagai varietas kedelai.

Selain itu, porsi bobot kering antara organ vegetatif dan generatif juga terpengaruh oleh pertumbuhan cabang, di mana kontribusi organ generatif seperti polong yang lebih tinggi dapat dilihat dalam varietas tertentu (Rizkiana Bahri & Made Armini Wiendi, 2022).

Selanjutnya, daun majemuk merupakan fitur khas dari tanaman kedelai yang memberikan keuntungan dalam melakukan fotosintesis secara efisien. Struktur daun yang terbagi menjadi beberapa leaflet memungkinkan tanaman untuk menangkap lebih banyak cahaya matahari, yang penting bagi proses fotosintesis selama fase pertumbuhan vegetatif. Hasil fotosintesis yang optimal berkontribusi pada pembentukan polong dan kualitas biji

kedelaiKondisi lingkungan saat berbunga dan pengisian biji sangat memengaruhi hasil polong dan produksi biji (Prayoga et al., 2018).

Bunga kedelai, yang berbentuk sempurna, mendukung pembentukan buah. Bunga dengan struktur lengkap ini memastikan kemungkinan tinggi terjadinya penyerbukan yang berhasil, yang pada gilirannya meningkatkan jumlah polong yang terbentuk. Penelitian oleh Lestari et al. menunjukkan bahwa komponen generatif, termasuk jumlah bunga yang menjadi polong, berkontribusi besar pada hasil akhir produksi kedelai.



Gambar 2.3: Morfologi Kedelai (Zea mays) (Sumber: Duda, 2024)

Polong sebagai buah kedelai merupakan organ penting yang menyimpan biji. Proses pembentukan polong ini krusial, terutama pada fase pemasakan, di mana hama seperti Nezara viridula dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan jika tidak terawasi.

Pecah polong menyebabkan kehilangan hasil yang serius, sehingga identifikasi genotipe dengan ketahanan terhadap kondisi ini menjadi penting untuk budidaya kedelai di daerah tropis. Karakteristik morfologi polong yang tebal dan keras memberikan perlindungan tambahan bagi biji

dari serangan organisme pengganggu, yang menunjukkan pentingnya morfologi dalam konteks ketahanan terhadap hama (Umami et al., 2018).

2.3 Fisiologi Tanaman Pangan Utama

2.3.1 Proses Fotosintesis dan Respirasi

Proses fotosintesis dan respirasi merupakan dua komponen kunci dalam pertumbuhan tanaman pangan utama. Efisiensi proses-proses ini sangat bergantung pada faktor-faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan kelembaban, serta karakteristik morfologis dan fisiologis tanaman itu sendiri.

Penggunaan cahaya matahari sebagai sumber energi utama untuk fotosintesis adalah fundamental dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa bentuk kanopi daun dan karakteristik anatomisnya dapat memengaruhi efisiensi penggunaan energi dari radiasi matahari oleh tanaman, sehingga pemilihan varietas tanaman yang sesuai diperlukan untuk mencapai hasil optimal.

Efisiensi penggunaan cahaya dalam fotosintesis, yang sering diukur dengan istilah light use efficiency (LUE), berperan penting dalam menentukan laju pertumbuhan tanaman. Jika tanaman mampu menangkap sinar matahari dengan lebih baik, mereka memiliki potensi untuk meningkatkan produksi biomassa. Kondisi stres lingkungan seperti kekeringan dapat memengaruhi fungsi stomata, yang pada gilirannya dapat memengaruhi laju fotosintesis dan respirasi tanaman. Efisiensi penggunaan air juga berperan penting dalam fotosintesis dan dapat memengaruhi hasil panen melalui pemupukan yang tepat.

Dalam hal pertumbuhan, selain faktor efisiensi fotosintesis, proses respirasi juga memegang peranan penting. Respirasi adalah proses biokimia di mana energi yang dihasilkan melalui fotosintesis digunakan untuk mendukung aktivitas pertumbuhan. Ketika kondisi lingkungan optimal dan tanaman

melakukan fotosintesis dengan efisien, hasil panen akan meningkat. Sebaliknya, jika proses fotosintesis terhambat, akan berdampak pada laju respirasi yang menurun, yang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat.

Penggunaan teknologi baru dan praktik pertanian yang berkelanjutan juga dapat berkontribusi pada efisiensi dalam proses fotosintesis dan respirasi. Misalnya, penelitian menunjukkan bahwa penerapan pupuk dengan berbagai komposisi yang tepat, termasuk penggunaan nanosilika, dapat meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan. Penciptaan iklim mikro yang mendukung pertumbuhan dengan teknik seperti pemusatan jarak tanam yang tepat dan defoliasi dapat meningkatkan interaksi antara fotosintesis dan respirasi, sehingga berdampak positif pada hasil pertanian (Wicaksono & Herlina, 2023).

2.3.2 Transportasi Air dan Nutrisi

Xilem dan floem memainkan peran vital dalam kelangsungan hidup tanaman, terutama dalam konteks transportasi air dan nutrisi, yang sangat esensial untuk tanaman pangan utama. Xilem berfungsi untuk mengangkut air dan zat-zat mineral dari akar ke bagian-bagian tanaman seperti daun, sedangkan floem berperan dalam mendistribusikan hasil fotosintesis, berupa gula dan nutrisi organik, dari daun ke seluruh bagian tanaman. Proses ini memastikan bahwa tanaman mendapatkan air yang cukup untuk pertumbuhan, serta memberikan nutrisi yang diperlukan untuk proses metabolisme dan perkembangan.

Transportasi air melalui xilem sangat bergantung pada uap air yang hilang dari daun selama transpirasi. Proses ini menciptakan tekanan negatif yang menarik air dari akar ke seluruh bagian tanaman. Tanaman yang tumbuh dalam sistem hidroponik juga memanfaatkan xilem dan floem, meskipun dalam medium yang berbeda yaitu air yang kaya nutrisi.

Dalam sistem hidroponik, kualitas dan konsentrasi nutrisi dalam larutan air sangat krusial, yang dikontrol untuk mendorong pertumbuhan tanaman yang optimal. Penelitian menunjukkan bahwa pemantauan konsentrasi

nutrisi dalam hidroponik dapat secara signifikan memengaruhi hasil tanaman, mengingat setiap jenis tanaman memerlukan komposisi nutrisi yang berbeda untuk pertumbuhan maksimal (Harini et al., 2022).

Lebih lanjut, penerapan teknologi seperti Internet of Things (IoT) dalam monitoring dan kontrol sistem hidroponik memungkinkan pengelolaan yang lebih tepat terhadap kondisi nutrisi serta kualitas air, sehingga meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian. Sistem otomatisasi ini tidak hanya membantu dalam mempertahankan keseimbangan nutrisi, tetapi juga memudahkan petani dalam memantau kebutuhan tanaman secara real-time dan membuat penyesuaian yang diperlukan dengan cepat.

Dengan cara ini, xilem dan floem berfungsi dalam kerangka kerja yang sinergis dengan teknologi modern untuk mendukung pertanian berkelanjutan di area dengan keterbatasan lahan. Secara keseluruhan, memahami peran xilem dan floem dalam tanaman tidak hanya penting untuk pertumbuhan tanaman secara umum, tetapi juga mendasari prinsip-prinsip dasar dalam sistem pertanian modern, baik secara tradisional maupun dalam pengaturan hidroponik yang memerlukan pendekatan yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan (Sumartini & Apri Sulistyo, 2016).

2.3.3 Transpirasi dan Pengaturan Suhu

Dalam konteks perubahan iklim, produktivitas tanaman pangan utama sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, khususnya transpirasi dan pengaturan suhu. Penelitian oleh Siallagan et al. menunjukkan bahwa kualitas lingkungan berimplikasi langsung pada produktivitas pangan dan akses terhadap sumber daya pangan di Indonesia, terutama di 32 provinsi yang telah diteliti.

Penelitian ini mendemonstrasikan pentingnya interaksi antara faktor eksternal dan kapasitas adaptasi petani dalam meningkatkan ketahanan pangan. Dengan meningkatnya suhu global serta perubahan pola curah hujan yang tidak menentu, pengaturan suhu tanaman menjadi kunci untuk menjaga produktivitas optimal, interaksi iklim, terutama curah hujan, dan dampaknya terhadap produksi pangan lokal.

Transpirasi juga berperan penting dalam efisiensi penggunaan air oleh tanaman. Karenanya, karakter stomata pada tanaman sangat menentukan proses fisiologis terkait, seperti fotosintesis dan respirasi, yang sangat berpengaruh pada produktivitas tanaman. Proses transpirasi tidak hanya memungkinkan transportasi air dan nutrisi dari akar ke daun tetapi juga berfungsi sebagai pendingin alami bagi tanaman, yang sangat diperlukan dalam kondisi suhu tinggi yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim. Selain itu, suhu nutrisi yang dikelola dengan tepat dalam budidaya hidroponik dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, di mana peningkatan atau penurunan suhu dapat secara langsung memengaruhi produktivitas.

Adaptasi terhadap perubahan iklim perlu dipertajam dengan strategi yang berorientasi pada peningkatan kapasitas petani dalam menghadapi risiko iklim. Menurut Sumaryanto, petani harus diberikan pelatihan dan pemahaman tentang cara-cara adaptasi, termasuk pemilihan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap stres iklim, melakukan rotasi tanaman, dan teknik irigasi yang efisien. Kapasitas untuk beradaptasi tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga membantu menjaga ketahanan ekosistem pertanian dalam menghadapi ancaman dari perubahan iklim (Yuliatun et al., 2023).

2.3.4 Perkembangan dan Pembungaan

Pertumbuhan tanaman dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu pertumbuhan vegetatif dan generatif. Pertumbuhan vegetatif mencakup pengembangan organ-organ tanaman seperti akar, batang, dan daun, yang berhubungan langsung dengan fotosintesis dan akumulasi biomassa tanaman. Sebaliknya, pertumbuhan generatif berfokus pada pembungaan dan pembentukan biji, yang merupakan aspek penting dalam reproduksi tanaman. Keseimbangan antara kedua fase ini sangat penting untuk meningkatkan hasil panen, terutama pada tanaman pangan utama seperti padi dan kedelai.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa stimulan dalam fase vegetatif dapat mempercepat transisi menuju fase generatif. Penelitian oleh Sari et al. menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan pada kedelai meningkatkan laju pertumbuhan vegetatif dan mempercepat transisi ke fase generatif, sehingga waktu panen menjadi lebih singkat.

Penggunaan pupuk organik cair dapat meningkatkan perkembangan fase vegetatif dan generatif pada tanaman padi. Perlakuan vernaliasi pada tahap awal memberikan peningkatan pada karakter berbunga dan jumlah umbel pada bawang merah, menunjukkan pengaruh pengelolaan awal pertumbuhan terhadap hasil generatif.

Dalam konteks tanaman pangan seperti jagung, pemahaman yang baik tentang kebutuhan air dan nutrisi selama fase vegetatif dan generatif sangat penting. Penelitian oleh Samsun et al. menyoroti bahwa kondisi lingkungan yang baik mendukung pertumbuhan vegetatif yang optimal, yang pada gilirannya memengaruhi laju pengisian biji dan hasil panen. Oleh karena itu, irigasi yang tepat dan pemberian pupuk yang memadai pada waktu yang kritis juga berkontribusi pada kesehatan tanaman di kedua fase tersebut.

Selain itu, dalam penelitian mengenai mentimun, keberadaan boron terbukti memengaruhi pertumbuhan baik vegetatif maupun generatif. Namun, interaksi antara varietas dan konsentrasi boron tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa faktor genetik juga memainkan peranan penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Secara keseluruhan, hubungan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif pada tanaman pangan utama adalah kompleks, melibatkan interaksi berbagai faktor termasuk perlakuan agronomi, genetik, dan kondisi lingkungan. Pemahaman yang lebih dalam tentang aspek-aspek ini dapat membantu para petani dan peneliti untuk meningkatkan hasil produksi tanaman pangan secara berkelanjutan.

2.4 Karakteristik Produksi dan Hasil Panen

Dalam analisis karakteristik produksi dan hasil panen untuk tanaman pangan utama, terdapat beberapa aspek yang sangat penting: potensi hasil, umur panen, dan produktivitas. Setiap aspek ini memengaruhi ketahanan pangan dan ekonomi pertanian di berbagai daerah di Indonesia.

Potensi hasil dari tanaman pangan sangat bervariasi tergantung pada lokasi dan jenis tanaman. Sebagai contoh, Kabupaten Bone menunjukkan potensi yang besar dalam produksi benih jagung hibrida, dengan peran signifikan dalam ekonomi pertanian Indonesia berkat fungsinya sebagai sumber pangan, pakan, dan bahan industri.

Selain itu, penelitian di Kabupaten Majalengka mengidentifikasi komoditas unggulan seperti padi sawah dan jagung yang meningkatkan kontribusi terhadap perekonomian lokal, menandakan bahwa pengembangan tanaman pangan di daerah tersebut dapat dipercepat dengan berbagai intervensi. Kabupaten Lebak juga menunjukkan hasil positif dalam agribisnis dengan berbagai potensi tanaman pangan, baik di lahan sawah maupun darat, yang diperoleh dari analisis potensi agribisnis yang ada.

Umur panen tanaman pangan menjadi faktor penting dalam menentukan produktivitas dan efisiensi usaha tani. Perlunya pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi hasil produksi, meskipun tidak secara eksplisit menyebut umur panen dalam konteks tanaman pangan secara umum. Namun, kajian mengenai kedelai menunjukkan bahwa efisiensi usahatani juga ditentukan oleh waktu panen yang tepat, menekankan pentingnya strategi pemanenan.

Produktivitas tanaman pangan merupakan indikator utama keberhasilan pertanian. Penelitian di Kabupaten Ciamis menemukan bahwa kedelai memiliki nilai efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan padi dan jagung, yang menunjukkan pentingnya pemilihan komoditas yang tepat untuk meningkatkan produktivitas. Peningkatan teknologi dan manajemen

pertanian yang baik sangat diperlukan untuk mencapai potensi produktivitas maksimal di Kabupaten Lombok Tengah, yang merupakan sentra produksi beras di NTB. Selain itu, penelitian di bidang sistem pendukung keputusan menunjukkan perlunya penggunaan sistem ini untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan efektivitas pemilihan lahan.

Kesimpulannya, untuk meningkatkan hasil pertanian, penting untuk memahami potensi, umur panen, dan faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas tanaman pangan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa intervensi yang tepat dan strategi pengelolaan yang baik berpotensi besar untuk meningkatkan ketahanan pangan. Upaya pengembangan komoditas unggulan dan peningkatan kapasitas teknologi dalam pertanian akan memberikan dampak signifikan terhadap hasil produksi pangan di masa yang akan datang.

2.5 Interaksi Morfologi dan Fisiologi

Interaksi antara morfologi dan fisiologi pada tanaman pangan utama merupakan aspek penting dalam memahami cara tanaman beradaptasi dengan lingkungannya serta meningkatkan produktivitasnya. Morfologi tanaman, termasuk struktur organ seperti akar, batang, dan daun, memiliki peran vital dalam fungsi fisiologis seperti penyerapan nutrisi, fotosintesis, dan resistensi terhadap stres lingkungan. Struktur morfologis yang baik dapat meningkatkan efisiensi dalam proses fisiologis ini, dan sebaliknya, perbaikan dalam fisiologi tanaman dapat memengaruhi perkembangan morfologisnya.

Dosis kalsium yang tepat dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman genangan dengan mempertahankan struktur anatomi akar dan stomata. Hal ini menunjukkan bahwa morfologi akar dan stomata yang sehat berkontribusi pada kemampuan tanaman untuk mengatasi stres

lingkungan, yang pada gilirannya mendukung fungsi fisiologis seperti respirasi dan fotosintesis yang lebih efisien.

Selain itu, karakteristik morfologis tanaman tertentu dapat dioptimalkan melalui teknik budidaya, seperti pemupukan dan manajemen air. Dalam konteks pengelolaan lahan, ketersediaan hara dan pengelolaan kelembaban tanah sangat memengaruhi pertumbuhan morfologis tanaman pangan, termasuk jagung dan ubi kayu. Penggunaan metode konservasi tanah dan penambahan bahan organik tidak hanya meningkatkan kesuburan tanah tetapi juga merangsang pertumbuhan morfologis yang lebih baik, sehingga mendukung kesehatan fisiologis tanaman.

Penelitian lain menggarisbawahi bahwa keragaman genetik morfologi, seperti yang terlihat pada aksesi ubi jalar, berpengaruh terhadap adaptabilitas tanaman terhadap kondisi lingkungan yang berbeda, serta potensi produksinya. Ini mencerminkan bahwa perbedaan dalam morfologi tidak hanya mendukung fungsi fisiologis tetapi juga menentukan seberapa baik tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan beragam dan stres produksi. Dalam hal ini, identifikasi variasi morfologis yang menguntungkan dapat berkontribusi pada pemuliaan tanaman yang lebih produktif.

Lebih jauh, integrasi pengetahuan lokal tentang spesies tanaman pangan, seperti dalam studi etnobotani di masyarakat, memberikan wawasan mengenai nilai morfologi spesies tertentu yang sudah lama digunakan oleh masyarakat untuk ketahanan pangan. Pengetahuan ini dapat dirangkum menjadi praktik pertanian yang berkelanjutan dan adaptif yang tidak hanya memperhatikan morfologi tetapi juga fisiologi dan kebutuhan nutrisi spesifik tanaman.

Dalam pengembangan program ketahanan pangan, pemilihan jenis tanaman pangan berdasarkan karakteristik morfologis yang sesuai dengan jenis tanah dan iklim lokal juga sangat penting. Suatu penelitian mengungkapkan penggunaan metode klasifikasi untuk menentukan kesesuaian tanah yang dapat mendukung jenis tanaman tertentu, yang dapat meningkatkan efisiensi input agrikultur dan hasil panen. Hal ini

menyoroti pentingnya penggabungan pemahaman tentang morfologi tanaman dengan analisis kondisi edafik untuk meningkatkan produktivitas pertanian.

Dalam rangka mengoptimalkan hasil pertanian, jelas bahwa perhatian terhadap interaksi antara morfologi dan fisiologi sangat penting. Dengan memahami dan memanfaatkan interaksi ini melalui praktik pertanian yang inovatif, kita dapat membantu mewujudkan ketahanan pangan yang lebih baik, meningkatkan efisiensi produksi, dan memastikan keberlanjutan sistem pangan yang ada.

2.6 Ketahanan Hama dan Penyakit

Ketahanan terhadap hama dan penyakit pada tanaman pangan utama merupakan isu yang sangat penting bagi pertanian dan ketahanan pangan. Berbagai pendekatan berbasis ilmiah telah diteliti untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk, penggunaan teknik pemuliaan, dan penerapan produk biologis merupakan strategi efektif dalam menghadapi tantangan ini.

Salah satu pendekatan yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama adalah penggunaan pupuk kalium. Aplikasi pupuk kalium tidak hanya meningkatkan pertumbuhan kedelai tetapi juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama seperti kepik hijau (Nezara viridula), yang dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan hingga 80%. Hal ini sejalan dengan temuan lainnya bahwa pengendalian tanaman melalui pemupukan yang tepat dapat mengurangi dampak hama dan penyakit, yang pada gilirannya bisa meningkatkan hasil panen.

Dalam konteks penyakit, pemuliaan tanaman melalui marker genetik, seperti yang diusulkan dalam penelitian oleh Oktavia dan Kusdiana, bisa menjadi strategi jangka panjang yang efektif. Peneliti ini berupaya

mengidentifikasi Quantitative Trait Loci (QTL) terkait ketahanan terhadap beberapa penyakit utama pada tanaman karet, yang relevan dengan upaya meningkatkan ketahanan berbagai jenis tanaman pangan terhadap penyakit.

Selain itu, penggunaan isolat rizobakteri telah terbukti menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan ketahanan jagung terhadap penyakit layu Stewart, seperti yang dilaporkan oleh Temaja, di mana perlakuan dengan rizobakteri menghasilkan ketahanan yang tinggi serta meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Penggunaan agens hayati, seperti Bacillus subtilis dan Trichoderma harzianum, juga telah menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan ketahanan padi terhadap penyakit blas (Pyricularia oryzae). Dalam eksperimen tersebut, aplikasi kombinasi kedua mikroba ini mampu memberikan tingkat pengendalian penyakit yang signifikan. Ini menandakan bahwa integrasi solusi biologis dalam praktik penanaman dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan.

Pengaruh iklim juga tidak bisa diabaikan dalam konteks ketahanan pangan. Perubahan iklim berdampak negatif terhadap ketahanan pangan akibat variasi curah hujan yang dapat menghambat produksi pertanian, suatu situasi yang menuntut adaptasi untuk mempertahankan produktivitas. Adaptasi terhadap iklim menjadi bagian penting dari strategi ketahanan pangan, perlunya perhatian terhadap variabel lingkungan dan biotik dalam meningkatkan ketahanan tanaman padi.

Hubungan antara pemilihan varietas pertanian yang tahan hama dan penyakit dengan keberhasilan dalam memenuhi kebutuhan pangan. Penanaman varietas unggul yang memiliki ketahanan terhadap penyakit, seperti yang teridentifikasi dalam penelitian tentang kedelai, menjadi strategi penting untuk mencapai ketahanan pangan yang lebih baik di masa akan datang.

Secara keseluruhan, ketahanan terhadap hama dan penyakit pada tanaman pangan utama dapat ditingkatkan melalui kombinasi pendekatan

pemupukan, pemuliaan tanaman, penggunaan agens hayati, serta perhatian terhadap faktor lingkungan. Gabungan strategi ini sangat penting untuk mencapai hasil pertanian yang optimal dalam menghadapi tantangan yang ada.

Bab 3

Persiapan Lahan: Teknik Pengolahan Tanah

3.1 Definisi dan Tujuan Pengolahan Tanah

Srivastava etl al., (2006) mendefinisikan pengolahan tanah sebagai cara mengubah kondisi tanah secara mekanis.

Dalam bidang pertanian, tujuan pengolahan tanah adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan struktur tanah yang sesuai untuk perkembangan akar.
2. Mengontrol gulma atau menghilangkan tanaman yang tidak diinginkan.
3. Meminimalisir sisa tanaman.

4. Meminimalisir erosi tanah (jika diperlukan akan dilakukan pengolahan kontur, dll).
5. Menyampurkan tanah dengan pupuk, pestisida, maupun zat penambah tanah lainnya.

Wilkes (2020) juga menyatakan bahwa pengolahan tanah adalah cara menyiapkan tanah yang akan digunakan dalam budidaya dan menggemburkan tanah agar terbebas dari gulma selama masa budidayanya.

3.2 Ruang Lingkup Pengolahan Tanah

Lahan pertanian dapat berasal dari lahan hutan ataupun lahan lain yang membutuhkan kegiatan pembukaan lahan.

Menurut Hadiutomo (2012), secara umum, terdapat tiga cara yang dilakukan untuk membuka lahan antara lain:

1. Secara manual yaitu menggunakan tenaga manusia dan alat-alat sederhana. Cara ini membutuhkan banyak waktu dan tenaga.
2. Pembukaan lahan secara mekanis yaitu menggunakan mesin seperti bulldozer, excavator, dan traktor. Secara teoretis, cara ini lebih efisien dari segi waktu, tenaga, dan biaya.
3. Pembukaan lahan secara kimia dilakukan dengan menyemprot tanaman dengan bahan kimia agar tanaman mati.

Pemilihan cara pembukaan lahan disesuaikan dengan kondisi area masing-masing. Meskipun demikian, konservasi tanah dan lingkungan perlu diperhatikan agar cara pembukaan yang dipilih tidak mengganggu kesetimbangan ekosistem. Hendaknya dilakukan kajian dampak lingkungan yang mendalam sebelum memilih cara pembukaan lahan.

Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembukaan lahan antara lain:

1. Pengukuran luas area yang akan dibuka,
2. Pengukuran jarak tanam,
3. Pembuatan jalan masuk,
4. Pembuatan konservasi air.

Kegiatan pembukaan lahan akan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti penggunaan lahan, keadaan dan daya dukung tanah, topografi, dan keadaan iklim.

Ruang lingkup pengolahan tanah secara luas (Hartono dan Wibowo, 2018) antara lain sebagai berikut:

1. Pembersihan lahan (land clearing) dari tanaman yang tidak diinginkan.
2. Pembalikan dan penghancuran tanah menjadi partikel kecil.
3. Penambahan bahan kimia, bahan organik, atau metode lain untuk meningkatkan daya dukung tanah.
4. Pembentukan akhir (bedengan, guludan, dan lainnya)

Produktivitas pembukaan lahan dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$Kap = \frac{L_p \times S \times 0{,}825}{10}$$

Keterangan:

- Kap: Kapasitas pembukaan lahan (Ha/jam)
- Lp : Lebar pemotongan/pembukaan lahan (m)
- S : Kecepatan (km/jam)
- 0,825 : Efisiensi kerja pembukaan lahan

3.3 Tahapan Pengolahan Tanah

Tahapan pertama setelah kegiatan pembukaan lahan adalah tahapan persiapan lahan (land preparation). Kegiatan yang dilakukan antara lain pengelolaan sisa-sisa budidaya tanaman, pengelolaan mulsa dan tanaman penutup tanah. Pemberian bahan-bahan seperti pupuk, kapur, pestisida granular atau tepung juga dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat biologis tanah.

Tahapan kedua adalah pengolahan tanah primer. Kegiatan ini merupakan pengolahan tanah yang dilakukan untuk membalikkan tanah dan memotong sisa tanaman. Kegiatan ini dilakukan agar tanah yang awalnya berada di atas permukaan tanah bertukar posisi sehingga terbenam. Hasil kegiatan pengolahan tanah primer adalah bongkahan tanah yang masih cukup besar sehingga memerlukan pengolahan tanah lanjutan (Gambar 3.1).

Gambar 3.1: Hasil Pengolahan Tanah Primer (Google Images)

Tahapan ketiga adalah pengolahan tanah sekunder. Kegiatan ini merupakan proses lanjutan dalam kegiatan pengolahan tanah. Tanah yang sebelumnya dibalik kemudian dihaluskan menggunakan peralatan pengolahan tanah primer.

Tujuan pengolahan tanah primer adalah:

1. Menggemburkan tanah,
2. Memotong serasah tanaman yang belum terolah optimal pada pengolahan tanah primer,
3. Meminimalisir gulma.

Hasil pengolahan tanah sekunder dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.

Gambar 3.2: Hasil Pengolahan Tanah Sekunder (Google Images)

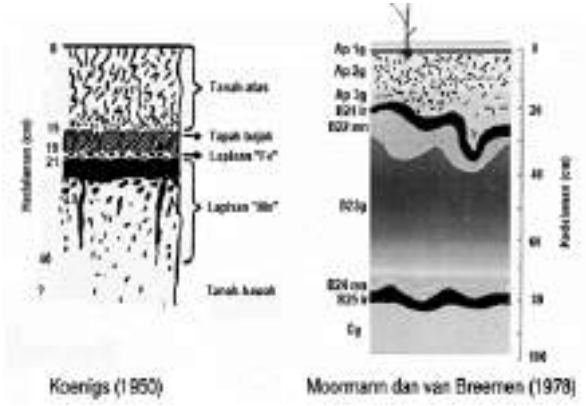
Tahap akhir adalah pembentukan lahan misalnya pembentukan bedengan untuk budidaya tanaman palawija. Pembentukan bedengan juga bertujuan untuk konservasi tanah dan air seperti disajikan pada Gambar 3.3 berikut.

Gambar 3.3: Pembentukan Bedengan (Google Images)

3.3.1 Pengolahan Tanah Sawah

Tanah sawah cukup berbeda teknik pengolahannya dengan cara olah tanah untuk kebutuhan budidaya lainnya. Definisi tanah sawah adalah tanah yang digunakan untuk kegiatan budidaya padi baik secara terus-menerus maupun diselang-seling dengan tanaman lain.

Tanah sawah pada asalnya merupakan tanah kering yang diirigasi/diari dengan tadah hujan kemudian disawahkan, atau dari tanah rawa-rawa yang "dikeringkan" dengan membuat saluran-saluran drainase. Di daerah pasang surut ditemukan sawah pasang surut, sedangkan yang dikembangkan di daerah rawa-rawa lebak disebut sawah leba (Hardjowigeno dan Reyes, 2005). Profil tanah sawah dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4: Profil Tanah Sawah Khas menurut Koenings (1950) dan Moorman dan van Breemen (1978) (Hardjowigeno dan Reyes, 2005)

Karakteristik lahan sawah pada umumnya adalah:

1. Terdapat lapisan olah dengan kedalaman 20 cm untuk lokasi perkembangan akar padi.
2. Terdapat lapisan tapak bajak yang merupakan lapisan kedap air dengan densitas tanah yang tinggi
3. Tahapan pengolahan tanah sawah

4. Pembersihan jerami dan rumput dengan memisahkan jerami, sisa panen yang tidak terangkat, dan pembersihan gulma.
5. Penggenangan lahan selama sekitar 4–5 bulan dengan ketinggian 5–10 cm sehingga tanah akan tereduksi. Penggenangan akan memunculkan lumpur halus.
6. Pengaturan pematang untuk mempermudah pengaturan irigasi dan memudahkan perawatan tanaman.
7. Pengolahan dengan alat dan mesin pertanian untuk membuat lapisan kedap air.

3.3.2 Pola Pengolahan Tanah

Pola pengolahan tanah adalah pola gerak alsintan di lahan. Bentuk pola ini disesuaikan dengan kondisi lahan dan hasil akhir olahan yang diinginkan.

Hadiutomo (2012) menyebutkan ada lima macam pola pengolahan tanah yang dapat dipilih dan dibahas di bawah ini:

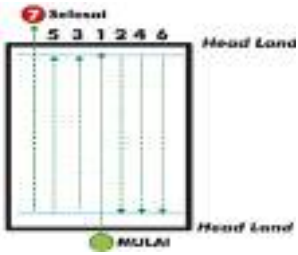
1. Pola tengah

   Pola pengolahan tengah diaplikasikan pada kondisi lahan yang memanjang dan sempit. Hasil pembajakan dengan menggunakan pola ini adalah alur balik (back furrow) yaitu alur bajak yang saling berhadapan dan menumpuk di sepanjang bagian tengah lahan. Ilustrasi hasil pembajakan menggunakan pola tengah dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

   Cara pengoperasian traktor dengan pola tengah adalah sebagai berikut:

   a. Menandai area yang akan digunakan sebagai lokasi belok traktor (head land) di kedua ujung lahan. Estimasi panjang head land adalah 1,5 kali panjang traktor.
   b. Menjalankan traktor dari tengah lahan dan lemparan bajakan tanah ke arah kanan.

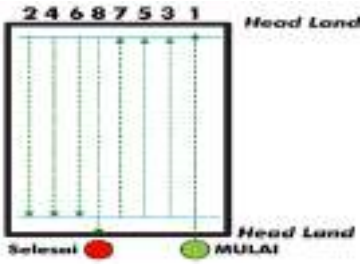
c. Setelah traktor sampai di ujung lahan, traktor dibelokkan ke kanan. Pembajakan dilakukan rapat dengan hasil pembajakan pertama.
d. Pembajakan ketiga dan seterusnya mengikuti cara yang sama yaitu membelokkan traktor ke kanan di ujung lahan dan membajak hasil pengolahan sebelumnya dengan rapat.
e. Daerah head land diolah setelah seluruh pembajakan selesai. Adapun lahan yang tidak terjangkau oleh traktor dapat diolah menggunakan cangkul.



Gambar 3.5: Pola Tengah

2. Pola tepi

Pola ini juga cocok diterapkan pada lahan yang memanjang dan sempit. Hasil yang dihasilkan dari pola ini adalah alur mati (dead furrow) yang saling berdampingan satu sama lain. Ilustrasi pengolahan tanah metode ini disajikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6: Pola Tepi

Cara pengoperasian traktor pola tepi adalah sebagai berikut:

a. Menandai area yang akan digunakan sebagai lokasi belok traktor (head land) di kedua ujung lahan. Estimasi panjang head land adalah 1,5 kali panjang traktor.
b. Menjalankan traktor dari tepi sebelah kanan, lemparan tanah hasil bajakan ke arah kanan.
c. Setelah traktor sampai di ujung lahan, traktor bergerak ke kiri dan melakukan pembajakan kedua pada tepi sebelah kiri
d. Setelah traktor sampai di ujung lahan, traktor dibelokkan ke kiri untuk memulai pembajakan ketiga. Pembajakan ketiga ini dilakukan rapat dengan pembajakan pertama. Setelah sampai di ujung lahan maka traktor dibelokkan ke kiri dan dilakukan pembajakan keempat. Pembajakan keempat dilakukan dengan membajak rapat dengan hasil pembajakan kedua.
e. Pembajakan seperti ini dilakukan pada lintasan-lintasan lain berikutnya hingga selesai.
f. Daerah head land diolah setelah seluruh pembajakan selesai. Adapun lahan yang tidak terjangkau oleh traktor dapat diolah menggunakan cangkul.

3. Pola keliling tengah

Pola ini cocok diterapkan pada berbentuk persegi dan cukup luas. Agar dapat melakukan pembajakan dengan pola ini maka diperlukan area berbelok pada kedua diagonal lahan. Pembajakan dilakukan dari tengah. Hal ini cukup menyulitkan operator pada awal pengolahan karena pembelokan traktor terjadi pada posisi putaran yang sempit. Gambar 3.7 menunjukkan ilustrasi pengolahan tanah dengan pola keliling tengah.

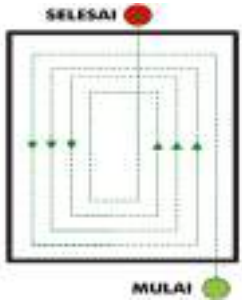
Cara pembajakan dengan pola ini adalah sebagai berikut:

a. Traktor berjalan dari tengah lahan, lalu langsung memutar ke kanan sejajar sisi lahan.
b. Pembajakan kedua dan seterusnya dilakukan memutar sampai tepi lahan dengan arah lemparan hasil bajakan ke arah kanan
c. Lahan yang tidak terjangkau traktor diolah dengan cangkul.

Gambar 3.7: Pola Keliling Tengah

4. Pola keliling tepi

Pola pengolahan tanah jenis ini cocok digunakan pada kondisi lahan yang berbentuk persegi dan agak luas. Seperti halnya pola keliling tengah, pola ini membutuhkan lokasi belokan pada kedua diagonal. Pembajakan dimulai dari tepi kanan dan berakhir di tengah lahan. Pada akhir pembajakan, operator akan merasa kesulitan karena sempitnya area berbelok (Gambar 3.8).



Gambar 3.8: Pola Keliling Tepi

Berikut adalah cara pembajakan dengan pola keliling tepi

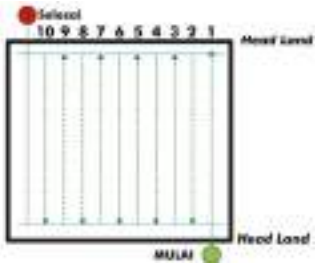
a. Traktor mulai berjalan dari sisi tepi sebelah kanan.
b. Sampai ujung lahan, traktor kemudian dibelokkan ke arah kiri, sejajar sisi lahan.
c. Hal tersebut dilakukan seterusnya dengan memutar sampai ke tengah lahan. Lemparan hasil bajakan adalah ke arah luar.
d. Sisa lahan diolah yang tidak terjangkau traktor diolah dengan cangkul

5. Pola bolak-balik rapat

Pengolahan tanah yang cocok menggunakan pola bolak-balik rapat (Gambar 3.9) adalah kondisi lahan yang memanjang dan sempit. Pola ini akan menghasilkan lemparan hasil pembajakan ke kanan dan kiri.

Pembajakan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a. Menandai area lokasi belok (head land).
b. Memulai pembajakan pertama dari salah satu tepi. Jika memulai dari tepi kanan maka lemparan hasil bajakan adalah ke arah kanan. ’
c. Di ujung lahan, traktor dibelokkan ke kiri dan memosisikan traktor berimpit dengan pembajakan pertama. Pada posisi ini hasil pembajakan ke arah kiri dan hasil pembajakan mengisi alur hasil pembajakan pertama.
d. Hal ini dilakukan hingga sampai sisi kiri lahan dan pembajakan selesai.



Gambar 3.9: Pola Bolak-Balik Rapat

3.4 Alat dan Mesin Pertanian untuk Pengolahan Tanah

Alat pengolahan tanah dapat dibagi menjadi alat pengolahan tanah primer, alat pengolahan tanah sekunder, dan alat pembentuk tanah. Sesuai dengan namanya, alat pengolahan tanah primer adalah untuk pekerjaan pengolahan tanah pertama yaitu membongkar dan membalikkan tanah. Alat-alat tersebut antara lain: bajak singkal, bajak piring, bajak pahat, dan subsoiler. Alat pengolahan tanah primer disajikan pada Gambar 3.10 berikut.

Gambar 3.10: Alat Pengolah Tanah Primer; a) Bajak Singkal, b) Bajak Piring, c) Bajak Pahat, dan d) Subsoiler (Google Images)

Alat pengolahan tanah sekunder adalah alat pengolahan tanah yang untuk menghaluskan hasil pembajakan pertama. Alat-alat yang dapat dipilih antara lain garu piring, rotari, dan spike harrow seperti disajikan pada Gambar 3.11.

Gambar 3.11: Alat Pengolah Tanah Sekunder; a) Garu Piring dan b) Rotari

Alat pembentuk tanah digunakan untuk membuat bedengan dan guludan. Penggunaan alat ini akan memudahkan pekerjaan petani sehingga waktu pengerjaan lahan menjadi lebih cepat. Contoh alatnya dapat dilihat pada Gambar 3.12 di bawah ini.

Gambar 3.12: Alat Pembentuk Tanah; a) Bed Shaper dan b) Ridger (Google Images)

3.5 Penghitungan Efisiensi Kinerja Alsintan

Efisiensi kerja alsintan dihitung untuk mengidentifikasi performa alsintan di lapangan. Penghitungan efisiensi ini dihitung dari perbandingan nilai kapasitas kerja lapangan efektif dengan teoretisnya. Kapasitas kerja lapangan adalah kemampuan alsintan untuk menghasilkan produk per satuan waktu. Satuan yang digunakan adalah hektare per jam.

Kapasitas kerja lapangan teoretis adalah kemampuan kerja suatu alat dalam suatu bidang tanah dengan kecepatan berjalan 100% dan lebar kerja 100%. Adapun kapasitas kerja lapangan efektif merupakan rata-rata dari kemampuan kerja alat di lapangan untuk menyelesaikan suatu bidang tanah. Penghitungan kapasitas kerja lapangan teoretis adalah sebagai berikut:

$$KLT = 0{,}36 \times v \times L$$

Keterangan:

- KLT : kapasitas lapang teoretis (ha/jam)
- 0,36 : faktor konversi menjadi ha/jam
- v : kecepatan kerja traktor (m/s)
- L : lebar kerja rata-rata (m)

Penghitungan kapasitas kerja efektif adalah sebagai berikut:

$$KLE = \frac{A}{T_p}$$

Keterangan:

- KLT : kapasitas lapang teoretis
- A : luasan lahan (hektare)
- TP : waktu pengolahan lahan (jam)

Setelah memperoleh nilai kapasitas kerja lapang teoretis dan efektif maka dapat dihitung efisiensi kerja lahan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{KLE}{KLT} \times 100\%$$

Keterangan:

η : efisiensi kerja (%)

Bab 4

Teknik Penanaman dan Pemilihan Benih

4.1 Pemilihan Benih

Keberhasilan budidaya tanaman pangan sangat ditentukan oleh dua tahapan awal yang krusial, yaitu pemilihan benih yang tepat dan penerapan teknik penanaman yang sesuai. Pemilihan benih yang bermutu akan menghasilkan tanaman yang sehat, tahan terhadap penyakit, serta memiliki potensi hasil tinggi. Sebaliknya, penggunaan benih yang kurang berkualitas dapat menyebabkan pertumbuhan tidak seragam, produktivitas rendah, hingga kegagalan panen.

Setelah benih dipilih dengan cermat, tahap selanjutnya adalah penanaman. Teknik penanaman meliputi berbagai aspek seperti pengolahan lahan, penentuan waktu tanam, jarak tanam, metode tanam, hingga sistem penanaman yang disesuaikan dengan karakteristik tanaman dan kondisi lingkungan. Pemahaman yang baik terhadap teknik ini akan memastikan

tanaman tumbuh optimal dan memanfaatkan sumber daya lahan secara efisien.

Bab ini disusun untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai prinsip dan praktik pemilihan benih serta teknik penanaman yang tepat pada tanaman pangan.

Bab ini terbagi menjadi empat bagian utama, yaitu:

1. Pemilihan Benih, yang membahas kriteria mutu dan sumber benih
2. Persiapan Tanam, yang menjelaskan tahapan pengolahan lahan dan persiapan lingkungan tanam
3. Teknik Penanaman, yang memuat metode dan strategi penanaman berdasarkan jenis tanaman pangan.

Melalui pemahaman menyeluruh terhadap isi bab ini, diharapkan pembaca mampu menerapkan teknik budidaya yang efektif dan berkelanjutan guna mendukung peningkatan produksi pangan nasional.

Pemilihan benih merupakan tahap awal yang krusial sebelum proses penanaman dimulai, karena benih berfungsi sebagai bahan tanaman utama yang menentukan keseragaman pertumbuhan, ketahanan terhadap penyakit, serta potensi hasil panen. Dalam budidaya tanaman pangan, benih yang bermutu tinggi baik secara genetik, fisiologis, maupun fisik akan tumbuh menjadi tanaman yang sehat dan produktif. Pemilihan benih yang tepat juga menjadi langkah preventif untuk meminimalkan gangguan pertumbuhan, serangan patogen, dan penurunan hasil akibat benih tidak layak tanam.

Selain itu, keberhasilan budidaya sangat ditentukan oleh kesesuaian antara mutu benih dan teknik penanaman yang digunakan, seperti jarak tanam, kedalaman, dan pola tanam, yang harus disesuaikan dengan karakteristik tanaman dan kondisi lingkungan setempat. Studi menunjukkan bahwa penggunaan benih bersertifikat dengan teknik tanam yang tepat mampu meningkatkan hasil panen hingga 15–20% dibandingkan benih lokal tanpa

seleksi dan teknik tanam konvensional (Kumar et al., 2020; Yadav et al., 2025).

Benih bermutu tinggi merupakan fondasi utama dalam budidaya tanaman pangan. Untuk mencapai hasil panen optimal, benih yang digunakan harus memenuhi empat aspek mutu utama, yaitu mutu genetik, fisiologis, fisik, dan sanitasi. Mutu genetik berkaitan dengan kemurnian varietas, stabilitas sifat, serta asal-usul dari varietas unggul. Mutu fisiologis mencakup daya kecambah tinggi (lebih dari 80%) dan vigor yang baik, yang memungkinkan benih tumbuh cepat dan kuat di lapangan.

Dari sisi mutu fisik, benih harus seragam dalam ukuran dan warna, bersih dari kotoran atau sisa panen, serta tidak tercampur dengan benih lain. Sementara itu, mutu sanitasi atau kesehatan benih mengacu pada kebebasan dari patogen seperti jamur, bakteri, atau virus, serta bebas dari serangan serangga hama yang dapat mengganggu pertumbuhan awal tanaman (FAO, 2010).

Dalam budidaya tanaman pangan, sumber benih yang digunakan harus berasal dari pihak yang terpercaya dan memenuhi standar mutu, agar dapat menjamin pertumbuhan tanaman yang sehat serta hasil produksi yang optimal. Jenis benih yang umum digunakan dalam praktik pertanian meliputi beberapa kategori utama. Pertama, benih bersertifikat, yaitu benih yang diproduksi oleh lembaga resmi atau penangkar terdaftar, serta diawasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB), sehingga memiliki mutu genetik dan fisiologis yang terjamin (Kementerian Pertanian, 2022).

Benih hasil pemuliaan modern, seperti benih hibrida yang memiliki keunggulan vigor dan potensi hasil tinggi, serta benih hasil rekayasa genetika (GMO) yang penggunaannya di Indonesia masih terbatas karena aspek regulasi dan sosial budaya (FAO, 2010). Oleh karena itu, pemilihan jenis benih harus mempertimbangkan kesesuaian dengan lingkungan tumbuh, tujuan budidaya, dan prinsip keberlanjutan pertanian.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia, benih tanaman pangan wajib memenuhi

sejumlah standar mutu minimum untuk dapat diedarkan dan digunakan dalam kegiatan budidaya. Berdasarkan Permentan No. 39 Tahun 2022, kriteria mutu tersebut antara lain mencakup daya kecambah minimal 80%, kadar air maksimal 12%, kemurnian benih minimal 98%, serta bebas dari organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti patogen dan hama gudang (Kementerian Pertanian, 2022). Standar ini dirancang untuk menjamin bahwa benih yang digunakan mampu tumbuh optimal di lapangan, memiliki ketahanan terhadap stres, dan memberikan hasil yang konsisten.

Sebelum digunakan, benih perlu melalui pengujian mutu yang dilakukan baik secara laboratorium maupun lapangan. Pengujian ini meliputi uji daya kecambah, yaitu menilai jumlah benih yang tumbuh normal dalam kondisi optimal menggunakan media seperti kertas merang atau pasir. Selanjutnya, dilakukan uji vigor untuk mengukur kecepatan dan kekuatan tumbuh benih, yang sangat penting pada kondisi lapang yang tidak selalu ideal. Selain itu, uji kadar air dilakukan untuk memastikan benih berada dalam tingkat kelembaban yang aman selama penyimpanan, karena kadar air yang tinggi dapat memicu kerusakan fisiologis atau serangan mikroorganisme (ISTA, 2021).

Sumber benih juga menentukan keberhasilannya. Benih bersertifikat yang diproduksi oleh lembaga resmi dan diawasi oleh Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) menjamin mutu secara menyeluruh. Sementara itu, benih lokal atau tradisional masih banyak digunakan petani karena keunggulannya dalam adaptasi lokal. Selain itu, benih dari hasil pemuliaan modern, seperti benih hibrida, memiliki potensi hasil yang tinggi, meskipun kadang memerlukan input lebih intensif (Kumar, 2020).

Teknologi tambahan seperti seed priming yaitu perlakuan awal benih seperti osmopriming atau biopriming terbukti mampu meningkatkan kecepatan perkecambahan, kekompakan tumbuh, dan ketahanan terhadap stres awal (Kumar, 2020). Pemilihan benih yang tepat dan bermutu tinggi menjadi titik awal keberhasilan sistem budidaya yang efisien dan berkelanjutan.

4.2 Persiapan Tanam

Tahapan persiapan tanam sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan awal tanaman. Tanah yang dikelola dengan baik akan menyediakan lingkungan fisik, kimia, dan biologi yang optimal bagi benih untuk berkecambah, tumbuh, dan berkembang secara sehat. Persiapan tanam yang tepat juga membantu mengurangi kompetisi gulma, memperbaiki struktur tanah, serta mempermudah penyerapan air dan unsur hara.

Persiapan tanam merupakan tahap awal dalam budidaya tanaman pangan yang bertujuan menciptakan kondisi lahan dan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah bertujuan meningkatkan struktur tanah, memperbaiki aerasi dan drainase, serta membantu mengendalikan gulma. Secara umum, metode pengolahan dibagi menjadi dua: olah tanah konvensional, menggunakan bajak, cangkul, atau traktor; dan olah tanah konservasi, seperti minimum tillage dan tanpa olah tanah (zero tillage atau no-tillage).

Studi jangka panjang menunjukkan bahwa sistem no-tillage meningkatkan porositas tanah dan infiltrasi air serta memperkaya populasi mikroba pengurai (bakteri dan cacing tanah), meskipun kepadatan tanah bagian atas cenderung lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional (van Capelle et al., 2012; Sidras et al., 1982). Selain itu, penelitian selama tiga tahun menunjukkan bahwa sistem minimum atau tanpa olah tanah secara signifikan meningkatkan aktivitas mikroba, seperti respirasi dasar tanah (SBR), hingga 16–31% di lapisan 0–10 cm dibandingkan pengolahan penuh (Powlson et al., 2015).

Akhirnya, pengolahan tanah yang baik terutama sistem konservasi memberikan media tanam yang lebih stabil, menunjang penetrasi akar, meningkatkan keberlanjutan kesuburan tanah, dan pada akhirnya mendukung peningkatan output produksi.

Pemupukan dasar, yakni pemberian pupuk sebelum atau saat tanam, berperan penting dalam menyediakan unsur hara esensial pada fase awal pertumbuhan tanaman serta menjadi landasan utama dalam sistem

budidaya yang efisien. Penggunaan kombinasi antara pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang dan pupuk anorganik seperti Urea, SP-36, dan KCl telah terbukti meningkatkan pertumbuhan awal tanaman sekaligus memperbaiki kualitas tanah dan aktivitas mikroorganisme. Penelitian pada varietas tomat Bari Tomato-7 menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik dan anorganik menghasilkan tingkat perkecambahan sebesar 80–85% serta pertumbuhan bibit yang lebih sehat dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia tunggal (Mia et al., 2025).

Selain itu, studi selama empat tahun juga menemukan bahwa pemupukan terpadu mampu meningkatkan aktivitas enzim tanah seperti urease, fosfatase, dan sukrase hingga 30–50% lebih tinggi daripada pemupukan anorganik penuh (Fron. Environ. Sci., 2022). Oleh karena itu, dosis dan jenis pupuk perlu disesuaikan dengan hasil analisis tanah dan kebutuhan spesifik tanaman agar pemberian nutrisi menjadi efisien secara ekonomi, mendukung produktivitas, serta ramah lingkungan karena turut memperbaiki struktur dan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Ketersediaan air yang cukup pada awal pertumbuhan sangat penting, terutama untuk benih yang baru berkecambah dan akar muda yang belum kuat. Sebuah studi di Ethiopia menguji pengaruh frekuensi penyiraman pada jagung (Zea mays), menggunakan jeda satu, tiga, dan lima hari antara penyiraman. Hasilnya menunjukkan bahwa penyiraman harian menghasilkan panjang akar dan biomassa kering tertinggi (9,13 g), dibandingkan dengan jarak tiga (4,92 g) atau lima hari (4,30 g), meskipun tidak ada perbedaan signifikan pada jumlah kecambah bermunculan (Gudisa et al., 2021).

Temuan ini menegaskan bahwa penyiraman awal dan sering mendukung perkembangan awal yang sehat. Untuk sistem sawah, irigasi teknis melalui saluran yang dikendalikan sangat esensial, sementara di lahan kering petani menggunakan curah hujan awal, irigasi tetes atau embung. Disamping itu, sistem drainase yang baik juga perlu disiapkan untuk mencegah genangan yang bisa menyebabkan pembusukan akar dan penyakit tular tanah (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2020).

Dalam proses penanaman tanaman pangan, berbagai alat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan tanam, baik alat sederhana maupun modern. Untuk tanaman biji-bijian seperti jagung dan kacang-kacangan, petani sering menggunakan tugal, yaitu alat tanam manual yang berfungsi membuat lubang tanam secara cepat dan seragam.

Pada sistem tanam pindah seperti pada budidaya padi dan cabai, digunakan transplanter, yaitu alat mekanis atau semi-mekanis yang mempermudah pemindahan bibit dari persemaian ke lahan tanam secara seragam dan efisien, terutama di lahan yang luas (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2020).

4.3 Teknik Penanaman

Dalam proses pembibitan dan penanaman, penggunaan tray semai dan transplanter yang tepat berperan penting dalam mendorong efisiensi dan kualitas bibit. Sebuah studi oleh He et al. (2018) menunjukkan bahwa penggunaan nursery tray bertipe mangkok (pot) untuk padi yang dipindah mekanis meningkatkan indeks fotosintesis, indeks luas daun (LAI), dan akumulasi biomassa, sehingga dapat meningkatkan hasil hingga 11,8 ton/ha dibandingkan tray datar.

Penggunaan tray semai berkualitas, baik dari segi volume dan bahan tray, serta dukungan alat tanam yang tepat, telah terbukti mempercepat waktu tanam, mengurangi tenaga kerja, serta menghasilkan bibit yang lebih kuat dan seragam, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas tanaman. Petani sering menanam jagung atau kacang sering menggunakan tugal sebagai alat tanam manual untuk lubang tanam awal, sedangkan untuk budidaya padi atau cabai, transplanter (mekanis atau semi-mekanis) digunakan demi penanaman seragam dan efisien (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2020).

Waktu tanam sangat dipengaruhi oleh kondisi musiman, karakter tanaman, dan strategi agronomis, dengan implikasi besar terhadap produktivitas dan

adaptasi terhadap perubahan iklim. Pemilihan momen tanam yang tepat, misalnya menanam padi di awal musim hujan atau jagung dan kedelai menjelang musim kemarau sangat penting karena musim hujan dan kemarau memengaruhi ketersediaan air serta risiko serangan hama dan penyakit (FAO, 2013).

Penelitian lapangan selama empat tahun di Stasiun Eksperimen Agrometeorologi Jingzhou, Tiongkok Tengah, menunjukkan bahwa menggeser waktu tanam padi dari awal Mei ke pertengahan atau akhir Mei dapat meningkatkan hasil gabah sebesar 5,6% hingga 8,6%, karena penekanan stres panas dan optimalisasi suhu akumulatif saat fase kritis pertumbuhan (Xu et al., 2023). Dengan demikian, penentuan waktu tanam yang tepat tidak hanya menyesuaikan dengan kondisi iklim dan pola rotasi tanaman, tetapi juga dapat diselaraskan dengan permintaan pasar, sehingga memberikan keuntungan agronomis dan ekonomis yang maksimal.

Pola tanam merupakan strategi yang penting juga dalam pengelolaan lahan pertanian yang mengatur jenis dan urutan tanaman yang dibudidayakan pada suatu lahan selama satu atau beberapa musim tanam. Pola tanam yang dirancang dengan baik tidak hanya membantu menjaga kesuburan tanah melalui diversifikasi penyerapan unsur hara, tetapi juga berperan dalam mengurangi siklus hidup hama dan penyakit tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa sistem intercropping dan rotasi tanaman dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, produktivitas lahan, serta ketahanan ekosistem pertanian terhadap perubahan iklim dan gangguan biotik (Brooker et al., 2015; Lithourgidis et al., 2011).

Pola penanaman, seperti sistem larikan, sistem tegel, atau sistem jajar legowo, turut memengaruhi pencahayaan, sirkulasi udara, dan akses tanaman terhadap nutrisi. Di sisi lain, penempatan benih yang tepat dan penekanan ringan setelah tanam bertujuan memastikan kontak antara benih dan tanah tetap baik, yang esensial bagi penyerapan air dan pemicu imbibisi (FAO, 2015). Pada lahan kering atau musim kemarau, penyiraman awal setelah tanam diperlukan untuk menjamin kelembaban tanah yang cukup hingga benih berkecambah. Seluruh aspek ini harus disesuaikan

dengan musim tanam dan kondisi agroekologi setempat agar tercapai efisiensi lahan, daya tumbuh optimal, dan hasil panen yang tinggi (Sahu et al., 2023; He et al., 2020).

Berbagai metode penanaman digunakan dalam budidaya tanaman pangan, disesuaikan dengan jenis tanaman dan kondisi lahan guna memaksimalkan pertumbuhan dan hasil panen. Pada metode tanam langsung, benih disemaikan langsung ke dalam lahan tanpa melalui persemaian terlebih dahulu teknik ini umum digunakan pada tanaman seperti jagung, kedelai, dan kacang-kacangan, serta terbukti efisien dan hemat tenaga.

Untuk tanaman seperti padi dan cabai, metode tanam pindah (transplanting) digunakan, di mana bibit disemaikan terlebih dahulu dan dipindahkan ke lahan setelah memiliki akar dan daun yang memadai menurut meta-analisis, meskipun transplantasi tradisional lebih banyak menyerap air dan tenaga, metode ini tetap unggul dari segi stabilitas hasil jika tidak diimbangi dengan manajemen lainnya (Widestya et al., 2020; Parameswari et al., 2024). Metode tanam larikan dilakukan dengan menanam benih di alur sejajar dengan jarak tertentu untuk memfasilitasi pengelolaan hama, pemupukan, dan panen, meningkatkan efisiensi sistem larik.

Khusus pada padi, sistem legowo diterapkan dengan menyisipkan baris kosong di antara barisan tanaman (misalnya pola 4:1), sehingga meningkatkan penetrasi cahaya, ventilasi, dan pemanfaatan air; studi lapang menunjukkan peningkatan produktivitas hingga 20–22% dengan sistem ini (Lorenta et al., 2018). Pemilihan metode penanaman yang tepat sangat penting untuk menyeimbangkan efisiensi sumber daya, ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, dan hasil panen yang optimal.

Jarak tanam juga merupakan salah satu faktor krusial dalam teknik budidaya karena secara langsung memengaruhi efisiensi penggunaan ruang, intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman, serta distribusi air dan unsur hara dalam tanah. Penentuan jarak tanam yang tepat harus mempertimbangkan jenis tanaman, kesuburan tanah, serta tujuan budidaya. Misalnya, sistem jarak tanam legowo 4:1 pada padi sawah,

dengan pengaturan 25 cm x 12,5 cm antar rumpun dan barisan kosong setiap 4 baris, terbukti meningkatkan intensitas cahaya dan sirkulasi udara antar tanaman sehingga menghasilkan peningkatan produktivitas hingga 20% dibanding sistem konvensional (Lorenta et al., 2018; FAO, 2015).

Contoh penerapan teknik penanaman ini dapat dilihat pada budidaya beberapa komoditas utama. Pada padi sawah, metode tanam pindah dilakukan pada bibit berumur sekitar 21 hari setelah semai dengan kedalaman tanam 2–3 cm, menggunakan sistem legowo 4:1 untuk peningkatan efisiensi lahan dan hasil panen. Sementara itu, jagung ditanam secara langsung menggunakan tugal, dengan menempatkan 2–3 biji per lubang dan menggunakan jarak tanam 70 cm x 20 cm yang memungkinkan populasi optimal tanpa persaingan berlebihan.

Pada kedelai, metode tanam larikan diterapkan dengan penanaman langsung sebanyak 2 biji per lubang pada jarak tanam 40 cm x 15 cm, yang memungkinkan pencahayaan merata dan perakaran yang sehat (Parameswari et al., 2024; Widestya et al., 2020). Penyesuaian teknik ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendukung keberlanjutan budidaya di lahan terbatas.

Setelah penentuan jarak tanam, tahapan teknik penanaman selanjutnya mencakup beberapa komponen penting yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan awal tanaman dan efisiensi sistem budidaya. Salah satu aspek utama adalah kedalaman tanam, yang menentukan seberapa jauh benih atau bibit diletakkan di dalam tanah. Tanaman seperti padi umumnya ditanam pada kedalaman 2–3 cm saat transplanting, sementara benih jagung dan kedelai dianjurkan ditanam pada kedalaman 3–5 cm, tergantung jenis tanah (He et al., 2020).

Jumlah benih atau bibit per lubang tanam merupakan komponen penting dalam teknik penanaman karena menentukan populasi tanaman per satuan luas serta memengaruhi efisiensi pemanfaatan cahaya, air, dan nutrisi. Setiap jenis tanaman memiliki rekomendasi tersendiri tergantung pada ukuran benih, laju pertumbuhan, dan kondisi lingkungan. Misalnya, pada budidaya jagung, umumnya digunakan 2–3 biji per lubang untuk

memastikan keberhasilan pertumbuhan, terutama jika daya kecambah kurang dari 90% (He et al., 2020). Penentuan jumlah ini juga mempertimbangkan risiko kehilangan tanaman akibat hama atau stres lingkungan awal.

Selain itu, pola penanaman juga memengaruhi pertumbuhan dan hasil. Pola tegel (persegi) adalah pola dasar yang sederhana, namun cenderung padat dan mengurangi sirkulasi udara. Sebaliknya, pola larikan sejajar memungkinkan jarak tanam lebih seragam dan memudahkan pengelolaan gulma serta pemupukan. Sistem legowo, seperti legowo 4:1, dirancang khusus untuk meningkatkan akses tanaman terhadap cahaya dan ruang tumbuh dengan memberikan baris kosong setiap beberapa baris tanaman (Sahu et al., 2023). Pola segitiga sama sisi atau baris ganda juga dapat digunakan untuk tanaman tertentu untuk mengoptimalkan ruang. Pemilihan pola penanaman yang tepat sangat tergantung pada jenis tanaman, sistem irigasi, serta tujuan produksi (FAO, 2015).

Dari segi metode, teknik tanam dapat dilakukan secara langsung (seperti tugal pada jagung), pindah tanam (transplanting) seperti pada padi dan cabai, atau tanam larikan untuk kedelai. Penggunaan sistem precision planting, yang melibatkan alat otomatis berbasis GPS, sensor, dan AI, juga telah diterapkan secara luas untuk meningkatkan akurasi kedalaman dan jarak tanam serta efisiensi benih (Yadav et al., 2025).

Teknik penanaman yang tepat akan mendukung pertumbuhan akar yang sehat, distribusi populasi yang merata, dan hasil panen yang maksimal. adopsi teknologi presisi mampu meningkatkan efisiensi penanaman sebesar 15–20%, serta meningkatkan hasil panen sebesar 10–15%, yang menunjukkan keunggulan nyata dibandingkan dengan metode tanam tradisional (Lowenberg-DeBoer dan Erickson, 2019).

Bab 5

Pemupukan: Jenis, Cara Aplikasi dan Jadwal

5.1 Jenis Pupuk

Produktivitas tanaman pangan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara esensial yang diperlukan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan. Salah satu strategi utama untuk memenuhi kebutuhan hara tersebut adalah melalui pemberian pupuk, baik secara alami maupun buatan. Penggunaan pupuk dalam sistem pertanian modern tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan hasil panen, tetapi juga sebagai upaya menjaga kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Pemilihan jenis pupuk yang tepat menjadi faktor kunci dalam mendukung efektivitas pemupukan, sebab setiap tanaman memiliki kebutuhan unsur hara yang berbeda sesuai dengan karakteristik biologis dan lingkungannya. Oleh karena itu, dalam bagian ini akan dibahas berbagai jenis pupuk yang umum digunakan untuk mendukung budidaya tanaman pangan.

5.1.1 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan salah satu input pertanian yang berasal dari dekomposisi bahan-bahan alami seperti residu tanaman, kotoran hewan, serta limbah organik lainnya. Peran utama pupuk organik tidak hanya sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman, tetapi juga berfungsi dalam memperbaiki karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah secara bertahap dan berkelanjutan.

Meskipun kandungan unsur hara makro dan mikro dalam pupuk organik relatif lebih rendah dibandingkan pupuk anorganik, kontribusinya terhadap peningkatan kandungan bahan organik tanah dan stimulasi aktivitas mikroorganisme tanah menjadikannya komponen penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

1. Pupuk Kompos

   Pupuk kompos merupakan hasil penguraian bahan organik seperti limbah pertanian, limbah rumah tangga, dan sisa organik lainnya melalui proses dekomposisi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme pengurai. Selain menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman, kompos berperan penting dalam meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah serta memperbaiki ketersediaan unsur hara esensial. Kompos yang telah mengalami proses dekomposisi sempurna umumnya ditandai oleh warna gelap mendekati hitam, bertekstur remah, serta beraroma seperti tanah (Mansyur et al., 2021).

2. Pupuk Kandang

   Pupuk kandang merupakan salah satu jenis pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan ternak seperti sapi, kambing, ayam, maupun kerbau. Komposisi unsur hara dalam pupuk kandang sangat dipengaruhi oleh jenis ternak, jenis pakan yang dikonsumsi, serta metode pengolahan dan dekomposisi yang diterapkan. Secara umum, pupuk kandang berfungsi sebagai sumber utama unsur

nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk kandang secara teratur berkontribusi dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, serta memperbesar kemampuan tanah dalam menahan air dan unsur hara, sehingga mendukung produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

3. Pupuk Hijau

   Pupuk hijau merupakan tanaman atau bagian tanaman yang secara sengaja dibudidayakan dan kemudian dibenamkan ke dalam tanah guna meningkatkan kandungan bahan organik dan unsur hara, terutama nitrogen. Tanaman dari famili leguminosa seperti Crotalaria juncea, Tephrosia candida, dan Sesbania sesban sering digunakan karena kemampuannya melakukan fiksasi nitrogen (Pramudya et al., 2021). Proses dekomposisi biomassa pupuk hijau berperan penting dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, memperbaiki struktur tanah, serta memperkaya kandungan bahan organik tanah.

5.1.2 Pupuk Anorganik (Kimia)

Pupuk anorganik merupakan jenis pupuk yang diproduksi melalui proses rekayasa kimia dengan kandungan unsur hara makro atau mikro dalam konsentrasi tinggi. Keunggulan utama pupuk anorganik terletak pada ketersediaannya yang cepat bagi tanaman sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan produktivitas secara langsung dalam jangka pendek.

Namun, penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan tanpa pengelolaan terpadu dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah, termasuk penurunan kandungan bahan organik dan gangguan keseimbangan biologis tanah (Wihardjaka & Harsanti, 2021).

1. Pupuk Nitrogen (N)

   Pupuk nitrogen berperan krusial dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya dalam pembentukan jaringan daun, batang, dan akar. Bentuk pupuk nitrogen yang umum diaplikasikan antara lain urea, ammonium sulfat (ZA), dan ammonium nitrat. Meskipun unsur nitrogen penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman, dosis berlebih dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif berlebihan yang membuat tanaman rentan terhadap serangan organisme patogen (Syifa et al., 2020).
2. Pupuk Fosfor (P)

   Fosfor merupakan unsur esensial yang berperan dalam berbagai proses fisiologis tanaman, termasuk metabolisme energi, pembentukan akar, serta inisiasi pembungaan dan pembuahan. Bentuk pupuk fosfor yang lazim digunakan adalah super fosfat (SP-36) dan triple super phosphate (TSP). Kekurangan fosfor dapat mengakibatkan tanaman mengalami pertumbuhan kerdil, serta perubahan warna daun menjadi keunguan akibat akumulasi pigmen antosianin.
3. Pupuk Kalium (K)

   Kalium merupakan unsur hara yang berfungsi dalam pengaturan keseimbangan osmotik dan air dalam jaringan tanaman, memperkuat ketahanan terhadap cekaman biotik maupun abiotik, serta berkontribusi terhadap mutu hasil panen, seperti ukuran dan cita rasa buah (Putri & Hartatik, 2021). Jenis pupuk kalium yang umum digunakan dalam budidaya pertanian meliputi kalium klorida (KCl) dan kalium sulfat (K_2SO_4).

5.1.3 Pupuk Hayati (Biofertilizer)

Pupuk hayati atau biofertilizer adalah bahan yang mengandung mikroorganisme hidup yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses biologis, bukan secara langsung menambah unsur hara.

Mikroorganisme yang terdapat dalam pupuk hayati meliputi bakteri penambat nitrogen seperti Rhizobium dan Azospirillum, bakteri pelarut fosfat (Bacillus spp.), serta jamur mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman (Pane et al., 2022; Sapalina et al., 2022). Penggunaan pupuk hayati mendukung pengelolaan pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan karena meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik.

5.2 Cara Aplikasi Pupuk

Pupuk merupakan salah satu input penting dalam budidaya tanaman pangan untuk mendukung pertumbuhan optimal dan hasil yang maksimal. Ketersediaan unsur hara makro maupun mikro yang cukup akan menentukan produktivitas tanaman, tetapi efektivitas pemupukan tidak hanya bergantung pada jenis dan dosis pupuk, melainkan juga sangat ditentukan oleh cara aplikasinya.

Cara aplikasi pupuk yang tepat akan meningkatkan efisiensi serapan unsur hara oleh tanaman, meminimalkan kehilangan hara, serta mendukung pertumbuhan tanaman sesuai dengan kebutuhan fase perkembangannya. Cara aplikasi pupuk dapat dilakukan melalui beberapa metode, mulai dari aplikasi langsung ke tanah hingga perlakuan benih sebelum tanam. Oleh karena itu, dalam bagian ini akan dibahas beberapa cara aplikasi pupuk untuk tanaman pangan.

5.2.1 Aplikasi Melalui Tanah (Soil Application)

Aplikasi pupuk melalui tanah merupakan metode paling umum dalam budidaya tanaman pangan. Prinsip dasar dari metode ini adalah

menyediakan unsur hara secara langsung ke dalam zona perakaran agar dapat diserap oleh tanaman. Keunggulan aplikasi melalui tanah terletak pada kapasitas tanah sebagai media penyimpan unsur hara, sehingga tanaman dapat menyerapnya secara bertahap sesuai kebutuhan fisiologisnya.

Beberapa teknik dalam aplikasi pupuk melalui tanah antara lain:

1. Tabur (Broadcasting): Merupakan teknik yang paling sederhana, yaitu menaburkan pupuk secara merata di seluruh permukaan tanah. Teknik ini dapat diterapkan baik sebelum penanaman sebagai pupuk dasar (basal fertilizer) maupun setelah tanaman tumbuh untuk memenuhi kebutuhan hara lanjutan (top dressing). Meskipun mudah dilakukan, teknik ini memiliki risiko kehilangan unsur hara melalui pencucian atau volatilisasi.
2. Larikan (Band Placement): Pupuk diletakkan dalam alur atau larikan di samping barisan tanaman. Metode ini lebih efisien daripada tabur, terutama untuk unsur hara seperti fosfor dan kalium yang mobilitasnya rendah dalam tanah. Pemberian pupuk secara terfokus di dekat akar tanaman dapat meningkatkan efisiensi serapan unsur hara oleh tanaman.
3. Tugal (Spot Placement): Teknik tugal dilakukan dengan menempatkan pupuk pada lubang atau titik-titik tertentu yang dekat dengan perakaran tanaman. Teknik ini efektif untuk pupuk dengan jumlah terbatas, serta meminimalkan kehilangan unsur hara. Selain itu, tugal juga dapat digunakan untuk pemberian pupuk organik granul atau pupuk hayati.
4. Injeksi Tanah: Pada sistem pertanian modern atau intensif, injeksi tanah digunakan untuk pemberian pupuk cair langsung ke zona perakaran. Metode ini mendukung efisiensi penggunaan pupuk

dengan meminimalkan interaksi antara pupuk dan lingkungan tanah yang dapat menyebabkan kehilangan hara.

5.2.2 Aplikasi Melalui Daun (Foliar Application)

Aplikasi pupuk melalui daun merupakan metode pemberian pupuk dalam bentuk larutan yang disemprotkan langsung ke permukaan daun. Unsur hara kemudian akan diserap melalui stomata atau kutikula daun. Teknik ini umumnya digunakan untuk pemberian unsur hara mikro seperti Zn, Fe, Cu, dan Mn atau untuk mengatasi defisiensi hara tertentu secara cepat. Pupuk daun memiliki beberapa keunggulan, salah satunya adalah efisiensi penggunaan pupuk, karena unsur hara yang diberikan dapat langsung masuk ke jaringan tanaman.

Namun, konsentrasi pupuk harus disesuaikan untuk menghindari fitotoksisitas atau kerusakan jaringan daun. Aplikasi foliar sangat efektif diterapkan pada tanaman yang mengalami gangguan penyerapan unsur hara dari tanah, misalnya karena kondisi pH tanah yang tidak sesuai atau cekaman lingkungan (Damanhuri et al., 2022).

5.2.3 Aplikasi Melalui Air Irigasi (Fertigation)

Fertigation merupakan kombinasi antara aplikasi pupuk dan irigasi, di mana pupuk dilarutkan dalam air dan disalurkan melalui sistem irigasi ke zona perakaran tanaman. Teknologi ini berkembang pesat pada sistem pertanian intensif dan modern, terutama pada pertanian hortikultura, tanaman pangan di lahan kering, atau pertanian skala besar berbasis irigasi tetes.

Keunggulan fertigasi antara lain penghematan pupuk, efisiensi penggunaan air, serta kemampuan menyesuaikan dosis pupuk sesuai fase pertumbuhan tanaman. Selain itu, fertigasi juga mengurangi kehilangan unsur hara akibat pencucian dan memungkinkan pemberian pupuk secara bertahap dan presisi (Prathama et al., 2025).

5.2.4 Aplikasi Secara Langsung ke Benih atau Tanaman (Seed Treatment)

Aplikasi pupuk secara langsung ke benih atau seed treatment merupakan salah satu strategi untuk mendukung pertumbuhan awal tanaman. Pupuk yang digunakan biasanya berbentuk cair atau granul halus yang dilapiskan ke permukaan benih sebelum tanam. Salah satu bentuk seed treatment yang sering digunakan adalah inokulasi benih dengan pupuk hayati, seperti Rhizobium pada tanaman legum atau Trichoderma sebagai agen hayati pelindung benih (Rocha et al., 2019; Paravar et al., 2023).

Seed treatment memberikan keuntungan berupa peningkatan daya kecambah, mempercepat pertumbuhan awal, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Sulaiman et al., 2016; Supriadi, 2018).

5.3 Jadwal Pemupukan

Efisiensi pemupukan pada tanaman pangan sangat dipengaruhi oleh waktu aplikasi yang disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Secara umum, pemupukan pada tanaman pangan seperti padi (Oryza sativa L.), jagung (Zea mays L.), dan kedelai (Glycine max L.) dilakukan dalam beberapa tahap utama, yaitu pemupukan dasar, pemupukan susulan I, dan pemupukan susulan II. Setiap tahap memiliki tujuan spesifik untuk memenuhi kebutuhan unsur hara yang berbeda sesuai perkembangan fisiologis tanaman.

5.3.1 Pemupukan Dasar (Basal Fertilization)

Pemupukan dasar merupakan tahap awal pemberian pupuk yang dilakukan sebelum tanam atau bersamaan dengan kegiatan tanam. Tujuan utama pemupukan dasar adalah untuk menyediakan unsur hara makro esensial seperti fosfor (P) dan kalium (K) yang berperan penting dalam

perkembangan akar dan pembentukan organ vegetatif awal. Selain itu, sebagian nitrogen (N) juga diberikan sebagai stimulasi awal pertumbuhan.

Penggunaan pupuk majemuk seperti NPK atau pupuk organik (misalnya pupuk kandang) sering dijadikan pilihan pada tahap ini karena mampu memberikan unsur hara secara lebih seimbang. Pada tanaman padi dan jagung, pemupukan dasar sangat penting untuk menunjang pertumbuhan akar yang optimal sehingga mendukung penyerapan air dan hara selama fase pertumbuhan selanjutnya. Sementara itu, pada tanaman kedelai, pemberian fosfor pada tahap awal membantu dalam proses pembentukan bintil akar yang akan mendukung fiksasi nitrogen (Magombo et al., 2024).

5.3.2 Pemupukan Susulan I (Top Dressing I)

Pemupukan susulan I dilakukan pada fase pertumbuhan vegetatif, yaitu saat tanaman memasuki masa aktif pertumbuhan daun dan batang. Pada fase ini, tanaman memerlukan nitrogen (N) dalam jumlah yang lebih besar untuk mendukung proses pembentukan klorofil dan jaringan vegetatif lainnya. Kekurangan nitrogen pada fase vegetatif akan menyebabkan tanaman tumbuh kerdil dan berdaun kuning.

Jadwal aplikasi pupuk susulan I berbeda antar jenis tanaman:

1. Padi: 7–14 hari setelah tanam (HST)
2. Jagung: 14–21 HST
3. Kedelai: 10–14 HST

Pemberian pupuk nitrogen dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti tabur merata di permukaan tanah, dilarik di dekat barisan tanaman, atau ditugal di sekitar akar tanaman untuk efisiensi yang lebih baik. Pemilihan teknik aplikasi biasanya disesuaikan dengan kondisi lahan, curah hujan, dan sistem pengairan yang digunakan.

5.3.3 Pemupukan Susulan II (Top Dressing II)

Pemupukan susulan II diberikan pada fase generatif, yaitu ketika tanaman mulai memasuki pembentukan bunga, buah, atau pengisian biji. Unsur hara

yang dibutuhkan pada tahap ini adalah kalium (K) dan fosfor (P), karena berperan penting dalam transpor hasil fotosintesis ke organ reproduksi dan meningkatkan kualitas hasil panen.

Waktu pemberian pupuk susulan II pada beberapa tanaman pangan adalah sebagai berikut:

1. Padi: 30–35 HST
2. Jagung: 35–40 HST
3. Kedelai: 25–30 HST

Selain unsur hara makro, pemberian unsur mikro seperti Zn, Fe, dan B sering dilakukan dalam bentuk pupuk daun (foliar) untuk memperbaiki efisiensi metabolisme tanaman, terutama di lahan marginal atau suboptimal. Aplikasi foliar memiliki keunggulan dalam mempercepat penyerapan unsur mikro, sehingga efektif untuk memperbaiki defisiensi hara spesifik dalam waktu singkat.

Dengan penerapan jadwal pemupukan yang tepat sesuai dengan fase pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan unsur hara akan meningkat, sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal serta meningkatkan hasil panen tanaman pangan.

5.4 Dosis Pupuk

Pemberian pupuk dalam budidaya tanaman pangan merupakan upaya untuk memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperlukan tanaman selama proses pertumbuhan dan perkembangan. Setiap tanaman pangan, seperti padi, jagung, dan kedelai, memiliki kebutuhan unsur hara yang berbeda sesuai karakter fisiologisnya, kondisi tanah, serta target produksi yang diharapkan. Penentuan dosis pupuk yang tepat harus mengacu pada rekomendasi teknis berbasis hasil penelitian dan analisis kesuburan tanah agar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, mengoptimalkan hasil produksi, serta menjaga kelestarian lingkungan.

Dalam praktik budidaya, rekomendasi pupuk untuk tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kedelai dapat dilakukan dengan panduan dosis tertentu sesuai kebutuhan unsur nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), serta unsur hara lainnya yang dibutuhkan dalam jumlah lebih kecil (mikro). Rekomendasi tersebut disusun berdasarkan kebutuhan tanaman pada berbagai fase pertumbuhan sehingga pemberian pupuk dapat tepat sasaran dan mendukung produktivitas secara optimal.

5.4.1 Dosis Pupuk untuk Tanaman Padi

Pemupukan merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan tingkat produktivitas tanaman padi (Oryza sativa L.). Pemberian pupuk harus didasarkan pada kebutuhan tanaman, ketersediaan unsur hara dalam tanah, dan fase pertumbuhan tanaman. Untuk mencapai hasil yang optimal, diperlukan strategi pemupukan yang tepat, baik dalam hal dosis, waktu, maupun metode aplikasinya.

Berdasarkan rekomendasi umum pertanian nasional, dosis pupuk untuk tanaman padi per hektar berkisar 150–200 kg urea, 100 kg SP-36, dan 75–100 kg KCl (Hidayanto, 2019). Pupuk nitrogen (N) biasanya diberikan dalam bentuk urea, fosfor (P) dalam bentuk SP-36 (36% P_2O_5), dan kalium (K) dalam bentuk KCl (60% K_2O).

Secara umum, jadwal pemupukan tanaman padi dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pemupukan dasar, pemupukan susulan I, dan pemupukan susulan II. Pemupukan dasar dilakukan pada saat tanam atau beberapa hari sebelum tanam, bertujuan untuk mendukung perkembangan awal akar dan tunas. Pada tahap ini, sebagian besar pupuk fosfor (SP-36) dan kalium (KCl) diberikan, serta sekitar 30–40% dosis urea. Selanjutnya, pemupukan susulan I diberikan pada fase pertumbuhan vegetatif awal, yaitu sekitar 7–14 hari setelah tanam (HST).

Tahap ini difokuskan untuk mendukung pertumbuhan daun dan batang melalui pemberian 30–35% dosis urea. Sementara itu, pemupukan susulan II diaplikasikan pada fase primordia anakan atau pembentukan malai (sekitar 30–35 HST), untuk mendukung pembentukan anakan produktif

dan pengisian malai. Pada tahap ini diberikan sisa dosis urea dan sisa KCl (jika belum diberikan seluruhnya pada awal tanam).

Selain unsur makro, pemupukan unsur mikro seperti Zn (zink sulfat sebanyak 5–10 kg/ha) sering direkomendasikan, terutama untuk lahan sawah yang menunjukkan gejala kekurangan hara mikro. Pemupukan yang sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman akan meningkatkan efisiensi serapan unsur hara, mengurangi kehilangan nutrisi akibat pencucian atau denitrifikasi.

Pengelolaan pemupukan yang tepat sesuai dosis dan waktu, tanaman padi mampu menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang optimal, meningkatkan jumlah anakan produktif, serta mendukung proses pengisian malai secara maksimal. Penerapan prinsip pemupukan berimbang berbasis rekomendasi hasil analisis tanah akan semakin meningkatkan efektivitas pemupukan dan mendukung pencapaian hasil panen yang optimal.

5.4.2 Dosis Pupuk untuk Tanaman Jagung

Jagung (Zea mays L.) merupakan salah satu komoditas pangan strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional, pakan ternak, dan bahan baku industri. Kebutuhan hara tanaman jagung tergolong tinggi, khususnya unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), karena mendukung pertumbuhan vegetatif yang cepat serta pembentukan tongkol dan biji. Berdasarkan rekomendasi umum nasional, dosis pupuk untuk tanaman jagung secara umum meliputi 350 kg urea/ha, 125–150 kg SP-36/ha, dan 50–100 kg KCl/ha (Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2020). Dosis tersebut bersifat umum dan dapat disesuaikan berdasarkan hasil analisis kesuburan tanah.

Pupuk nitrogen (N) berperan penting dalam mendukung fase pertumbuhan vegetatif tanaman jagung, sedangkan fosfor (P) dibutuhkan untuk perkembangan sistem perakaran dan proses pembungaan, serta kalium (K) berfungsi memperkuat batang dan meningkatkan kualitas pengisian biji jagung. Pengelolaan dosis pupuk secara tepat sangat berpengaruh terhadap

produktivitas tanaman jagung, mengingat tanaman ini memiliki respon yang tinggi terhadap ketersediaan unsur hara.

Secara umum, jadwal pemupukan tanaman jagung dibagi menjadi tiga tahap utama, yaitu pemupukan dasar, pemupukan susulan I, dan pemupukan susulan II. Pemupukan dasar dilakukan pada saat tanam atau sebelum tanam, meliputi pemberian seluruh dosis pupuk fosfor (SP-36) dan 25–30% dosis urea, serta 30–40% dosis KCl. Pemupukan susulan I dilakukan pada fase vegetatif awal, yaitu 10–14 hari setelah tanam (HST), dengan tujuan untuk mendukung pertumbuhan daun dan batang.

Pada tahap ini diberikan 40–50% dosis urea dan 30% dosis KCl. Sedangkan pemupukan susulan II diberikan pada fase pembungaan awal atau menjelang pembentukan tongkol (sekitar 30–35 HST), untuk mendukung proses pembentukan tongkol dan pengisian biji, dengan memberikan sisa dosis urea dan KCl (Su'ud & Lestari, 2018).

Selain pemberian unsur hara makro, penambahan unsur mikro seperti Zn (Zink sulfat) sebanyak 5–10 kg/ha sering direkomendasikan, terutama pada lahan yang menunjukkan gejala defisiensi unsur mikro. Penggunaan pupuk organik atau hayati sebagai pelengkap juga dapat meningkatkan efisiensi pupuk anorganik sekaligus memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Pengelolaan dosis dan waktu aplikasi pupuk yang tepat sesuai fase pertumbuhan tanaman jagung menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, menekan kehilangan unsur hara, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.

5.4.3 Dosis Pupuk untuk Tanaman Kedelai

Kedelai (Glycine max L.) merupakan salah satu tanaman pangan penting yang berfungsi sebagai sumber utama protein nabati di Indonesia. Sebagai tanaman legum, kedelai memiliki kemampuan untuk melakukan fiksasi nitrogen melalui simbiosis dengan bakteri Rhizobium sp. Meskipun demikian, untuk mendukung pertumbuhan awal dan meningkatkan hasil panen, tanaman kedelai tetap memerlukan pemupukan, terutama untuk unsur fosfor (P), kalium (K), serta unsur hara mikro tertentu.

Secara umum, rekomendasi dosis pupuk untuk tanaman kedelai adalah 50–75 kg/ha urea (±23–35 kg N), 100–150 kg/ha SP-36 (±36–54 kg P_2O_5), dan 75–100 kg/ha KCl (±45–60 kg K_2O) (Permadi & Haryati, 2015). Dosis nitrogen relatif lebih rendah dibandingkan tanaman non-legum karena sebagian kebutuhan N dipenuhi dari proses fiksasi biologis.

Selain pupuk makro, pupuk hayati Rhizobium sering direkomendasikan untuk mendukung proses penambatan nitrogen, terutama di lahan yang sebelumnya belum pernah ditanami kedelai atau lahan dengan populasi bakteri Rhizobium yang rendah. Penggunaan inokulan Rhizobium sp. pada benih kedelai terbukti dapat meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen sekaligus mendukung pertumbuhan vegetatif yang lebih baik (Asril et al., 2023).

Secara umum, jadwal pemupukan tanaman kedelai terbagi menjadi dua tahap utama, yaitu pemupukan dasar dan pemupukan susulan. Pemupukan dasar dilakukan pada saat tanam, mencakup seluruh dosis pupuk fosfor (SP-36), kalium (KCl), dan 50% dosis urea. Fosfor berperan dalam pembentukan sistem perakaran dan mendukung perkembangan bunga, sedangkan kalium berfungsi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan serta mendukung pembentukan polong dan biji. Pemupukan susulan biasanya diberikan pada umur 20–25 hari setelah tanam (HST) berupa sisa dosis urea untuk mendukung pertumbuhan vegetatif sebelum masuk fase generatif.

Selain unsur hara makro, pemberian unsur mikro seperti molibdenum (Mo) dan zinc (Zn) sangat dianjurkan untuk meningkatkan aktivitas fiksasi nitrogen serta mendukung pembentukan polong secara optimal. Dosis molibdenum yang direkomendasikan berkisar 1–2 kg/ha dan zinc 5–10 kg/ha, tergantung tingkat kesuburan tanah. Penerapan dosis pupuk yang tepat sesuai rekomendasi dan waktu aplikasi yang sesuai fase pertumbuhan merupakan langkah penting untuk meningkatkan produktivitas kedelai. Pemupukan yang efisien dan berimbang akan meningkatkan hasil panen secara optimal serta mendukung keberlanjutan produksi kedelai nasional.

Bab 6

Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan

6.1 Prinsip Dasar Pengairan dan Pengelolaan Air

Pengairan (irigasi) merupakan proses penyediaan air secara buatan ke lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dalam budidaya tanaman pangan, pengairan yang tepat sangat penting untuk mendukung pertumbuhan, meningkatkan hasil panen, dan menjaga keberlanjutan lahan. Setiap jenis tanaman pangan memiliki kebutuhan air yang berbeda tergantung pada fase pertumbuhan, jenis tanah, dan iklim. Misalnya, padi memerlukan genangan air pada fase tertentu, sedangkan jagung lebih sensitif terhadap kelebihan air.

6.1.1 Fungsi dan Pentingnya Air dalam Budidaya Tanaman Pangan

Air merupakan komponen vital dalam budidaya tanaman pangan karena berperan langsung dalam berbagai proses fisiologis dan pertumbuhan tanaman.

Berikut beberapa fungsi utamanya:

1. Media Transportasi Nutrisi Air melarutkan unsur hara dalam tanah dan mengangkutnya ke seluruh bagian tanaman melalui sistem perakaran. Tanpa air, penyerapan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium tidak akan optimal.
2. Komponen Fotosintesis Air adalah bahan baku dalam proses fotosintesis, di mana tanaman menghasilkan energi (glukosa) dari karbon dioksida dan cahaya matahari. Kekurangan air akan menghambat proses ini dan menurunkan produktivitas tanaman.
3. Menjaga Keseimbangan Suhu dan Kelembapan Air membantu mengatur suhu tanaman melalui proses transpirasi. Selain itu, air menjaga kelembapan tanah agar akar tetap aktif menyerap nutrisi.
4. Mendukung Struktur Sel dan Pertumbuhan Air membentuk protoplasma dan menjaga tekanan turgor sel, yang penting untuk pertumbuhan dan kekuatan jaringan tanaman.
5. Meningkatkan Ketahanan Tanaman Tanaman yang cukup air cenderung lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit karena sistem metabolisme dan pertahanannya berjalan optimal.
6. Mendukung Proses Pembuahan dan Pembentukan Hasil Air berperan dalam proses penyerbukan dan pembentukan buah atau biji. Kekurangan air pada fase ini dapat menyebabkan kegagalan panen.

6.1.2 Siklus Hidrologi dan Keterkaitannya dengan Budidaya Tanaman

Siklus hidrologi adalah proses alami pergerakan air di bumi yang berlangsung secara terus-menerus melalui tahapan evaporasi (penguapan), kondensasi (pembentukan awan), presipitasi (hujan), infiltrasi (peresapan ke tanah), dan aliran permukaan (runoff). Proses ini menjaga ketersediaan air di berbagai ekosistem, termasuk lahan pertanian.

Tahapan Siklus Hidrologi:

1. Evaporasi dan Transpirasi: Air dari permukaan laut, sungai, dan tumbuhan menguap ke atmosfer.
2. Kondensasi: Uap air berubah menjadi awan.
3. Presipitasi: Air jatuh ke bumi dalam bentuk hujan atau salju.
4. Infiltrasi dan Perkolasi: Air meresap ke dalam tanah dan menjadi air tanah.
5. Runoff: Air mengalir di permukaan menuju sungai dan laut.

Keterkaitan dengan Budidaya Tanaman:

1. Ketersediaan Air Irigasi: Presipitasi dan air tanah dari siklus hidrologi menjadi sumber utama irigasi.
2. Penjadwalan Tanam: Musim hujan dan kering yang dipengaruhi oleh siklus ini menentukan waktu tanam dan panen.
3. Kesehatan Tanaman: Kelembapan tanah dan udara yang stabil mendukung pertumbuhan optimal.
4. Konservasi Air: Pemahaman siklus ini membantu petani menerapkan teknik konservasi seperti tadah hujan dan irigasi berselang.

6.2 Sumber Air untuk Budidaya Tanaman Pangan

Air merupakan faktor esensial dalam budidaya tanaman pangan. Ketersediaan dan kualitas air sangat menentukan keberhasilan produksi pertanian.

Berikut adalah beberapa sumber air utama yang digunakan dalam pertanian:

1. Air Hujan Merupakan sumber air alami yang paling ekonomis. Sistem pertanian tadah hujan sangat bergantung pada curah hujan musiman. Namun, ketidakpastian iklim membuat petani perlu mengembangkan teknologi panen air seperti embung dan kolam tadah hujan.
2. Air Permukaan Meliputi sungai, danau, waduk, dan saluran irigasi. Ini adalah sumber utama dalam sistem irigasi teknis dan semi-teknis. Bendungan dan jaringan irigasi dibangun untuk mengatur distribusi air ke lahan pertanian sepanjang tahun.
3. Air Tanah Diperoleh melalui sumur dangkal atau dalam. Air tanah digunakan terutama di daerah yang jauh dari sumber air permukaan. Penggunaan air tanah harus dikontrol agar tidak menyebabkan penurunan muka air tanah secara drastis..
4. Air Limbah Terolah (Reuse Water) Dalam beberapa sistem pertanian modern, air limbah domestik atau industri yang telah diolah digunakan kembali untuk irigasi. Ini mendukung prinsip pertanian berkelanjutan, meskipun perlu pengawasan kualitas air secara ketat.
5. Air Irigasi Buatan Melibatkan sistem irigasi yang dirancang khusus seperti irigasi tetes, sprinkler, atau sub-irigasi. Sistem ini

memungkinkan efisiensi penggunaan air yang tinggi, terutama di lahan kering atau daerah dengan ketersediaan air terbatas.

6.2.1 Air Permukaan (Sungai, Danau, Waduk)

Air permukaan mencakup semua bentuk air yang berada di atas permukaan tanah, seperti sungai, danau, dan waduk. Dalam konteks pertanian, air permukaan merupakan salah satu sumber utama irigasi, terutama di wilayah dengan curah hujan musiman atau lahan pertanian yang luas.

1. Sungai, Sungai menyediakan aliran air yang kontinu dan dapat dimanfaatkan melalui sistem irigasi gravitasi atau perpompaan. Air sungai biasanya digunakan dalam irigasi teknis dan semi-teknis, terutama di dataran rendah dan daerah aliran sungai (DAS).
2. Danau, Danau alami atau buatan dapat menjadi cadangan air yang stabil untuk irigasi. Keunggulannya adalah kapasitas penyimpanan yang besar dan fluktuasi debit air yang relatif lambat, sehingga cocok untuk mendukung pertanian sepanjang musim tanam.
3. Waduk, Waduk adalah danau buatan yang dibangun untuk menampung air dari sungai atau hujan. Waduk berperan penting dalam pengaturan distribusi air, pengendalian banjir, dan penyediaan air irigasi secara terjadwal. Waduk besar seperti Jatiluhur dan Kedungombo di Indonesia telah menjadi tulang punggung irigasi pertanian nasional.

Manfaat Air Permukaan dalam Budidaya:

1. Menjamin ketersediaan air sepanjang musim tanam.
2. Mendukung peningkatan indeks pertanaman (IP).
3. Mengurangi ketergantungan pada air tanah.
4. Menstabilkan produksi pangan nasional.

6.2.2 Air Tanah (Sumur, Mata Air)

Air tanah adalah air yang tersimpan di bawah permukaan tanah dan menjadi salah satu sumber utama irigasi, terutama di daerah yang jauh dari sungai atau waduk. Dalam budidaya tanaman pangan, air tanah digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman secara berkelanjutan, terutama saat musim kemarau.

1. Sumur, Sumur merupakan sarana untuk mengakses air tanah.
   Terdapat dua jenis utama :
   a. Sumur gali: dibuat secara manual dengan kedalaman dangkal (biasanya <15 meter), cocok untuk daerah dengan muka air tanah tinggi.
   b. Sumur bor: menggunakan mesin bor untuk mencapai kedalaman lebih dari 30 meter, digunakan di daerah dengan air tanah dalam.

   Air dari sumur biasanya dipompa menggunakan pompa listrik atau diesel, lalu dialirkan ke lahan melalui saluran atau sistem irigasi tetes/sprinkler.
2. Mata Air, adalah titik alami di mana air tanah keluar ke permukaan. Mata air yang stabil dapat dimanfaatkan sebagai sumber irigasi gravitasi, terutama di daerah perbukitan atau pegunungan. Keunggulannya adalah tidak memerlukan energi tambahan untuk pemompaan.
   Manfaat Air Tanah dalam Budidaya:
   a. Menjamin ketersediaan air saat musim kering.
   b. Mendukung pertanian di daerah terpencil.
   c. Dapat dikombinasikan dengan sistem irigasi modern untuk efisiensi air.

Namun, eksploitasi air tanah yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan muka air tanah dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaannya harus disertai dengan konservasi dan pemantauan berkala.

6.2.3 Pemanfaatan Air Hujan dan Teknologi Panen Air

Air hujan merupakan sumber daya alam yang melimpah namun sering terbuang sia-sia, terutama di daerah dengan curah hujan tinggi. Dalam budidaya tanaman pangan, air hujan dapat dimanfaatkan secara langsung maupun melalui teknologi panen air untuk mendukung irigasi, terutama di lahan kering atau saat musim kemarau.

1. Pemanfaatan Air Hujan
   a. Irigasi Tadah Hujan: Sistem pertanian yang sepenuhnya mengandalkan curah hujan musiman. Cocok untuk tanaman seperti jagung, kedelai, dan sorgum.
   b. Penampungan Sederhana: Menggunakan kolam, embung, atau tandon untuk menampung air hujan dari atap rumah, greenhouse, atau permukaan lahan.
   c. Pemanfaatan Langsung: Air hujan yang jatuh langsung ke lahan pertanian dapat diserap oleh tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman.
2. Teknologi Panen Air

   Teknologi panen air hujan (rainwater harvesting) adalah teknik mengumpulkan dan menyimpan air hujan untuk digunakan kembali. Beberapa bentuknya meliputi:
   a. Catchment Area: Permukaan atap atau lahan yang diarahkan untuk mengalirkan air ke tempat penampungan.
   b. Saluran Pengumpul: Talang dan pipa yang mengalirkan air ke tangki atau kolam.

c. Tandon atau Embung: Tempat penyimpanan air yang dapat digunakan saat musim kering.
d. Biopori dan Parit Resapan: Teknologi infiltrasi untuk meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah dan mengisi cadangan air tanah.

Manfaat dalam Budidaya Tanaman Pangan:

a. Menyediakan air saat musim kemarau.
b. Mengurangi risiko gagal panen akibat kekeringan.
c. Mendukung pertanian berkelanjutan dan konservasi air.
d. Mengurangi erosi dan limpasan air permukaan.

6.3 Teknik Pengairan dalam Budidaya Tanaman Pangan

Pengairan atau irigasi adalah proses pemberian air ke lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Teknik pengairan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi air, produktivitas tanaman, dan keberlanjutan pertanian.

Berikut beberapa teknik pengairan yang umum digunakan:

1. Irigasi Permukaan (Surface Irrigation)
   Air dialirkan di atas permukaan tanah melalui saluran atau parit. Teknik ini paling umum digunakan, terutama untuk tanaman padi. Kelebihannya adalah biaya rendah dan mudah diterapkan, namun efisiensinya tergantung pada kemiringan lahan dan jenis tanah.
2. Irigasi Tetes (Drip Irrigation)
   Air diberikan langsung ke zona akar tanaman melalui pipa kecil atau selang berlubang. Teknik ini sangat efisien dalam penggunaan

air dan cocok untuk lahan kering atau tanaman bernilai tinggi seperti sayuran dan buah-buahan.

3. Irigasi Sprinkler (Sprinkler Irrigation)
   Air disemprotkan ke udara dan jatuh seperti hujan buatan. Cocok untuk berbagai jenis tanaman dan lahan yang tidak rata. Namun, teknik ini memerlukan tekanan air dan energi yang lebih tinggi.
4. Irigasi Subsurface (Sub-irrigation)
   Air dialirkan di bawah permukaan tanah melalui pipa atau saluran bawah tanah. Teknik ini menjaga kelembapan tanah secara konstan dan mengurangi penguapan, tetapi memerlukan investasi awal yang besar.
5. Irigasi Berselang (Intermittent Irrigation)
   Digunakan terutama pada budidaya padi, di mana lahan digenangi dan dikeringkan secara bergantian. Teknik ini menghemat air dan mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan irigasi terus-menerus.

6.3.1 Irigasi Permukaan (Gravitasi, Genangan)

Irigasi permukaan adalah metode pengairan yang memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengalirkan air ke permukaan lahan pertanian.

Teknik ini merupakan salah satu sistem irigasi tertua dan paling banyak digunakan, terutama di negara-negara agraris seperti Indonesia:

1. Irigasi Gravitas
   Irigasi gravitasi mengandalkan perbedaan elevasi antara sumber air dan lahan pertanian. Air dialirkan melalui saluran primer, sekunder, dan tersier tanpa bantuan pompa. Sistem ini umum digunakan di daerah dataran rendah dan cocok untuk lahan yang memiliki kemiringan alami.
   Keunggulan:

a. Biaya operasional rendah karena tidak memerlukan energi tambahan.
b. Cocok untuk lahan luas dan tanaman seperti padi, jagung, dan kedelai.

Kelemahan:

a. Efisiensi air rendah jika tidak dirancang dengan baik.
b. Rentan terhadap kehilangan air akibat perkolasi dan penguapan.

2. Irigasi Genangan

Irigasi genangan adalah teknik di mana air dibiarkan menggenang di atas permukaan tanah, biasanya digunakan untuk tanaman padi. Air disebarkan ke seluruh petak sawah hingga mencapai ketinggian tertentu, lalu dibiarkan meresap ke dalam tanah.

Keunggulan:

a. Menjaga kelembapan tanah secara merata.
b. Membantu pengendalian gulma dan hama tertentu.

Kelemahan:

a. Membutuhkan volume air yang besar.
b. Tidak cocok untuk tanaman yang tidak tahan genangan.

6.3.2 Irigasi Bawah Permukaan

Irigasi bawah permukaan (subsurface irrigation) adalah teknik pengairan di mana air dialirkan langsung ke zona perakaran tanaman melalui sistem pipa atau saluran yang terletak di bawah permukaan tanah. Tujuannya adalah untuk menjaga kelembapan tanah secara efisien dan mengurangi kehilangan air akibat penguapan.

Karakteristik dan Keunggulan:

1. Efisiensi tinggi: Air langsung tersedia di zona akar, sehingga mengurangi pemborosan.
2. Minim penguapan: Karena air tidak disemprotkan ke permukaan, kehilangan air akibat evaporasi sangat rendah.
3. Mengurangi pertumbuhan gulma: Permukaan tanah tetap kering, sehingga gulma sulit tumbuh.
4. Cocok untuk lahan kering: Sangat bermanfaat di daerah dengan ketersediaan air terbatas.

Aplikasi dalam Budidaya Tanaman Pangan:

1. Digunakan pada tanaman hortikultura dan sayuran seperti bayam, caisim, dan kangkong.
2. Sistem ini dapat berupa pipa berlubang atau saluran porus yang mengalirkan air secara otomatis saat kelembapan tanah menurun.
3. Cocok diterapkan di lahan datar dengan tekstur tanah sedang hingga kasar untuk menghindari penyumbatan.

Tantangan:

1. Biaya awal tinggi: Instalasi sistem pipa bawah tanah memerlukan investasi besar.
2. Pemeliharaan: Risiko penyumbatan dan kerusakan pipa harus diantisipasi dengan pemeliharaan rutin.

6.3.3 Irigasi Sprinkler dan Mikroirigasi (Drip Irrigation)

Irigasi sprinkler dan mikroirigasi (irigasi tetes) merupakan sistem irigasi modern yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil pertanian, terutama di daerah dengan ketersediaan air terbatas atau lahan yang tidak merata.

1. Irigasi Sprinkler

   Irigasi sprinkler menyemprotkan air ke udara dan menjatuhkannya ke tanaman seperti hujan buatan. Sistem ini terdiri dari pompa, pipa, dan kepala sprinkler yang dapat diputar atau tetap.

   Keunggulan:

   a. Cocok untuk berbagai jenis tanaman dan topografi.
   b. Menyediakan distribusi air yang merata.
   c. Dapat digunakan untuk aplikasi pupuk cair (fertigasi).

   Keterbatasan:

   a. Membutuhkan tekanan air tinggi dan energi listrik.
   b. Rentan terhadap kehilangan air akibat penguapan dan angin.

2. Mikroirigasi (Drip Irrigation)

   Irigasi tetes mengalirkan air secara perlahan dan langsung ke zona akar tanaman melalui pipa kecil dan emitor. Sistem ini sangat efisien dan hemat air.

   Keunggulan:

   a. Menghemat air hingga 30–60% dibandingkan irigasi konvensional.
   b. Mengurangi pertumbuhan gulma karena area basah terbatas.
   c. Meningkatkan efisiensi pemupukan melalui fertigasi.
   d. Cocok untuk tanaman bernilai tinggi seperti cabai, tomat, dan hortikultura lainnya

   Keterbatasan:

   a. Biaya instalasi awal relatif tinggi.
   b. Memerlukan pemeliharaan rutin untuk mencegah penyumbatan.

6.4 Pengelolaan Air untuk Efisiensi dan Ketahanan Pangan

Pengelolaan air dalam budidaya tanaman pangan adalah upaya sistematis untuk mengatur, memanfaatkan, dan melestarikan sumber daya air agar dapat digunakan secara efisien dan berkelanjutan.

Tujuannya adalah untuk meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menjaga ketahanan pangan nasional.

1. Efisiensi Penggunaan Air
   a. Teknologi irigasi hemat air seperti irigasi tetes dan sprinkler membantu mengurangi pemborosan air.
   b. Penjadwalan irigasi berbasis cuaca dan kebutuhan tanaman memastikan air diberikan pada waktu dan jumlah yang tepat.
   c. Penggunaan mulsa dan penanaman berjarak mengurangi penguapan dan meningkatkan retensi air tanah.
2. Konservasi dan Penampungan Air
   a. Pembangunan embung, dam parit, dan long storage untuk menampung air hujan dan limpasan permukaan.
   b. Panen air hujan sebagai alternatif sumber air saat musim kemarau.
   c. Rehabilitasi jaringan irigasi untuk mengurangi kebocoran dan meningkatkan distribusi air.
3. Ketahanan Pangan
   a. Ketersediaan air yang stabil memungkinkan peningkatan indeks pertanaman (IP) dan produksi pangan sepanjang tahun.
   b. Pengelolaan air yang baik mengurangi risiko gagal panen akibat kekeringan atau banjir.
   c. Sistem irigasi yang adaptif terhadap perubahan iklim memperkuat ketahanan pangan jangka panjang.

4. Pendekatan Terpadu
   a. Pengelolaan air dilakukan secara menyeluruh dari hulu ke hilir, termasuk konservasi daerah aliran sungai (DAS).
   b. Kolaborasi antara petani, pemerintah, dan lembaga riset diperlukan untuk menerapkan inovasi dan kebijakan yang mendukung efisiensi air.

Konservasi Air dalam Budidaya

Konservasi air adalah serangkaian upaya untuk menjaga, mengelola, dan memanfaatkan air secara efisien agar tetap tersedia bagi tanaman, terutama di tengah tantangan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya air.

Dalam budidaya tanaman pangan, konservasi air sangat penting untuk menjamin keberlanjutan produksi dan ketahanan pangan:

Tujuan Konservasi Air:

1. Menjaga ketersediaan air sepanjang musim tanam.
2. Mengurangi kehilangan air akibat limpasan (runoff) dan penguapan.
3. Meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi.
4. Menjaga kesuburan tanah dan mencegah erosi.

Teknik Konservasi Air:

1. Penanaman Berkontur dan Terasering Mengurangi kecepatan aliran air dan meningkatkan infiltrasi di lahan miring.
2. Mulsa dan Penutup Tanah Mengurangi penguapan dan menjaga kelembapan tanah.
3. Pemanenan Air Hujan Mengumpulkan air hujan melalui embung, kolam tadah hujan, atau tandon untuk digunakan saat musim kering.

4. Pengelolaan Pola Tanam Menanam tanaman penutup tanah atau rotasi tanaman untuk menjaga struktur tanah dan meningkatkan daya serap air.
5. Penggunaan Irigasi Hemat Air Seperti irigasi tetes dan irigasi berselang untuk mengurangi pemborosan air.

Dampak Positif terhadap Budidaya:

1. Meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.
2. Mengurangi risiko gagal panen akibat kekeringan.
3. Mendukung pertanian berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim.

6.5 Manajemen Kualitas Air dalam Budidaya

Manajemen kualitas air adalah proses pengawasan dan pengendalian karakteristik fisik, kimia, dan biologi air yang digunakan dalam budidaya tanaman pangan agar sesuai dengan kebutuhan tanaman dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan maupun hasil panen.

Parameter Kualitas Air yang Penting:

1. pH (derajat keasaman) Idealnya berkisar antara 6,0–7,5. pH yang terlalu rendah atau tinggi dapat menghambat penyerapan unsur hara.
2. Kekeruhan dan Total Padatan Terlarut (TDS) Air yang terlalu keruh atau memiliki TDS tinggi dapat menyumbat sistem irigasi dan mengganggu fotosintesis.

3. Salinitas (Kadar Garam) Salinitas tinggi dapat menyebabkan stres osmotik pada tanaman dan menurunkan hasil panen, terutama pada tanaman yang tidak toleran terhadap garam.
4. Kandungan Unsur Hara dan Logam Berat Air irigasi sebaiknya bebas dari logam berat (seperti Pb, Cd, Hg) dan tidak mengandung nutrien berlebih yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan hara.
5. Oksigen Terlarut (DO) Penting untuk menjaga kesehatan mikroorganisme tanah dan akar tanaman, terutama dalam sistem irigasi tertutup atau hidroponik.

Strategi Manajemen Kualitas Air:

1. Pemantauan rutin terhadap parameter kualitas air menggunakan alat uji sederhana atau laboratorium.
2. Pengolahan air seperti filtrasi, aerasi, atau netralisasi pH sebelum digunakan.
3. Pengelolaan sumber air untuk mencegah pencemaran dari limbah domestik, pertanian, atau industri.
4. Rotasi sumber air jika memungkinkan, untuk menghindari akumulasi senyawa berbahaya.

Manajemen kualitas air yang baik akan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, memperpanjang umur sistem irigasi, dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Bab 7

Pengendalian Hama

7.1 Pendahuluan

Tanaman pangan merupakan tanaman yang menjadi bahan makanan pokok yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Tanaman pangan terbagi menjadi 4 kelompok yang terdiri dari tanaman yang tergolong ke dalam kelompok kacang-kacangan, tanaman yang tergolong ke dalam kelompok serealia (Biji-bijian), tanaman yang tergolong ke dalam kelompok umbi-umbian dan buah-buahan. Tanaman-tanaman pangan sangat berpengaruh dalam memenuhi pangan nasional. Budidaya tanaman pangan harus dilakukan monitoring dari benih sampai pascapanen.

Dalam budidaya tanaman pangan tidak terlepas serangan organisme penganggu tanaman (OPT). Organisme pengganggu tanaman yang terdiri dari hama, penyakit dan gulma. Hama-hama yang menyerang tanaman pangan yaitu, serangga hama, tungau, vertebrata hama dan moluska. Serangga hama yang menyerang tanaman pangan tergolong ke dalam ordo Homoptera, ordo Hemiptera, ordo Orthroptera, ordo Lepidoptera dan ordo

Isoptera. Serangga hama yang tergolong ke dalam ordo tersebut memiliki tipe gejala serangan yang berbeda (Arsi et al., 2021; Sari et al., 2022).

Serangga hama memiliki dua tipe alat mulut yaitu, haustelata dan mandibulata. Serangga hama menjadikan tanaman sebagai tempat berlindung, makan, meletakkan telur dan penularkan penyakit. Serangga hama yang menjadikan tanaman sebagai tempat berlindung seperti, Ulat pisang (Erionata thrax). Ulat pisang (Erionata thrax) merupakan serangga yang menggunakan daun pisang sebagai bahan untuk melindungi diri dari serangan musuh alami.

Serangga ini akan meletakkan telur pada daun pisang, kemudian telur akan menetas. Telur yang menetas akan keluar larva dan larva-larva tersebut akan membuat gulungan pada daun pisang, semakin besar larva semakin besar gulungan daun pisang. Larva ulat pisang ditutupi oleh lapisan lilin berwarna putih. Kemudian larva tersebut menjadi pupa, pupa tetap berada di dalam gulungan daun tersebut dan imago serangga ini berwarna coklat (Pasaru et al., 2021) (Gambar 7.1)

Gambar 7.1: Erionata thrax (A,B) gejala serangan, (C), telur, (D,F) larva, (E) pupa dan (G) (Pasaru et al., 2021)

Spodotera frugiperda merupakan serangga utama pada tanaman jagung. Hama ini menyerang tanaman jagung dengan cara merusak titik tumbuh tanaman jagung. Tanaman jagung yang diserang oleh hama ini dimulai tanaman jagung 14 hari setelah tanaman sampai tanaman jagung pada fase generatif. Gejala-gejala serangan tanaman jagung yang disebabkan oleh S. frugiperda pertama daun tanaman mengalami lubang-lubang yang meninggalkan jaringan epidermisnya.

Larva-larva serangga tersebut pertama kali menetas berkelompok kemudian instar mulai besar kemudian akan berpisah karena serangga ini bersifat kanibal dan memiliki kemampuan makan yang tinggi. Larva akan merusak bagian titik tumbuh, tiitk tumbuh yang terserang akan mengalami kerusakan dan pertumbuhan jagung menjadi terhambat. Keberadaan larva dapat dideteksi dengan melihat kotoran yang ada pada tanaman tersebut, jika kotoran masih basah sudah dipastikan larva masih ada pada pucuk jagung.

Larva-larva memiliki beberapa instar yaitu, instar 1 sampai instar 5. Perbedaan dari masing-masing instar pada instar pertama serangga ini memiliki larva berwarna transfaran dan kepala berwarna hitam. Seiring perkembangan instar maka warna tubuh larva semangkin terang dan jelas. Larva instar 5 memiliki ciri-ciri tubuh terdapat bintik warna hitam yang jelas dan memiliki garis berwarna coklat pada bagian sisi tubuh larva. Bagian kelapa larva terdapat ciri yang jelas dengan huruf Y yang terbalik.

Telur serangga S. frugiperda pertama diletakkan secara berkelompok berwarna kehijauan transfaran. Kemudian telur-telur akan berubah menjadi warna coklat yang ditutupi oleh bulu-bulu halus. Telur-telur yang menetas akan menjadi larva, telur serangga yang tidak terparasit tetap berwarna kecoklatan. Serangga memiliki ukuran imago lebih kecil untuk serangga jantan, sedangkan serangga betina ukuran tubuhnya lebih besar. Jantan memiliki warna yang mencolok dan terang serangkan betina memiliki warna yang kusam. Telur serangga diletakkan di bawah daun jagung.

Daun jagung yang terserang oleh larva yang dewasa mengalami lubang-lubang, selain daun, bagian-bagian tanaman jagung juga ikut terserang yaitu, tongkol, bunga dan batang jika populasi mulai tinggi dan jagung mulai fase generatif. Tongkol jagung yang terserang dimulai dari pucuk pada tongkol tersebut, kemudian menuju ke bagian pangkal dekat biji jagung. Jika serangan berat pada tanaman jagung maka tanaman tersebut menjadi mati. Jagung merupakan tanaman yang banyajk digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, sebagai pakan ternak dan bahan olahan.

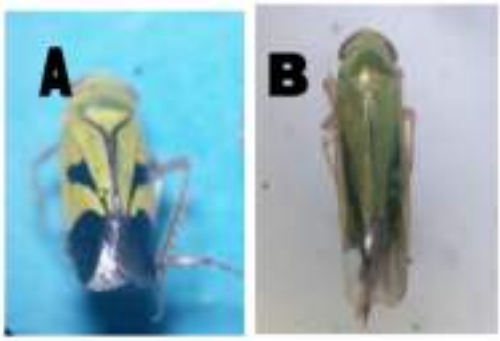
Produksinya akan menurun jika terserang serangga hama S. frugiperda dan gagal panen. Karena serangga ini merusak daun, tongkol dan titik tubuh tanaman jagung. Keberadaan S. frugiperda pada tanaman jagung dapat ditandai adanya bekas gigit dan kotoran pada tanaman jagung tersebut (Gambar 7.2) (Herlinda et al., 2022) (Gambar 7.1).

Gambar 7.2: Spodoptera frugiperda (A,B,C atas) larva,(A) Imago Jantan dan (B) Betina, (A) Telur dan (B,C,D,E,F,G,H,I) Gejala Serangan (Herlinda et al., 2022)

Hama yang tanaman padi sawah berbagai macam yang terdiri dari 6 ordo dengan 7 famili dan 10 spesies. Hama-hama yang menyerang tanaman pada padi sawah memiliki 2 tipe alat mulut yaitu, tipe alat mulut menusuk menghisap (haustelata) dan mengigit mengunyak (mandibulata). Hama-hama yang tipe menusuk menghisap, hama tipe alat mulut ini bertindak sebagai vektor penyakit.

Serangga vektor yang menularkan penyakit virus tanaman padi yaitu, Nephotettix virescens. Gejala serangan Nephotettix virescens pada tanaman padi mengalami tumbuhan yang terhambat atau kerdil. Selain itu, hama Nilaparvata lugens juga sebagai vektor penyakit virus pada tanaman padi. Akibat kedua serangan hama ini dapat menurunkan produksi dan gagal panen. Hama ini menyerang tanaman padi dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan sifat biologi hama tersebut.

Hama ini menyerang tanaman padi dari vegetatif sampai fase generatif, populasi meningkat dapat disebabkan oleh penggunaan insektisida dan menurunkan populasi musuh alami wereng tersebut. Budidaya tanaman padi yang tidak sama dalam suatu area dan serangan ini sering terjadi daerah yang endemik (Lepa et al., 2017; Novian & Ramadhani, 2023; Sembiring & Mendes, 2022; Yanti et al., 2024) (Gambar 7.3).



Gambar 7.3: Nephotettix virescens sebagai vektor penyakit pada tanaman padi (Lepa et al., 2017)

Hama-hama yang menyerang tanaman memiliki berbagai spesies yaitu Leptocoriza acuta, Liriomyza sp., Bactrocera sp., Pentalonia nigronervosa, Aulacophora similis, Sitophillus oryzae, Sitophilus zaemays dan Callosobruchus chinensi, Myzus persicae, Spodoptera litura, Spodoptera frugiperda, Nilaparvata lugens, Aphid gosyypii, s (Arsi et al., 2021; Sari et al., 2022). Serangga yang terdapat pada ekosistem sawah yang bertindak sebagai hama baik yang bertipe alat mulut menusuk menghisap maupun mengigitkan mengunyah (Gambar 7.4) (Herlinda et al., 2020)

Gambar 7.4: Serangan yang menyerang tanaman padi (A) Spodoptera sp., (B) Pelopidas sp.,(C) Amata nigriceps, (D) Oxya chinensis, (E) Dicladispa armigera, (F) Chrysolina coerulans, (G) Leptocorisa acuta, (H) Acrida turita, (I) Nilaparvata lugens (Herlinda et al., 2020)

Serangga yang merusakan tanaman yang menimbulkan kerugian karena dapat menyebabkan hasil menurun dan gagal panen. Serangga hama menyerang tanaman dengan menusuk alat mulut ke tanaman, kemudian menularkan penyakit. Serangga ini kebanyakan berasal dari ordo Hemiptera, ordo ini merusak tanaman dengan cara menusuk alat mulut ke tanaman, selain menghisap cairan tanaman ordo juga menularkan penyakit. Penyakit yang banyak ditularkan oleh ordo ini yaitu, virus.

Ordo Hemiptera banyak menjadi vektor penyakit pada tanaman yaitu, tanaman padi, pisang, cabai, terung, jagung dan kacang panjang. Serangga hama yang menularkan penyakit virus pada tanaman seperti, Nilaparvata lugens, Pentalonia nigronervosa, Nephortetix virens, Aphis gosypii, Myzus persicae dan Bemisia tabaci. Akibat serangga hama ini dapat menyebabkan penurunan produksi dan gagal panen. Serangga ini menyerang tanaman

memiliki gejala serangan yang berbeda tergantung spesies serangga yangh menyerang (Gambar 7.5) (Purwati et al., 2017)

Gambar 7.5: Tanaman yang terserang penyakit virus dengan vektor (A), Aphis gosypii, (B). Bemisia tabaci dan Thrips sp. (Marianah, 2020)

Serangga yang menusuk-menghisap memiliki inang yang banyak dan yang inang yang spesifik. Pentalonia nigronervosa merupakan vektor penyakit Banana Bunchy Top virus (BBTV). Serangga ditemukan paling banyak tanaman pisang yang memiliki genom AA dan AB. Pisang yang terserang Pentalonia nigronervosa mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang terhambat.

Gejala pertama terserang BBTV daun mengalami perubahan warna pada daun, daun menjadi menyempit. Daun yang tumbuh lama-kelamaan akan menumpuk sehingga tanaman menjadi kerdil, biasanya tanaman akan menjadi pendek. Apabila menyerang tanaman yang sudah dewada daun tanaman menyenpit pada pertumbuhan selanjutnya, sehingga tanaman tidak berbuah (Gambar 7.6) (Arsi et al. 2024).

Gambar 7.6: Kutu pisang Pentalonia nigronervosa (A) dan Gejela serangan (B) (Arsi et al. 2024)

Arthropoda yang ada di lahan persawahan atau lahan pertanian memiliki peranan masing-masing. Peranan arthropoda yang ada lahan pertanian sangat menentukan dalam proses melakukan tindakan dalam pengendalian atau dalam memutuskan dalam melakukan tindakan pengendalian. Peranan arthropoda yang ada di lapangan yaitu, ada yang bersifat predator, dekomposer, penyerbuk, penghasil madu, penghasil texstil, parasitoid dan sebagai hama.

Peranan-peranan arthropoda dalam bidang pertanian juga dapat meningkatkan kelestarian dan menjaga ekosistem persawahan. Ekosistem yang baik pada lahan persawahan dapat terlihat dimana proses jaringan makanan dapat berjalan dengan baik. Dalam satu ordo saja pada masing-masing serangga memiliki peran yang dapat menjadikan menguntungkan dan merugikan. Ada jenis-jenis kelompok serangga yang bertindak sebagai hama dan predator. Peranan serangga yang ada di lapangan harus diketahui dengan cara memonitoring lahan pertanian tersebut.

Serangga-serangga yang bersifat hama di dalam keanekaragaman di dalam suatu ekosistem persawahan sangat dikit sekali, akan tetapi populasi serangga hama sangat banyak. Ekosistem yang baik dalam lingkungan persawahan harus terbentuk untuk meningkatkan keanekaragaman arthropoda yang di lapangan (Tabel 7.1) (Arifin et al., 2017).

Tabel 7.1: Serangga-serangga dan peranan dalam bidang pertanian (Arifin et al., 2017)

No	Ordo	No	Famili	Peran Ekologis
1	Blattodea	1	Blattidae	Pemakan Bahan Organik
		2	Blattellidae	Pemakan Bahan Organik
2	Coleoptera	1	Anthribidae	Pemakan Bahan Organik
		2	Cerambidae	Predator
		3	Coccinellidae	Predator
		4	Chrysomelidae	Herbivora
		5	Cantharidae	Predator
		6	Elateridae	Pemakan Bahan Organik
		7	Nitidulidae	Pemakan Bahan Organik
		8	Scarabaeidae	Pemakan Bahan Organik
		9	Staphylinidae	Predator
3	Dermaptera	1	Forficulidae	Predator
4	Diptera	1	Ceratopogonidae	Pemakan Bahan Organik
		2	Asilidae	Predator
		3	Dolichopodidae	Predator
		4	Phoridae	Pemakan Bahan Organik
		5	Micropezidae	Herbivora
		6	Tachinidae	Parasitoid
5	Hemiptera	1	Aphididae	Herbivora
		2	Cercopidae	Herbivora
		3	Cicadellidae	Herbivora
		4	Delphacidae	Herbivora
		5	Derbidae	Herbivora
		6	Flatidae	Herbivora
		7	Lygaeidae	Herbivora
		8	Pentatomidae	Herbivora
		9	Plataspididae	Herbivora
		10	Reduviidae	Predator
6	Hymenoptera	1	Apidae	Predator
		2	Braconidae	Predator
		3	Formicidae	Predator
		4	Ichneumonidae	Predator
		5	Platygasteridae	Predator
		6	Sphecidae	Predator
		7	Vespidae	Predator
7	Isoptera	1	Termitidae	Pemakan Bahan Organik
8	Lepidoptera	1	Arctiidae	Herbivora
		2	Geometridae	Herbivora
		3	Lymantriidae	Herbivora
		4	Arctiidae	Herbivora
		5	Noctuidae	Herbivora
		6	Nymphalidae	Herbivora
		7	Satyridae	Herbivora
		8	Pyralidae	Herbivora
9	Mantodea	1	Mantidae	Predator
10	Orthoptera	1	Acrididae	Herbivora
		2	Gryllidae	Herbivora
		3	Pyrgomorphidae	Herbivora
		4	Tettigidae	Pemakan Bahan Organik
		5	Tettigoniidae	Herbivora

Organisme penganggu tumbuhan (OPT) merupakan orgasnime yang dapat menimbulkan kerugian bagi tanaman yang dibudidayakan baik benih sampai pascapanen. Kerusakan yang ditimbulkan dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produk pertanian. Produk pertanian dapat diserang oleh OPT baik di lapangan maupun penyimpan. Serangga-serangga yang dapat ditemukan di dalam penyimpanan dan merusak produk-produk pertanian (Tabel 7.2) (Lumi et al., 2021).

Tabel 7.2: Jenis-jenis serangga yang ditemukan di dalam penyimpanan (Lumi et al., 2021)

NO	Jenis-jenis serangga	Waktu Pengamatan					Total	Rataan
		Minggu ke						
		I	II	III	IV	V		
		...Ekor...						
1	Tenebrionidae	16.0	58.0	115.0	27.0	117.0	333.0	66.6
2	Pteidae	7.0	20.0	55.0	41.0	38.0	171.0	34.2
3	Anthribidae	36.0	49.0	36.0	24.0	9.0	152.0	30.4
4	Nitidulidae	12.0	21.0	8.0	23.0	18.0	82.0	16.0
5	Laemophloeidae	3.0	31.0	14.0	15.0	16.0	79.0	15.8
6	Silvanidae	16.0	33.0	20.0	7.0	1.0	77.0	15.4

Yellow sticky trap merupakan salah perangkap yang digunakan untuk menangkap serangga hama di dalam Gudang (Tabel 7.3) (Lumi et al., 2021)

Tabel 7.3: Perangkap Yellow sticky trap yang digunakan menangkap hama gudang (Lumi et al., 2021)

NO	Jenis-jenis serangga	Waktu Pengamatan					Total	Rataan
		Minggu ke						
		I	II	III	IV	V		
		...Ekor...						
1	Tenebrionidae	112.0	166.0	216.0	131.0	251.0	876.0	175.0
2	Laemophloeidae	148.0	215.0	104.0	76.0	122.0	767.0	153.0
3	Anthribidae	117.0	156.0	178.0	34.0	69.0	554.0	110.8
4	Hymenoptera	5.0	28.0	3.0	6.0	1.0	43.0	8.6
5	Tiptinidae	2.0	6.0	1.0	1.0	3.0	14.0	2.8
6	Silvanidae	2.0	5.0	-	-	3.0	10.0	2.0

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam gudang penyimpan serangga yang ditemukan ada 8 spesies yang menyerang biji pala. Serangga yang menyerang biji pala di dalam gudang berasal dari ordo Coleoptera. Serangga ini memiliki sayap depan yang keras dan digunakan untuk melindungi sayap belakang, tipe alat mulut mengigit mengunyah (Gambar 7.7) (Lumi et al., 2021).

Gambar 7.7: Biji pala yang terserang kumbang dari Famili Antribidae (Lumi et al., 2021)

Ordo Coleoptera dari famili Laemophloeudae merupakan salah satu serangga yang ditemukan dipenyimpanan pada biji pala. Tubuh serangga ini berwarna coklat kehitaman (Lumi et al., 2021) (Gambar 7.8).

Gambar 7.8: Serangga yang ditemukan pada gudang penyimpanan biji pala Famili Laemophloeudae (Lumi et al., 2021)

Famili Silvanidae merupakan ordo Coleoptera, tubuh berwarna coklat kehitaman. Serangga yang ditemukan gudang penyimpanan biji pala (Gambar 7.9) (Lumi et al., 2021).

Gambar 7.9: Kumbang dari famili Silvanidae yang terdapat pada penyimpanan biji pala (Lumi et al., 2021)

Serangga famili Ptinidae dari ordo Coleoptera, serangga ini memiliki warna tubuh coklat terang dan sayap terdapat bulu-bulu (Gambar 7.10) (Lumi et al., 2021).

Gambar 7.10: Serangga dari famili Ptinidae yang terperangkap (Lumi et al., 2021)

Famili Tenebrionidae serangga yang ditemukan dalam penyimpanan biji pala. Serangga ini berwarna coklat dan terang serta dengan ukuran tubuh 2,3-4,4 mm. (Gambar 7.11) (Lumi et al., 2021).

Gambar 7.11: Serangga darfi famili Tenebrionidae terdapat pada biji pala (Lumi et al., 2021)

Serangga ini memiliki bagian thorax berwarna hitam dan bagian abdomen berwarna coklat kehitaman. Famili Nitidulidae merupakan serangga yang berasal dari ordo Coleoptera, bentuk tubuhnya oval (Gambar 7.12) (Lumi et al., 2021)

Gambar 7.12: Serangga famili Nitidulidae terdapat gudang penyimpanan biji pala (Lumi et al., 2021)

Hama yang merusak tanaman pangan baik dari benih sampai pascapanen. Tikus dan burung pipit merupakan hewan yang banyak ditemukan pada tanaman padi. Tikus merupakan hewan penggerat yang dapat merusak tanaman yang menyebabkan penurun nilai produk pertanian baik secara kualitas maupun kuantitas (M et al., 2014; Toar et al., 2022)

7.2 Pengendalian Hama

Organisme penganggu tanaman (OPT) merupakan makhluk hidup yang dapat menimbulkan kerusakan hasil pertanian dan produk pertanian. Kerusakan tanaman yang diakibatkan oleh OPT baik di lapangan sampai dengan penyimpanan (Gambar 7.13) (Toar et al., 2022).

Pertumbuhan dan perkembangan organisme penganggu tanaman (OPT) dapat ditekan dengan cara melakukan pengendalian. Pengendalian-pengendalian yang dapat dilakukan yaitu:

Gambar 7.13: Produk pertanian yang dapat diserang oleh faktor biotik dan abiotik (Toar et al., 2022)

7.2.1 Pengendalian dengan Teknik Budidaya

Pengendalian hama dengan cara teknik budidaya dapat dilakukan dengan cara sanitasi, pengaturan jarak tanam, rotasi tanaman, tanaman serempak, pengelolaan air, pengolahan tanah, tumpang sari, penanaman tanaman perangkap dan penggunaan varietas unggul. Sanitasi dilakukan untuk mengurangi tanaman yang disekitar pertanaman, sanitasi dilakukan untuk mengurangi kelembaban pada tanaman yang dapat menimbulkan serangga untuk menetap pada tanaman tersebut.

Sanitasi dapat dilakukan dengan membersihkan atau mengambil tanaman yang terserang hama kemudian dilakukan penguburan atau pembakaran (Abst, 2019). Sanitasi dapat dilakukan pada tempat-tempat yang dapat digunakan untuk penyimpanan produk-produk pertanian (Fawaid, 2020). Pengaturan jarak tanaman dapat digunakan dalam menekan penyebaran hama ke tanaman yang disekitar, jarak tanaman banyak digunakan dalam budidaya tanaman padi yaitu, jajar legowo.

Tumpang sari dalam budidaya tanaman dapat membantu mengurangi tingkat kerusakan, dalam budidaya tanaman yang dilakukan tumnpang sari dengan tujuan untuk menurunkan tingkat kerusakan tanaman dengan cara menggunakan famili tanaman yang berbeda. Begitu juga dalam rotasi tanaman atau pergiliran tanaman dapat dilakukan dengan membudidayakan tanaman yang memiliki famili yang berbeda. Rotasi tanaman yang dapat dilakukan dengan menanam padi, kemudian menanam tanaman cabai, lalu menanam tanaman mentimun.

Pengelolaan air dapat membunuh OPT yang ada di lapangan, hama-hama yang meletakkan telur di tanah atau hidup di dalam tanah akan mati apabila dilakukan perendaman lahan. Proses pengolahan tanah dapat membunuh serangga yang ada di dalam tanah, pada proses pembalikan atau proses pembajakan.

Tanam serempak dapat dilakukan dengan diarea yang luas, sehingga kerusakan dapat ditekan. Penanaman tanaman perangkap juga dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat serangan tanaman utama. Varietas unggul merupakan varietas yang dapat membantu meningkat produksi pertanian dan dapat menurunkan tingkat serangan hama di lapangan.

7.2.2 Pengendalian Hama secara Fisik

Pertumbuhan dan perkembangan hama dapat ditekan dengan cara pengendalian hama secara fisik. Pengendalian-pengendalian fisik yang dapat diterapkan yaitu, penghalang, perubahan suhu, cahaya, suara dan radiasi. Pengendalian ini merupakan pengendalian yang mengubah kondisi lingkungan yang tidak sesuai untuk perkembangan hama tersebut.

7.2.3 Pengendalian Hama secara Mekanik

Pengendalian mekanik adalah pengendalian yang menggunakan alat dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan. Pengendalian mekanik dapat mengunakan perangkap, grobyokan, pengambilan dengan tanaman. Penggunaan perangkap dapat dilakukan dengan memasng perangkap Yellow sticky trap (Lumi et al., 2021) (Gambar 7.14).

Dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan serangga di lapangan dengan menggunakan perangkap bubu untuk mengendalikan hama tikus (M et al., 2014; Sulasmi & Hastuti, 2017).

Gambar 7.14: Pengendalian mekanik untuk merangkap serangga gudang (Lumi et al., 2021)

7.2.4 Pengendalian Mengunakan Musuh Alami

Penggunaan musuh alami dalam pengendalian hama di lapangan dapat menggunakan predator, parasitoid dan entomopatogen. Keberadaan musuh alami di lapangan dapat dilakukan dengan 3 pendekatan yaitu, Introduksi, Augmentesi dan Konservasi.

7.2.5 Pengendalian Hama Pestisida

Dalam mengendalikan hama yang menyerang tanaman pangan di lapangan maupun di penyimpanan dapat menggunakan pestisida. Pestisida dapat dibagi menjadi 2 yaitu, pestisida sintetik dan pestisida nabati. Pestisida yang digunakan untuk mengendalikan hama pada tanaman pertanian yaitu, insektisida, rodentisida, akarisida, moluskisida dan avesida. Penggunaan pestisida dalam mengendalikan hama di lapangan harus mengikuti petunjuk penggunaan, sehingga proses pemakaian pestisida sesuai yang diajurkan.

Selain itu, penggunaan tanaman yang dapat dijadikan sebagai pengendalian hama yang merusak tanamanTanaman juga dapat dijadikan sebagai pestisida nabati dalam mengendalikan hama. Tanaman yang dapat dijadikan sebagai pengendalian hama yaitu, serai wangi, brotowali, daun sirsak, daun pepaya dan tanaman-tanaman yang memiliki ciri sedikit hama yang menyerang (Indriyani et al., 2019)

7.2.6 Fumigasi

Produk-produk pertanian dalam skala besar dapat dilakukan pengendalian dengan cara fumigasi. Fumigasi dapat dilakukan pada ruangan tertutup dan jauh dari pemukiman (Arum, 2020).

Bab 8

Pengendalian Penyakit Tanaman

8.1 Pendahuluan

Tanaman pangan menjadi komoditas utama bagi manusia sebab menjadi kebutuhan dasar atau kebutuhan pokok yang belum bisa digantikan dengan yang lain. Beberapa komoditas yang digolongkan sebagai tanaman tanam yaitu padi, jagung, kedelai, umbi-umbian, dan kacang-kacangan. Tanaman-tanaman ini menjadi sumber karbohidrat maupun protein yang menjadi sumber utama makanan bagi manusia.

Oleh karena itu, produktivitas tanaman pangan perlu dipertahankan bahkan ditingkatkan untuk mencukupi kebutuhan manusia. Namun pada praktik budidaya tanaman pangan, untuk mendapatkan produksi yang optimal selalu menghadapi kendala. Beberapa kendala yang bisa ditemukan pada budidaya tanaman diantaranya kondisi tanah yang kurang subur, ketersediaan air yang sulit, serangan hama dan penyakit, perubahan iklim, serta pemasaran hasil panen.

Salah satu kendala yang secara signifikan dapat mengurangi kehilangan hasil adalah infeksi penyakit tanaman. Penyakit pada tanaman dapat ditemui pada semua fase pertumbuhan mulai dari persemaian hingga pascapanen. Selain itu, penyakit juga dapat menginfeksi pada semua bagian tanaman mulai dari akar, batang, daun, bahkan malai, polong, maupun umbi.

Pada tanaman kedelai, serangan penyakit di persemaian dapat menyebakan kerugian 11-20% dengan tingkat sebaran penyakit melalu benih mencapai 8%, sedangkan pada fase generatif dapat menyebabkan penurunan produksi kedelai hingga 57,61% (Fauziyah et al. 2021; Rumbiak et al. 2018; Habazar et al. 2012). Pada tanaman padi, akibat adanya penyakit pada persemaian dapat menurunkan viabilitas benih hingga 30%, sedangkan pada fase generatif dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 60-80% (Ramdan & Kulsum 2017; Mishra et al. 2013).

Berdasarkan uraian di atas, pada bab ini akan membahas mengenai jenis penyakit tanaman pangan khususnya pada tanaman padi, kedelai, kentang, dan jagung. Selain itu, bab ini akan menguraikan berbagai teknik pengendalian penyakit baik secara kultur teknis, kimia, hayati, fisik, dan mekanis.

8.2 Penyakit Tanaman Pangan

Sebelum tindakan pengendalian dilakukan, penyakit yang menginfeksi tanaman perlu diketahui. Pemeriksaan untuk mengetahui jenis penyakit diperlukan supaya tepat dalam mengambil tindakan pengendalian. Beberapa jenis penyakit penting pada tanaman pangan dan penyebabnya dirangkum pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1: Penyakit tanaman pangan dan penyebabnya

No	Tanaman inang	Penyakit	Penyebab
1.	Padi	Blast	*Pyricularia orizae*
2.	Padi	Hawar daun bakteri	*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*
3.	Padi	Hawar pelepah	*Rhizoctonia solani*
4.	Padi	Tungro	*Rice Tungro Bacilliform Virus* (RTBV), *Rice Tungro Spherical Virus* (RTSV)
5.	Kedelai	Karat daun	*Phakopsora pachyrhizi*
6.	Kedelai	Hawar bakteri	*Pseudomonas syringae* pv. *glycines*
7.	Kedelai	Pustul bakteri	*Xanthomonas campestris* pv. *Glycines*
8.	Kedelai	Puru akar	*Melodogyne* spp.
9.	Kentang	Layu bakteri	*Ralstonia solanacearum*
10.	Kentang	Layu fusarium	*Fusarium oxysporum*
11.	Kentang	Bercak alternaria	*Alternaria solani*
12.	Kentang	Puru akar	*Meloidogyne* spp.
13.	Kentang	Nematoda sista kuning	*Golobodera pallida, Globodera rostochinesis*
14.	Jagung	Bulai	*Peronosclerospora* sp.
15.	Jagung	Karat daun	*Puccinia* sp.
16.	Jagung	Hawar daun	*Helminthosporium turcicum*
17.	Jagung	Gall tongkol	*Ustilago maydis*

Penyakit pada tanaman pangan bervariasi mulai dari penyakit yang menginfeksi akar, batang, daun, umbi, dan tongkol. Selain itu, penyebab

penyakit juga menunjukkan jenis yang berbeda baik dari kelompok jamur, bakteri, virus, dan nematoda. Pada Tabel 8.1 di atas hanya menampilkan penyakit penting saja atau penyakit yang dapat berdampak serius pada tanaman sehingga tingkat kerugiannya lebih besar.

Masih banyak penyakit lainnya yang bersifat minor pada tanaman, dalam artian penyakit tersebut menggangu fisiologi tanaman tetapi dampaknya tidak terlalu serius dan kerugian ekonomi yang disebabkan tidak sebesar penyakit penting (mayor) pada tanaman. Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui jenis penyakit terlebih dahulu sebelum dilakukan tindakan pengendalian agar tepat sasasaran, efisien dan efektif dalam menekan perkembangan penyakit.

8.3 Pengendalian Penyakit secara Kultur Teknis

Pengendalian penyakit pada tanaman tidak selalu harus menunggu adanya gejala infeksi saja, sebab pada penyakit tertentu meski gejala baru terlihat tetapi tanaman telah mengalami kerusakan serius.

Oleh karena itu, pengendalian penyakit dapat dimulai dari persiapan tanaman maupun kegiatan budidaya (kultur teknis):

1. Pemilihan varietas tahan

   Pemilihan jenis varietas tanaman yang tahan terhadap penyakit menjadi komponen penting dalam pengendalian penyakit. Varietas tahan dapat mempertahankan dirinya dari serangan penyakit baik secara horizontal maupun vertikal. Beberapa contoh varietas tahan diantaranya untuk padi: Tukad Patanu, tukan Una, Bodoyudii, Kalimas, IR-66, IR-72, dan IR74.

2. Waktu tanam tepat

   Waktu tanam yang tepat maksudnya saat penanaman diperhitungkan saat musim hujan atau kemarau. Penyakit umumnya sering muncul saat musim penghujan. Selain itu diupayakan juga saat terjadinya puncak populasi vektor penyakit (misalnya vektor virus) tanaman sudah memasuki fase genartif, sebaga pada fase tersebut tidak menimbulkan kerusakan yang berarti

3. Tanam serempak

   Penanaman serempak dimaksudkan untuk memutus ketersediaan inang. Jika tanaman ditanam serempak, maka setelah panen patogen (penyebab penyakit) tidak lagi memiliki inang sebagai sumber kehidupannya, sehingga diharapkan sumber inokulum akan mati.

4. Rotasi tanaman

   Hampir sama dengan tujuan dari tanam serempak. Rotasi tanaman dilakukan untuk memutus ketersediaan inang dengan cara mengganti jenis tanaman yang akan dibudidayakan. Akan tetapi, perlu diperhatikan untuk mengganti tanaman dengan famili yang berbeda, sebab ada beberapa penyakit yang ditemukan pada tanaman dengan famili yang sama.

5. Sanitasi gulma

   Gulma merupakan tanaman yang berfungsi sebagai inang alternatif bagi beberapa patogen,la. Sehingga sanitasi gulma perlu dilakukan secara berkala. Selain untuk menghilangkan kompetitor tanaman utama, sanitasi gulma juga bertujuan untuk memutus ketersediaan inang alternatif.

6. Pengaturan jarak tanam
   Pada saat penanaman perlu diberikan jarak yang ideal antar tanaman. Hal ini bertujuan supaya tanaman saat dewasa tidak bertumpuk, sebab jika tajuk saling tumpang tindih maka sinar matahari akan terhalangi sehingga iklim mikronya akan lembab dan penyakit akan berkembang pesat.
7. Penggunaan pupuk sesuai anjuran
   Pemupukan menjadi salah satu kegiatan penting untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Akan tetapi, kegiatan pemupukan perlu disesuaikan dengan anjuran sebab jika kekurang dan kelebihan akan memicu perkembangan penyakit. Misalnya pada pemupukan nitrogen, jika berlebihan akan menyebabkan tanaman sukulen sehingga lebih rentan terserang penyakit.

8.4 Pengendalian Penyakit secara Kimia

Pada pengendalian penyakit secara kimia dapat dilakuan dengan bahan kimia sintetis maupun alami. Pada pengendalian secara kimia sintetis dapat dilakukan sesuai dengan jenis patogen seperti bakterisida untuk bakteri, fungisida untuk jamur , virusida untuk virus, dan nematisida untuk nematoda. Pestisida tersebut dapat diperoleh secara komersil dan penggunaan sesuai anjuran.

Sementara untuk pengendalian kimia secara alami dapat menggunakan pestisida nabati yang dapat berperan sebagai toksin bagi patogen. Aplikasi pestisida dapat dalam bentuk ekstrak air, ekstrak etanol, ataupun fermentasi. Sementara efektivitas yang dihasilkan tergantung dari konsentrasi, umur ekstrak, dan waktu aplikasi. Beberapa jenis tanaman yang dapat dijadikan sebagai pestisida nabati pada tanaman pangan disajikan pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2: Agens hayati yang digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman pangan

No	Sumber pestisida nabati	Kandungan bahan aktif	Target patogen / penyakit	Jenis tanaman pangan
1.	Daun sirih (*Piper betle*)	Eugenol, flavanoid, tanin	*Pyricularia oryzae* (blas), *Rhizoctonia solani* (busuk pelepah)	Padi
2.	Bawang putih (*Allium sativum*)	allicin, sulfur organik	*Xanthomonas oryzae* (hawar daun bakteri)	Kentang
3.	**Cengkeh** (*Syzygium aromaticum*)	Eugenol	*Rhizoctonia solani, Fusarium spp*	Padi
4.	Sereh Wangi *(Cymbopogon nardus)*	Sitronelal, geraniol	*Fusarium, Pyricularia*	Padi
5.	Daun Mimba / Neem *(Azadirachta indica)*	Azadirachtin, nimbin	*Pyricularia oryzae* (blast)	Padi
6.	Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*)	Cinnamaldehyde, eugenol	*Fusarium verticillioides (busuk tongkol)*	Jagung
7.	Daun Pepaya (*Carica papaya*)	Papain, alkaloid	*Fusarium spp., Helminthosporium spp.*	Jagung
8.	Sirsak (*Annona muricata*)	Acetogenin, flavonoid	*Rhizoctonia solani, Colletotrichum*	Jagung
9.	Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*)	Xanthorrhizol	*Patogen akar*	Jagung
10.	Cengkeh	Eugenol	*Sclerotium rolfsii*	Kedelai

			(rebah semai), Rhizoctonia solani	
11.	Bawang Putih & Bawang Merah	Allicin, disulfida	*Cercospora, Fusarium, Pseudomonas*	Kedelai
12.	Daun Pepaya	Papain, alkaloid	*Phytophthora sojae, rebah semai*	Kedelai
13.	Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*)	Skopoletin, flavonoid	*Colletotrichum spp*	Kedelai
14.	Serai Wangi	Sitronelal	*Penyakit karat daun dan bercak daun*	Kedelai

8.5 Pengendalian Penyakit secara Hayati

Pengendalian penyakit secara hayati dapat menjadi salah satu teknik terbaik untuk menekan penyakit pada tanaman pangan. Pengendalian dengan menggunakan agens hayati memiliki dampak positif bagi keberlanjutan pertanian sebab ramah lingkungan, tidak menyebabkan resistensi, memperbaiki kesehatan tanah dan tanaman, serta cocok digunakan untuk pertanian organik. Daftar agens hayati yang dapat digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman pangan disajikan pada Tabel 8.3.

Tabel 8.3: Agens hayati yang digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman pangan

No	Jenis agens hayati	Kelompok agens hayati	Target patogen / penyakit	Jenis tanaman pangan
1	*Trichoderma* spp.	Jamur	*Fusarium, Phytium, Rhizoctonia, Sclerotium*	Padi, Jagung, Kedelai

2	*Pseudomonas fluorescens*	Bakteri	*Fusarium, Ralstonia, Phythium*	Kentang
3	*Bacillus substilis*	Bakteri	Busuk akar, bercak daun, blast	Padi, jagung, kedelai
4	*Gliocladium*	Jamur	*Fusarium, Pyricularia*	Padi, jagung
5	*Streptomyces* sp.	Aktinomiset	*Rhizoctonia, Fusarium*	Padi, kedelai

8.6 Pengendalian Penyakit secara Fisik

Pengendalian penyakit secara fisik umumnya melibatkan proses pemanasan, pendinginan atau segala sesuatu yang menyangkut dengan perlakuan pada fisik tanaman, termasuk benih sebagai sumber pembiakkan tanaman.

1. Solarisasi tanah

   Solarisasi tanah dilakukan dengan memanfaatkan panas matahari yang terparangkap pada mulsa plastik bening untuk memanaskan kelengasan tanah. Pemasangan mulsa dilakukan seperti memasang mulsa pada umumnya, tetapi jenis plastik yang digunakan plastik bening untuk menciptakan efek rumah kaca. Teknik ini akan mematikan sumber inokulum yang sudah ada di dalam tanah dan meningkatkan humufikasi sehingga ketersediaan hara dan mikroba bermanfaat akan melimpah. Teknik ini telah berhasil menekan perkecambahan sclerotia dari Sclerotium rolfsii hingga 100% dan meningkatkan mikroba bermanfaat seperti bakteri thermofilik yang menjadi antagonis bagi patogen (Ramdan et al. 2022).

2. Perlakuan air panas atau hot water treatment

   Pengendalian dengan perlakuan air panas atau hot water treatment (HWT) dilakukan dengan cara merendam bahan tanam seperti benih, umbi, ataupun stek dalam air panas pada suhu dan waktu tertentu. Beberapa laporan penggunaan HWT diantaranya perendaman benih pada air bersuhu 52-54°C selama 10-12 menit berdampak pada penurunan insidensi penyakit blas lebih dari 60%. Sementara perendaman benih kedelai pada air bersuhu 50-52°C selama 20-30 menit mampu menurunkan infeksi Phomopsis. Berbeda dengan benih jagung yang direndam air pada suhu 55°C selama 10 menit mampu menurunkan inokuum Fusarium hingga 80%. Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa semakin tinggi suhu air yang digunakan untuk merendam benih akan berdampak pada penurunan viablitas benih.
3. Panas kering

   Berbeda dengan hot water treatment, proses pemanasan pada perlakuan ini dalam kondisi kering (tanpa kelembapan). Benih kedelai yang diberikan perlakuan panas kering pada suhu 45°C selama 12 jam dan 24 jam mampul menekan populasi Xanthomonas axonopodis pv. glycines pada benih kedelai (Fauziyah et al. 2024). Namun, semakin lama perlakuan panas kering akan menurunkan viabilitas dan vigor benih kedelai, sehingga rekomendasi Savitri et al. (2024) perlakuan terbaik untuk menekan popualsi Xog pada benih kedelai dan mutu benihnya tetap terjaga yaitu pada suhu 45°C selama 12 jam.
4. Perlakuan elektroterapi

   Perlakuan elektroterapi dilakukan dengan memaparkan arus listrik pada larutan elektrolit. Paparan ini akan menghasilkan berbagai oksidan, seperti okosiden hidorgen perosida, klorin, dan klor

oksida. Perlakuan elektroterapi mampu menekan populasi miorba karena arus listrik mengubah susunan protein di dalam membran sel mikrob. Perlakuan elektroterapi dengan arus listrik 400 mA mampu menekan populasi bakteri Xoo pada padi hingga 100% (Purnama et al. 2018).

5. Perlakuan penyimpanan benih

   Pada penyakit-penyakit terbawa benih diperlukan proses penyimpanan yang baik dan benar, sehingga benih-benih yang membawa penyakit tidak berkembang saat disemai dan menular saat pindah tanam ke lapangan. Beberapa laporan menunjukkan benih kedelai yang disimpan pada suhu dingin (4°C) dan kelembapan rendah (RH 30%) terhindar dari infeksi Cladosporium sp. dan Rhizopus sp. serta terjaga mutu benihnya yang ditunjukkan viablitas benih mencapai 96,67-100% (Ramdan et al. 2022). Sementara penyimpanan benih padi pada suhu rendah (4°C) dengan kemasan plastik mampu menekan infeksi Xantomonas oryzae pv. oryzae terbawa benih yang ditunjukkan oleh berkurangnya populasi Xoo pada benih dan insidensi penyakit yang rendah dipersemaian (Niko et al. 2023).

8.7 Pengendalian Penyakit secara Mekanis

Pengendalian lain yang dapat digunakan sebagai salah satu teknik untuk menekan perkembangan penyakit yaitu pengendalian secara mekanis.

Berikut beberapa teknik pengendalian penyakit secara mekanis yang dapat dilakukan:

1. Sanitasi lahan dan alat
   Membersihkan sisa tanaman sakit dan membakar/mengubur, serta sterilisasi alat pertanian sehingga terhindar dari menularkan penyakit.
2. Penyingkiran tanaman sakit (rouging)
   Mencabut atau memotong tanaman yang menujukkan gejala penyakit kemudian dimusnahkan.
3. Pemangkasan bagian terinfeksi
   Memotong daun / batang / buah yang terkena infeksi untuk mencegah penyebaran penyakit.
4. Pengolahan tanah (pembalikan tanah)
   Bertujuan untuk mebalik tanah dengan maksud patogen yang terkubur di bawah permukaan terangkat dan terpapar sinar matahari sehingg mati.
5. Pengeringan lahan (pengaturan drainase)
   Bertujuan untuk mengurangi kelembapan berlebih yang memicu pertumbuhan patogen.
6. Sanitasi gulma
   Bertujuan untuk mengurangi sumber inang alternatif bagi patogen dan meningkatan sirkulasi udara.

Bab 9

Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan

9.1 Pengertian Teknologi Tepat Guna

Pemanfaatan dan penggunaan Teknologi Tepat Guna (TTG) dalam budidaya tanaman pangan merupakan hal yang sangat penting guna keberlanjutan budidaya tanaman, meningkatkan hasil panen dan kualitas produk. Tanaman pangan khususnya padi, kedelai, jagung, kacang-kacangan dan umbi-umbian, dalam pembudidayaan seringkali mengalami berbagai kendala dan tantangan.

Perubahan iklim, rendahnya efisiensi produksi dan keterbatasan sumber daya merupakan kendala dan tantangan yang harus dihadapi. Sentuhan TTG di sektor pertanian terutama tanaman pangan sangat diperlukan agar inovasi yang dihasilkan dapat memberikan pengaruh yang lebih baik bagi petani.

Teknologi Tepat Guna (TTG) pada budidaya tanaman pangan berarti penggunaan teknologi inovatif yang dirancang khusus sesuai dengan kebutuhan petani atau masyarakat lokal, kemudahan dalam penggunaannya, lebih efisiensi dari segi biaya maupun tenaga kerja serta ramah lingkungan. Dalam penerapan TTG yang baru haruslah disertai dengan demonstrasi plot (demplot) sehingga keberhasilan dari demplot ini akan memotivasi petani menerapkan TTG.

9.2 Tantangan dalam Budidaya Tanaman Pangan

Budidaya tanaman pangan menghadapi berbagai kendala yang sangat komplek baik dari aspek teknis, alamiah dan sosial ekonomi. Menurut Rachman (2017) bahwa, tantangan pada usaha budidaya tanaman pangan di lahan kering yaitu proses degradasi lahan yang terjadi lebih cepat karena adanya erosi tanah, pemadatan tanah, kehilangan bahan organik serta berkurangnya pasokan air yang dibutuhkan tanaman. Keadaan ini disebabkan teknik budidaya yang tidak memperhatikan aspek lingkungan yang berkelanjutan dan kurangnya pengetahuan petani.

Perubahan iklim global juga menjadi tantangan, Saefudin (2023) menyatakan bahwa, adanya perubahan iklim ekstrem yaitu musim kemarau yang terkait dengan El Nino, pola dan intensitas curah hujan yang terus berubah dari sebelumnya serta tingginya intensitas serangan hama dan penyakit berdampak pada penurunan produktivitas tanaman pangan.

Penerapan TTG dapat membantu mengatasi atau mengurangi berbagai masalah tersebut. Akan tetapi, dalam penerapan TTG haruslah disesuaikan dengan kondisi daerah, kemampuan petani dan adanya kolaborasi antara pemerintah, penyuluh, dan swasta serta petani. Mukti, Kusumo, & Charina (2022) mengemukakan bahwa, adanya model kolaborasi yang tepat serta inovasi yang sesuai dengan kebutuhan petani mampu mendorong

penguatan industri pertanian serta meningkatkan kesejahteraan petani kecil di wilayah pedesaan.

9.3 Aplikasi Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan

9.3.1 Teknologi Berbasis Bahan Alami Dan Ramah Lingkungan

1. Elisitor Biosaka

Elisitor Biosaka merupakan salah satu inovasi terbaru dalam bidang pertanian, yang bahan bakunya berupa ekstrak tanaman yang tumbuh liar di alam. Hanudin, Nuryani, & Budi (2016) melaporkan bahwa, pemakaian ekstrak batang Salix sp. dan daun C. japonicum dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan P. horiana masing-masing sebesar 80% dan 76%. Napitupulu et al. (2023) juga mengemukakan bahwa, penggunaan Elisitor Biosaka mampu menghemat penggunaan in put kimia berupa pupuk dan pestisida 50%-90% serta menaikkan produksi lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan Elisitor Biosaka.

Bahan baku Elisitor Biosaka

Elisitor Biosaka menggunakan bahan baku berupa daun tanaman baik berupa rerumputan atau daun tanaman yang memiliki batang. Tanaman yang terpilih harus dalam keadaan tumbuh optimal artinya harus tumbuh sehat tidak terkena serangan penyakit, hama dan berwarna hijau segar (tidak terlalu muda atau tua). Daun yang digunakan tidak diperbolehkan daun yang berlendir serta daun tersebut haruslah berasal dari 5 sampai 20 jenis daun yang berbeda.

Terdapat beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biosaka yaitu: Ageratum conyzoides L (babadotan),

Elephantopus mollis Kunth (tutup bumi), Hippobroma longiflora (Kitolod), Cleome rutidosperma (maman ungu), Euphorbia hirta L (Patikan kebo), Phyllanthus niruri L (Meniran), Acalypha australis L (anting-anting), Erigeron sumatrensis Retz (jelantir), Baccharis balsamifera L. (sembung), Eupatorium denticulatum Vahl (sembung rambat) dan sebagainya (Rahcmat, 2022; Antony et al., 2023).

Metode Pembuatan Elisitor Biosaka

Bahan baku yang sudah terpilih kurang lebih sebanyak satu genggam dicampur air 5 sampai 10 Liter dalam wadah. Selanjutnya dilakukan peremasan menggunakan tangan, diikuti dengan sekali kali memutar atau mengaduk berlawanan arah jarum jam sampai homogen, waktu peremasan berkisar 10 sampai 20 menit. Secara visual ciri biosaka sudah homogen, yaitu: ramuan biosaka terlihat pekat, mengkilap, tidak ada endapan, tidak timbul gas, warna biosaka tergantung dengan rumput atau daun yang digunakan.

Kegiatan meremas rumput ini tidak bisa digantikan dengan menggunakan mesin, blender atau ditumbuk. Ramuan biosaka yang sudah homogen disaring dengan menggunakan saringan dan dimasukan ke dalam botol atau jerigen kemudian ditutup. Sari et al. (2024) melaporkan bahwa warna larutan biosaka hasil peremasan dari bebagai jenis daun bermacam-macam yaitu; coklat, merah, atau hijau dan larutan elisitor biosaka yang dihasilkan dapat disimpan hingga 5 bulan.

Cara Aplikasi Elisitor Biosaka

Aplikasi Elisitor Biosaka menggunakan sprayer pada tanaman pangan, dengan cara disemprot dari ujung bagian bawah tanaman yaitu pangkal akar, batang sampai ujung atas bagian tanaman dan harus dipastikan seluruh bagian tanaman terkena larutan Elisitor Biosaka dan tidak ada dosis tertentu yang harus diberikan (Handoyo et al., 2024). Pernyataan ini berbeda dengan hasil yang disampaikan oleh Antony et al. (2023) bahwa, dosis Elisitor Biosaka yang akan diaplikasi untuk tanaman pangan berkisar 20-50 ml per 15 liter air, dari hasil aplikasi pada tanaman padi

menunjukkan respon positif terlihat dari lehaian daun yang lebih hijau serta lebih tinggi dibandingkan tanaman padi di demplot yang tidak diaplikasikan Elisitor Biosaka. Aplikasi Elisitor Biosaka dilakukan setiap 10-14 hari sekali pada saat pagi atau sore hari disaat stomata sedang membuka.

2. Mikroorganisme Lokal (MOL)

Mikrorganisme lokal yang sering disebut MOL merupakan cairan hasil fermentasi dari bahan-bahan alami, sebagai media untuk tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang bermanfaat guna mempercepat penghancuran bahan organik (Budiyani, Soniari & Sutari, 2016). Ditambahkan oleh Suditayasa (2019) bahwa, MOL bersumber dari substrat atau bahan tertentu yang diperbanyak dengan bahan alami yang mengandung: gula (karbohidrat), vitamin, mineral dan protein. MOL ini dapat digunakan sebagai stater untuk membuat pupuk organik cair (POC) ataupun pupuk organik padat.

Bahan Baku Mikroorganisme Lokal

MOL sangat banyak jenisnya tergantung bahan lokal yang digunakan diantaranya limbah pertanian, peternakan maupun rumah tangga. Salah satu limbah pertanian yang paling banyak digunakan adalah bonggol pisang.

Adapun bahan yang digunakan untuk proses pembuatan MOL, yaitu: 2 kg bonggol pisang, 100 g gula merah, 2 L air cucian beras berdasarkan sedang peralatan yang diperlukan adalah ember tertutup (10 L), selang plastik, pengaduk, botol air mineral dan timbangan.

Metode Pembuatan Mikroorganisme Lokal

Proses pembuatan MOL yang berbahan baku bonggol pisang dibuat dengan cara pencampuran bonggol pisang yang telah dipotong kecil-kecil dengan gula merah yang telah dilarutkan, kemudian ditambahkan dengan air cucian beras ke dalam ember yang sudah disiapkan. Menurut Broto et al. (2019) bahwa, bahan MOL yang telah dicampurkan tersebut ditutup dengan rapat dan diberikan lubang udara dengan cara selang dimasukkan

ke dalam ember dan dihubungkan dengan botol yang telah diisi air (Gambar 9.1).

Campuran tersebut didiamkan selama 10-14 hari. MOL yang telah jadi dicirikan dengan warna coklat tua atau merah kecoklatan, aroma khas yaitu asam dan sedikit manis, serta terstur bonggol pisang terasa lembek dan mudah hancur. Larutan MOL yang sudah dihasilkan disaring dan dimasukkan dalam wadah penyimpanan seperti botol atau jerigen.

Gambar 9.1: Rangkaian alat pembuatan MOL (Broto et al., 2019)

Cara Aplikasi MOL

Aplikasi MOL dapat dilakukan dengan penyemprotan langsung ke tanaman atau dimanfaatkan sebagai stater untuk pembuatan kompos. Penyemprotan langsung ke tanaman dilakukan dengan pengambilan larutan MOL sebanyak 10-20 ml ditambahkan air bersih sebanyak 990-980 ml atau sampai volume 1.000 ml dan dapat disemprotkan atau dikocorkan secara merata diseluruh bagian tanaman, penyemprotan dilakukan dipagi atau sore hari.

Penyemprotan langsung ini baik diaplikasikan pada fase vegetatif untuk tanaman pangan dan palawija, seperti; padi, jagung, kedelai dan kacang-kacangan. Hasil penelitian Handayani & Mawardiana (2020) melaporkan bahwa, aplikasi 140 L air MOL bonggol pisang ha-1 atau setara dengan 20 ml plot-1 mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai yang lebih baik dibandingkan tanpa MOL.

Aplikasi MOL sebagai stater dilakukan dengan cara mengencerkan larutan MOL, gula dan air (1 L MOL: 100 g gula merah : 10 L air). Larutan MOL

yang sudah diencerkan tersebut dapat disiramkan dihamparan bahan kompos yang telah disiapkan dengan ketebalan 5-10 cm, dan telah disebarkan dedak padi di atasnya. Kemudian dilakukan lagi penghamparan bahan kompos di atasnya kemudian disebarkan dedak padi di atas lagi setelah itu disiram Kembali dengan larutan MOL yang sudah diencerkan tersebut, kegiatan ini diulangi lagi hingga berlapis-lapis, setelah itu baru ditutup terpal.

Tutup tumpukan kompos dibuka setiap 3 hari sekali untuk diaduk agar suhu tidak terlalu tinggi. Pengomposan dilakukan kurang lebih 2-3 bulan, kompos yang telah matang dicirikan dengan bahan kompos bertekstur remah, sudah hancur dan berwarna gelap (Latifah, Usnawiyah, & Yurni, 2024).

9.3.2 Teknologi Pengendalian Hama

Perangkap Hama Sederhana

Penggunaan pestisida sintetik dapat mengakibatkan terbunuhnya musuh alami, hama menjadi resisten, berpengauh buruk bagi kesehatan petani serta pencemaran lingkungan. Diperlukan TTG untuk pengendalian hama yang ramah lingkungan. Ramadhan & Isnaeni, (2022) melaporkan bahwa, pemanfaatan perangkap cahaya atau light trap termasuk salah satu teknologi sederhana untuk mengendalikan serangga hama.

Light trap merupakan teknologi untuk memanfaatkan cahaya agar serangga hama tertarik dan bisa masuk ke dalam perangkat tersebut. TTG yang saat ini berkembang adalah penggunaan alat perangkat hama menggunakan metode Cahaya UV dan sumber Listrik dari panel surya (Alamsyah et al., 2017) sebagaimana pada Gambar 9.2 A, dan Ilham et al. (2018) melaporkan bahwa telah berhasil membuat alat perangkat hama serangga padi sawah menggunakan tenaga surya.

Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan berupa: besi plat, besi pipa, dan besi siku, kabel, sensor lampu, panel surya 12 V-10 Wp, alat kontrol, dan bola lampu. Alat

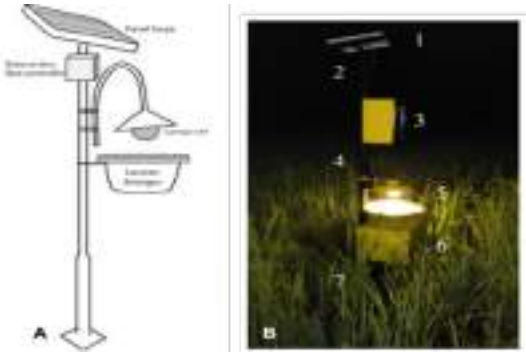
yang dibutuhkan adalah tang, jangka sorong, meteran, rol siku, palu, mesin gergaji, kunci pas, mesin bor mesin las Listrik, mesin gerinda potong, mesin bor, mesin gerinda tangan, dan mesin pemotong plat.

Perancangan Alat

Alat perangkat hama serangga ini dirancang dengan menggunakan peralatan yang terdiri dari: panel surya, tiang atau rangka, tapak tiang atau ranga, baterai, alat kontrol, kotak perangkat, kotak tempat perangkap, kotak alat kontrol, kap lampu. Box kontrol yang dibuat dari besi plat, box perangkat dan tempat perangkat juga dibuat dari besi plat, untuk kedudukan panel surya dan tapak rangka atau tiang dibuat dari besi siku. Sedangkan untuk tiang rangka dibuat dari besi pipa (Ilham et al., 2018).

Cara Kerja Alat

Alat panel surya akan bekerja disiang hari dengan menyerap energi panas matahari, kemudian energi diteruskan ke alat kontrol energi tersebut di simpan dalam batere. Energi akan diubah dan diteruskan mengalir ke sensor cahaya yang akan memiliki fungsi sebagai saklar otomatis. Disaat sudah mulai gelap lampu akan menyala sendiri. Lampu yang telah menyala dan warna alat yang dominan kuning akan menarik serangga datang dekat lampu sehingga serangga tersebut akan terperangkap ditempat perangkat yang telah ditambahkan atau dimasukan larutan detergen (Gambar 9.2 B).



Gambar 9.2: Rancangan alat Perangkat Hama Serangga (A) metode UV-light trapping larutan detergen (Alamsyah et al., 2017) dan (B) Alat

Perangkap Hama Serangga Tenaga Surya, dimana: 1. Panel surya, 2. Sensor Cahaya, 3. Kotak tempat alat control dan baterai, 4. Rangka, 5. Lampu, 6. Kotak perangkap dan 7. Kaki rangka (Ilham et al., 2018).

9.3.3 Teknologi Tanam dan Pengolahan Lahan

1. Alat Tanam Semi-Otomatis

Prinsip kerja alat tanam semi-otomatis ini cukup sederhana yaitu dengan cara tarikan atau dorongan. Alat tanam semi-otomatis apabila ditarik atau didorong, maka mekanisme di dalamnya secara otomatis menjatuhkan benih yang telah dimasukkan ke dalam corong dan dengan sendirinya benih tersebut akan jatuh ke tanah lewat katup yang terdapat pada alat tersebut. Penggunaan alat tanam semi-otomatis ini, membantu dan mempermudah pekerjaan petani dalam proses penanaman benih sehingga menghemat tenaga dan waktu tanam.

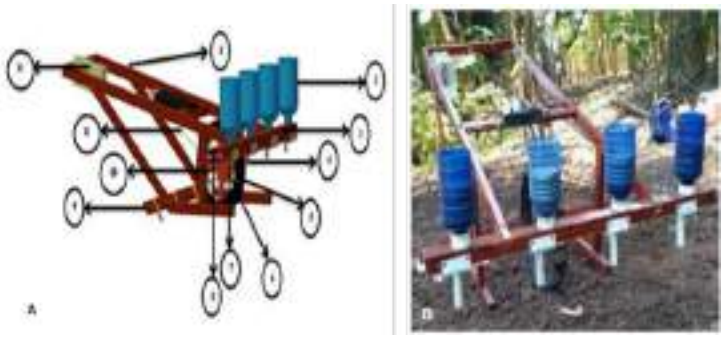
Santoso, Rahajeng, & Egra (2021) melaporkan bahwa, penggunaan alat tanam semi-otomatis yaitu alat tanam benih jagung tipe row seeder mampu meningkatkan efisiensi waktu tanaman benih jagung yang lebih cepat 45% dibandingkan pada saat penanaman secara manual. Asis, Sukainah, & Lahming, (2023) melaporkan bahwa, TTG yang sekarang juga berkembang untuk tanam padi yaitu teknologi alat tanam benih langsung (ATABELA).

Bahan dan Alat

Bahan yang dibutuhkan untuk proses modifikasi dan perancangan alat tanam benih langsung (ATABELA) dengan system semi-otomatis, yaitu ; Poros besi, balok kayu, botol plastic, sekrup, roda, rantai gear, Pipa paralon ukuran ½ inci, PCB polos, Arduino nano, plat aluminium, transistor 7805, push button, Resistor 1K, Elco 25v/470Uf, Resistor10K, Motor Servo, Push Button, Trimpot 10K, Push Button, LCD 16x2, Photodioda 3 mm, LED 3mm, Lipo Batery 500Mah 7,4V, Layer Ky-05, dan Buzer 5 volt. Adapun alat yang diperlukan adalah: obeng, gergaji, bor Listrik, meteran, mesin serut, penggaris siku, dan solder.

Prosedur Rancang Alat

Prosedur rancang bangun alat terdiri dari beberapa tahap, yaitu; pembuatan sketsa desain dari alat seperti pembuatan komponen sistem kontrol, yaitu : pengimputan bahasa program pada sistem kontrol pengimputan bahasa program pada sistem kontrol dan pembuatan jalur rangkaian, pemasangan komponen sedangkan sistem mekanik meliputi pembuatan rangka, dudukan hopper, hopper, roda, saluran output, unit pengumpan, dan pembuka alur (Asis, Sukainah, & Lahming, 2023), seperti terlihat pada Gambar 9.3.



Gambar 9.3: Modifikasi Alat Tanam Benih Langsung (Atabela) Sistem Semi Otomatis, dimana: (A). Rancangan Modifikasi Alat, dan (B). Alat Tanam Benih Langsung (ATABELA). Keterangan. (A) : 1. rangka, 2. hopper, 3. dudukan hopper, 4. saluran output, 5. roda, 6. gear, 7. unit pengumpan, 8. servo, 9. pembuka alur, 10. poros, 11. rantai, dan 12. Box kontrol galur (Asis, Sukainah, & Lahming, 2023).

Cara Kerja Alat

Benih ditimbang sebanyak 1000 g lalu dimasukkan ke dalam hopper, alat dihidupkan dengan cara menyambungkan ke sumber arus listrik menggunakan adaptor dengan menggunakan batere. Aplikasi alat tanam benih langsung ini mampu menghemat waktu tanam yaitu 1 detik tiap baris 4 (empat) lubang penanaman, dengan jarak tanam 20 cm (Asis, Sukainah, & Lahming, 2023). Dengan penggunaan alat alat tanam benih

langsung sistem semi-otomatis dapat menghemat waktu dan tenaga kerja serta jarak tanam yang lebih teratur.

2. Penggarap Lahan Mini

TTG untuk penggarap lahan pertanian khususnya lahan sempit menggunakan alat bajak mini dengan tenaga motor kecil, dimana alat tersebut dapat menghemat waktu dan tenaga petani karena dapat mengolah tanah dengan lebih cepat dan efisien. Refindo (2023), berhasil membuat traktor rakitan menggunakan mesin dari motor bekas serta alat dan bahan lainnya yang mudah didapatkan disekitar lingkungan masyarakat petani dengan harga yang relative terjangkau.

Alat yang dihasilkan tersebut mudah digunakan dan lebih praktis karena memiliki torsi serta tenaga yang lebih kecil dibandingkan dengan traktor lainnya sehingga dapat digunakan dilahan kering atau basah. Amrullah & Kardiyanto (2025) melaporkan bahwa, penggunaan mesin hand tractor mampu mengefisiensikan waktu kerja yaitu 7, 8 jam hari orang kerja pria pada usahatani padi sawah.

Bahan dan Alat

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat tractor rakitan berupa; besi siku, besi pipa, plat besi, mesin penggerak bensin, mesin motor bekas, velg sepeda motor, elektoda dan cat besi. Sedangkan alat yang diperlukan yaitu; mesin las, gerinda tangan, dan bor tangan. TTG berupa traktor rakitan dengan menggunakan mesin motor bekas ini merupakan produk inovasi dari Refindo (2023).

Prosedur Rancang Alat

Refindo, (2023) mengemukakan bahwa, proses rancang alat untuk membuat satu kesatuan rakitan traktor terdiri dari: 1. membuat rangka chasis memakai plat besi dan besi siku, 2. Membuat rangka stang menggunakan besi pipa, 3. Membuat roda menggunakan Velg sepeda motor kemudian dipasang gigi roda menggunakan Plat besi, 4. Seting mesin motor untuk disesuaikan dengan kebutuhan, 5. Memasang mesin motor

bekas dirangka chasis, 6. Dilakukan pengecatan dan pemasangan mesin penggerak motor, dan 7. Pemasangan komponen kopling, tensioner rantai dan transmisi hendle (Gambar 9.4).

Gambar 9.4: (A). Hasil produk traktor rakitan dengan mesin motor bekas, dan (B). hasil kinerja alat traktor pada lahan (Refindo, 2023)

Cara Kerja Alat

Traktor rakitan yang sudah siap untuk digunakan, dimulai dengan menghidupkan mesin serta mengatur gigi sesuai keperluan dan kebutuhan petani setelah itu mengarahkan traktor ke lahan petani yang akan diolah, sambil mengendalikan kecepatan traktor dan arah yang akan dikerjakan. Disaat traktor bergerak maka bajak atau pisau akan mencacah dan sekaligus menggemburkan tanah, proses seperti ini dapat diulang sampai lahan siap untuk ditanam. Penggunaan traktor mini rakitan lebih menguntungkan petani, karena dapat menghemat tenaga kerja manual.

9.3.4 Teknologi Pascapanen

Alat Perontok padi sederhana

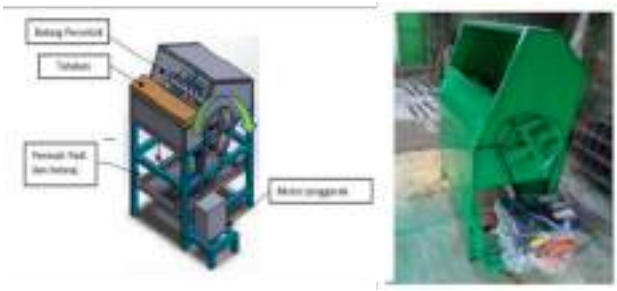
Kuswoyo, (2017); Pasae et al. (2023) melaporkan bahwa pengembangan peralatan perontok bulir padi dari manual ke mekanis dapat dilakukan dengan menggunakan mesin sepeda motor, teknologi ini sangat membantu petani karena dapat mengefiensikan waktu dan tenaga serta hasil rontokan lebih bersih dan persentase kehilangan hasil panen saat perontokan bulir padi dapat diatasi.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang diperlukan untuk pembuatan mesin perontok padi, adalah: motor penggerak, pully (Sebagai penerus putaran V-Belt), saluran untuk memasukkan batang padi (tempat memasukan padi saat akan dirontokkan), tutup silender, silinder perontok, saluran batang padi, blower (pully poros, V belt, saringan, pengatur udara, dan saluran gabah.

Prosedur Rancang Alat

Prosedur rancang alat mesin perontok padi ini biasanya langsung dilakukan di bengkel las, agar masing-masing alat dapat dihubungkan dengan kuat antar yang satu dengan lainnya. Untuk desain awal mesin perontok padi seperti Gambar 9.5 dimana mesin perontok padi tersebut memakai kawat baja yang disusun pada poros untuk memisahkan bulir padi dengan batangnya. Poros dipasang dengan puli dan dihubungkan sabuk puli yang terdapat dimotor bakar (Hermawan & Nagoro, 2021).



Gambar 9.5: Mesin Perontok Padi Mini Berpenggerak Motor Bakar (Hermawan & Nagoro, 2021).

Cara Kerja Alat

Cara kerja alat perontok padi, yaitu batang perontok yang telah dipasangkan kawat baja diputar oleh motor, kemudian batang padi yang telah siap untuk dirontokkan dimasukkan dalam mesin lalu bulir padi akan rontok dan turun menuju saringan yang berfungsi utk memisahkan bulir padi dengan sisa tangkai, batang atau daun padi yang masuk ke dalam mesin.

Alat perontok padi ini memiliki kelebihan yaitu hemat bahan bakar, ringan sehingga mudah dibawa kelokasi panen yang sulit. Hasil kerja dari mesin perontok padi ini rata-rata per jam 1.030 kg jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perontok padi manual (Hermawan & Nagoro, 2021).

Bab 10

Budidaya Tanaman Jagung

10.1 Pendahuluan

Tanaman jagung (Zea mays L.) merupakan salah satu tanaman pangan strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan adaptabilitas luas. Sebagai salah satu sumber karbohidrat utama setelah padi dan singkong. Di banyak negara, jagung berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan manusia, pakan ternak, dan bahan baku industri. Di Indonesia, jagung menempati urutan kedua setelah padi dalam hal luas tanam dan produksi, menjadikannya komoditas vital dalam sistem pertanian nasional (BPS, 2023).

Jagung tidak hanya digunakan sebagai makanan pokok di seluruh dunia, tetapi juga digunakan sebagai bahan baku untuk industri bioenergi, farmasi, dan makanan olahan. Menurut data FAO (2021), Amerika Serikat, Tiongkok, Brasil, dan Argentina adalah negara produsen jagung utama, dengan produksi global terus meningkat. Dengan pertumbuhan industri peternakan dan kebutuhan protein hewani yang meningkat, permintaan jagung di Indonesia, terutama untuk pakan ternak, terus meningkat.

Namun demikian, tantangan dalam budidaya jagung di Indonesia masih cukup besar. Produktivitas rata-rata nasional yang masih berada di bawah potensi genetik varietas unggul menunjukkan bahwa aspek teknis budidaya belum sepenuhnya optimal. Masalah klasik seperti kesuburan tanah yang menurun, perubahan iklim, serangan hama dan penyakit, serta rendahnya penerapan teknologi tepat guna menjadi faktor pembatas utama.

Karena itu, pemahaman terhadap teknik budidaya yang baik dan benar menjadi sangat penting untuk meningkatkan hasil dan efisiensi usahatani jagung.

10.2 Peran Strategis Jagung dalam Sistem Pertanian dan Ketahanan Pangan

Jagung merupakan tanaman semusim yang memiliki pertumbuhan cepat dan responsif terhadap masukan agronomi. Siklus tanamnya yang relatif pendek (90–120 hari) memungkinkan petani untuk melakukan rotasi atau tumpangsari dengan komoditas lain, seperti kedelai atau kacang tanah. Hal ini membuat jagung cocok ditanam dalam sistem pertanian berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi lahan dan sumber daya (Suryanto et al., 2020).

Dari segi ketahanan pangan, jagung memiliki kandungan gizi yang cukup baik. Selain sebagai sumber energi, jagung mengandung protein, serat, serta vitamin dan mineral. Beberapa varietas lokal seperti jagung pulut dan jagung ketan juga memiliki nilai budaya dan nutrisi tinggi, yang dapat dikembangkan dalam program diversifikasi pangan.

Dalam konteks agribisnis, jagung berperan sebagai komoditas bernilai tambah tinggi. Setiap bagian tanaman jagung, mulai dari biji, batang, tongkol hingga daun dan akar memiliki potensi ekonomi. Biji jagung digunakan untuk konsumsi manusia dan pakan ternak, sementara limbahnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia, bahan

organik untuk pupuk, dan bahan baku industri bioplastik dan bioetanol (Herdiyanti et al., 2022).

Selain itu, jagung juga berperan penting dalam sektor peternakan. Sebagian besar produksi jagung digunakan sebagai pakan ternak, terutama untuk unggas dan ruminansia. Ketersediaan jagung yang stabil dan berkualitas tinggi dapat mendukung produksi protein hewani, seperti daging dan telur, yang merupakan komponen penting dalam pola konsumsi masyarakat.

Dalam sektor industri, jagung digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai produk olahan, seperti tepung jagung, minyak jagung, bioetanol, dan makanan ringan. Pengembangan industri pengolahan jagung dapat meningkatkan nilai tambah produk pertanian, membuka lapangan kerja, dan memperkuat perekonomian lokal.

Untuk memaksimalkan peran jagung dalam ketahanan pangan, diperlukan dukungan dari berbagai pihak. Pemerintah perlu menyediakan kebijakan yang mendukung, seperti penyediaan benih unggul, teknologi pertanian yang tepat guna, dan akses pasar yang luas. Selain itu, pelatihan dan pendampingan kepada petani juga sangat penting untuk meningkatkan kapasitas dan keterampilan dalam budidaya jagung yang efisien dan berkelanjutan.

Dengan demikian, jagung bukan hanya sebagai komoditas pertanian, tetapi juga sebagai pilar penting dalam sistem ketahanan pangan nasional. Pengelolaan yang baik dan sinergi antara pemerintah, petani, dan industri akan memastikan peran strategis jagung dalam mendukung ketahanan pangan yang berkelanjutan.

10.3 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung

Tanaman jagung (Zea mays L.) merupakan salah satu tanaman pangan strategis yang membutuhkan kondisi lingkungan spesifik agar dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Suhu merupakan salah satu faktor

kunci. Jagung tumbuh baik pada suhu 23–30°C. Suhu di bawah 10°C dapat menghambat proses perkecambahan dan pertumbuhan awal, sedangkan suhu di atas 35°C dapat menyebabkan gangguan fisiologis seperti penurunan viabilitas serbuk sari dan pengisian biji yang tidak sempurna.

Penelitian oleh Gardner, Pearce, dan Mitchell (1985) menunjukkan bahwa suhu optimal mendukung aktivitas fotosintetik dan pembentukan bunga. Sementara Wheeler et al. (2000) memperingatkan bahwa peningkatan suhu global 1°C dapat menurunkan hasil jagung hingga 17% jika terjadi pada fase generatif.

Curah hujan yang ideal untuk pertumbuhan jagung berkisar antara 800–1200 mm per tahun, dengan distribusi merata sepanjang musim tanam. Ketersediaan air sangat krusial pada fase pembentukan bunga dan pengisian biji. Kekeringan selama fase tersebut dapat mengakibatkan penurunan hasil yang signifikan. Selain itu, kelembapan udara yang ideal berada pada kisaran 80–90%.

Kelembapan terlalu tinggi akan mendorong pertumbuhan patogen seperti cendawan, sedangkan kelembapan terlalu rendah mempercepat penguapan air dan menyebabkan tanaman layu. Jagung juga membutuhkan intensitas cahaya penuh, mengingat ia adalah tanaman C4 yang sangat efisien dalam memanfaatkan cahaya untuk fotosintesis. (Riwandi et al., 2014).

Tanaman jagung dapat tumbuh mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 1800 mdpl, tetapi hasil optimal biasanya dicapai pada ketinggian antara 0–1300 mdpl. Di atas ketinggian ini, suhu mulai menurun dan berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan reproduktif tanaman. Selain itu, jagung memerlukan tanah yang gembur, kaya bahan organik, dan memiliki drainase baik. Tanah lempung berpasir, andosol, atau latosol merupakan pilihan terbaik untuk budidaya jagung. pH tanah ideal berkisar antara 5,6–6,2, karena pada rentang ini unsur hara dapat terserap optimal oleh tanaman.

Unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sangat penting bagi pertumbuhan tanaman jagung. Nitrogen berperan dalam

pembentukan daun dan batang, fosfor penting bagi pertumbuhan akar dan pembentukan tongkol, dan kalium meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan serta kualitas biji. Unsur hara mikro seperti boron (B), seng (Zn), dan mangan (Mn) juga diperlukan untuk mendukung proses metabolisme dan fisiologi tanaman. Pemupukan berimbang dan sesuai rekomendasi sangat dianjurkan. (Ekowati & Nasir, 2011).

Pengolahan tanah sebelum tanam sangat menentukan keberhasilan budidaya. Tanah yang dicangkul atau dibajak akan menjadi lebih gembur sehingga mempermudah penetrasi akar dan peredaran udara di zona perakaran. Selain itu, pengolahan tanah yang baik juga membantu dalam pengendalian gulma serta meningkatkan efisiensi penyerapan air dan pupuk. Pemilihan varietas unggul yang sesuai dengan agroekologi lokal juga penting untuk menjamin hasil maksimal, terutama varietas yang adaptif terhadap cekaman lingkungan dan memiliki produktivitas tinggi. (Sulaiman et al., 2021)

10.4 Teknik Budidaya Tanaman Jagung

Teknik Budidaya tanaman jagung dapat dilakukan dengan beberapa tahap, mulai dari penggunaan varietas unggul sampai pada perawatan, sebagai berikut:

10.4.1 Pemilihan Varietas Unggul

Pemilihan varietas unggul merupakan langkah awal yang sangat menentukan produktivitas dan keberhasilan budidaya jagung. Varietas unggul adalah varietas yang telah melalui proses pemuliaan dan memiliki keunggulan agronomis seperti hasil tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit, toleran terhadap kekeringan, dan sesuai dengan kondisi agroklimat setempat. Menurut Badan Litbang Pertanian, varietas unggul juga memiliki daya adaptasi luas serta stabilitas hasil yang baik pada berbagai lingkungan tanam (Sulaiman et al., 2021).

Di Indonesia, beberapa varietas jagung unggul yang telah dilepas dan banyak digunakan antara lain:

1. Bisi-18: tahan bulai dan produktivitas tinggi (± 10 ton/ha),
2. NK-7328 dan Pioner-27: adaptif di lahan kering dan basah,
3. Hibrida Lamuru dan Sukmaraga: toleran terhadap kekeringan dan cocok untuk lahan marjinal,
4. Hibrida Bima 20 URI dan Bima 19 URI: tahan busuk batang dan serangan bulai.

Pemilihan varietas harus disesuaikan dengan kondisi wilayah dan tujuan penanaman, apakah untuk konsumsi, pakan ternak, atau bahan baku industri.

10.4.2 Benih Bermutu

Untuk meningkatkan produktivitas tanaman jagung dimulai dari penggunaan bibit unggul. Bibit yang unggul, sehat, dan bersertifikat juga memiliki vigor yang tinggi, pengujian sebaiknya dilakukan sebelum menanam.

Benih bermutu adalah benih yang memenuhi standar mutu secara fisik, fisiologis, dan genetik. Secara fisik, benih harus bersih dari kotoran, hama, dan campuran varietas lain. Secara fisiologis, benih harus memiliki viabilitas dan vigor tinggi, yang ditandai dengan daya kecambah minimal 80% dan pertumbuhan kecambah yang seragam. Benih bermutu juga harus berasal dari varietas murni dan bersertifikat agar identitas genetiknya terjamin (Mugiono et al., 2013).

Berdasarkan SNI 01-7066-2005 tentang benih jagung hibrida, standar mutu benih meliputi:

1. Kadar air maksimum 13%,
2. Daya kecambah minimum 80%,
3. Kadar kemurnian minimum 98%,

4. Benih bebas dari patogen utama seperti Peronosclerospora maydis (penyebab penyakit bulai).

Benih bermutu biasanya diproduksi oleh lembaga benih resmi, seperti Balai Benih Tanaman Pangan (BBTP), atau perusahaan swasta dengan sertifikasi. Pemakaian benih bermutu sangat penting karena akan menentukan tingkat keseragaman tanaman dan potensi hasil yang optimal.

Keuntungan Menggunakan Benih Unggul dan Bersertifikat

Penggunaan benih unggul bersertifikat memberikan berbagai keuntungan:

1. Produktivitas tinggi: Varietas unggul telah dipilih berdasarkan hasil panen yang konsisten tinggi.
2. Resistensi terhadap penyakit: Beberapa varietas dirancang khusus untuk tahan bulai, karat daun, atau busuk tongkol.
3. Kualitas hasil lebih baik: Baik dari segi kandungan protein, warna, dan bobot biji.
4. Efisiensi budidaya: Benih unggul umumnya memiliki daya tumbuh yang seragam sehingga memudahkan pengelolaan lahan dan pemupukan.

Menurut BPTP Papua Barat (2020), penggunaan benih bermutu meningkatkan hasil hingga 20–30% dibandingkan benih lokal yang tidak tersertifikasi.

10.4.3 Persiapan Lahan

Langkah pertama dalam mempersiapkan lahan adalah membersihkan tanah dari gulma atau sisa tanaman sebelumnya. Gulma adalah salah satu masalah utama dalam budidaya jagung, terutama pada fase awal pertumbuhan. Gulma bersaing dengan tanaman jagung dalam hal cahaya, air, dan unsur hara. Oleh karena itu, pengelolaan gulma sebelum tanam sangat penting dilakukan sebagai bagian dari persiapan lahan.

Pengelolaan gulma awal dapat dilakukan secara mekanis (pencangkulan atau pembajakan), kimiawi (herbisida pra-tanam atau pra-tumbuh), dan juga secara manual pada sistem pertanian kecil. Herbisida berbahan aktif glifosat banyak digunakan untuk mengendalikan gulma awal sebelum olah tanah. Penyiangan dini sebelum dan sesaat setelah tanam akan mengurangi tekanan gulma hingga fase kritis tanaman (15–45 hari setelah tanam) (Nasution & Purba, 2020).

Pengolahan tanah dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengolahan primer dan sekunder. Pengolahan primer bertujuan untuk membalik dan melonggarkan tanah, biasanya menggunakan bajak singkal atau bajak piring. Proses ini menghancurkan lapisan keras tanah dan menurunkan populasi gulma serta organisme pengganggu lainnya.

Setelah itu, dilakukan pengolahan sekunder dengan menggunakan garu piring (disc harrow) atau rotavator. Tujuannya adalah untuk meratakan permukaan tanah, menghancurkan bongkahan tanah besar, dan mempersiapkan bedengan atau larikan tanam. Kombinasi antara kedua tahap ini menghasilkan struktur tanah yang ideal bagi pertumbuhan akar jagung serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk (Sulaiman et al., 2021).

Gambar 10.1: Pengolahan tanah primer

Pembuatan bedengan atau larikan tanam bertujuan untuk menata barisan tanaman agar pertumbuhan seragam dan memudahkan kegiatan pemeliharaan seperti penyiangan, pemupukan, dan irigasi. Pada lahan dengan risiko genangan air tinggi, pembuatan bedengan sangat dianjurkan untuk menjaga aerasi akar dan mencegah penyakit akibat kelembapan tinggi. Bedengan dibuat dengan lebar 60–100 cm dan tinggi 20–30 cm tergantung kondisi lahan.

Di lahan kering atau lahan datar, petani lebih sering menggunakan larikan tanam yang dibuat dengan jarak tanam 70–75 cm antar baris dan 20–25 cm dalam barisan. Larikan membantu penempatan benih secara tepat dan memungkinkan sistem tanam monokultur atau tumpangsari diterapkan secara efisien (Riwandi et al., 2014).

10.4.4 Penanaman

Waktu tanam merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan budidaya jagung, karena sangat dipengaruhi oleh curah hujan dan kondisi agroekosistem lokal. Jagung biasanya ditanam di dataran rendah, baik di ladang atau tegalan, sawah tadah hujan, atau sawah beririgasi. Penanaman dilakukan pada awal musim hujan dan dipanen pada akhir musim hujan. Penanaman pada musim hujan juga dapat dilakukan dua kali.

Periode dalam setahun ketika musim hujan sangat lama selama musim tanam. Untuk menanam jagung ketika musim kemarau, tanah harus diolah secara sempurna. Penanaman jagung dapat dilakukan setelah periode penanaman padi (Yasin et al., 2014).

Penentuan waktu tanam harus memperhatikan fase-fase kritis tanaman, terutama saat pembungaan dan pengisian biji, agar tidak bertepatan dengan periode kekeringan yang dapat menurunkan hasil secara signifikan (Sulaiman et al., 2021).

Jarak tanam yang tepat akan menentukan populasi tanaman per satuan luas dan berpengaruh langsung terhadap hasil. Jarak tanam yang umum digunakan untuk monokultur jagung adalah 70–75 cm antar baris dan 20–

25 cm dalam barisan, sehingga populasi tanaman dapat mencapai sekitar 53.000–66.000 tanaman per hektar.

Untuk sistem polikultur atau tumpangsari, seperti jagung dengan kacang tanah atau kedelai, jarak tanam dapat disesuaikan agar antar spesies tidak saling berkompetisi secara berlebihan terhadap cahaya, air, dan nutrisi. Sistem tanam tumpangsari juga berfungsi sebagai diversifikasi produksi, efisiensi lahan, serta perbaikan kesuburan tanah jika tanaman leguminosa disertakan (Riwandi et al., 2014).

Metode penanaman jagung secara umum dibedakan menjadi sistem tugal dan sistem alur. Cara tugal dilakukan dengan membuat lubang tanam sedalam 3–5 cm menggunakan alat sederhana, lalu memasukkan satu hingga dua benih jagung per lubang. Cara ini lazim digunakan oleh petani tradisional karena sederhana dan efektif untuk lahan kecil. Sementara itu, sistem alur menggunakan alat bantu seperti bajak ringan atau cultivator untuk membuat barisan dangkal memanjang, cocok diterapkan di lahan luas atau mekanisasi. Setelah benih ditanam, lubang atau alur ditutup tanah halus dan diratakan untuk menjaga kelembapan dan melindungi benih dari hama. Penanaman sebaiknya dilakukan pagi atau sore hari agar suhu tidak terlalu tinggi dan kelembapan tanah tetap terjaga (Mugiono et al., 2013).

Gambar 10.2: Penanaman Jagung secara tugal

10.4.5 Pemupukan

Pemupukan merupakan salah satu komponen utama dalam budidaya jagung yang sangat menentukan pertumbuhan dan hasil panen. Jagung tergolong tanaman yang memiliki kebutuhan hara tinggi, khususnya unsur makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Nitrogen berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif dan pembentukan klorofil, fosfor dibutuhkan untuk perkembangan akar dan pembentukan tongkol, sedangkan kalium berfungsi memperkuat batang, meningkatkan efisiensi penggunaan air, dan menunjang pembentukan biji yang bernas.

Kekurangan salah satu unsur ini akan mengakibatkan gangguan fisiologis tanaman seperti daun menguning, pertumbuhan kerdil, atau hasil panen yang rendah. Oleh karena itu, keseimbangan unsur hara sangat penting untuk produktivitas optimal.

(Mugiono et al., 2013). Teknik pemberian pupuk jagung dilakukan secara bertahap sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Pemupukan dasar diberikan saat tanam, umumnya terdiri dari fosfor (TSP/SP-36) dan kalium (KCl), dan sebagian nitrogen (urea). Pemupukan susulan dilakukan dua kali: pertama pada umur sekitar 21 hari setelah tanam (HST), dan kedua pada 35–40 HST. Pupuk susulan berupa urea, bisa dicampur dengan NPK, untuk mendukung pertumbuhan batang dan daun menjelang pembentukan tongkol.

Cara pemberian pupuk bisa dilakukan dengan sistem tugal (lubang kecil di samping tanaman), sistem larikan sejajar barisan tanaman, atau sistem sebar, tergantung pada kondisi lahan dan skala budidaya. Penempatan pupuk sebaiknya tidak terlalu dekat dengan akar agar tidak menyebabkan luka atau pembakaran akar (Sutono & Syakir, 2014).

Selain pupuk anorganik, penggunaan pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang juga dianjurkan untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, serta meningkatkan kapasitas tukar kation. Aplikasi pupuk organik dapat dilakukan sebelum olah tanah atau dicampurkan saat pemupukan dasar. Pemupukan organik

berkontribusi terhadap pertanian berkelanjutan, khususnya di lahan-lahan marginal atau yang miskin bahan organik.

Beberapa petani juga mengkombinasikan pemupukan organik dan anorganik dalam pendekatan pemupukan berimbang berbasis spesifik lokasi (site-specific nutrient management/SSNM), yang direkomendasikan oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia sebagai strategi efisien dan ramah lingkungan (Sulaiman et al., 2021).

10.4.6 Pengairan

Pemberian air pada tanaman jagung harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan dan kondisi tanah. Fase paling kritis terhadap kekurangan air terjadi pada masa pembentukan bunga jantan dan betina hingga pengisian biji, yaitu sekitar 40–70 hari setelah tanam (HST). Pada fase ini, kekurangan air dapat menyebabkan terganggunya proses penyerbukan dan pembentukan tongkol, yang berujung pada penurunan hasil yang signifikan. Oleh karena itu, kebutuhan air pada fase ini harus dipenuhi secara optimal melalui irigasi tambahan apabila curah hujan tidak mencukupi.

Menurut Sutaryo et al. (2020), tanaman jagung memerlukan air dalam jumlah cukup terutama pada fase vegetatif, pembungaan, dan pengisian biji. Kebutuhan air jagung berkisar antara 400–600 mm per musim tanam, tergantung kondisi iklim dan tipe tanah (Simatupang & Supriyadi, 2018). Sistem irigasi yang efisien dapat meningkatkan hasil panen hingga 30% dibandingkan tanpa pengairan yang teratur.

Menurut BPTP Papua Barat, 2020 Pengairan yang paling mudah digunakan untuk penanaman jagung di lahan sawah adalah dengan sistem penggenangan. Bagian yang digenangi air hanya bagian parit drainase saja bukan seluruh lahan. Caranya alirkan air ke saluran drainase yang telah dibuat. Biarkan air meresap pada tanah bedengan. Setelah tanah tampak basah, keluarkan kembali air dari saluran drainase. Ada 5 fase pertumbuhan tanaman jagung yang memerlukan pengairan, yakni fase pertumbuhan

awal, fase pertumbuhan vegetatif, fase pembungaan, fase pengisian biji dan fase pematangan.

Jenis irigasi yang digunakan pada tanaman jagung umumnya disesuaikan dengan topografi lahan, ketersediaan air, dan skala usaha tani. Irigasi alur (furrow) sering diterapkan pada lahan datar, sedangkan irigasi tetes (drip irrigation) lebih hemat air dan cocok untuk pertanian intensif. Irigasi sprinkler juga banyak digunakan karena dapat menjangkau area yang luas secara merata, meskipun membutuhkan energi lebih besar. Teknik irigasi ini semakin relevan diterapkan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan musim kering yang berkepanjangan.

Frekuensi pemberian air sangat tergantung pada jenis tanah. Tanah bertekstur ringan seperti pasir cepat kehilangan air sehingga membutuhkan frekuensi irigasi lebih sering dibandingkan tanah liat. Selain itu, pemberian air sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari penguapan yang tinggi. Dalam sistem pertanian modern, penerapan irigasi berbasis teknologi sensor kelembaban tanah dan sistem otomatisasi semakin berkembang untuk mendukung efisiensi penggunaan air dan meningkatkan produktivitas lahan (Sulaiman et al., 2021)

10.4.7 Pengendalian Gulma, Hama dan Penyakit

Gulma merupakan salah satu faktor pembatas dalam budidaya jagung karena bersaing langsung dengan tanaman utama dalam hal air, cahaya, ruang tumbuh, dan unsur hara. Persaingan dengan gulma terutama terjadi pada fase awal pertumbuhan tanaman (0–40 HST), yang merupakan fase kritis bagi tanaman jagung. Oleh karena itu, pengendalian gulma sejak dini sangat dianjurkan. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara mekanis melalui penyiangan manual atau penggunaan alat bantu seperti cangkul dan garu, serta secara kimiawi dengan aplikasi herbisida.

Jenis herbisida yang sering digunakan pada jagung antara lain berbahan aktif atrazin, alachlor, dan glifosat, yang diaplikasikan sebelum atau sesudah tanam tergantung jenis gulma yang mendominasi. Pengendalian gulma

yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan hara dan hasil panen (Widaryanto & Yasin, 2007)

Hama utama yang menyerang tanaman jagung antara lain ulat grayak (Spodoptera litura), penggerek batang (Ostrinia furnacalis), dan kutu daun (Rhopalosiphum maidis). Serangan hama dapat menyebabkan penurunan hasil yang cukup besar jika tidak dikendalikan dengan tepat. Strategi pengendalian hama yang dianjurkan adalah Pengendalian Hama Terpadu (PHT), yang mencakup pemantauan populasi hama, penggunaan varietas tahan, rotasi tanaman, pelepasan musuh alami, serta aplikasi insektisida selektif bila ambang kendali terlampaui. Aplikasi insektisida harus memperhatikan waktu dan dosis yang tepat agar efektif serta tidak menimbulkan resistensi atau efek negatif terhadap lingkungan (Riwandi et al., 2014)

Penyakit yang umum menyerang jagung antara lain bulai (Peronosclerospora maydis), busuk batang (Fusarium spp.), karat daun (Puccinia sorghi), dan bercak daun (Helminthosporium spp.). Penyakit bulai merupakan penyakit utama yang bersifat sistemik dan dapat menurunkan hasil hingga 100% jika menyerang tanaman pada umur muda. Penggunaan benih yang telah direndam fungisida sistemik seperti metalaksil, rotasi tanaman, dan eradikasi tanaman sakit merupakan langkah pengendalian yang efektif.

Selain itu, penerapan sanitasi lahan dan penggunaan varietas tahan juga merupakan bagian penting dalam pengelolaan penyakit tanaman jagung. Pengendalian penyakit sebaiknya dilakukan secara terpadu untuk menjaga kesehatan tanaman sepanjang musim tanam (Sulaiman et al., 2021).

10.4.8 Panen dan Pasca Panen

Panen jagung dilakukan ketika tanaman telah mencapai tingkat kematangan fisiologis, yang ditandai dengan mengeringnya daun dan kelobot, serta biji yang keras dan mengkilap. Ciri lain dari kematangan adalah terbentuknya lapisan hitam pada pangkal biji (black layer), yang menunjukkan bahwa aliran nutrisi dari tanaman ke biji telah berhenti.

Waktu panen yang tepat sangat penting untuk menghindari kehilangan hasil akibat tongkol pecah, biji rontok, atau serangan organisme pascapanen.

Umumnya, panen dilakukan pada umur 90–110 hari setelah tanam tergantung varietas dan kondisi lingkungan. Panen dilakukan secara manual menggunakan pisau atau sabit, namun dalam pertanian skala besar dapat menggunakan mesin panen jagung (corn picker) (Sulaiman et al., 2021).

Setelah panen, tongkol jagung harus segera dikeringkan untuk menurunkan kadar air biji. Jagung yang dipanen umumnya memiliki kadar air sekitar 25–30%, sementara untuk penyimpanan jangka panjang, kadar air harus diturunkan hingga 13–14%. Pengeringan dapat dilakukan secara alami dengan menjemur di bawah sinar matahari selama 3–5 hari atau menggunakan alat pengering mekanis.

Proses ini penting untuk mencegah pertumbuhan jamur seperti Aspergillus spp. dan Fusarium spp. yang dapat menghasilkan mikotoksin berbahaya. Setelah kering, tongkol dapat dipipil menggunakan alat manual atau mesin, lalu biji dikemas dan disimpan dalam wadah kedap udara di tempat sejuk dan kering (Sutono & Syakir, 2014).

Penyimpanan jagung yang baik memerlukan perhatian terhadap jenis kemasan dan kondisi ruang simpan. Kemasan yang digunakan sebaiknya berupa karung plastik, woven bag, atau plastik vakum untuk menjaga kelembapan tetap rendah. Penyimpanan dilakukan di gudang yang bersih, berventilasi baik, dan terhindar dari sinar matahari langsung.

Pengecekan kadar air dan kondisi biji secara berkala diperlukan untuk memastikan kualitas tetap terjaga selama penyimpanan. Salah satu teknik modern yang mulai diterapkan adalah penyimpanan menggunakan kantong hermetik yang dapat menghambat pertumbuhan hama dan jamur tanpa pestisida tambahan (Mugiono et al., 2013).

Bab 11

Budidaya Tanaman Kedelai

11.1 Persiapan Lahan

Persiapan lahan merupakan tahap awal yang sangat penting dalam sistem budidaya tanaman kedelai. Banyak hal yang dilakukan sebelum proses penanaman untuk memastikan kondisi tanah yang ideal, sehingga tanaman mampu tumbuh dan berkembang dengan baik sepanjang siklus hidupnya.

Persiapan lahan tidak hanya sebatas menggemburkan tanah, tetapi juga melibatkan tindakan-tindakan yang bersifat preventif, perbaikan, dan optimalisasi, agar lahan yang digunakan dapat:

1. Memaksimalkan pertumbuhan akar tanaman.
2. Meningkatkan ketersediaan dan efisiensi penyerapan hara dan air.
3. Meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam fiksasi nitrogen dan dekomposisi bahan organik.
4. Menekan pertumbuhan gulma, patogen, dan hama sejak awal.
5. Mencegah stres lingkungan seperti kekeringan atau genangan.

Tahapan persiapan lahan, antara lain:

1. Pembersihan Lahan

   Salah satu langkah awal dalam persiapan lahan adalah pembersihan lahan, yang bertujuan untuk menghilangkan gulma, Semak, atau sisa-sisa tanaman sebelumnya untuk mencegah munculnya hama dan penyakit serta mempermudah pengolahan tanah berikutnya. Jika lahan sangat banyak ditumbuhi gulma, dapat dilakukan penyemprotan herbisida pra-tumbuh seperti glifosat 7–10 hari sebelum tanam.

2. Pengolahan Tanah

   Budidaya kedelai di lahan tegalan (tanah kering), kegiatan pengolahan tanah umumnya dilakukan pada akhir musim kemarau, sedangkan di lahan sawah, kedelai biasanya ditanam setelah panen padi di musim kemarau. Tanah yang akan digunakan untuk menanam kedelai dibajak atau dicangkul. Kemudian, dibuat parit selebar 40 cm dengan kedalaman 30 cm di sekeliling tanah. Selanjutnya, dibuat petakan dengan panjang 10–15 cm, lebar 3–10 cm, dan tinggi 20–30 cm. Di antara petakan dibuat parit lebar 25 cm dan dalam parit sekitar 25 cm. Setelah itu, lahan siap untuk ditanami.

   Pengolahan tanah yang intensif dan menghasilkan tanah yang gembur, memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, yaitu memudahkan akar untuk tumbuh, meningkatkan ketersediaan unsur hara, dan mendukung aktvitas mikroorganisme tanah yang sehat (Fabilla, Astiko and Fauzi, 2025). Jika tanah yang digunakan asam (pH di bawah 5,0), tanah tersebut harus diberi dolomit (kapur).

   Pengapuran sebaiknya dilakukan sebelum penanaman. Pengolahan tanah setelah pengapuran akan membantu kapur tercampur

dengan baik. Dosis yang digunakan tergantung pada kondisi kemasaman tanah. Aplikasi kapur dilakukan dengan cara disebar secara merata, selanjutnya dilakukan pembalikan tanah sedalam 20 cm hingga 30 cm.

3. Penambahan bahan organik

   Manfaat pemberian bahan organik pada budidaya kedelai antara lain:

   a. Meningkatkan kesuburan tanah

      Pemberian bahan organik akan memperbaiki (KTK), sehingga tanah lebih mampu menahan dan menyediakan nutrisi bagi tanaman.

   b. Memperbaiki struktur tanah

      Pemberian bahan organik akan meningkatkan kesuburan dan porositas tanah, memperbaiki struktur tanah yang lebih baik dan stabil.

      Di lahan sawah tadah hujan, penambahan amelioran biochar 10 ton per hektar dapat meningkatkan pH tanah, meningkatkan kandungan K+, meningkatkan kandungan air yang tersedia, mengurangi bobot isi tanah, dan meningkatkan hasil kedelai. (Wang, Y., Tang, L., 2020)

4. Pemberian pupuk dasar

   Pemberian pupuk dasar sebelum penanaman sangat dianjurkan untuk menyediakan nutrisi awal bagi tanaman dan mendukung pertumbuhan optimal. Untuk tanaman kedelai upuk dasar yang digunakan. Dosis pupuk Urea 50 kg/ha, TSP 100 kg - 150 kg/ha, dan KCl dosis 50 kg -100 kg/ha. Pupuk bisa diberikan dengan cara ditugal (lubang pupuk), atau dicampur dengan tanah. (Nazar, Mustikawati, dan Yani, 2008)

11.2 Pemilihan Benih

11.2.1 Pemilihan Benih

Benih merupakan titik awal siklus hidup tanaman. Penggunaan benih bermutu tinggi memiliki dampak langsung terhadap daya tumbuh, pertumbuhan awal, hasil panen, serta efisiensi input pertanian Benih yang bermutu mampu tumbuh seragam, ketahanan terhadap cekaman lingkungan dan penyakit, serta memberikan hasil optimal sesuai potensi genetiknya.

Kriteria benih kedelai yang baik, antara lain:

1. Daya kecambah tinggi

   Daya kecambah menunjukkan seberapa banyak benih yang mampu tumbuh menjadi tanaman normal dalam kondisi optimal. Semakin tinggi daya kecambah, semakin besar kemungkinan benih tumbuh seragam.
2. Vigor benih tinggi

   Vigor benih mencerminkan kekuatan dan kecepatan benih dalam berkecambah dan tumbuh, bahkan dalam kondisi lingkungan yang kurang ideal. Benih kedelai sensitif terhadap lingkungan dan mudah mengalami kerusakan benih.(Hao et al., 2020). Benih dengan vigor tinggi lebih tahan terhadap cekaman awal, seperti kekeringan, suhu rendah, atau tanah kurang subur.(Basu and Groot, 2023). Umumnya vigor benih kedelai dapat dipertahankan kurang dari satu tahun dan harus diperbanyak setiap tahun. Varietas dengan vigor benih yang baik sangat penting untuk mempertahankan populasi tanam dan hasil yang stabil.
3. Kemurnian genetic

   Benih harus berasal dari varietas unggul yang murni secara genetik.

Syarat benih kedelai yang baik:

a. Berukuran seragam
b. Tidak hampa atau pecah
c. Tidak tercampur biji gulma atau kotoran.

4. Bebas dari penyakit dan organisme pengganggu

   Benih harus bebas dari infeksi jamur, bakteri, atau serangga, baik tampak secara fisik maupun melalui uji laboratorium. Penyakit yang harus dihindari: Phomopsis, Fusarium, Rhizoctonia.

5. Kadar air ideal

   Benih yang disimpan harus memiliki kadar air antara 9–12% agar tidak cepat rusak atau berkecambah dini saat penyimpanan.

11.2.2 Perlakuan Benih

Perlakuan benih (seed treatment) adalah suatu tindakan yang dilakukan terhadap benih sebelum ditanam untuk meningkatkan daya tumbuh, ketahanan terhadap penyakit, dan kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Perlakuan ini sangat penting dalam budidaya kedelai untuk memastikan pertumbuhan awal yang optimal dan hasil panen yang tinggi.

Tujuan Perlakuan Benih

Perlakuan benih bertujuan untuk:

1. Meningkatkan daya kecambah dan vigor benih
2. Melindungi benih dari patogen tanah (jamur dan bakteri)
3. Merangsang pertumbuhan awal tanaman
4. Meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi
5. Menjamin keberhasilan inokulasi bakteri pengikat nitrogen

Menurut Wang et al. (2020), keberhasilan fase awal pertumbuhan kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi benih dan perlakuan awal sebelum tanam.

Jenis Perlakuan Benih Kedelai:

1. Inokulum Rhizobium

   Iokulasi Rhizobium adalah penambahan bakteri Rhizobium sp. ke benih atau tanah sebelum tanam untuk meningkatkan kemampuan tanaman legum (kedelai) untuk fiksasi nitrogen dari udara.

   Cara aplikasi:

   a. Campurkan benih dengan larutan perekat (missal: larutan gula 10%)
   b. Tambahkan inokulum Rhizobium sesuai dosis, umumnya 5–10 gram inokulan per 1 kg benih dan aduk hingga merata
   c. Keringanginkan di tempat yang teduh selama 30 menit sebelum ditanam
   d. Tanam benih sesegera mungkin, maksimal 4 jam setelah inokulasi, untuk menjaga viabilitas bakteri.

   Penelitian Xu et al. (2021) menyatakan bahwa inokulasi Rhizobium meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi penyerapan nitrogen hingga 30%.an produktivitas tanaman sebesar 15–25% dibandingkan tanpa inokulasi.

Gambar 11.1: Bintil akar kedelai

2. Perlakuan Fisik
   Perlakuan ini bertujuan untuk memperbaiki penyerapan air dan mempercepat proses perkecambahan.

11.3 Penanaman

Penanaman kedelai yang baik merupakan serangkaian tindakan budidaya yang tepat untuk menghasilkan tanaman kedelai yang sehat dan produktif. . Cara tanam mencakup metode penanaman, pengaturan jarak tanam, kedalaman tanam, jumlah benih per lubang, dan teknik inokulasi benih. Penerapan cara tanam yang tepat bertujuan untuk mencapai populasi optimal, memaksimalkan penyerapan cahaya matahari, dan mengurangi persaingan antar tanaman.

Dalam praktiknya, pemahaman dan penerapan teknik penanaman yang baik dan benar sangat penting karena kesalahan pada tahap penanaman, seperti kedalaman tanam yang tidak sesuai atau jarak tanam yang rapat, menyebabkan terjadinya kompetisi antar tanaman, ketidakseimbangan cahaya, dan penurunan kualitas hasil (Wang et al. 2020),

11.3.1 Waktu Tanam

Waktu tanam merupakan faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai. Tanaman kedelai memerlukan curah hujan yang cukup pada fase awal dan cenderung kering pada saat pemasakan biji.

11.3.2 Teknik Penanaman

Pada budidaya kedelai ada dua metode tanam yang umum diterapkan di Indonesia (Rahmi, Nurhafsah, 2021):

1. Tanam Manual (Tugal)
   a. Penanaman secara manual dilakukan dengan membuat lubang, memasukkan benih, dan menyiramnya.

   b. Metode ini cocok diterapkan pada lahan sempit atau pertanian rakyat.
2. Tanam Mekanis
   a. Menggunakan alat tanam seperti seeder atau mesin penebar benih baris.
   b. Cocok untuk lahan luas dengan intensifikasi mekanisasi.
   c. Lebih efisien dalam waktu, tenaga, dan distribusi benih yang seragam.
   d. Penggunaan mesin tanam dapat meningkatkan efisiensi waktu tanam hingga 50% dibanding sistem manual.

11.3.3 Jarak Tanam

Jarak tanam disesuaikan dengan varietas, kondisi kesuburan tanah, dan ketersediaan air. Jarak tanam yang rapat dapat menyebabkan perebutan cahaya dan hara, sedangkan terlalu renggang menyebabkan efisiensi lahan menurun. (Tenmau, Arsa and Oematan, 2021).

Rekomendasi jarak tanam:

1. 30 cm × 15 cm untuk varietas pendek (tinggi <50 cm)
2. 40 cm × 20 cm untuk varietas sedang hingga tinggi (>60 cm).

Pengaturan jarak tanam yang sesuai dapat meningkatkan hasil biji sebesar 15–20% dibandingkan jarak tanam yang terlalu rapat.

11.3.4 Kedalaman Tanam

Kedalaman tanam yang optimal adalah 3–5 cm. Tanam terlalu dalam menyebabkan benih sulit berkecambah, sedangkan tanam terlalu dangkal rentan terhadap kekeringan dan gangguan hama. Pada tanah ringan:, kedalaman tanam dilakukan agak dalam (4–5 cm), sedangkan pada ytanah liat, kedalaman tanam lebih dangkal (3 cm). Xu et al. (2021) menjelaskan bahwa kedalaman tanam berpengaruh terhadap kecepatan munculnya kecambah dan distribusi akar awal.

11.3.5 Jumlah Benih per Lubang

Salah satu parameter teknis penting dalam budidaya kedelai yang memengaruhi populasi tanaman per hektar, efisiensi lahan, dan hasil panen adalah jumlah benih per lubang,. Praktik ini perlu disesuaikan dengan kondisi benih (ukuran dan daya tumbuh), varietas yang digunakan, serta sistem tanam yang diterapkan. Benih ditanam 2-3 benih perlubang tergantung ukuran benih dan tingkat kemurnian benih.

Populasi tanaman yang dianjurkan adalah sekitar 300.000–350.000 tanaman/ha, tergantung pada jarak tanam yang digunakan. Bila benih berkualitas tinggi dengan daya tumbuh >85%, maka cukup menggunakan 2 benih/lubang. Untuk luasan 1 hektar dibutuhkan bneih sekitar 40–60 kg/ha, tergantung ukuran benih dan populasi yang diinginkan.

11.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kedelai adalah tahapan penting dalam budidaya yang berperan dalam memastikan pertumbuhan tanaman berlangsung optimal, meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi, serta mendukung pencapaian hasil panen yang tinggi dan berkualitas. Pemeliharaan mencakup berbagai aktivitas, seperti penyulaman, penyiangan, pembumbunan, penyiraman, pemupukan susulan, serta pengendalian hama dan penyakit (Nazar, Mustikawati, 2008)

11.4.1 Penyulaman

Penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman yang mati, tumbuh tidak normal, atau tidak tumbuh setelah semai, Kegiatan ini dilakukan pada umur 5–10 hari setelah tanam (HST), saat tanaman sudah mulai tumbuh seragam, agar benih baru bisa mengejar pertumbuhan tan

Tujuan:

1. Menjaga populasi tanaman per hektare tetap optimal.
2. Memaksimalkan hasil karena jumlah tanaman per satuan luas memengaruhi produktivitas.

Jika penyulaman dilakukan terlalu lambat, tanaman pengganti tidak akan mampu bersaing dan tumbuh optimal.

11.4.2 Penyiangan

Penyiangan adalah kegiatan pemeliharaan tanaman yang dilakukan dengan cara menghilangkan atau mengendalikan gulma (tumbuhan pengganggu) yang tumbuh di sekitar tanaman budidaya, dalam hal ini tanaman kedelai.

Tujuan

Penyiangan bertujuan untuk:

1. Mengurangi persaingan antar tanaman dan gulma dalam memperebutkan air, nutrisi, dan cahaya matahari
2. Mencegah penurunan produktivitas akibat tekanan gulma.
3. Menjaga kelembaban dan aerasi tanah di sekitar perakaran.
4. Mengurangi potensi serangan hama dan penyakit yang bersumber dari gulma sebagai inang alternatif.

Persaingan yang terjadi antara gulma dan tanaman kedelai paling merugikan pada fase awal pertumbuhan (0–6 minggu setelah tanam).

Penyiangan dilakukan pada 2-3 minggu setelah tanam (MST) dan 5-6 MST. Kegiatan penyiangan bisa bersamaan dengan kegiatan pembumbunan tanaman. Setelah tanaman umur 6 minggu, kanopi tanaman kedelai biasanya sudah menutupi permukaan tanah sehingga pertumbuhan gulma berkurang secara alami (Putri, Syam, 2022). Hasil penelitian menyatakan bahwa penyiangan yang dilakukan dua kali (umur 3 dan 6 MST)

memberikan hasil kedelai sebesar 2,5 ton/ha, lebih tinggi dibandingkan tanpa penyiangan (1,4 ton/ha) (Wibowo et.al, 2021).

11.4.3 Pembumbunan

Pembumbunan dilakukan dengan cara menimbun tanah ke sekitar pangkal batang tanaman. Tujuannya adalah memperkuat perakaran, memperbaiki struktur tanah, dan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara optimal. Pembumbunan dapat dilakukan bersamaan dengan penyiangan atau pemupukan susulan, Menurut hasil penelitian, perlakuan pembumbunan pada usia 4 minggu setelah tanam meningkatkan hasil panen hingga 15–20% dibanding tanpa pembumbunan (Afandi, et.al., 2020)

11.4.4 Pengairan

Tanamn kedelai peka terhadap kekeringan, terutama pada fase generatif. Oleh karena itu, penyediaan air yang cukup dan tepat waktu merupakan kunci dalam meningkatkan produktivitas kedelai. Masa kritis tanaman terhadap pengairan adalah saat fase pembungaan, pembentukan polong, dan pengisian biji. Kekurangan air di fase ini dapat menyebabkan bunga dan polong rontok, serta biji kecil.

11.4.5 Pemupukan Susulan

Pemupukan adalah tindakan memberikan nutrisi kepada tanaman atau tanah. guna mendukung pertumbuhan, perkembangan, dan pembentukan hasil secara optimal. Pada tanaman kedelai, pemupukan sangat penting karena tanaman ini membutuhkan hara yang seimbang, terutama pada masa pertumbuhan vegetatif dan pembentukan polong. Pemupukan susulan dilakukan pada umur 10–15 hari setelah tanam dan dilanjutkan sesuai fase pertumbuhan. (Wibowo et.al, 2021).

Tabel 11.1: Pemupukan Susulan

Jenis Pupuk	Dosis Umum (per ha)	Waktu Pemberian
Urea	25–50 kg	Awal pertumbuhan vegetatif
TSP	100–150 kg	Saat tanam
KCl	50–75 kg	Umur 20–30 HST

11.4.6 Pengendalian Hama dan Penyakit

Pengendalian hama dan penyakit mengikuti prinsip PHT yaitu strategi pengendalian yang menggabungkan berbagai metode secara sinergis dan ramah lingkungan, agar efektif dan berkelanjutan.

Hama pada Tanaman Kedelai

Beberapa hama yang menyerang tanaman kedelai, antara lain:

1. Lalat bibit (Ophiomyia phaseoli)
   Pengendalian hama terpadu dilakukan dengan mengamati populasi lalat bibit secara berkala. Ini dilakukan ketika ditemukan1 imago per 5 (lima) baris pada umur 6–10 hari. Pengendalian dilakukan dengan menggunakan insektisida. Benih diberi perlakuan insektisida Marshal untuk mengurangi serangan hama.
2. Ulat grayak (Spodoptera litura)
   Pengendalian dilakukan dengan memantau populasi grayak secara berkala. Pengendalian kimiawi dilakukan dengan menggunakan insektisida.
3. Penggerek polong ((Helicoverpa armigera, Etiella)
   Tindakan pengendalian dilakukan dengan pergiliran tanaman, dan tanam serempak. Pengendalian dengan menggunakan insektisida dapat dilakukan jika sudah mencapai ambang kendali, dimana kerusakan polong mencapai 2,5% pada umur lebih dari 45 hari,

Penyakit

1. Penyakit karat (Phakopsora pachyrhizi)
   a. Gejala: Bercak kecil berwarna coklat-merah di bawah daun, menyebar cepat dan menyebabkan defoliasi.
   b. Pengendalian: tanam varietas tahan seperti Dega 1, Grobogan, Sanitasi sisa tanaman, atau Aplikasi fungisida (mis. azoksistrobin, mankozeb, propikonazol).
2. Busuk akar dan pangkal batang (Rhizoctonia solani, Fusarium spp.)
   a. Gejala: Tanaman layu, akar membusuk, pangkal batang coklat kehitaman.
   b. Pengendalian dapat dilakukan dengan rotasi tanaman dan perendaman benih dengan fungisida (metalaksil, benomil).
3. Layu bakteri (Pseudomonas glycinea)
   a. Gejala: Bercak air pada daun, kemudian mengering. Daun melengkung dan gugur.
   b. Pengendalian dengan menggunakan benih sehat dan bersertifikat, penggunaan varietas tahan, dan Penyemprotan bakterisida berbahan tembaga.
4. Virus mosaik kedelai (Soybean mosaic virus / SMV)
   a. Gejala: Pertumbuhan kerdil, daun belang, biji berkualitas buruk.
   b. Pengendalian dengan menggunakan benih bebas virus, menanam dengan varietas yang toleran, atau pengendalian vektor (aphid)

11.5 Panen dan Pascapanen

11.5.1 Panen

Panen kedelai merupakan tahap akhir yang sangat menentukan mutu dan hasil. Waktu dan cara panen yang tepat akan meminimalkan kehilangan hasil dan menurunkan kadar kerusakan biji.

Kedelai siap dipanen setelah mencapai umur masak fisiologis, umumnya pada umur 75–100 hari setelah tanam (HST) tergantung varietas dan kondisi lingkungan.

Kriteria panen:

1. Daun menguning dan sebagian besar telah gugur.
2. Polong berwarna cokelat dan mengering.
3. Biji keras dan jika diguncangkan dalam polong menimbulkan bunyi.

Panen yang dilakukan terlalu awal menyebabkan biji belum matang sempurna, berkadar air tinggi, dan berpotensi mudah rusak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penundaan waktu panen dapat memengaruhi mutu benih (Nugraha, 2022). panen yang terlambat meningkatkan risiko pecahnya polong dan kehilangan hasil di lapangan.

Panen dilakukan dengan memotong pangkal batang menggunakan sabit atau alat panen mekanis. Setelah pemotongan, tanaman dijemur beberapa hari di tempat yang bersih agar kadar air turun hingga sekitar 12–14% sebelum dilakukan perontokan.

11.5.2 Pascapanen

Pascapanen kedelai meliputi proses perontokan, pengeringan, pembersihan, penyimpanan, hingga pengemasan. Tujuan utama tahapan ini adalah untuk mempertahankan mutu fisik, fisiologis, dan kimia benih atau biji konsumsi.

1. Perontokan

   Perontokan dilakukan dengan cara dipukul (manual) atau dengan alat perontok. Proses ini memisahkan biji dari polong.

2. Pengeringan

   Pengeringan bertujuan menurunkan kadar air biji kedelai hingga mencapai 9–11% untuk penyimpanan jangka panjang.

   Pengeringan dapat dilakukan dengan dua cara:

   a. Pengeringan secara alami: dilakukan dengan menjemur biji kedelai di atas terpal bersih dan diaduk secara berkala.
   b. Pengeringan buatan: menggunakan dryer bersuhu rendah (≤40°C) untuk menghindari kerusakan viabilitas biji.

   Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pengeringan, varietas, dan masa simpan berpengaruh terhadap daya berkecambah dan keserempakan tumbuh.

3. Pembersihan

   Pembersihan dilakukan untuk memisahkan kotoran seperti tanah, kulit polong, dan biji rusak. Proses ini penting dalam meningkatkan mutu hasil dan mengurangi kerusakan saat penyimpanan.

4. Penyimpanan

   Penyimpanan kedelai harus dilakukan dalam wadah tertutup dan di tempat kering, sejuk, dan berventilasi baik untuk menjaga mutu biji. Kelembaban ruang penyimpanan disarankan di bawah 70% dan suhu di bawah 25°C. Biji juga harus dilindungi dari serangan hama gudang seperti Callosobruchus sp. Hasil penelitian Sari (2017) bahwa tempat penyimpanan benih secara benar dan terkontrol menjaga konsistenan mutu benih kedelai

5. Pengemasan

   Untuk distribusi dan pemasaran, biji kedelai dikemas dalam karung plastik atau goni berlapis plastik dengan kapasitas 25–50 kg. Penandaan pada kemasan mencakup varietas, kelas mutu, dan tanggal panen.

Bab 12

Budidaya Tanaman Kacang Kacangan

12.1 Pendahuluan

Tanaman kacang-kacangan merupakan kelompok tanaman leguminosa yang memiliki peranan penting dalam sistem pertanian dan ketahanan pangan. Kacang-kacangan berfungsi sebagai sumber protein nabati, memiliki kemampuan bersimbiosis dengan bakteri Rhizobium yang mampu mengikat nitrogen dari udara, sehingga juga berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah.

Jenis kacang-kacangan yang umum dibudidayakan dan dikonsumsi di Indonesia antara lain kacang tanah (Arachis hypogaea), kacang kedele (Glicine max), kacang hijau (Vigna radiata), kacang panjang yang memiliki kandungan gizi yang tinggi dan manfaat untuk tubuh. Kacang kacangan mengandung lemak sehat, protein, vitamin E, magnesium, isoflavon, serat, lemak tak jenuh, asam folat, vitamin B1, vitamin C, vitamin K , sedangkan

manfaatnya untuk kesehatan yaitu dapat menurunkan risiko penyakit jantung, meningkatkan energy, menurunkan kolesterol, menjaga kesehatan tulang dan hormon, menjaga kadar gula darah dan memperbaiki metabolism (Fachruddin, Lisdiana, 2000).

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa kacang-kacangan tidak hanya bernilai ekonomi tinggi tetapi juga mampu meningkatkan kesuburan tanah. Menurut (Susilawati, 2022) bahwa kacang tanah mampu meningkatkan kadar nitrogen tanah sebesar 25–30% melalui aktivitas rhizobium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rotasi tanaman dengan kacang hijau meningkatkan hasil padi sebesar 10–15% (Cybex Kementan, 2023).

Diversifikasi pola makan dengan menambahkan kacang-kacangan dapat mengurangi ketergantungan pada sumber pangan tunggal, sehingga meningkatkan ketahanan pangan masyarakat. Kacang-kacangan juga berperan penting dalam mengatasi masalah malnutrisi dan kekurangan gizi mikro, terutama di wilayah-wilayah yang rentan terhadap krisis pangan. Selain itu, beberapa jenis kacang-kacangan yang selama ini kurang dimanfaatkan (neglected legumes) memiliki potensi besar untuk meningkatkan keamanan pangan dan gizi, namun masih menghadapi tantangan dalam pengembangan rantai nilai dan adopsi di tingkat petani (Ochatt, S., Bhowmik, P., Détain, A., & Leborgne-Castel, 2022).

Teknologi budidaya seperti penggunaan varietas unggul, penanaman sistem tumpangsari, pemupukan berimbang, serta pengendalian hayati terhadap hama penyakit merupakan pendekatan yang semakin penting untuk mengatasi keterbatasan dalam produksi kacang-kacangan (Putra et al., 2021).

Pertanian modern menghadapi tantangan besar akibat perubahan iklim, seperti peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, dan frekuensi kejadian cuaca ekstrem. Kacang-kacangan memiliki keunggulan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang beragam, termasuk lahan marginal dan kering. Beberapa jenis kacang-kacangan, terutama yang kurang dimanfaatkan, memiliki toleransi tinggi terhadap kekeringan dan tanah

miskin hara, sehingga dapat menjadi solusi adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim (Rewald, B., Karkanis, A., et al, 2018).

Selain itu, sistem produksi kacang-kacangan umumnya memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan tanaman pangan lain, karena kebutuhan input eksternal yang lebih sedikit dan kemampuan menyerap karbon ke dalam tanah. Dengan demikian, pengembangan budidaya kacang-kacangan dapat menjadi strategi penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan pencapaian target pembangunan berkelanjutan.

12.2 Pemilihan Varietas dan Benih Kacang Kacangan

Pemilihan varietas dan benih merupakan langkah krusial dalam budidaya kacang-kacangan untuk mencapai produktivitas optimal, kualitas hasil yang tinggi, serta ketahanan terhadap berbagai cekaman lingkungan. Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh kesesuaian varietas yang dipilih dengan kondisi agroekosistem setempat dan kualitas benih yang digunakan.

12.2.1 Kriteria Pemilihan Varietas Unggul

Varietas unggul kacang-kacangan harus memenuhi beberapa kriteria utama, yaitu produktivitas tinggi, kandungan protein yang baik, serta ketahanan terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit) dan abiotik (kekeringan, suhu ekstrem, salinitas, dan lain-lain). Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, varietas yang mampu beradaptasi terhadap peningkatan suhu dan kekeringan menjadi sangat penting. Target pemuliaan modern menekankan pada seleksi genotipe yang tidak hanya menghasilkan hasil tinggi, tetapi juga tahan terhadap stres biotik dan abiotik, serta mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah (Siregar, A., 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa beberapa varietas kacang-kacangan, seperti Onobrychis arenaria dan Medicago sativa, memiliki produktivitas dan kandungan protein yang tinggi serta ketahanan terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan dan suhu tinggi. Varietas yang tahan terhadap cekaman abiotik dapat mempertahankan hasil dan kualitas biji meskipun dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu, kandungan protein yang tinggi menjadi pertimbangan utama karena kacang-kacangan merupakan sumber protein nabati penting bagi manusia dan pakan ternak (Lejeune-Hénaut, I., Vadez, V., et al, 2015).

Ada beberapa varietas unggul kacang tanah yang dibudidayakan yaitu Hypoma 1: produksi 3.5 - 4 ton/ha dengan 90-95 hari panen, Kancil: produksi 3.0-3.6 ton/ha dengan 85-90 hari panen, Tuban: produksi 2.8 – 3.3 ton/ha dengan umur panen 90-95 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa petani yang menggunakan benih bersertifikat varietas Hypoma 2 dengan daya tumbuh 90% mampu meningkatkan hasil panen hingga 27% dibandingkan benih lokal yang tidak tersertifikasi (Balitkabi, 2023).

12.2.2 Ketahanan terhadap Cekaman Biotik dan Abiotik

Cekaman biotik seperti serangan hama dan penyakit merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam produksi kacang-kacangan. Oleh karena itu, pengembangan varietas yang tahan terhadap berbagai patogen dan hama sangat diperlukan. Integrasi pendekatan pemuliaan konvensional dengan teknik genomik dan pre-breeding telah terbukti efektif dalam menghasilkan varietas yang tahan terhadap cekaman biotik, sehingga dapat meningkatkan produktivitas di berbagai kondisi pertanaman.

Selain itu, cekaman abiotik seperti kekeringan, suhu tinggi, salinitas, dan tanah masam juga menjadi tantangan utama dalam budidaya kacang-kacangan. Varietas yang memiliki sistem perakaran yang baik, efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta kemampuan fiksasi nitrogen yang tinggi sangat diutamakan untuk adaptasi di lahan marginal(Ochatt, S., Bhowmik, P., Détain, A., & Leborgne-Castel, 2022).

12.3 Penyiapan Lahan pada Budidaya Kacang Kacangan

Tahapan ini menentukan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman serta efisiensi penggunaan sumber daya lainnya seperti air, pupuk, dan pestisida. Penyiapan lahan bertujuan menggemburkan tanah untuk memperbaiki struktur dan aerasi tanah, mengendalikan gulma yang dapat menjadi pesaing tanaman utama, memperbaiki drainase, mencegah genangan air yang merusak perakaran, meningkatkan ketersediaan unsur hara, terutama jika dilakukan dengan penambahan bahan organik, menyiapkan kondisi tanah yang optimal untuk pembentukan polong (Yulnafatmawita, & Gusmaini. (2020).

Perbandingan Sistem Olah Tanah: Strip-Tillage vs. Konvensional

Strip-tillage (olah tanah terbatas):

1. Meningkatkan kandungan nitrogen dan kalium di lapisan atas tanah (0–20 cm) dan di barisan tanam, sehingga memperbaiki serapan hara oleh tanaman12.
2. Mendorong pertumbuhan akar dan tunas yang lebih panjang, jumlah polong per tanaman lebih banyak, serta hasil panen polong lebih tinggi (hingga 27,3% lebih besar dibanding sistem konvensional pada kacang hijau)1.
3. Efek positif strip-tillage lebih nyata pada musim dengan curah hujan rendah dan suhu tinggi, sehingga cocok untuk kondisi iklim yang kurang menguntungkan.
4. Pada kacang polong, strip-tillage meningkatkan hasil panen hingga 13,8% pada tahun kering dan 9,1% pada tahun basah (meski tidak signifikan secara statistik pada tahun basah)(Ishwanath, et al, 2022)

Konvensional (bajak penuh):

1. Distribusi hara lebih merata di seluruh lahan, namun efisiensi serapan hara oleh tanaman lebih rendah dibanding strip-tillagePada beberapa kasus, hasil panen lebih rendah dibanding strip-tillage, terutama pada kondisi kekeringan.
2. Penanaman kacang - kacangan idealnya dilakukan di lahan yang memiliki karakteristik yaitu jenis tanah lempung berpasir yang gembur, pH tanah antara 5,5 hingga 6,5 (agak masam sampai netral), drainase baik, tidak mudah tergenang, cahaya matahari dengan intensitas tinggi sepanjang hari, ketinggian cocok ditanam pada dataran rendah hingga sedang (0–600 mdpl).
3. Penyiapan Lahan Budidaya tanaman kacang tanah meliputi (Harahap, F., & Siregar, 2022):
   a. Pembersihan lahan: pembersihan lahan dari gulma, semak dengan cara manual, mekanis, atau kimiawi (menggunakan herbisida yang sesuai anjuran).
   b. Pengolahan tanah dilakukan pembajakan dan penggaruan
   c. Pemberian bahan organik: Penambahan pupuk kandang matang atau kompos sebanyak 5–10 ton/ha sangat disarankan untuk memperbaiki kesuburan tanah, bahan organik juga membantu aktivitas mikroorganisme tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation.
   d. Pembentukan Bedengan: pada lahan yang rawan tergenang atau bertekstur berat, dibuat bedengan dengan ukuran lebar 80–100 cm dan tinggi 20–30 cm, bedengan membantu menjaga kelembaban dan memperbaiki drainase.
   e. Pengapuran: Jika pH tanah terlalu rendah (<5,5), dilakukan pengapuran menggunakan kapur dolomit sebanyak 1–2 ton per hektare, minimal satu bulan sebelum tanam. Pengapuran

membantu meningkatkan pH dan memperbaiki struktur tanah.

f. Biofumigasi (Opsional): Praktik terbaru dalam pengendalian hayati tular tanah adalah biofumigasi, yaitu penanaman tanaman seperti sesawi atau mustard yang kemudian dibenamkan ke dalam tanah untuk membunuh patogen sebelum tanam.

12.4 Penanaman pada Budidaya Kacang Kacangan

12.4.1 Teknik Penanaman

1. Teknik Penanaman: Hill-Drop, Potting, dan Penanaman Langsung
2. Hill-drop: Penanaman benih secara berkelompok di satu titik tanam. Cocok untuk lahan kering, namun pertumbuhan akar dan hasil tidak sebaik teknik potting.
3. Potting: Benih ditanam dalam pot kecil sebelum dipindahkan ke lahan. Teknik ini menghasilkan pertumbuhan akar yang lebih baik, jumlah polong lebih banyak, dan hasil panen lebih tinggi dibanding teknik lain.
4. Penanaman langsung: Benih langsung ditanam dilahan. Praktis, namun hasil dan pertumbuhan akar umumnya lebih rendah dibanding pottin.

12.4.2 Penanaman Campuran (Bean Mixture)

Mengombinasikan beberapa jenis kacang-kacangan atau dengan tanaman lain (misal: oat-vetch) meningkatkan hasil hijauan, kandungan protein, dan

efisiensi lahan. Sistem campuran meningkatkan ketahanan ekosistem, memperbaiki rasio daunbatang, dan memberikan keuntungan ekonomi lebih tinggi di lahan tadah hujan. Indeks keunggulan lahan (land-equivalent ratio) dan rasio kompetitif menunjukkan intercropping lebih menguntungkandibanding monokultur.

12.5 Pemupukan pada Budidaya Kacang Kacangan

Pemupukan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan produktivitas kacang-kacangan dan menjaga kesehatan tanah. Integrasi pupuk organik, inokulasi Rhizobium, aplikasi fosfor, serta pengelolaan hara berbasis kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi tanah menjadi kunci keberhasilan budidaya yang berkelanjutan.

12.5.1 Integrasi Pupuk Organik untuk Produktivitas dan Kesehatan Tanah

Kombinasi pupuk organik dan mineral meningkatkan keragaman mikroba tanah, aktivitas enzim, dan siklus hara, serta memperbaiki struktur tanah dan kapasitas retensi air. Penggantian 20–40% pupuk mineral dengan pupuk organik dapat meningkatkan hasil panen 25–40%, meningkatkan karbon organik tanah hingga 110%, dan biomassa mikroba tanah 20–30%. Penggunaan biochar berbasis legum juga dapat menjadi alternatif efisien untuk meningkatkan serapan hara dan kesehatan tanah (K., , R., , I., Mamun, M., et.al (2021).

12.5.2 Inokulasi Rhizobium dan Aplikasi Fosfor

Inokulasi Rhizobium sangat penting untuk meningkatkan fiksasi nitrogen biologis pada kacang-kacangan, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk nitrogen anorganik. Kekurangan P menyebabkan penurunan hasil dan efisiensi fiksasi nitrogen (Andriani, R., 2021).

12.5.3 Pengelolaan Hara Berbasis Kebutuhan Spesifik dan Kondisi Tanah

Rekomendasi pemupukan harus didasarkan pada analisis tanah dan jaringan tanaman untuk mengetahui status hara aktual dan kebutuhan spesifik kacang-kacangan. pH tanah optimal untuk fiksasi nitrogen pada kebanyakan legum adalah di atas 6,5. Toleransi terhadap pH rendah bervariasi antar spesies, sehingga pengapuran mungkin diperlukan pada tanah masam. Pengelolaan hara yang efisien juga mempertimbangkan rotasi tanaman, intercropping, dan penggunaan residu tanaman legum untuk meningkatkan ketersediaan hara dan kesehatan tanah jangka panjang.

12.6 Pengairan (irigasi) pada Budidaya Kacang Kacangan

Pengelolaan irigasi yang tepat sangat penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil kacang-kacangan, terutama di lahan kering yang rentan kekurangan air. Sistem irigasi (raised bed vs. flatbed) dan interval penyiraman yang optimal dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen.

Pengaruh Sistem Irigasi dan Interval Penyiraman

Raised bed (guludan) dan flatbed (rata) adalah dua tata letak lahan utama. Raised bed umumnya lebih baik dalam mengalirkan air dan mencegah genangan, sehingga akar tanaman lebih sehat dan pertumbuhan optimal, terutama di lahan kering10. Interval penyiraman yang lebih pendek (misal, setiap 7 hari) menghasilkan pertumbuhan dan hasil kacang-kacangan yang lebih tinggi dibanding interval lebih panjang (14 hari).

Penelitian pada kacang-kacangan menunjukkan interval 7 hari memberikan hasil maksimal, sedangkan interval 14 hari menurunkan hasil hingga 28% (Yusuf, H., Salihu, et.al, 2024) Pengurangan jumlah air irigasi

(defisit irigasi) secara signifikan menurunkan hasil panen. Misalnya, pengurangan 25% dari kebutuhan air penuh dapat menurunkan hasil hingga 30%. Pada sistem irigasi tetes, interval 7 hari juga terbukti paling efisien untuk pertumbuhan, hasil, dan efisiensi penggunaan air (Rahayu et.al, 2020).

12.7 Pentingnya Pengaturan Jadwal Irigasi

Penjadwalan irigasi yang tepat sangat penting untuk menghindari stres air pada fase kritis pertumbuhan, seperti pembungaan dan pengisian polong. Penggunaan teknologi irigasi cerdas (smart irrigation) dan monitoring kelembaban tanah dapat membantu menentukan waktu dan jumlah air yang dibutuhkan, sehingga air digunakan secara efisien dan hasil tetap optimal6. Penyesuaian jadwal irigasi berdasarkan kondisi cuaca, jenis tanah, dan kebutuhan spesifik tanaman sangat dianjurkan untuk menghemat air dan menjaga produktivitas (Sharma, V., Rai, A., & Heitholt, 2020).

12.8 Pengendalian Hama dan Penyakit

Teknologi presisi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan computer vision semakin banyak digunakan dalam budidaya kacang-kacangan untuk memantau kesehatan tanaman, mendeteksi gulma, serta mengendalikan hama dan penyakit secara otomatis. Selain itu, budidaya terlindung (greenhouse, polyhouse, net house) terbukti efektif menekan serangan hama dan penyakit serta meningkatkan kualitas hasil.

12.8.1Teknologi Presisi untuk Monitoring dan Pengendalian Otomatis

IoT dan sensor memungkinkan pemantauan real-time terhadap kelembaban tanah, status nutrisi, dan kesehatan tanaman, sehingga petani dapat mengambil keputusan berbasis data untuk irigasi, pemupukan, dan perlindungan tanaman. Teknologi presisi ini mampu mengoptimalkan penggunaan air, pupuk, dan pestisida, sehingga meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya, dan meminimalkan dampak lingkungan. Penggunaan precision farming technologies dapat mengurangi penggunaan herbisida hingga 97%, area aplikasi insektisida hingga 70%, dan menurunkan kepadatan gulma hingga 89%.(Devkota, K., Devkota, M., et.al 2022)

12.8.2 Budidaya Terlindung untuk Kesehatan dan Kualitas Hasil

Greenhouse, polyhouse, dan net house menciptakan lingkungan mikro yang lebih stabil, mengurangi paparan tanaman terhadap hama, penyakit, dan stres abiotik. Sistem ini meningkatkan kualitas hasil, seperti ukuran, warna, dan kandungan nutrisi, serta memperpanjang musim tanam. Irigasi presisi dalam budidaya yang dilindungi dapat menghemat 40-70%air, mengurangi konsumsi pupuk sebesar 30-50%, meningkatkan peningkatan pupuk sebesar 30-50%, dan meningkatkan peningkatan pupuk sebesar 30-50%, dan meningkat 20-40%dibandingkan dengan irigasi tradisional. Budidaya terlindung juga memudahkan integrasi teknologi presisi, seperti sensor kelembaban dan sistem irigasi otomatis (Alamri, A., Na, I., Lee, S., & AlQahtani, 2024).

Tabel 12.1: Hama Utama dan Pengendaliannya

Hama	Gejala Serangan	Cara Pengendalian
Uret (Agrotis ipsilon)	Memotong akar dan pangkal batang	-Rotasi tanaman - Pengolahan tanah dalam - Aplikasi insektisida sistemik (misal: karbofuran)
Penggerek polong (Helicoverpa armigera)	Lubang di polong, biji rusak	-Musnahkan polong terserang -Aplikasi insektisida nabati (neem oil) - Musuh alami: Trichogramma
Trips (Thrips sp.)	Daun keriting, kuning	-Pengendalian gulma - Aplikasi insektisida berbahan aktif abamectin atau Spinosad
Lalat daun (Liriomyza sp.)	Terowongan pada daun	- Monitoring intensif - Penggunaan perangkap kuning - Insektisida nabati

Tabel 12.2: Penyakit Utama dan Pengendaliannya

Penyakit	Penyebab	Gejala	Pengendalian
Layu bakteri	*Ralstonia solanacearum*	Daun layu tiba-tiba, akar membusuk	- Gunakan varietas tahan -Rotasi tanaman - Cabut dan musnahkan tanaman sakit
Bercak daun (Cercospora sp.)	Jamur	Bercak ungu/kecoklatan, daun rontok	- Fungisida: mankozeb, klorotalonil - Tanam varietas tahan

Penyakit	Penyebab	Gejala	Pengendalian
Antraknosa (Colletotrichum sp)	Jamur	Bercak cekung hitam pada batang/polong	- Pemupukan seimbang - Penggunaan benih sehat - Fungisida berbahan aktif azoksistrobin
Akar gatal/akar hitam (Rhizoctonia solani)	Jamur tanah	Akar membusuk, pertumbuhan terhambat	- Penaburan Trichoderma - Pengeringan lahan

12.9 Penyiangan dan Pembumbunan

Penyiangan bertujuan untuk mengurangi kompetisi tanaman kacang tanah dengan gulma dalam hal air, nutrisi, dan cahaya, mencegah serangan hama dan penyakit, memperbaiki aerasi dan struktur tanah di sekitar perakaran. Penyiangan pertama dilakukan pada umur 15–20 HST (hari setelah tanam), penyiangan kedua pada saat umur 35–40 HST, dapat dilanjutkan sesuai kebutuhan, tergantung populasi gulma.

Penyiangan dapat dilakukan dengan cara manual (dicabut tangan atau dicangkul dangkal, hati-hati agar tidak merusak akar), mekanis (menggunakan cangkul, rotary weeder, atau mini traktor inter-row) dan secara kimia jika gulma sangat dominan, dapat digunakan herbisida selektif berbahan aktif pendimethalin atau oxyfluorfen. Penyiangan juga dapat menggunakan mulsa organik/ plastik semakin untuk menekan gulma secara alami, bisa juga digabung dengan penggemburan tanah (pendangiran) untuk meningkatkan aerasi tanah (Nugroho, Y., 2021).

12.10 Panen dan Pasca Panen

Menentukan waktu panen dan penanganan pemanenan yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan kualitas dan kuantitas hasil kacang. Praktik yang baik dapat meminimalkan kehilangan hasil, menjaga mutu, dan memperpanjang masa simpan produk.

12.10.1 Penentuan Waktu Panen

Waktu panen yang optimal sangat menentukan kualitas dan kuantitas hasil. Panen pada tingkat kematangan dan kadar air yang tepat menghasilkan biji dengan mutu fisik dan kimia terbaik serta meminimalkan kehilangan hasil. Pada sistem hidroponik, panen pada hari ke-7 setelah tanam memberikan hasil dan nilai nutrisi optimal, sedangkan panen yang terlalu lambat menurunkan kandungan protein dan hasil kering. Untuk kacang kering, panen sebaiknya dilakukan saat biji telah matang penuh dan kadar air seragam untuk menghindari kerusakan fisik dan penurunan mutu.(Bales, S., Siddiq, M., et.al, 2021)

12.10.2 Teknik Panen dan Penanganan Pascapanen

Teknik panen harus disesuaikan dengan jenis tanaman dan alat yang digunakan. Pada panen mekanis, tinggi letak polong pertama dari permukaan tanah penting untuk meminimalkan kehilangan hasil5. Penggunaan Dilika (Pengering tanaman) dapat mempercepat proses pemanenan, mengurangi kadar air tanaman, dan meningkatkan efisiensi dan kualitas benih. Penanganan pascapanen meliputi pembersihan, pengeringan, pendinginan, grading, dan penyimpanan.

Penundaan pendinginan setelah panen lebih dari dua jam dapat menyebabkan kehilangan air, penurunan berat, dan percepatan kerusakan mutu4. Penyimpanan yang baik harus mengontrol kelembaban, suhu, serta mencegah serangan hama dan jamur untuk menjaga kualitas dan keamanan pangan (FAO, 2021).

Bab 13

Teknik Panen Tanaman Pangan

13.1 Persiapan Panen

Panen adalah proses memperoleh bagian tanaman atau komponen dari bagian tanaman yang telah mencapai kematangan fisiologis atau berada pada tahap pertumbuhan yang ideal untuk dipisahkan dari tanaman induknya. Tindakan panen dapat berupa memetik, mencabut, memungut, menebas, memotong, mengupas atau menggoyangkan bagian tanaman yang bernilai ekonomi dan menjadi tujuan pemanen.

Waktu panen suatu tanaman biasanya ditentukan oleh perubahan yang terjadi pada bagian tanaman yang bernilai ekonomi, dan dalam beberpa kasus pada seluruh tanaman. Perubahan ini dapat berupa penampilan visual, aroma, warna, ukuran dan kadar air (Ila'ava, 2015).

Setiap jenis tanaman pangan memiliki waktu dan cara panen yang berbeda, tergantung pada karakteristik fisiologis tanaman dan tujuan konsumsinya. Misalnya, padi dipanen ketika mencapai 90-95% malai menguning, sedangkan jagung dipanen saat tongkol mengering dan biji mengeras.

Umbi-umbian seperti umbi kayu dipanen saat umur panen optimal tercapai untuk menghasilkan bobot dan kadar pati yang maksimal.

Selain waktu panen, teknik pengumpulan, pengangkutan dan penanganan awal pascapanen menjadi bagian penting. Penanganan yang tidak tepat saat panen dapat menyebabkan kehilangan hasil (Loses), kerusakan fisik pada hasil panen, bahkan menurunkan mutu dan harga jual. Sehingga pengetahuan tentang teknik panen yang baik sangat penting bagi petani agar hasil panen optimal secara agronomis dan ekonomis.

13.2 Metode Panen

Teknik pangan semusim adalah tanaman yang memiliki siklus hidup singkat kurang dari satu tahun, dan dipanen setelah satu kali masa tanam. Contohnya tanaman padi, jagung, kacang-kacangan dan umbi-umbian. Teknik panen untuk tanaman harus mempertimbangkan umur panen, kondisi lahan, cuaca serta ketersediaan tenaga kerja dan alat panen. Berikut uraian teknik panennya:

Padi (Oryza Sativa L.) merupakan tanaman pangan yang memiliki nilai strategis dan senantiasa menjadi fokus utama dalam program pembangunan pertanian. Berbagai upaya peningkatan produksi telah memberikan hasil nyata, salah satunya ditandai dengan tercapainya swasembada beras pada tahun 1984. Terdapat dua faktor utama yang memengaruhi waktu panen dan hasil produksi padi, yaitu faktor lingkungan (termasuk iklim) dan teknik budidaya. Faktor lingkungan tidak dapat dimodifikasi, tetapi informasi iklim dapat dimanfaatkan untuk menentukan strategi budidaya yang sesuai.

Pemahaman mengenai estimasi waktu panen dan potensi hasil panen sangat penting guna memperkirakan ketersediaan pangan dari waktu ke watu (Muhammad Hasbulloh et al., 2009). Ketidaktepatan dalam menentukan waktu panen dapat menyebabkan kehilangan hasil yang besar dan menurunkan mutu gabah dan beras sehingga penentuan waktu umur

panen padi merupakan tahap pertama yang harus diperhatikan dalam melakukan pemanenan (Pangi et al., 2024).

Tanaman padi dapat ditanam dan dipanen tiga kali dalam setahun, misalnya ditanam pada bulan desember dan dipanen pada bulan april, di tanam pada bulan maret hingga april dan dipanen dari bulan juli hingga agustus, serta ditanam pada bulan juli hingga agustus dan dipanen pada bulan november hingga desember.

Gambar 13.1: (a) pemotongan tanaman padi dengan sabit, (b) metode pengangkutan tanaman padi secara manual, (c) proses perontokan manual tanaman padi di lahan, dan dipinggir jalan, (d) proses perontokan mekanis, (e) perontok dayung ODT, (f) perontok drum tertutup (CDT) (Rabbani et al., 2024).

Tanaman padi yang sudah matang secara fisiologis dipotong dengan metode konvensional dengan menggunakan alat tangan sederhana bernama sabit. Sabit bisa digunakan untuk memotong 15-25 cm di atas permukaan tanah. Selama pemotongan tanaman padi dengan sabit, petani memgang batang dengan ibu jari menunjuk ke atas menjauhi bilah (gambar 13.1a).

Setelah selesai memotong, tanaman padi diikat dengan tali diikuti dengan metode pengangkutan manual, beberapa petani menggunakan bambu atau tongkat kayu untuk memindahkan tumpukan dipundak. Sebagian besar petani mengangkut tanaman padi yang sudah dipanen ke tempat perontokan. Perontokkan padi dengan memisahkan gabah dari padi (Rabbani et al., 2024)

Tanaman Jagung (Zea Mays L.) merupakan salah satu tanaman pangan terpenting secara global dan sangat vital dalam pertanian. Hasil panennya secara langsung memengaruhi output pertanian negara dan sangat krusial untuk menjamin ketahanan pangan nasional (Wang et al., 2025). Dan mendukung berbagai proses industri, termasuk produksi pati, minyak, tepung gluten, etanol dan produk industri lainnya (Gao et al., 2024). Penentuan waktu panen jagung secara tepat adalah faktor esensial yang memengaruhi kualitas dan nilai ekonomis hasil panen.

Berdasarkan tingkat kematangan dan tujuan pemanfaatan, panen jagung dapat dibedakan menjadi dua fase: panen pada kematangan fisiologis belum penuh untuk konsumsi segar (green maize) dan panen pada kematangan fisiologis penuh untuk penyimpanan atau pengolahan lebih lanjut (Dried Maize). Jagung muda yaitu dipanen untuk tujuan konsumsi segar, bukan dikeringkan, siap panen jika biji mengeras atau ketika sutra yang berbunga dibagian atas tongkol jagung berubah menjadi hitam.

Jagung yang dipanen dengan kematangan fisiologis, dibiarkan di lahan setelah kematangan fisiologis untuk dikeringkan selama 2 hingga 4 minggu. Ditandai dengan sebagian besar daun telah menguning, kulit tongkol berwarna kuning kecoklatan, batang berubah menjadi kuning atau coklat, dan tongkol tidak lagi bagus untuk dipanggang (KALRO, 2025). Indikator lain termasuk biji jagung yang terlihat mengkilap dan munculnya lapisan hitam pada pangkal biji jagung, umumnya fase ini tercapai dalam waktu 80 hingga 100 hari setelah tanam (Ramayana et al., 2021).

Gambar 13.2: Jagung siap panen dengan kematangan fisiologis (Chautara, 2016)

Metode panen tradisional yang dilakukan petani jagung melibatkan beberapa tahapan manual. Pertama batang tanaman jagung dipotong, lalu dikumpulkan, setelah itu, petani mengupas kulit jagung dan memetic tongkolnya. Kedua tongkol jagung yang sudah bersih dari kulit dimasukkan ke dalam karung yang telah disiapkan dan dibawa pulang. Ketiga, sampai dirumah jagung akan dipisahkan dari janggelnya atau dipipil menggunakan mesin pemipil jagung. Terakhir jagung yang sudah dipipil akan dijemur di area penjemuran yang luas (Darwis, 2018).

Umbi-Umbian, tanaman umbi-umbian memiliki peran penting dalam Pembangunan berkelanjutan dan ketahanan pangan masyarakat serta merupakan komoditas pangan terpenting kedua setelah sereal. Tanaman umbi dihargai karena kandungan patinya yang tinggi dan Sebagian besar dikonsumsi sebagai makanan (Krishnakumar, 2021).

Metode dan kondisi panen menentukan karakteristik pascapanen dan kualitas konsumsi umbi-umbian:

1. Pemanenan dilakukan dengan cara mengangkat atau menggali umbi, secara manual oleh tenaga manusia maupun menggunakan mesin panen
2. Panen manual dilakukan dengan alat seperti cangkul, linggis, sabit, kapak dan garu. Meskipun metode ini memakan waktu, hasil panennya lebih sehat dibandingkan dengan hasil panen mekanis
3. Untuk budidaya umbi secara skala besar atau komersial, pemanenan biasanya menggunakan mesin pemanenan
4. Perlu hati-hati agar tidak terjadi luka atau memar pada umbi saat panen, karena hal ini dapat mempercepat kerusakan fisiologis dan mikrobiologis setelah panen
5. Umbi sebaiknya dipanen Bersama Sebagian batang atau sulurnya untuk sedikit memperpanjang umur simpan ((Krishnakumar, 2021)

Gambar 13.3: Panen umbi umbian (Wumbei et al., 2022)

Kentang sebaiknya tidak dipanen saat cuaca terlalu basah atau terlalu kering.

Tanah harus dalam kondisi lembap, tetapi tidak terlalu basah maupun kering. Tanah yang kering membentuk gumpalan keras yang sangat abrasif, sehingga dapat menyebabkan kulit umbi terkelupas dan memar selama proses panen. Waktu terbaik untuk panen adalah saat cuaca sejuk, tidak terlalu panas, atau pada hari yang cerah dan bersinar (Wasukira et al., 2017).

Ubi jalar, pemantauan waktu panen secara tepat sangat penting untuk memperoleh umbi yang berkualitas tinggi dan memiliki daya simpan yang lama. Panen yang terlalu awal dapat menyebabkan hasil yang rendah. Sebaliknya panen yang terlalu lambat dapat menyebabkan umbi rentan terhadap pembusukan dan serangan kumbang penggerek. Ubi jalar dapat dipanen secara manual maupun mekanis. Untuk panen manual, batang (pucuk tanaman) dipotong, kemudian kemudian garpu tanah atau parang diletakkan sekitar 30 cm atau satu kaki dari tempat batang melekat pada umbi simpan.

Tanah dibalik untuk mengambil umbi, yang kemudian dipisahkan dengan tangan. Panen juga dapat dilakukan secara mekanis dengan jenis alat bantu panen. Batang tanaman dipotong dan umbi didorong ke permukaan tanah menggunakan tractor dengan berbagai jenis bajak piring (disc plough); umbi kemudian diambil secara manual dan dimasukkan ke dalam wadah pada bak truk. Panen mekanis dapat menyebabkan kerusakan, dan Tingkat

kerusakan tergantung pada kedalaman alat panen, kecepatan tractor, serta kondisi tanah (FAO, 2022).

Kacang-kacangan, metode panen tanaman kacang – kacangan khususnya tiga jenis utama: kacang tanah, kedelai dan kacang hijau. Tiap jenis memerlukan teknik panen berbeda karena perbedaan lokasi buah (polong), umur panen, dan tujuan penggunaan (konsumsi segar, kering atau benih). Tanaman kacang tanah harus dipanen apabila daunnya mulai menguning dan tanaman mulai menggugurkan daun, untuk tanaman kedelai pemanenan dilakuakn ketika 75% polong berubah warna menjadi warna cokelat, tanaman telah menggugurkan daunnya, serta seluruh tanaman telah mengering (Sandhu & Chaturvedi, 2025).

Kacang tanah yang belum matang secara fisiologis memiliki rasa yang kurang baik, lebih sulit dikeringkan, cepat rusak saat disimpan dan lebih rentan terhadap pertumbuhan jamur. Cuaca buruk saat panen dapat menyebabkan hilangnya polong kacang tanah yang sudah matan akibat lemahnya batang polong, pembusukan polong dan kehilangan hasil saat pencabutan. penentuan waktu panen menjadi sangat penting untuk memperoleh hasil, mutu dan kualitas yang maksimum (Calhoun et al., 2019).

Gambar 13.4: Proses panen tanaman kedelai dan kacang tanah (source: https://www.agrifarming.in/soybean-farming-information#)

Kedelai merupakan tanaman terpenting kegita setelah padi dan jagung. Kedelai aman untuk dikonsumsi, harganya terjangkau dan memiliki nilai

gizi tinggi sebagai sumber protein (Prasetiaswati et al., 2022). Benih yang berkualitas baik dapat menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan benih berkualitas rendah. Penggunaan benih bermutu merupakan metode dasar dan paling murah dibandingkan dengan metode produksi tanaman lainnya.

Benih berkualitas tinggi memiliki ciri: ukuran seragam, kadar air yang sesuai, dan bebas dari kotoran; kualitas genetik (Kemurnian varietas yang tinggi); serta kualitas fisiologis (daya kecambah dan vigor yang baik) (Idaryani et al., 2021). Proses panen dilakukan dengan memotong batang tanaman sekitar 5 cm diatas permukaan tanah, setelah panen, tanaman dikering anginkan terlebih dahulu sebelum dilakukan perontokan untuk memperoleh benih (Suryadi et al., 2020).

Bab 14

Penanganan Pascapanen dan Penyimpanan Hasil

14.1 Konsep Pascapanen Komoditi Pertanian

Setelah melalui tahapan budidaya, komoditi pertanian akan melalui tahapan selanjutnya yakni penanganan pascapanen. Penanganan ini dilakukan sesaat setelah produk dipanen dengan tujuan untuk memperkecil kemungkinan kerusakan yang dapat terjadi sebelum diterima oleh konsumen. Pascapanen merupakan langkah yang cukup kompleks mengingat pada setiap tahapannya memerlukan metode, teknik, hingga teknologi yang memadai agar penanganan pascapanen dapat dilakukan secara efisien dan memperoleh hasil yang optimal.

Produk pertanian merupakan produk yang masih mengalami serangkaian proses metabolisme setelah panen, diantaranya adalah respirasi dan transpirasi. Metabolisme inilah yang menjadi faktor penyebab terjadinya

penurunan mutu atau kualitas produk setelah panen sehingga harus segera dilakukan penanganan yang tepat. Respirasi pada produk pertanian dapat menjadi awal penyebab perubahan fisiologis, biologis, kimia, hingga fisik produk. Saat melakukan repsirasi terjadi pemecahan bahan kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana (Gambar 14.1), seperti pemecahan pati, gula, maupun asam organik menjadi karbon dioksida, air, dan pelepasan energi dalam bentuk ATP dan molekul lainnya yang digunakan oleh sel untuk reaksi sintetik (Kasim, 2024).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energi (ATP)}$$

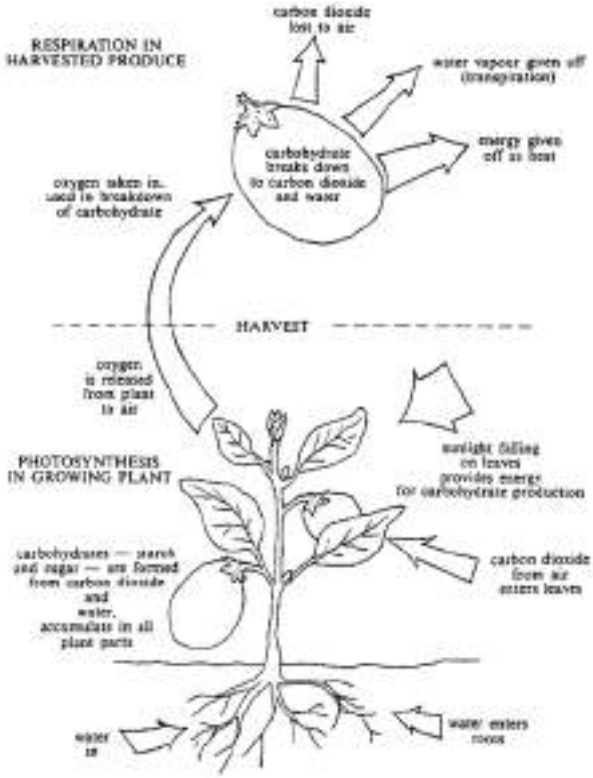
Gambar 14.1: Reaksi kimia proses respirasi

Penurunan mutu produk pertanian tidak dapat dihindari atau dihentikan, melainkan hanya dapat ditunda dengan memperlambat jalannya respirasi. Metode yang dapat digunakan adalah dengan mengurangi laju respirasi produk sehingga perubahan yang terjadi di dalam produk menjadi lebih lama dibanding saat produk berespirasi dengan laju yang normal. Faktanya, setiap produk pertanian memiliki laju respirasi yang berbeda, yakni cepat, sedang, maupun lambat. Produk dengan laju repirasi cepat harus segera ditangani sebelum terjadi perubahan besar pada produk sebelum diterima oleh konsumen.

Sebaliknya, produk dengan laju repsirasi yang lambat akan lebih mudah penanganannya mengingat risiko kerusakannya yang lebih kecil dibanding dengan produk dengan laju respirasi cepat. Setelah dipanen, produk hasil pertanian segar juga mengalami kehilangan air yang dikenal dengan transpirasi. Kehilangan air ini dapat menjadi masalah karena menyebabkan susut bobot produk dan dapat menyebabkan kelayuan pada produk bahkan setelah dipanen.

Kelayuan yang disebabkan oleh kurangnya air di dalam produk akibat kehilangan air akibat panen (lepasnya produk dari tanaman induk) karena air tersebut tidak bisa digantikan kembali dan berakhir dengan kelayuan hingga kematian. Peristiwa transpirasi ini terjadi akibat beberapa faktor

diantaranya kelembaban udarah (RH) dan jenis produk. Adanya perbedaan tekanan uap air di dalam produk dan di udara mengakibatkan keluarnya air dari produk ke lingkungan.



Gambar 14.2: Fotosintesis dan respirasi (Kinhal, 2019)

Penanganan pascapanen dilakukan untuk memaksimalkan hasil panen yang oleh pelaku pertanian, seperti petani. Melakukan teknik pascapanen yang benar dapat menjadi dasar optimalnya hasil panen, yang dapat diukur melalui nilai susut bobot (kuantitas) dan susut mutu (kualitas) produk. Penanganan pascapanen yang tepat dapat ditempuh dengan menerapkan Good Handling Practices (GHP) sehingga setiap tahapannya dapat dilakukan sesuai prosedur.

Faktor lain yang juga berperan dalam penurunan mutu produk hasil pertanian diantaranya adalah keberadaan etilen serta penyakit pascapanen yang disebabkan oleh hama dan penyakit pascapanen seperti mikroorganisme dari golongan cendawan maupun bakteri. Hama dan penyakit pascapanen ini diketahui dapat menyebar melalui tanah, wadah pengemas, hingga ruang penyimpanan.

Hal ini yang menjadi dasar bahwa produk tidak diperkenankan terlalu lama berada di lahan atau tanah setelah panen karena berisiko mengalami kontaminasi mikroorganisme yang bersumber dari tanah hingga terbawa ke tahapan selanjutnya seperti saat pengemasan dan penyimpanan. Produk seperti umbi memiliki potensi kontaminasi yang tinggi mengingat tempat tumbuhnya yang mengalami kontak secara langsung dengan tanah, demikian juga untuk produk dari golongan kacang-kacangan dan serealia, meskipun tidak mengalami kontak secara langsung dengan tanah, namun keberadaan tanaman di lahan memiliki potensi kontaminasi yang tinggi mengingat penyebaran mikroorganisme terjadi secara cepat dan sebagian besar bersumber dari tanah.

14.2 Tahapan Penanganan Pacapanen Tanaman Pangan

Pascapanen komoditi pertanian merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan sejak panen hingga produk dipasarkan. Pacapanen ini dilakukan untuk memperoleh hasil pertanian yang maksimal dengan kerusakan yang minim atau menghindari terjadinya kehilangan hasil panen (food losses), sehingga semua produk pertanian akan melalui tahapan pascapanen sesuai dengan karakter masing-masing.

Umumnya, tahapan pascapanen diawal sejak kegiatan panen, dilanjutkan dengan pengumpulan, selanjutnya dilakukan sortasi dan pemutuan, pengemasan, penyimpanan, hingga pengangkutan. Namun, terdapat beberapa produk yang membutuhkan penanganan khusus seperti

pengeringan, pelilinan, pemeraman, hingga pemberian bahan kimia untuk memperpanjang umur simpannya.

Kehilangan hasil pertanian merupakan hal yang mutlak terjadi, sehingga tidak dapat dihindari namun dapat diperkecil. Hal ini terjadi secara alami akibat aktivitas metabolisme produk yang mengakibatkan penurunan kualitas produk hingga tahapan kematian produk (Gambar 14.3).

Seringkali kehilangan hasil disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu dan juga faktor lain seperti metode penanganan yang kurang tepat:

1. Panen (Harvesting)

Kegiatan panen dilakukan harus pada umur panen yang tepat untuk memperoleh produk hasil pertanian yang baik. Umumnya panen dilakukan saat produk mencapai fase pematangan (ripening) fisiologis karena produk telah mencapai kandungan gizi, rasa, hingga kenampakan yang optimal. Panen yang dilakukan sebelum mencapai umur matang, akan menghasilkan produk yang belum sempurna secara fisiologis maupun kandungan gizi serta karakteristik fisik.

Tanaman pangan seperti padi dan jagung akan menghasilkan bulir yang sedikit dan belum sempurna ketika dilakukan panen tidak pada umur panen yang tepat. Panen pada umur panen yang telah melewati umur kematangan juga akan mengakibatkan produk yang mudah rusak apabila tidak segera ditangani karena produk akan segera mencapai tahapan kelayuan dan kematian. Panen dapat dilakukan secara manual dengan pemetikan dan menggunakan peralatan dan mesin panen.

2. Sortasi (Sorting)

Sortasi seringkali dinilai kurang penting karena kegiatan ini membutuhkan tenaga dan waktu yang cukup besar sehingga seringkali terlewati. Kegiatan sortasi ini justru memudahkan petani dalam melaksanakan tahapan pascapanen selanjutnya, sebab pada tahapan ini dilakukan pemisahan produk yang dalam kondisi baik dan produk yang sudah sudah mengalami kerusakan, seperti produk yang mengalami kerusakan mekanis akibat

teknik panen maupun mesin dan peralatan panen, produk yang terserang penyakit dan hama, maupun dari kotoran atau bahan yang tidak terpakai seperti daun, tangkai, atau ranting yang terbawa saat panen. Sehingga hasil dari kegiatan sortasi ini adalah produk dengan kondisi baik dan segar dan akan lebih efisien untuk dilakukan pengolahan lanjut.

3. Pemutuan (Grading)

Kelas mutu untuk masing-masing produk hasil pertanian berbeda sesuai dengan jenis produk. Seperti mutu beras, berbeda dengan mutu singkong dan kacang tanah. Namun secara umum, grading dilakukan untuk memisahkan produk berdasarkan kategori sehingga diperoleh produk yang seragam. Jenis kategori tersebut dapat berupa ukuran, bentuk, tingkat kematangan, warna, dan sifat lainnya.

Hal ini dilakukan agar pelaku pertanian dapat melakukan pemasaran produk sesuai dengan kategori mutu. Produk yang tidak dipisahkan berdasarkan kategori mutu kemungkinan dapat terjual dengan harga yang seragam dan cenderung rendah. Sedangkan, produk yang telah dipisahkan sesuai kategori mutu dapat dijual dengan harga tinggi sesuai kelas mutu produk.

4. Pengemasan (Packaging)

Pengemasan dilakukan dengan tujuan melindungi produk dari kerusakan yang kemungkinan dapat terjadi dan disebabkan oleh faktor lingkungan, sehingga dengan adanya kemasan produk dapat terlindungi dari kerusakan mekanis seperti benturan, kerusakan kimia seperti oksidasi, kerusakan biologis seperti penyakit akibat mikroorganisme perusak, dan kerusakan fisik akibat penanganan seperti chilling injury (kerusakan akibat suhu rendah). Kemasan produk dipilih sesuai dengan sifat atau karakteristik produk, baik bentuk, ukuran, hingga sifat fisiologis produk seperti pola respirasi.

Kemasan produk terdiri dari kemasan primer, kemasan sekunder, dan kemasan tersier. Kemasan primer merupakan kemasan yang mengalami

interaksi secara langsung dengan produk atau membungkus produk sehingga bersentuhan langsung dengan produk, kemasan sekunder merupakan kemasan yang membungkus atau melindungi kemasan primer, dan kemasan tersier adalah kemasan yang digunakan saat distribusi produk (Budiningrum et al., 2022).

5. Penyimpanan (Storing)

Penyimpanan dilakukan dengan berbagai metode dan dengan tujuan untuk menyimpan produk agar produk dapat dikonsumsi pada waktu yang dikehendaki, juga mengendalikan distribusi produk saat produk melimpah dan tidak memungkinkan untuk dipasarkan dalam waktu yang singkat. Produk pangan umumnya disimpan di dalam ruang penyimpanan yang memadai, seperti gudang. Sehingga seringkali penyimpanan ini dikenal sebagi penggudangan.

Penyimpanan bahan pangan membutuhkan tempat penyimpanan dengan kondisi yang baik, yakni pertukaran udara lancar (memiliki ventilasi yang cukup), bersifat kering, suhu ruangan tidak terlalu dingin maupun tidak panas, memperhatikan posisi atau tata letak ruang penyimpanan untuk memudahkan distribusi keluar dan masuknya bahan pangan, dan syarat lainnya yakni bersih dari hama dan penyakit.

Tabel 14.1: Jenis Perlakuan Pascapanen berbagai Komoditas (Anggriani & Harini, 2025)

Perlakuan	**Komoditas**			
	Hortikultura	**Serealia**	**Umbi**	**Kacang-kacangan**
Pembersihan/Pencucian	√	√	√	√
Sortasi	√	√	√	√
Perontokan/Pemipilan		√		√
Pengeringan		√		√
Curing			√	
Pelilinan	√		√	
Pematangan	√			

Degreening	√			
Pemutuan	√	√	√	√
Pengemasan	√	√	√	√

14.3 Teknologi Penyimpanan Hasil Pertanian

Di era modern saat ini, konsumen dapat mengonsumsi produk hasil pertanian dalam jangka waktu yang panjang dengan adanya teknologi penyimpanan. Teknologi penyimpanan ini menjadi sangat penting untuk diketahui mengingat seiring perkembangannya, teknologi mengalami kemajuan. Produk pangan hasil pertanian disimpan di dalam ruang penyimpanan untuk melindungi produk dari faktor lingkungan yang kemungkinan dapat terjadi apabila produk dibiarkan berada di lapang atau di tempat terbuka. Penyimpanan produk hasil pertanian seperti serealia, kacang-kacangan, dan umbian dilakukan di dalam kondisi produk telah dibersihkan maupun dikeringkan.

Produk pangan kering seperti padi dan jagung (serealia) membutuhkan kondisi ruang penyimpanan yang kering, suhu ruang ± 28 °C, bebas hama dan penyakit (rutin dilakukan fumigasi), serta tata letak gudang sesuai. Produk di dalam gudang atau ruang penyimpanan juga diletakkan di atas kayu sebagai alas, juga tidak mengenai dinding dan langit-langit agar tidak terjadi kontak langsung antara produk yang disimpan dengan lantai, dinding, dan langit-langit gudang untuk menghindari kemungkinan penyebaran penyakit penyimpanan yang disebabkan oleh cendawan gudang.

Umumnya, penyakit di ruang penyimpanan disebabkan oleh mikroorganisme dari golongan cendawan (jamur), diantaranya dari jenis Aspergillus sp. yang dikenal sebagai cendawan gudang. Cendawan ini menginfestasi produk hasil pertanian selama penyimpanan, terutama saat produk disimpan dalam kondisi kadar air yang masih tinggi. Kadar air yang

tinggi ini dapat disebabkan oleh pengeringan yang tidak sempurna dan hal ini seringkali terjadi di tingkat petani. Selain akibat kadar air yang masih cenderung tinggi, infestasi cendawan ini dapa terjadi akibat infestasi cendawan sejak produk dikeringkan yang biasanya dilakukan di luar ruangan (terbuka) dan terbawa hingga ke ruang penyimpanan.

Risiko kehilangan hasil juga dapat terjadi akibat penyimpanan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor fisik yakni kerusakan saat panen (penggunaan alat dan mesin panen atau teknik panen yang keliru), kerusakan saat transportasi, kerusakan akibat suhu dan kelembaban di ruang penyimpanan, jumlah nilai oksigen dan karbon dioksida serta gas lainnya yang berada di udara ruang penyimpanan, jenis pengemas atau struktur bangunan tempat penyimpanan, lama penyimpanan, serta manajemen gudang penyimpanan. Kerusakan ini dapat dikategorikan ke dalam kerusakan biologis, kerusakan fisik, kerusakan kimiawi, dan kerusakan mekanis.

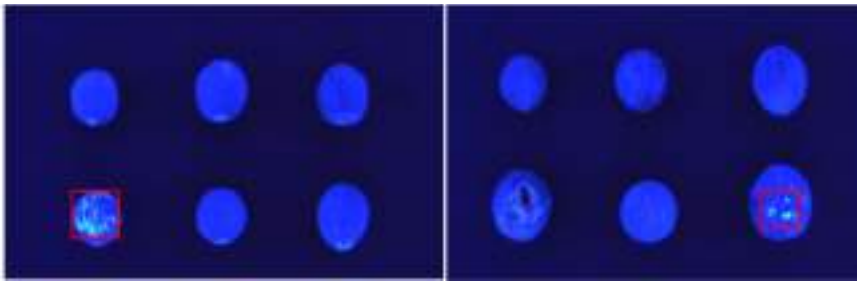
Kerusakan biologis dapat terjadi akibat infestasi mikroorganisme patogen, seperti bakteri, cendawan, hingga virus yang dapat menjangkiti produk saat produk disimpan. Kerusakan ini dapat teridentifikasi secara visual menggunakan indera penglihatan manusia maupun menggunakan alat pendeteksi. Beberapa cendawan menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat racun sehingga berbahaya apabila terkonsumsi oleh manusia maupun ternak karena dapat menyebabkan kanker yang berujung pada kematian.

Senyawa metabolit ini yang sulit terdeteksi oleh penglihatan manusia sehingga hanya dapat dideteksi melalui secara kimiawi maupun menggunakan teknologi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam mendeteksi keberadaan senyawa ini adalah dengan teknik fluoresncence karena beberapa dari metabolit ini dapat berpendar jika dikenai cahaya yang bersifat fluorescence (Gambar 15.3).

Kerusakan kimiawi mengarah pada kerusakan akibat perubahan reaksi yang terjadi di dalam produk sehingga menghasilkan produk yang tidak lagi dapat dikonsumsi, seperti terjadinya oksidasi suatu zat akibat cahaya yang

dapat memengaruhi rasa hingga bau dari produk dan produk tidak lagi dapat dipasarkan atau dikonsumsi. Kerusakan lainnya adalah kerusakan fisik yakni kerusakan yang timbul karena adanya perlakuan fisik seperti pendinginan, pengeringan, dan kegiatan fisik lainnya.

Kerusakan akibat pendinginan terjadi akibat suhu rendah yang tidak dapat diterima oleh produk, hal ini dapat terjadi apabila tidak mempertimbangkan sifat fisiologis produk sebelum dilakukan perlakuan seperti perlakuan suhu rendah, akibatnya produk mengalami kerusakan akibat suhu rendah yang dikenal dengan chilling injury yang ditandai dengan kelainan pada produk, seperti warna yang abnormal. Kerusakan mekanis juga berpotensi terjadi apabila perlakuan pascapanen tidak tepat sehingga produk hasil pertanian dapat mengalami luka sayatan, lebam akibat benturan, dan lain-lain.



Gambar 14.3: Metabolit sekunder yang terdeteksi dengan fluorescence imaging (Dahlan et al., 2018)

Bab 15

Budidaya Tanaman Pangan Organik

15.1 Definisi Pertanian Organik

Pertanian organik mengacu pada sistem budidaya tanaman yang dalam prakteknya tidak menggunakan bahan-bahan kimia, namun menggunakan bahan-bahan alami yang tersedia di alam dan aman terhadap lingkungan. Pertanian organik selaras dengan pandangan bahwa pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan (Yuriansyah et al., 2020). Pertanian organik merupakan suatu sistem produksi yang berbasis ekologi, dengan tujuan untuk mendukung dan meningkatkan keanekaragaman hayati, daur ulang unsur hara secara alami, serta aktivitas biologi tanah.

Sistem ini menekankan bagaimana kaitan antara tanaman, hewan, dan bahan organik yang berasal dari proses alami dan bebas dari bahan kimia. Pertanian organik juga didefinisikan sebagai suatu metode perwujudan

ketahanan dan kedaulatan pangan, dan petani berperan mengendalikan proses produksi lebih efisien (Bazaluk et al., 2020). Pertanian organik juga dapat membantu transisi menuju ekonomi hijau dan berkelanjutan di negara-negara berkembang (Ume et al., 2023).

Pertanian organik muncul seiring dengan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mengkonsumsi produk yang sehat, bernilai gizi tinggi serta bebas dari residu kimiawi (Purwantini dan Sunarsih, 2020). Produk-produk yang aman dan ramah lingkungan semakin diminati oleh konsumen pada berbagai kalangan (Ibnu, 2024). Olehnya itu, produk pangan misalnya padi yang diproduksi secara organik dapat membantu meningkatkan kesejahteraan petani, karena produknya sehat sehingga harganya lebih mahal dibandingkan dengan produk non organik (Nugrahaeni et al., 2019).

Meskipun hasil panen dari sistem pertanian organik biasanya lebih rendah dibandingkan produksi konvensional, tetapi harganya lebih premium di pasaran (Grandhi et al., 2020). Pertanian organik juga mendorong penggunaan pupuk organik dan pestisida nabati yang aman bagi lingkungan, sehingga dapat memperbaiki kualitas tanah dan kesehatan ekosistem (Nurkhotija, 2023).

15.2 Prinsip Dasar Budidaya Tanaman Pangan Organik

Dalam melakukan budidaya tanaman secara organik, hal yang paling penting untuk diketahui adalah standar organik dari suatu negara, karena masing-masing negara memiliki standar organik yang berbeda-beda. Di Indonesia, standar organik tertuang dalam SNI-6729 Tahun 2016 yang dikeluarkan oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional). Budidaya tanaman secara organik tidak hanya mencakup praktik pertanian yang bebas dari bahan kimia, tetapi juga melibatkan beberapa aspek seperti sosial dan ekonomi yang mendukung keberlanjutan pertanian dan kesejahteraan petani (Syahputera dan Sunartomo, 2023).

Beberapa prinsip dasar dalam budidaya tanaman secara organik diantaranya:

1. Prinsip Kesehatan: baik tanah, tumbuhan, hewan, dan manusia. Tanah yang sehat merupakan kunci untuk menghasilkan tanaman yang berkualitas. Cara untuk meningkatkan kesehatan tanah adalah dengan menggunakan pupuk organik seperti pupuk kandang kotoran hewan, kompos, mikroorganisme lokal (MOL), serta penggunaan eco-enzyme (Trihastuti et al., 2022; Zukhruf et al., 2023).
2. Prinsip Keanekaragaman Hayati: pelestarian keanekaragaman hayati sangat penting dalam pertanian organik yang mencakup rotasi tanaman, polikultur, pengelolaan hama secara alami (menggunakan musuh alami, predator dan parasitoid), serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Abdullah et al., 2023; Purwantini dan Sunarsih, 2020).
3. Prinsip Keadilan Sosial: dalam sistem budidaya tanaman secara organik, diperlukan adanya dukungan terhadap petani lokal agar memperoleh akses yang lebih baik ke pasar. Selain itu, petani lokal tersebut harus dibekali dengan pelatihan-pelatihan dalam praktek yang berkelanjutan seperti pembuatan pestisida nabati dan pupuk organik yang bahan-bahannya murah dan mudah diperoleh (Fakhrudin et al., 2023). Penyuluhan atau pelatihan-pelatihan yang diberikan mampu meningkatkan pengetahuan petani terkait bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik serta cara pembuatannya. Petani juga dapat mengetahui jenis-jenis tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati untuk pengendalian hama pada tanaman organik serta cara pembuatannya (Bulawan et al., 2024).

4. Prinsip Keberlanjutan Lingkungan: salah satu tujuan utama dari budidaya tanaman secara organik adalah keberlanjutan sistem pertanian. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengelola sumber daya alam dengan bijak serta menghindari penggunaan bahan kimia sintetis (Rustiah et al., 2022; Setiono et al., 2024). Sehingga, penerapan metode pertanian tidak hanya berorientasi pada keuntungan, tetapi terus berupaya menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat (Duddigan et al., 2022; Luczka-Bakula, 2021).

15.3 Langkah-langkah dalam Penerapan Budidaya Pangan Organik

Dalam melakukan budidaya tanaman secara organik ada beberapa langkah atau tahapan yang harus dilakukan untuk mencapai hasil yang diharapkan dan sesuai dengan standar organik. Langkah-langkah tersebut meliputi persiapan lahan, pemilihan benih, pengelolaan tanah dan pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, manajemen sumber daya air, pemanenan, pengolahan pasca panen, serta sertifikasi dan pemasaran produk pangan organik.

1. Persiapan Budidaya Tanaman Pangan Organik

   Persiapan lahan meliputi pemilihan dan penilaian lahan yang akan digunakan untuk melakukan budidaya tanaman organik. Lahan harus bebas dari kontaminasi bahan-bahan kimia (Morshedi et al.,2017), yang akan melalui masa konversi (transisi dari pertanian konvensional menjadi pertanian organik) sesuai dengan SNI-6729. Konversi lahan untuk tanaman semusim minimal 2 tahun terhitung sejak lahan mulai dikelola secara organik dan didukung

oleh bukti yang dapat diverifikasi oleh inspektor pertanian organik. Lahan yang dipilih harus memiliki batas dengan lahan non organik atau diberikan tanaman penyangga (buffer-zone) minimal 2 meter lebarnya dan dikelola secara organik (SNI-6729, 2016).

2. Pengelolaan Tanah dan Pemupukam

   Pengolahan tanah pada lahan yang telah dipilih dilakukan secara manual, tanpa penggunaan herbisida atau pembakaran. Kesuburan tanah dilakukan dengan penambahan bahan organik seperti kompos untuk membantu pertumbuhan tanaman (Aini, 2024). Selain itu, rotasi dan diversifikasi tanaman juga dapat dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah dan mengoptimalkan fungsi lahan (Hapsoh et al., 2020).

3. Pemilihan Benih

   Di dalam SNI-6729 (2016) tercantum syarat-syarat benih yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman secara organik, yakni benih yang bersertifikat organik, benih hasil budidaya tanaman organik, dapat menggunakan benih non-organik untuk tahap awal, selanjutnya harus menggunakan benih organik, dapat menggunakan benih yang diperdagangkan namun harus dilakukan pencucian untuk menghilangkan kontaminan pada benih, dan bukan hasil rekayasa genetika atau GMO.

4. Budidaya Tanaman Pangan Organik

   Proses budidaya tanaman organik khususnya padi dimulai dengan menyemai bibit terlebih dahulu. Bibit akan dipindahkan ke sawah setelah berumur 3-4 minggu. Proses penanaman dilakukan secara manual oleh anggota kelompok secara gotong-royong dengan metode tanam jajar-legowo. Pembersihan gulma dilakukan secara

manual dengan menggunakan gasrok (studi kasus pada petani padi organik Desa Lamedai Kabupaten Kolaka).

5. Pengendalian Hama dan Penyakit

   Pada sistem pertanian organik, pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai dengan prinsip PHT (Pengendalian Hama Terpadu). Dimulai dari penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap hama dan penyakit, pemanfaatan musuh alami yakni predator dan parasitoid, penggunaan perangkap serangga, penanaman tanaman secara bergilir serta penggunaan pestisida organik untuk menekan populasi hama (Usyati et al., 2018). Hasil penelitian Rahmadi et al (2022) menyatakan bahwa ekstrak daun sirsak pada konsentrasi 10-40% efektif mengendalikan hama walang sangit pada padi sawah.

6. Pengelolaan Air

   Sistem perairan dalam budidaya tanaman secara organik merupakan hal yang sangat penting diperhatikan. Sumber air yang digunakan harus bebas dari kontaminasi bahan kimia baik itu pupuk maupun pestisida. Jika sumber air yang akan digunakan berasal dari air yang terkontaminasi, maka harus dibuat kolam filter yang berukuran 0,1% dari luas lahan pertanian organik. Kolam tersebut diisi dengan tanaman yang dapat menyerap bahan-bahan kimia seperti eceng gondok dan teratai (SNI-6729, 2016).

7. Panen dan Pascapanen

   Pemanenan produk organik dilakukan secara manual misalnya pada padi menggunakan sabit yang bersih dan steril serta tidak digunakan bergantian dengan produk non organik. Disimpan di tempat yang kering, bersih, berventilasi baik, dan terpisah dari produk non-organik. Alat transportasi yang digunakan untuk

mengangkut produk organik pun harus dalam kondisi yang bersih dan steril.

8. Sertifikasi Produk Organik

   Berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang Sistem Pangan Organik (BSN, 2002), sertifikasi merupakan suatu proses yang dilakukan oleh lembaga sertifikasi milik pemerintah atau lembaga yang telah diakui oleh pemerintah untuk memberikan jaminan tertulis, bahwa suatu produk pangan telah memenuhi ketentuan yang dipersyaratkan. Lembaga Sertifikasi Organik (LSO) merupakan pihak yang memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa produk yang dipasarkan atau dilabeli sebagai "organik" telah diproduksi, diolah, disiapkan, ditangani, serta diimpor sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia. Sertifikasi memberikan jaminan bahwa suatu produk telah memenuhi seluruh ketentuan yang berlaku. Manfaat dari sertifikasi ini dirasakan oleh kedua belah pihak, yakni produsen dan konsumen. Bagi produsen, sertifikasi meningkatkan posisi tawar atas produk yang dihasilkannya, sementara bagi konsumen, sertifikasi memberikan kepastian dan rasa aman terhadap produk yang mereka konsumsi (Mayrowani, 2012). Proses sertifikasi dilakukan berdasarkan hasil inspeksi oleh inspektor pertanian organik. Namun, tingginya biaya sertifikasi serta standar dan prosedur sertifikasi yang tidak selaras dengan kondisi sosial dan budaya petani dapat menjadi hambatan yang berpotensi meminggirkan petani skala kecil.

9. Pelabelan dan Pemasaran Produk Pangan Organik

   Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia bahwa produk organik yang telah disertifikasi harus mencantumkan logo organik Indonesia (Gambar 1) untuk keperluan iklan dan komersil. Produk

olahan yang ingin diklaim sebagai organik harus terdiri atas 95% bahan pangan organik berdasarkan total berat atau volumenya. Pemasaran dapat dilakukan secara langsung bagi konsumen yang sudah mengetahui manfaat dari produk organik. Promosi melalui media sosial pun sangat baik dilakukan, sehingga dapat mencantumkan manfaat mengkonsumsi produk-produk organik bagi kesehatan.

Gambar 15.1: Logo Organik Indonesia (Sumber: https://shorturl.at/pkG67)

15.4 Studi Kasus Praktik Budidaya Tanaman Pangan Organik

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam mengembangkan pertanian organik di kawasan Asia Tenggara. Sebagai bentuk komitmen terhadap pengembangan sektor ini, Aliansi Organis Indonesia (AOI) secara konsisten menerbitkan Statistik Pertanian Organik Indonesia (SPOI) sejak tahun 2008. Publikasi ini telah mengalami perkembangan dari format awalnya dan kini menyajikan himpunan data yang menggambarkan tren pertumbuhan pertanian organik berdasarkan berbagai jenis komoditas.

Beberapa daerah di Indonesia telah banyak melakukan budidaya pangan secara organik khususnya padi sebagai penghasil beras yang merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Hamakonda dan Mau (2023) melakukan pengembangan varietas padi kusuma melalui pertanian organik di Desa Pape Kecamatan Bajawa Kabupaten Ngada Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Laia et al (2025) juga melakukan penelitian terhadap dampak penerapan pertanian organik terhadap kualitas tanah dan hasil pertanian tanaman padi sawah di Kepulauan Nias. Hasil yang diperoleh menunjukkan produktivitas padi meningkat, sehingga pertanian organik dapat menjadi pilihan yang tepat dalam pengingkatan ketahanan pangan serta mendukung keberlanjutan lingkungan di Kepulauan Nias.

Wulandari et al (2023) meneliti faktor-faktor apa saja yang berhubungan dengan perilaku petani padi organik di Kabupaten Lampung Tengah, Bandar Lampung. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa petani padi organik umumnya memiliki pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang baik dalam menjalankan budidaya padi secara organik. Terdapat sejumlah faktor yang berpengaruh terhadap perilaku mereka dalam mengelola usahatani ramah lingkungan diantaranya tingkat pendidikan, motivasi, dan luas lahan.

Selain itu, dukungan kelembagaan pertanian ramah lingkungan yang mencakup peran kelompok tani, penyuluh, dan pemerintah juga memiliki kaitan nyata dengan perilaku petani. Ketersediaan sumber daya berupa pupuk organik, juga terbukti berpengaruh signifikan terhadap perilaku petani padi organik.

Bab 16

Budidaya Berkelanjutan dan Konservasi Tanah

16.1 Budidaya Pertanian Berkelanjutan

Budidaya pertanian berkelanjutan merupakan suatu pendekatan yang bersifat multidimensional, yang berupaya menyeimbangkan antara produktivitas pertanian, pelestarian lingkungan, dan kestabilan ekonomi. Pendekatan ini memadukan beragam metode, termasuk pertanian organik, hidroponik, agroekologi, serta pertanian konservasi, di mana masing-masing metode memberikan kontribusi tersendiri terhadap aspek-aspek keberlanjutan dalam sistem budidaya tanaman. Pertanian organik, misalnya, menjadi fondasi penting bagi praktik pertanian berkelanjutan dengan menawarkan alternatif yang layak terhadap metode konvensional, meskipun hasil produksinya cenderung lebih rendah.

Praktik-praktik dalam pertanian organik menitikberatkan pada penggunaan bahan alami dan peningkatan keanekaragaman hayati, yang

pada gilirannya dapat memperbaiki kualitas tanah, menurunkan penggunaan pestisida, serta memperkuat layanan ekosistem. Jiang dan kolega (2022) menegaskan bahwa pertanian organik berperan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan tanaman obat, menjaga keanekaragaman tanaman, dan sekaligus memberikan jaminan ekonomi bagi para petani.

Lebih lanjut, Reganold dan Wachter (2016) menunjukkan bahwa hasil panen dari sistem pertanian organik memang umumnya lebih rendah dibandingkan dengan pertanian konvensional. Namun demikian, sistem ini dinilai lebih menguntungkan secara ekonomi, lebih ramah lingkungan, serta mampu menghasilkan produk pangan yang setara atau bahkan lebih bergizi, dengan kadar residu pestisida yang jauh lebih sedikit. Selain itu, terdapat bukti awal yang menunjukkan bahwa pertanian organik dapat memberikan manfaat yang lebih besar bagi layanan ekosistem dan kesejahteraan sosial.

Walaupun pertanian organik memiliki potensi yang belum sepenuhnya dimanfaatkan dalam membangun sistem pertanian berkelanjutan, tidak ada satu pendekatan tunggal yang mampu memenuhi kebutuhan pangan global secara aman. Oleh karena itu, diperlukan integrasi antara pertanian organik dengan sistem pertanian inovatif lainnya. Namun demikian, adopsi sistem-sistem ini masih menghadapi berbagai tantangan, sehingga diperlukan dukungan kebijakan yang komprehensif untuk mendorong implementasinya secara efektif.

Trigo dan kolega (2021) menekankan bahwa pengelolaan terpadu, keseimbangan dinamis, desain regeneratif, dan pengembangan sosial merupakan pilar utama dalam budidaya pertanian berkelanjutan. Prinsip-prinsip ini dapat diterapkan melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya, peningkatan kesehatan ekosistem, serta mendorong keterlibatan aktif masyarakat dalam praktik pertanian. Dengan demikian, tercipta sistem pertanian yang lebih tangguh, adaptif, dan mampu bertahan dalam jangka panjang.

Selanjutnya, Snapp (2017) menyoroti bahwa keanekaragaman hayati, efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas ekonomi, dan ketahanan sistem pertanian merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan. Implementasi prinsip-prinsip ini dapat dilakukan dengan mengombinasikan berbagai spesies tanaman, mengintegrasikan tanaman dan ternak, serta menerapkan strategi adaptasi lokal yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan pangan dan meningkatkan kualitas gizi masyarakat, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup di berbagai komunitas pertanian.

Ditinjau dari perspektif keseimbangan ekosistem, Sharma dan K.C. (2024) menegaskan bahwa kelestarian lingkungan, kelayakan ekonomi, dan keadilan sosial merupakan prinsip utama dalam budidaya pertanian berkelanjutan. Penerapan prinsip-prinsip ini dapat diwujudkan melalui berbagai praktik seperti permakultur, rotasi tanaman, pengelolaan air, serta pemanfaatan teknologi inovatif seperti akuaponik dan pertanian presisi. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian dengan beragam kondisi pertanian, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, menjaga keseimbangan ekosistem, serta memperkuat peran komunitas dalam menciptakan sistem pertanian yang tangguh dan berkelanjutan.

Sementara itu, Martínez-Castillo (2016) menyoroti pentingnya pengurangan degradasi lahan, peningkatan produktivitas, dan pelestarian keanekaragaman hayati sebagai prinsip utama dalam produksi pertanian berkelanjutan. Penerapan prinsip-prinsip tersebut dapat dilakukan melalui pengelolaan tanah dan air yang efektif, praktik budidaya tanaman yang berkelanjutan, serta penyesuaian intervensi berdasarkan kondisi ekonomi dan lingkungan lokal guna memperkuat ketahanan sistem pertanian secara menyeluruh.

Pendekatan aspek perspektif ekologi, budidaya pertanian berkelanjutan menitikberatkan pada pelestarian kesuburan tanah, efisiensi pemanfaatan air, serta perlindungan keanekaragaman hayati. Selain itu, sistem ini

berupaya meminimalkan ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis, seperti pupuk dan pestisida buatan, dengan mengadopsi metode-metode alami seperti rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, pertanian terpadu, serta penerapan teknik konservasi tanah dan air. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah membangun agroekosistem yang stabil, tangguh, dan mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, sehingga keberlanjutan produksi pertanian dapat terjaga.

Penelitian yang dilakukan oleh Wu dan kolega (2021) menegaskan bahwa praktik-praktik pertanian berkelanjutan tidak hanya mendukung ekosistem, tetapi juga meningkatkan produktivitas dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam hal ini, pendekatan agroekologi menjadi sangat relevan, karena mengintegrasikan pengetahuan lokal dengan praktik ilmiah guna mendorong pemulihan dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Studi di Anhui, Tiongkok, menunjukkan bahwa sistem ekonomi berbasis agroekologi mampu menurunkan tekanan lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi sistem dan manfaat ekonomi, yang merupakan aspek penting dalam pertanian berkelanjutan.

Lebih lanjut, Okumah dan kolega (2018) menyoroti pentingnya kesadaran lingkungan di kalangan petani sebagai salah satu dimensi krusial dalam budidaya pertanian berkelanjutan. Temuan mereka menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman petani terhadap praktik mitigasi pencemaran difus dapat mendorong kepatuhan mereka terhadap langkah-langkah mitigasi, sehingga berkontribusi pada pelestarian lingkungan.

Selain itu, hasil penelitian Yoshida dan Yagi (2023) mengindikasikan bahwa kampanye kesadaran yang ditujukan kepada petani, serta interaksi dengan konsumen dan komunitas, dapat memperkuat pemahaman dan dukungan terhadap praktik pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, keterlibatan berbagai pihak menjadi kunci dalam mendorong adopsi sistem pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan

Budidaya pertanian berkelanjutan dari dimensi sosial dan ekonomi tidak hanya menitikberatkan pada aspek produksi semata, melainkan juga berupaya memberdayakan petani serta komunitas lokal secara menyeluruh.

Pendekatan ini mendorong keterlibatan aktif petani dalam proses pengambilan keputusan, pemanfaatan pengetahuan tradisional yang telah teruji, serta akses terhadap teknologi yang mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan. Dalam kerangka pembangunan pertanian berkelanjutan, perhatian khusus diberikan pada kesejahteraan petani, keadilan sosial, dan ketahanan pangan sebagai elemen-elemen fundamental yang saling terkait.

Dengan demikian, budidaya berkelanjutan dapat dipahami sebagai strategi holistik yang mengintegrasikan aspek produksi, lingkungan, dan kesejahteraan sosial dalam sebuah sistem yang harmonis dan berkelanjutan. Aspek sosial-ekonomi dalam budidaya pertanian berkelanjutan memiliki peran sentral dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekaligus mendorong pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Tidak hanya berfokus pada produktivitas pertanian, sistem ini juga memperhatikan dampak sosial dan lingkungan yang ditimbulkannya.

Penelitian yang dilakukan oleh Umehruo dan kolega (2022) mengungkapkan bahwa praktik pertanian berkelanjutan memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ekonomi lokal, penciptaan lapangan kerja, serta penguatan ketahanan pangan, yang secara keseluruhan berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup petani dan komunitas pertanian.

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa pertanian berkelanjutan mampu memperbaiki kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat. Selain membuka peluang kerja, praktik pertanian yang ramah lingkungan juga berpotensi meningkatkan pendapatan petani serta mendorong diversifikasi komoditas yang ditanam.

Misalnya, penelitian di wilayah ECOWAS menegaskan bahwa keberadaan praktik pertanian berkelanjutan secara nyata meningkatkan kesejahteraan sosial-ekonomi, terutama apabila didukung oleh kebijakan pemerintah yang efektif dalam pengelolaan sumber daya pertanian. Lebih lanjut, Keil dan rekan-rekannya (2015) menyatakan bahwa dengan menerapkan praktik seperti tanpa olah tanah dan tumpang sari, petani dapat

meningkatkan produktivitas serta efisiensi penggunaan sumber daya, yang berdampak positif dan langsung pada peningkatan pendapatan mereka.

Menurut OlabïNjo dan Opatola (2023), pertanian berkelanjutan memegang peranan penting dalam mendorong kesejahteraan ekonomi melalui penerapan berbagai pendekatan seperti pertanian organik, agroekologi, dan pertanian presisi. Metode-metode ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya serta mengurangi biaya input produksi. Selain mampu meningkatkan hasil panen, pendekatan tersebut juga memperkuat ketahanan pangan, meningkatkan pendapatan para petani, serta mendukung kesejahteraan komunitas di wilayah pedesaan.

Lebih jauh, penerapan teknik pertanian berkelanjutan terbukti membantu menjaga kelestarian sumber daya alam dengan cara mempertahankan kesuburan tanah, menjaga kualitas air, serta melestarikan keanekaragaman hayati. Dengan demikian, pertanian berkelanjutan memiliki peran yang sangat krusial dalam menjamin keberlangsungan sistem pertanian jangka panjang, khususnya melalui pengurangan dampak perubahan iklim dan minimalisasi risiko degradasi lingkungan

16.2 Konservasi Tanah dalam Budidaya Tanaman Pangan

Praktik konservasi tanah yang efektif menjadi kunci dalam mewujudkan peningkatan produktivitas tanaman pangan sekaligus meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan. Beragam strategi ini berfokus pada pengelolaan tanah secara optimal guna meningkatkan ketersediaan nutrisi dan kapasitas retensi air, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian. Literatur ilmiah menyoroti beberapa pendekatan utama. Menurut Kumar et al. (2024), tanaman penutup, pembajakan kontur, dan agroforestri merupakan elemen krusial dalam strategi konservasi tanah. Praktik-praktik ini tidak hanya berperan dalam mencegah erosi dan

mempertahankan bahan organik, tetapi juga mendorong keanekaragaman hayati, yang secara kolektif berkontribusi pada peningkatan kesehatan tanah dan produktivitas dalam sistem hortikultura.

Senada dengan hal tersebut, Parwada et al. (2022) menambahkan bahwa pengolahan tanah minimal, rotasi tanaman, dan penggunaan mulsa turut menjadi komponen penting dalam strategi konservasi tanah yang efektif. Implementasi praktik-praktik ini terbukti mampu meningkatkan kesuburan tanah, memperkuat kapasitas retensi air, dan mereduksi erosi. Adopsi pendekatan ini secara signifikan mendukung produksi tanaman yang berkelanjutan dan ketahanan pangan, khususnya di wilayah pertanian yang rentan dan terpinggirkan.

Gambar 16.1: Praktik Teknik Konservasi Tanah dengan Metode A-Frame di lahan miring Bukit Agrotek-Faperta- UNG'25

Penerapan strategi konservasi tanah yang tepat memiliki dampak positif yang berjenjang. Selain memperlambat aliran air permukaan dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi, berbagai metode konservasi

di lahan pertanian juga membantu memulihkan kesuburan tanah yang menurun, mengatasi masalah erosi, dan mencegah degradasi lahan.

Hal ini secara signifikan berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman di wilayah pertanian dengan sumber daya terbatas. Secara khusus, praktik agronomi seperti pengolahan tanah minimal, rotasi tanaman, dan penggunaan mulsa terbukti efektif dalam mengurangi laju erosi tanah pada lahan pertanian. Dengan demikian, pendekatan ini memegang peranan vital dalam mendukung produksi tanaman berkelanjutan dan memperkuat ketahanan pangan masyarakat pedesaan yang kurang mampu.

Pengelolaan tanah yang bijaksana menjadi fondasi utama bagi pertanian berkelanjutan. Strategi-strategi seperti manajemen kesuburan tanah terpadu, pertanian konservasi, pengelolaan lahan berkelanjutan, dan sistem mulsa dengan metode ridge-furrow, memegang peranan krusial. Praktik-praktik ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan kesehatan tanah dan pengurangan erosi, tetapi juga mengoptimalkan efisiensi penggunaan nutrisi.

Dengan demikian, pendekatan ini secara langsung meningkatkan produktivitas tanaman dalam konteks pertanian yang berkelanjutan. Shah & Wu (2019) menguraikan bahwa konsep keberlanjutan pertanian dan berbagai strategi pengelolaan tanah dan tanaman (soil and crop management strategies / SCMS) dirancang untuk mencapai hasil panen optimal di lingkungan yang berkelanjutan.

Manajemen nutrisi dalam pertanian berkelanjutan bertujuan untuk mengoptimalkan ketersediaan dan efisiensi penggunaan nutrisi bagi tanaman, sekaligus menjaga kesehatan tanah dan mengurangi dampak lingkungan.

Beberapa pendekatan utama dalam strategi ini meliputi:

1. Manajemen Kesuburan Tanah Terpadu (Integrated Soil Fertility Management - ISFM) Pendekatan ini mengintegrasikan penggunaan pupuk organik dan anorganik, serta teknik pengelolaan tanah yang meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi

oleh tanaman. ISFM membantu menjaga keseimbangan nutrisi dalam tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman (Susanti dkk., 2024).

2. Pertanian Konservasi (Conservation Agriculture - CA), berfokus pada gangguan tanah yang minimal, penggunaan penutup tanah permanen, dan rotasi tanaman. Teknik ini membantu mempertahankan kesuburan tanah, mengurangi kehilangan nutrisi akibat erosi, serta efisiensi penggunaan air dan nutrisi (Paramesh dkk., 2023). Penelitian Dusingizimana dkk., (2025) menunjukkan bahwa menggabungkan pengolahan tanah minimum dan penutup tanah dengan legum (rotasi jagung-legum) dapat meningkatkan hasil panen jagung hingga 29%, sementara adopsi CA penuh meningkatkan hasil panen hingga 35% di negara-negara Afrika Timur dan Selatan.
3. Pengelolaan Lahan Berkelanjutan (Sustainable Land Management - SLM), mencakup berbagai praktik seperti agroforestri, sistem irigasi yang efisien, dan pemanfaatan bahan organik untuk meningkatkan kualitas tanah. Pendekatan ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan ekosistem pertanian dan meningkatkan produktivitas jangka panjang.
4. Sistem Mulsa (Ridge-Furrow Mulching Systems / RFMS) Teknik ini melibatkan pembuatan guludan dan alur di lahan pertanian, dengan guludan ditutupi mulsa untuk mengurangi penguapan dan meningkatkan penyerapan air serta nutrisi oleh tanaman. Sistem ini telah terbukti meningkatkan hasil panen dan efisiensi penggunaan sumber daya (Torsten Mandal, 2022).
5. Manajemen Nutrisi Berbasis Agroekologi (Site Specific Nutrient Management - SSNM), Pendekatan ini mengoptimalkan penggunaan pupuk organik, biofertilizer, dan mikroorganisme

tanah untuk meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Teknik ini juga berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan iklim.

Penelitian Haraguchi & Shimizu, (2025) di Distrik Kirehe, Rwanda, menggunakan pupuk hayati sianobakteri pengikat nitrogen, Trichormus sp. PCC7120, pada dua jenis padi secara hidroponik (Oryza sativa L. 'Sasanishiki' dan 'Koshihikari'), brokoli (Brassica oleracea var. italica), dan melon (Cucumis melo L.) menggunakan ekstrak intraseluler dari Trichormus sp. Hasilnya menunjukkan bahwa amonium, fosfor, kalium, glukosa, dan asam amino dalam ekstrak sianobakteri pengikat nitrogen berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman, dan dengan demikian ekstrak ini mungkin berharga sebagai pupuk hayati dalam budidaya tanaman.

16.3 Kebijakan Pemerintah dalam Budidaya Berkelanjutan

Sejak kemerdekaan, pembangunan pertanian selalu menjadi prioritas utama pemerintah Indonesia. Berbagai kebijakan strategis telah diterapkan untuk meningkatkan produksi tanaman dan mendorong pengembangan produk pertanian bernilai tinggi. Langkah-langkah ini bertujuan untuk memperkuat ketahanan pangan, meningkatkan daya saing sektor pertanian, dan mendukung kesejahteraan petani. Pemerintah secara konsisten menempatkan pembangunan pertanian sebagai prioritas utama.

Ini diwujudkan melalui penerapan kebijakan dan langkah-langkah strategis untuk meningkatkan produksi tanaman, mendorong pengembangan produk pertanian bernilai tinggi, dan mengatasi kekurangan infrastruktur. Upaya ini bertujuan untuk memperkuat keberlanjutan sektor pertanian, kendati menghadapi tantangan seperti berkurangnya lahan budidaya dan

meningkatnya kemiskinan di pedesaan. Menurut Nasrullah & Ovitasari (2022), pemerintah Indonesia memiliki peran sentral dalam menetapkan regulasi dan kebijakan yang selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, terutama dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing sektor pertanian.

Pemerintah memiliki peran sentral dan humanis dalam membimbing serta merumuskan kebijakan proaktif untuk mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia. Tanggung jawab ini tak hanya mencakup perancangan dan implementasi regulasi yang bertujuan melindungi lahan pertanian, tetapi juga secara simultan berupaya meningkatkan produktivitas pertanian sembari menjaga integritas lingkungan. Pertanian berkelanjutan kini menjadi keharusan global, menuntut keseimbangan antara peningkatan produksi pangan, pelestarian lingkungan, dan peningkatan kesejahteraan sosial-ekonomi.

Dalam konteks ini, pemerintah Indonesia memegang peran strategis. Ini termasuk merumuskan kebijakan, memperkuat kerangka regulasi, dan menyediakan dukungan finansial. Keterlibatan pemerintah menjadi kunci untuk mengatasi tantangan di sektor pertanian, yang punya peran vital dalam menjaga stabilitas ekonomi nasional dan ketahanan pangan.

Sebagai ilustrasi, studi yang dilakukan oleh Syawal (2023) menyoroti bahwa meskipun Pemerintah Kota Makassar telah berinisiatif menerapkan kebijakan perlindungan lahan pertanian berkelanjutan, masih teridentifikasi adanya celah dalam kerangka regulasi yang ada. Ini menunjukkan bahwa upaya perlindungan lahan tersebut belum sepenuhnya didukung oleh perangkat hukum yang komprehensif, mengindikasikan perlunya upaya yang lebih kuat dari pemerintah untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam penerapan kebijakan tersebut.

Selain itu, badan pemerintah juga memiliki peran penting dalam menyediakan dukungan teknis dan sumber daya kepada petani. Penelitian Hirakawa dkk. (2024) di Karangasem, Bali, menunjukkan bahwa pemerintah memberikan dukungan melalui penyuluhan pertanian yang membantu petani dalam memilih varietas tanaman dan sistem pertanian

yang tepat untuk meningkatkan produktivitas. Dalam konteks manajemen lahan pertanian, pemerintah di Garut, Jawa Barat, secara aktif mengatur dan melindungi lahan pertanian untuk menjaga ketersediaannya di tengah meningkatnya tekanan pembangunan (Warlina dkk., 2021).

Pemerintah Indonesia memegang peran fundamental dalam pengembangan pertanian berkelanjutan dengan menyediakan dukungan yang diperlukan serta meningkatkan belanja di sektor pertanian. Ini adalah langkah konkret yang diambil pemerintah untuk mewujudkan komitmennya.

Beberapa langkah dan program utama yang telah diimplementasikan oleh Pemerintah antara lain:

1. Forest, Agriculture, and Sustainable Trade (FAST) Programme: Ini adalah inisiatif kerja sama antara Indonesia dan Inggris yang bertujuan meningkatkan keberlanjutan sektor pertanian dan memperkuat daya saing komoditas Indonesia di pasar global. Program ini dirancang untuk membantu petani kecil menghadapi tantangan agribisnis modern dengan akses pembiayaan dan teknologi yang lebih baik. FAST Programme juga sejalan dengan visi Indonesia Maju dan agenda nasional Asta Cita, yang menekankan ketahanan pangan dan energi sebagai prioritas utama. Pemerintah telah memperluas akses pembiayaan dan fasilitas produksi bagi petani melalui Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP), yang kini mencakup kelapa sawit, kelapa, dan kakao. Selain itu, program ini mendukung pengembangan Sustainable Aviation Fuel (SAF) dari minyak jelantah Indonesia, yang diharapkan dapat meningkatkan penerimaan global terhadap komoditas Indonesia.
2. UPLAND Project: Inisiatif yang dikelola oleh Kementerian Pertanian Indonesia dengan dukungan dari Islamic Development Bank (IsDB) ini berfokus pada intensifikasi lahan, penyediaan

pupuk dan benih berkualitas, serta peningkatan produktivitas pertanian. Proyek ini juga mendorong mekanisasi pertanian dan sistem pengendalian hama terpadu untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. UPLAND Project diharapkan dapat menciptakan ekonomi pedesaan yang lebih inklusif dan berkelanjutan, serta memperkuat ketahanan pangan nasional dengan meningkatkan kesejahteraan petani kecil di daerah dataran tinggi melalui penguatan infrastruktur pertanian, peningkatan akses pasar, dan pengembangan kapasitas petani.

3. Sertifikasi Indonesia Sustainable Palm Oil (ISPO): Pemerintah telah merumuskan regulasi untuk memperluas cakupan sertifikasi ISPO ke industri hulu dan hilir kelapa sawit, termasuk industri biofuel. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan standar keberlanjutan dalam sektor perkebunan kelapa sawit Indonesia.
4. Dukungan Finansial bagi Petani: Melalui Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP), pemerintah menyediakan akses pembiayaan yang lebih mudah bagi petani kecil. Dukungan ini mencakup berbagai sektor perkebunan, termasuk kelapa sawit, kelapa, dan kakao, yang merupakan komoditas penting bagi ekonomi Indonesia

Berbagai inisiatif yang telah dibahas sebelumnya menunjukkan komitmen pemerintah dalam meningkatkan keberlanjutan sektor pertanian dan mendukung petani kecil. Komitmen ini diperkuat oleh peran lembaga riset.

Lembaga riset memainkan peran penting dalam mempercepat transformasi pertanian menuju keberlanjutan. Mereka menjembatani kesenjangan antara pengetahuan ilmiah dan praktik lapangan melalui pengembangan inovasi teknologi. Contohnya meliputi varietas unggul tahan iklim, sistem irigasi presisi, dan metode pertanian konservasi. Inovasi-inovasi ini

membantu petani meningkatkan produktivitas tanpa mengorbankan kesehatan ekosistem.

Selain itu, dukungan kelembagaan yang diberikan, seperti penyusunan kebijakan berbasis data, pendampingan teknis, dan penguatan kapasitas petani mendorong adopsi praktik yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Peran ini menjadi semakin krusial di tengah tekanan perubahan iklim dan keterbatasan lahan. Riset yang adaptif dan kontekstual dapat memberikan solusi konkret yang relevan dengan tantangan lokal. Dengan demikian, kontribusi lembaga riset tidak hanya mencerminkan kemajuan teknis, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam menciptakan sistem pertanian yang adil, tangguh, dan berkelanjutan.

Menurut Abdi & Naseem (2009), lembaga penelitian pertanian berperan penting dalam mengembangkan dan menyebarluaskan teknologi inovatif yang berkontribusi pada peningkatan hasil panen dan perbaikan praktik budidaya. Mereka tidak hanya menciptakan solusi teknis, tetapi juga bertindak sebagai katalis dalam mentransformasikan pengetahuan menjadi praktik yang dapat diterapkan oleh petani di berbagai skala. Sebagai contoh, di kawasan Sub-Sahara Afrika, peningkatan investasi dalam riset pertanian telah terbukti meningkatkan efisiensi teknis produksi.

Hal ini mencerminkan bagaimana dukungan terhadap penelitian mampu mendorong produktivitas pertanian secara signifikan, sekaligus membuka peluang untuk adaptasi terhadap perubahan iklim dan tekanan sumber daya alam. Dengan menciptakan lingkungan yang mendukung kolaborasi antara pemerintah, petani, peneliti, dan pelaku pasar, lembaga-lembaga ini mampu membangun sistem pertanian yang lebih adaptif, responsif terhadap tantangan lokal, serta mampu menjamin distribusi manfaat yang lebih adil di tingkat komunitas.

Bab 17

Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Budidaya

17.1 Sistem Pemantauan dan Pengendalian Berbasis Sensor

Sistem Pemantauan dan Pengendalian Berbasis Sensor adalah teknologi yang menggunakan berbagai jenis sensor untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitar dan kondisi tanaman secara real-time. Sistem ini diterapkan di sektor pertanian dan perkebunan untuk memantau parameter penting seperti kelembaban tanah, suhu udara, pH tanah, intensitas cahaya, serta keberadaan hama atau penyakit.

Sensor ini bekerja dengan mengirimkan data yang diukur ke sistem pusat yang dapat dipantau dan dianalisis oleh petani atau pengelola pertanian. Dengan cara ini, teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efisien dalam mengelola lahan pertanian, termasuk dalam pengaturan irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama, sehingga

dapat meningkatkan hasil pertanian dan mengurangi kerugian akibat kesalahan pengelolaan (Kurniawan & Santosa, 2021).

Pada dasarnya, sistem pemantauan berbasis sensor terdiri dari perangkat sensor yang dipasang di lokasi yang strategis, baik itu di tanah, tanaman, atau udara, yang kemudian terhubung ke perangkat komputer atau aplikasi mobile. Sensor-sensor tersebut mengumpulkan data mengenai kondisi lingkungan dan kondisi pertumbuhan tanaman yang dapat dipantau secara langsung. Sebagai contoh, sensor kelembaban tanah yang terpasang pada sistem irigasi otomatis dapat mendeteksi kadar air dalam tanah dan memberikan sinyal untuk menyiram tanaman secara otomatis saat kelembaban tanah menurun (Wang & Zhang, 2018).

Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga menghindari pemborosan sumber daya alam yang berharga. Selain itu, sistem ini juga dapat memberikan peringatan dini jika terjadi serangan hama atau penyakit pada tanaman, sehingga pengelolaan masalah tersebut bisa dilakukan lebih cepat dan efektif.

Sistem pemantauan berbasis sensor ini sangat penting untuk pertanian berkelanjutan karena dapat mengurangi ketergantungan pada input konvensional yang tidak efisien dan berpotensi merusak lingkungan, seperti pupuk kimia atau pestisida yang digunakan berlebihan. Dengan penggunaan sensor yang lebih akurat dan terarah, pemupukan dan pemberian pestisida dapat dilakukan dengan dosis yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Selain itu, teknologi ini memungkinkan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan energi, yang pada gilirannya mengurangi biaya operasional. Penggunaan teknologi ini, yang terhubung dengan Internet of Things (IoT), juga memberikan kemudahan bagi petani untuk memantau kondisi tanaman dan lahan dari jarak jauh, bahkan secara otomatis melalui aplikasi di ponsel pintar atau perangkat komputer (Wang & Zhang, 2018).

17.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet, memungkinkan perangkat tersebut untuk saling berkomunikasi dan bertukar data tanpa intervensi manusia secara langsung. IoT melibatkan sensor, perangkat, dan sistem yang dapat mengumpulkan data dari dunia fisik, mengirimkan informasi tersebut melalui jaringan, dan kemudian memprosesnya untuk menghasilkan keputusan atau aksi tertentu.

Contoh perangkat IoT yang umum termasuk perangkat rumah pintar, kendaraan otonom, dan perangkat pemantauan kesehatan yang terhubung ke jaringan internet. Konsep ini bertujuan untuk mengoptimalkan berbagai sistem dan proses dalam kehidupan sehari-hari dengan meningkatkan efisiensi dan kenyamanan, serta memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan lebih tepat berdasarkan data yang diperoleh secara real-time (Ashton, 2009).

Salah satu contoh penerapan IoT adalah dalam bidang pertanian, di mana sensor IoT dapat dipasang di lahan pertanian untuk memantau kondisi tanah, kelembaban, suhu, dan kualitas air secara otomatis. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini dapat langsung dikirim ke perangkat yang terhubung untuk dianalisis, yang kemudian dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan air, pupuk, dan pestisida, serta meningkatkan hasil pertanian secara keseluruhan.

IoT juga memainkan peran penting dalam pengelolaan energi, di mana smart grid dan meteran energi cerdas dapat membantu mengelola konsumsi energi secara lebih efisien. Dengan memanfaatkan data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT, kita dapat mengurangi pemborosan sumber daya dan meningkatkan keberlanjutan operasional di berbagai sektor (Zanella et al., 2014).

Penerapan IoT tidak hanya terbatas pada sektor pertanian dan energi, tetapi juga meluas ke bidang lain seperti kesehatan, transportasi, manufaktur, dan bahkan kota pintar. Di sektor kesehatan, misalnya, perangkat wearable

yang terhubung ke IoT dapat memantau kondisi kesehatan pasien, seperti detak jantung, tekanan darah, dan tingkat gula darah secara real-time. Data ini kemudian dapat dikirimkan kepada profesional medis untuk analisis lebih lanjut, memungkinkan perawatan yang lebih cepat dan lebih tepat.

Di sektor transportasi, IoT dapat digunakan untuk memantau lalu lintas, mengelola armada kendaraan, dan memberikan informasi perjalanan yang lebih akurat kepada pengendara (Gubbi et al., 2013). IoT memiliki potensi besar untuk mentransformasi cara kita berinteraksi dengan dunia fisik, memberikan lebih banyak kontrol dan visibilitas terhadap berbagai aspek kehidupan kita.

17.3 Drone dan Penginderaan Jauh

Drone dan Penginderaan Jauh adalah dua teknologi yang saling berhubungan yang digunakan untuk mengumpulkan data geospasial dari permukaan bumi, dengan tujuan memantau, menganalisis, dan memahami kondisi lingkungan, tanaman, atau struktur lainnya. Drone, atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV), adalah perangkat terbang yang dikendalikan dari jarak jauh atau dapat terbang secara otomatis menggunakan sistem navigasi.

Drone digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pemetaan, pengawasan, pertanian presisi, hingga monitoring bencana alam. Dengan penginderaan jauh, data yang dikumpulkan oleh drone dapat digunakan untuk membuat peta, gambar, atau model 3D dari area yang terpantau, yang memberikan gambaran yang sangat rinci dan akurat (Anderson & Gaston, 2013).

Penginderaan jauh sendiri merujuk pada teknik untuk mengumpulkan informasi tentang objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa kontak langsung, umumnya melalui penggunaan sensor pada platform seperti satelit atau drone. Sensor ini mampu mendeteksi berbagai jenis radiasi

elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh objek di permukaan, seperti cahaya tampak, inframerah, dan radar.

Dalam konteks drone, sensor penginderaan jauh yang terpasang pada UAV bisa berupa kamera multispektral, LiDAR (Light Detection and Ranging), atau sensor termal, yang memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan data dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi dalam berbagai kondisi cuaca atau bahkan pada waktu malam (El-Sheimy, 2018). Dengan penginderaan jauh, kita dapat memantau perubahan dalam waktu nyata, seperti perkembangan pertanian, perubahan tutupan lahan, atau kondisi vegetasi.

Salah satu aplikasi utama dari drone dan penginderaan jauh adalah dalam pertanian presisi, di mana teknologi ini memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman mereka dengan lebih akurat. Misalnya, drone yang dilengkapi dengan kamera multispektral dapat memetakan kondisi kesehatan tanaman dengan mendeteksi tingkat klorofil dalam daun, yang menunjukkan apakah tanaman kekurangan air atau terkena penyakit (Thomson, 2018).

Teknologi ini juga digunakan dalam pemetaan geospasial untuk membuat peta topografi atau peta penggunaan lahan, yang sangat berguna dalam perencanaan pembangunan atau pemantauan sumber daya alam. Selain itu, drone dan penginderaan jauh juga memiliki peran penting dalam monitoring bencana dengan mengumpulkan data mengenai kondisi pasca-bencana yang sulit dijangkau, memberikan informasi yang akurat untuk perencanaan tanggap darurat (Zhang et al., 2020).

Secara keseluruhan, penginderaan jauh dengan bantuan drone membuka peluang besar dalam berbagai bidang, dari pertanian, kehutanan, hingga pemantauan lingkungan dan manajemen bencana. Dengan kemajuan teknologi ini, kita dapat mengumpulkan data yang lebih cepat, lebih efisien, dan lebih akurat dibandingkan dengan metode tradisional, serta meningkatkan kemampuan untuk membuat keputusan yang berbasis data secara lebih tepat dan responsif.

17.4 Aplikasi Mobile untuk Petani

Aplikasi Mobile untuk Petani adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mendukung petani dalam mengelola aktivitas pertanian mereka secara lebih efisien dan efektif dengan memanfaatkan perangkat mobile, seperti smartphone atau tablet. Aplikasi ini menyediakan berbagai fitur yang membantu petani dalam pengambilan keputusan sehari-hari, mulai dari pemantauan tanaman, pengelolaan sumber daya, hingga akses informasi terkait pasar dan harga komoditas pertanian.

Aplikasi mobile untuk petani memanfaatkan teknologi digital untuk memberikan informasi yang relevan dan berguna, seperti prakiraan cuaca, tips pemupukan, pengendalian hama, serta solusi masalah pertanian lainnya yang dapat langsung diterapkan di lapangan (Dinesh et al., 2019).

Salah satu manfaat utama dari aplikasi mobile adalah kemudahan akses informasi yang cepat dan akurat, yang sebelumnya sulit diperoleh oleh petani, terutama di daerah pedesaan yang terpencil. Aplikasi ini sering kali dilengkapi dengan fitur prediksi cuaca, yang sangat penting bagi petani untuk merencanakan waktu tanam, irigasi, dan pemanenan secara tepat.

Selain itu, aplikasi juga memungkinkan petani untuk mendapatkan informasi tentang harga pasar secara real-time, sehingga mereka dapat menjual produk mereka dengan harga yang lebih menguntungkan (Gupta & Rathi, 2018). Selain itu, beberapa aplikasi juga menyediakan fitur untuk menghubungkan petani dengan penyuluh atau ahli pertanian, sehingga mereka dapat memperoleh bantuan atau nasihat langsung tentang masalah yang dihadapi di lapangan.

Aplikasi mobile juga dapat digunakan untuk mengelola sumber daya pertanian dengan lebih baik, seperti pengelolaan air dan pupuk. Dengan integrasi teknologi IoT (Internet of Things), aplikasi ini dapat menghubungkan perangkat sensor yang dipasang di ladang, sehingga petani dapat memantau kelembaban tanah, suhu, dan kondisi lainnya secara real-time.

Hal ini memungkinkan pemanfaatan sumber daya secara lebih efisien, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan hasil panen (Ghosh et al., 2020). Di samping itu, aplikasi mobile untuk petani sering kali memiliki fitur yang memungkinkan mereka untuk mencatat aktivitas pertanian mereka, seperti penggunaan pestisida, pemupukan, dan rotasi tanaman, yang sangat berguna dalam perencanaan dan evaluasi hasil pertanian.

Dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang, aplikasi mobile untuk petani memiliki potensi untuk membawa revolusi besar dalam sektor pertanian. Tidak hanya memberikan kemudahan bagi petani dalam mengakses informasi dan layanan, tetapi juga membantu mereka untuk lebih mandiri, meningkatkan produktivitas, dan memastikan keberlanjutan pertanian yang ramah lingkungan. Dengan demikian, aplikasi mobile memainkan peran penting dalam transformasi digital di sektor pertanian, menjembatani kesenjangan antara petani dan teknologi modern (Agarwal et al., 2017).

17.5 Teknologi Pengolahan Data untuk Pengelolaan Sumber Daya

Teknologi Pengolahan Data untuk Pengelolaan Sumber Daya merujuk pada penggunaan teknologi informasi dan sistem komputer untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memproses data terkait dengan sumber daya yang ada, baik itu sumber daya alam, energi, atau sumber daya manusia, dengan tujuan untuk mengelola dan mengoptimalkan penggunaannya.

Teknologi ini melibatkan berbagai alat dan teknik, termasuk perangkat lunak manajemen data, sensor IoT (Internet of Things), serta analitik berbasis big data untuk memberikan gambaran yang lebih akurat tentang status dan alokasi sumber daya. Melalui pemanfaatan teknologi pengolahan data, organisasi atau perusahaan dapat melakukan pengelolaan sumber daya

secara lebih efisien, mengurangi pemborosan, dan mendukung keberlanjutan dalam operasional mereka (Chung et al., 2015).

Di sektor pertanian, misalnya, teknologi pengolahan data sangat berperan dalam pengelolaan sumber daya alam, seperti air, tanah, dan pupuk. Data yang dikumpulkan dari sensor yang terpasang di lahan dapat dianalisis untuk mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap tahap pertumbuhannya.

Dengan menggunakan sistem berbasis data, petani dapat meminimalkan pemborosan air dan pupuk, yang pada gilirannya akan mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari penggunaan sumber daya alam yang berlebihan (Kumar et al., 2018). Sebagai contoh, sistem irigasi otomatis yang berbasis data dapat menyesuaikan jumlah air yang diberikan kepada tanaman berdasarkan data kelembaban tanah yang diperoleh secara real-time, sehingga kebutuhan air dapat dipenuhi dengan lebih efisien.

Dalam pengelolaan energi, teknologi pengolahan data juga memiliki peran penting dalam memonitor dan mengoptimalkan penggunaan energi. Sistem manajemen energi yang terhubung dengan sensor dan perangkat pintar dapat mengumpulkan data mengenai konsumsi energi pada berbagai titik di dalam gedung atau fasilitas industri.

Dengan menggunakan perangkat lunak analitik, data ini kemudian dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi yang tidak efisien dan memberikan rekomendasi untuk mengurangi pemborosan energi (Zhou et al., 2016). Selain itu, teknologi ini memungkinkan prediksi kebutuhan energi di masa depan berdasarkan tren konsumsi saat ini, yang membantu dalam perencanaan jangka panjang dan pengelolaan energi yang lebih baik.

Teknologi pengolahan data juga penting dalam pengelolaan sumber daya manusia (SDM). Sistem berbasis data dapat digunakan untuk memantau kinerja karyawan, kebutuhan pelatihan, serta alokasi tugas dan tanggung jawab. Dengan menggunakan alat analitik, manajer dapat memperoleh

wawasan yang lebih baik mengenai kekuatan dan kelemahan dalam tim, serta merencanakan pengembangan SDM secara lebih terarah.

Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga membantu menciptakan lingkungan kerja yang lebih produktif dan adaptif terhadap perubahan (Gartner, 2017). Dengan demikian, teknologi pengolahan data mendukung pengelolaan berbagai jenis sumber daya secara lebih terintegrasi dan berbasis data, meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam operasional sehari-hari.

17.6 Sistem Pemupukan Presisi

Sistem Pemupukan Presisi adalah pendekatan dalam agrikultur yang menggunakan teknologi canggih untuk memberikan pupuk secara optimal berdasarkan kebutuhan spesifik tanaman, dengan tujuan untuk meningkatkan hasil pertanian, mengurangi pemborosan, serta meminimalkan dampak lingkungan yang negatif. Sistem ini mengandalkan berbagai teknologi seperti sensor, data penginderaan jauh, dan perangkat berbasis IoT (Internet of Things) untuk mengukur kondisi tanah, kelembaban, dan kebutuhan hara tanaman secara real-time.

Dengan informasi yang diperoleh dari teknologi ini, petani dapat menyesuaikan jumlah pupuk yang diberikan ke tanaman dengan dosis yang tepat, pada waktu yang tepat, dan hanya pada bagian lahan yang membutuhkan, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi penggunaan pupuk berlebihan (Jones, 2006).

Salah satu komponen utama dari sistem pemupukan presisi adalah sensor tanah, yang dapat mengukur berbagai parameter seperti pH tanah, kandungan hara, kelembaban, dan suhu. Data ini kemudian dikirim ke sistem komputer atau aplikasi yang menganalisisnya dan memberikan rekomendasi tentang jenis dan jumlah pupuk yang harus diberikan. Selain itu, penggunaan drone dan citra satelit dalam pemupukan presisi memungkinkan pemantauan kondisi tanaman dan lahan dalam skala besar.

Teknologi ini memungkinkan untuk mendeteksi perbedaan kecil dalam kondisi tanaman yang mungkin tidak terdeteksi oleh mata manusia, seperti kekurangan nutrisi di bagian tertentu dari lahan (Zhang et al., 2017). Dengan begitu, pemupukan dapat dilakukan secara lebih terarah dan akurat, menghindari pemborosan pupuk dan meningkatkan produktivitas tanaman.

Sistem pemupukan presisi juga dapat membantu dalam pengelolaan lingkungan dengan mengurangi dampak negatif dari penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, seperti pencemaran air dan tanah. Pupuk yang digunakan secara tidak tepat dapat mengalir ke saluran air, mencemari sumber daya air, dan merusak ekosistem lokal.

Dengan penerapan teknologi presisi, petani dapat mengurangi potensi kerusakan lingkungan ini, karena hanya jumlah pupuk yang dibutuhkan yang akan diterapkan pada area yang membutuhkan (Zhao et al., 2019). Selain itu, sistem ini juga mengarah pada penghematan biaya operasional, karena penggunaan pupuk yang lebih efisien mengurangi pengeluaran untuk bahan kimia dan pemeliharaan alat.

Secara keseluruhan, sistem pemupukan presisi membawa revolusi dalam pertanian modern dengan mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan menjaga keberlanjutan dalam praktek pertanian. Penerapan sistem ini dapat membantu mengatasi tantangan yang dihadapi oleh sektor pertanian, seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan untuk meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

Abdullah, A. A., Imran, S., & Sirajuddin, Z. (2023). Adopsi inovasi pupuk organik untuk pengelolaan lingkungan berkelanjutan di kecamatan tilongkabila provinsi gorontalo. Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian, 8(3), 102-109. https://doi.org/10.37149/jimdp.v8i3.362

Abst, T. D. (2019). Hygiene and Sanitation of Food Processing Center in Gudang 100 Warehouse at Tanjung Perak Sea Port of Surabaya 2018. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 11(1), 69–74. https://doi.org/10.20473/jkl.v11i1.2019.69-74

Afandi, D., Nurhayati, M., & Lestari, S. (2020) 'Pengaruh Pembumbunan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai di Lahan Inceptisol.', Jurnal Agrotek Indonesia, 10(5). Available at: https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101872.

Agarwal, R., Kumar, S., & Singh, A. (2017). Mobile applications for farmers: A review and future directions. Agricultural Systems, 154, 89-99. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.005

Aini, L. N. (2024). Evaluasi kesesuaian lahan untuk budidaya tanaman kakao di kecamatan kepenuhan hulu, riau. Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP), 5(1), 29-37. https://doi.org/10.54387/jpp.v5i1.56

Alamri, A., Na, I., Lee, S., & AlQahtani, S. (2024) 'Remote Sensing and AI-based Monitoring of Legume Crop Health and Growth.', LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL. doi: https://doi.org/10.18805/lrf-795.

Alamsyah, W., Nurhilal, O., Mindara, J, Y., Saad, A, H., Setianto, & Hidayat, S. (2017). Alat Perangkap Hama dengan Metode Cahaya UV dan Sumber Listrik Panel Surya. Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika, 01(01), 37-44

Amrullah, E, K., & Kardiyanto, E. (2025). Peran dan Kontribusi Hand Tractor Terhadap Efisiensi Usahatani di Banten. (2025). Balai Pengkajian Tenkologi Pertanian Banten. https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/fc9cc029-27dc-4383-b42b-c2a243ffb9d1/content

Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles (UAVs) in ecological research: Applications and future potential. Ecology Letters, 16(1), 2-10. https://doi.org/10.1111/ele.12048

Andriani, R., et al. (2021). (2021) 'Pengaruh Biochar terhadap Kesuburan Tanah dan Produksi Kedelai', Jurnal Sains Tanah dan Agroklimat, 18(3).

Andriansyah, Tambing, Y., & Ramli. (2020). Pertumbuhan dan hasil tiga varietas tanaman cabai rawit (Capsicum frutescens L .). Agrotekbis, 8(1), 43–55.

Anggriani, R., & Harini, N. (2025). Fisiologi dan Teknologi Pascapanen (Pertama). UMMPRESS.

Antony, D., Lizawati, L., Wilia, W., Alia, Y., & Mastur, A, K. (2023). Sosialisasi Dan Aplikasi Elisitor Biosaka Pada Budidaya Tanaman Padi (Oryza Sativa) Di Desa Pudak, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia (JPPMI), 2(4), 183-191. DOI: https://doi.org/10.55606/jppmi.v2i3.810

Ardy, A. Al, Lumbantobing, A. A., Perdana, A., Aritonang, C. M., Supriyani, E., & Fatiqin, A. (2023). Pendampingan Masyarakat Dalam Pengendalian Penyakit Dan Hama Padi Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan Kalimantan Tengah. Jurnal Pengabdian

Masyarakat Biologi Dan Sains, 2(2), 17–24. Https://Doi.Org/10.30998/Jpmbio.V2i2.2122

Ardy, A. Al, Lumbantobing, A. A., Perdana, A., Aritonang, C. M., Supriyani, E., & Fatiqin, A. (2023). Pendampingan Masyarakat Dalam Pengendalian Penyakit Dan Hama Padi Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan Kalimantan Tengah. Jurnal Pengabdian Masyarakat Biologi Dan Sains, 2(2), 17–24. Https://Doi.Org/10.30998/Jpmbio.V2i2.2122

ARIFIN, L., IRFAN, M., PERMANASARI, I., ANNISAVA, A. R., & ARMINUDIN, A. T. (2017). Keanekaragaman Serangga Pada Tumpangsari Tanaman Pangan Sebagai Tanaman Sela Di Pertanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan. Jurnal Agroteknologi, 7(1), 33. https://doi.org/10.24014/ja.v7i1.2247

Arsi, A., Khaira, R., SHK, S., Gunawan, B., Pujiastuti, Y., Hamidson, H., Nugraha, S. I., & Lailatturahmi, L. (2021). Keanekaragaman Hama dengan Kultur Teknis Berbeda Pada Lahan Mentimun (Cucumis Sativus) Di Desa Tanjung Seteko, Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 18(1), 55. https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5846

Arsi, Pujiastuti, Y., Suparman, & Irsan, C. (2024). The role of insect vector Pentalonia nigronervosa in spreading banana bunchy top disease in South Sumatera. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1346(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1346/1/012004

Arum, R. S. (2020). Pengaruh Fumigasi Phospine (Ph3) Dalam Mengendalikan Tribolium Castaneum (Herbst) Pada Tepung Gandum. Jurnal Bioindustri, 2(2), 466–475. https://doi.org/10.31326/jbio.v2i2.255

Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal.

Asis, Sukainah, A., & Lahming. (2023). Modifikasi Alat Tanam Benih Langsung (Atabela) Sistem Semi Otomatis Untuk Tanaman Padi

(Oryza Sativa L). Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian. 9(1), 75-82. DOI : https://doi.org/10.26858/jptp.v9i1.19333

Asril, M., Lestari, W., Basuki, Sanjaya, M. F., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., Sudewi, S., Swandi, M. K., Paulina, M., & Kunusa, W. R. (2023). Mikroorganisme pelarut fosfat pada pertanian berkelanjutan. Yayasan Kita Menulis.

B., K., K., P., & M., L. (2023). Hydroponic Cultivation: Factors Affecting Its Success and Efficacy. International Journal of Environment and Climate Change, 13(10), 2403–2410. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102905

Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Tanaman Pangan 2022. Jakarta: BPS.

Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2020). Rekomendasi pupuk N, P dan K spesifik lokasi untuk tanaman padi, jagung, dan kedelai pada lahan sawah (Per Kecamatan). Kementerian Pertanian.

Bales, S., Siddiq, M., Cramer, J., & Uebersax, M. (2021). Harvesting, Postharvest Handling, Distribution, and M. of D. B. D. B. and P. https://doi. org/10. 1002/9781119776802. ch4. (2021) 'Harvesting, Postharvest Handling, Distribution, and Marketing of Dry Beans. Dry Beans and Pulses.

Balitkabi (2023) Petunjuk Teknis Budidaya Kacang Tanah. Malang: Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan umbi.

Basu, S. and Groot, S.P.C. (2023) 'Seed Vigour and Invigoration', Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality, pp. 67–89. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_4.

Bazaluk, O., Yatsenko, O., Zakharchuk, O., Ovcharenko, A. S., Khrystenko, O., & Ніценко, В. (2020). Dynamic development of the global organic food market and opportunities for ukraine. Sustainability, 12(17), 6963. https://doi.org/10.3390/su12176963

BelajarTani. (2023) 3 Jenis Cara/Metode Irigasi yang Sering Digunakan Petani [Menurut FAO]

BPTP Papua Barat. (2020). Budidaya Jagung (Zea mays L.). Kementerian Pertanian.

Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., ... & White, P. J. (2015). Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist, 206(1), 107–117. doi: org/10.1111/nph.13132.

Broto, R, T, D, W., Fahmi, A., Wilis, A, S., Karinta, E., & Detian, I, P. (2019). Pembuatan Mikroorganisme Lokal Dengan Bahan Baku Bonggol Pisang (MOL BOPI) Sebagai Alternatif Pestisida Organik dan Pengganti EM4 di Desa Bumen, Kecamatan Sumowono, Kabupaten Semarang. Seminar Nasional Kolaborasi Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP-UNNES 2019. 113-947-1-PB-1.pdf

Budiningrum, E. W., Wahyudiyono, & Murdapa, P. A. (2022). Kemasa Untuk Meningkatkan Kualitas dan Penjualan Produk. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1(20), 49–56.

Budiyani, N, K., Soniari, N, N., & Sutari, N. W, S. (2016). Analisis Kualitas Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Bonggol Pisang. E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika. 5(1), 63-72 http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT

Bulawan, J. A., Adelina, F., Rahim, A., Khaeruni, A., Wahyuni, S., Bain, A., & Ardika, M. (2024). The Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik dan Pestisida Nabati Sebagai Upaya Pengembangan Padi Organik di Desa Lamedai Kabupaten Kolaka. Jurnal Pengabdian Multidisiplin, 4(3), 1-9. https://doi.org/10.51214/002024041175000

Calhoun, S., Franke, M., Cowart, D., Beasley, J., Jordan, D., & Baughman. Todd. (2019). GOOD AGRICULTURAL PRACTICES FOR PEANUT GROWING AND HARVESTING.

Chairani, H. (2008) Teknik Budidaya Tanaman Jilid 3. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Departemen Pendidikan Nasional

Chautara, S. (2016). Maize Seed Production Techniques Manual.

Chung, W., Chen, D., & Lee, C. (2015). Data-driven management for sustainable resource utilization. Journal of Environmental Management, 157, 65-74. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.003

Cybex Kementan (2023) 'Budidaya Kacang Hijau Terintegrasi'.

Dahlan, S. A., Ahmad, U., & Subrata, I. D. M. (2018). Visual Method for Detecting Contaminant on Dried Nutmeg Using Fluorescence Imaging. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 147(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/147/1/012003

Damanhuri, D., Widodo, T. W., & Fauzi, A. (2022). Pengaturan keseimbangan nitrogen dan magnesium untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung (Zea mays L.). Jurnal Ilmiah Inovasi, 22(1), 10–15.

Darwis, V. (2018). Potensi Kehilangan Hasil Panen dan Pasca Panen Jagung Di Kabupaten Lampung Selatan. Journal of Food System and Agribusiness, 2(1), 55–67. https://doi.org/10.25181/jofsa.v2i1.1054

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Komputer Indonesia, Warlina, L., Pradana, S. B. R., & Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Komputer Indonesia. (2021). Sustainable Agricultural Land Management in Garut Regency, West Java Province, Indonesia. Journal of Engineering Research. https://doi.org/10.36909/jer.ASSEEE.16089

Devkota, K., Devkota, M., Rezaei, M., & Oosterbaan, R. (2022). Managing salinity for sustainable agricultural production in salt-affected soils of irrigated drylands.', Agricultural Systems. doi: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103390.\

Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng. (2017) 'Pengairan', Dinas Pertanian

Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Sulawesi Tengah. (2022) Irigasi Tetes (Drip Irrigation): Solusi Hemat Air di Musim Kemarau.

Dinesh, D., Sharma, S., & Bhatnagar, R. (2019). Mobile applications for agricultural development: Role and impact. Journal of Agricultural Informatics, 10(1), 34-46.

Direktorat Jenderal PSP. (2013) Pedoman Teknis Pengembangan Sumber Air.

Direktorat Jenderal PSP. (2016) Pedoman Teknis Irigasi Perpompaan/Perpipaan.

Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. (2020). Teknologi Budidaya Jagung Hibrida di Lahan Kering. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Duda, H. J. (2024). Pengaruh Kemasan Yang Berbeda Dan Masa Inkubasi Terhadap Kualitas Organoleptik Tempe Kedelai (Glycine Max (L.) Merrill) The Effect Of Different Packaging And Incubation Period On The Organoleptic Quality Of Soybean Tempe (Glycine Max (L.) Merrill. Jurnal Pengolahan Pangan, 9(2), 118–125.

Duddigan, S., Collins, C. D., Hussain, Z., Osbahr, H., Shaw, L. J., Sinclair, F., … & Winowiecki, L. (2022). Impact of zero budget natural farming on crop yields in andhra pradesh, se india. Sustainability, 14(3), 1689. https://doi.org/10.3390/su14031689

Dusingizimana, P., Devkota, K. P., Cherif, M., & Nduwumuremyi, A. (2025). Conservation agriculture for closing maize yield gap and enhancing climate resilience in semi-arid Eastern Rwanda. Farming System, 3(3), 100151. https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100151

Edu Farmers. (2023). Modul Pembelajaran Praktik PertanianTerbaik Budi Daya Jagung. Edufarmers International Foundation.

Ekowati, D., & Nasir, M. (2011). Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea mays L.). Jurnal Online Universitas Gadjah Mada.

El-Sheimy, N. (2018). Remote sensing and UAVs: Surveying the skies for environmental monitoring. Geospatial World.

Elfarisna, H. (2013) Pengelolaan Air. Jakarta: Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta

Fabilla, N., Astiko, W. and Fauzi, M. (2025) 'Pengaruh Berbagai Teknik Pengolahan Tanah yang ditambahkan Bioamelioran terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tumpangsari Jagung dan Kedelai di Lahan Kering Effect of Various Tillage Techniques added with Bioameliorants on Growth and Yield of Corn and Soybean In', 4(1), pp. 71–81.

Fachruddin, Lisdiana, I. (2000) Budidaya Kacang-kacangan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

FAO (2021) 'Postharvest Management of Legumes: Best Practices under Climate Constraints.'

FAO. (2010). Seed Quality Assurance: Principles and Practices. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2010). The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2013). Climate-Smart Agriculture Sourcebook. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2015). Save and Grow: Rice. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2021). FAOSTAT Crops and livestock products: Maize. https://www.fao.org/faostat/

FAO. (2022). Post-harvest handling and quality management of sweet potato Ipomoea batatas.

Fauziyah, Q., Ramdan, E.P., Risnawati, R., Yulianti, F. (2024). "Perlakuan panas kering dan ekstrak rimpang lengkuas terhadap benih kedelai

terinfeksi Xanthomonas axonopodis," Jurnal Fitopatologi Indonesia, 20(1), hal. 15-23.

Fawaid, B. (2020). Cage Sanitation, Hygiene of Dairy Farmer, Physical Quality and Microorganism of Dairy Cattle Milk In Medowo, Kediri, East Java. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 12(1), 69–77. https://doi.org/10.20473/jkl.v12i1.2020.69-77

Frontiers in Environmental Science. (2022). Effects of Organic Fertilizer Incorporation Practices on Crop Yield and Soil Health. doi: 10.3389/fenvs.2022.1058071

Gallegos-Cedillo, A. et al. (2024). Analysis of global research on vegetable seedlings and transplants and their impacts on product quality. Journal of the Science of Food and Agriculture. doi: 10.1002/jsfa.13309.

Gao, S., Ming, B., Liu, G. zhou, Zhang, G. qiang, Li, Y. yao, Xue, J., Wang, K., Zhou, S. li, Xie, R. zhi, & Li, S. kun. (2024). Increasing plant density improved maize yield without penalty of harvest grain moisture in extensive field trials. Annals of Agricultural Sciences, 69(1), 33–43. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2024.07.001

Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (1985). Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press.

Gartner, G. (2017). The role of data in modern human resource management. Human Resource Management Journal, 27(4), 653-666. https://doi.org/10.1002/hrm.21800

Ghosh, S., Choudhury, N., & Saha, S. (2020). The role of Internet of Things (IoT) in agriculture: Challenges and opportunities. Journal of Internet of Things, 7(2), 112-120. https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.01.001

Grandhi, M., Radhika, P., Seema, S., & Supriya, K. (2020). Comparative analysis of financial viability and supply chain management of organic and conventional farming in telangana. Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research, 1-9. https://doi.org/10.9734/ajahr/2020/v7i330094

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645-1660. https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010

Gupta, A., & Rathi, A. (2018). Role of mobile apps in agricultural sector: A review. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 9(6), 63-67.

Habazar, T., Resti, Z., Yanti, Y., Trisno, J., Diana, A. (2012). "Penapisan bakteri endofit akar kedelai secara in planta untuk mengendalikan penyakit pustul bakteri," Jurnal Fitopatologi Indonesia, 8(4), hal. 103–109.

Hadiutomo, K. (2012). Mekanisasi Pertanian. IPB Pr.

Hamakonda, U. A., & Mau, M. C. (2023). Prospek pertanian organik sebagai salah satu konsep pengembangan varietas padi kusuma secara berkelanjutan di Desa Pape Kecamatan Bajawa Kabupaten Ngada. Jurnal Pertanian Unggul, 2(1), 28-39.

Handayani, S., & Mawardiana. (2020). Efektivitas MOL Bonggol Pisang untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (Glycine max L.). Jurnal Agroristek, 3(1), 28-34.

Handoyo, G, C., Gabriela, D, M., Alvito S, B., Indika, R, M., Dea, P., Siti, N, M., Dina, N., Elisa, N., Zelda, A, Y., Theresya, S., & Aura, D, K. (2024). Pemanfaatan Elisitor Sebagai Senyawa Pemicu Respon Pertahanan Tanamandi Desa Glagahwangi, Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten. Seminar Nasional Pengabdian dan CSR Ke-4 Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Tahun 2024. 4(1), 43-50.

Hanudin, Nuryani, W., & Budi M. (2016). Induksi Resistensi Tanaman Krisan Terhadap Puccinia horiana P. Henn. Dengan Menggunakan Ekstrak Tanaman Elisitor. J. HortIkultura, 26, 245–256.

Hao, Q. et al. (2020) 'Evaluation of seed vigor in soybean germplasms from different eco-regions', Oil Crop Science, 5(1), pp. 22–25. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.03.006.

Hapsoh, H., Wawan, W., & Dini, I. R. (2020). Ibdm pengelolaan tata air melalui canal blocking dalam meningkatkan produktivitas cabai di desa langsat permai kecamatan bunga raya kabupaten siak, provinsi riau. Wikrama Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat, 4(1), 21-28. https://doi.org/10.30656/jpmwp.v4i1.1897

Haraguchi, Y., & Shimizu, T. (2025). Crop cultivation without nitrogen fertiliser using nitrogen-fixing cyanobacterial extracts for low environmental impact. Scientific Reports, 15(1), 18365. https://doi.org/10.1038/s41598-025-01741-5

Harahap, F., & Siregar, H. (2022) 'Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian pupuk organik terhadap pertumbuhan kacang tanah (Arachis hypogaea L.).', Jurnal Agroteknologi Tropika, 10(2), 88–96., 10(2), pp. 88–96.

Hardjowigeno, S, & Rayes, M. L. (2005). Tanah Sawah: Karakteristik, Kondisi, dan Permasalahan Tanah Sawah di Indonesia. Bayumedia Publishing.

Harini, R. H., Ariani, R. D., & Yulianda, Y. (2022). Strategi Adaptasi Ketahanan Pangan Terhadap Perubahan Iklim Di Pinggiran Kota Yogyakarta. Majalah Geografi Indonesia, 36(1), 1. Https://Doi.Org/10.22146/Mgi.60245

Hartono, R, & Wibowo, S. (2018). Teknik Pengolahan Tanah (Buku Ajar). Kementerian Pertanian

Hasibuan, S. (2019). Hama Penting Tanaman Perkebunan dan Metode Pengendalian. Jurnal Abadi, 2(5), 1–122.

Hasiltani. (2023) Fungsi Air Bagi Tumbuhan – Peran Pentingnya untuk Pertumbuhan

Hayata, H., Nengsih, Y., & Harahap, H. A. (2018). Keragaman Jenis Serangga Hama Kelapa Sawit Sistem Penanaman Sisipan Dan Tumbang Total Di Desa Panca Mulia Kecamatan Sungai Bahar Tengah Kabupaten Muaro Jambi. Jurnal Media Pertanian, 3(1), 39. https://doi.org/10.33087/jagro.v3i1.47

He, H. et al. (2018). Effects of Nursery Tray and Transplanting Methods on Rice Yield. Agronomy Journal, 110(1), 104–114. doi: 10.2134/agronj2017.06.0334.

He, H., Wang, R., Zhang, Y., & Li, Y. (2020). Effect of nitrogen rate and row spacing on maize productivity in eastern Nebraska. Agronomy, 10(3), 419. doi: 10.3390/agronomy10030419.

Hendarto, A. A., Widyawan, M. H., & Basunanda, P. (2021). Identifikasi Karakter Penciri Agronomi Untuk Analisis Keragaman Genetik Plasma Nutfah Padi (Oryza Sativa L.). Vegetalika, 10(3), 174. Https://Doi.Org/10.22146/Veg.63616

Hendarto, A. A., Widyawan, M. H., & Basunanda, P. (2021). Identifikasi Karakter Penciri Agronomi Untuk Analisis Keragaman Genetik Plasma Nutfah Padi (Oryza Sativa L.). Vegetalika, 10(3), 174. Https://Doi.Org/10.22146/Veg.63616

Herdiyanti, R., Sutaryo, & Nuraini, Y. (2022). Pemanfaatan limbah jagung untuk pakan ternak dan bahan bakar bioenergi. Jurnal Agroindustri Berkelanjutan, 8(1), 25-36. BPTP Papua Barat. (2020). Budidaya Jagung (Zea mays L.). Kementerian Pertanian.

Herlinda, S., Prabawati, G., Pujiastuti, Y., Susilawati, Karenina, T., Hasbi, & Irsan, C. (2020). Herbivore insects and predatory arthropods in freshwater swamp rice field in South Sumatra, Indonesia sprayed with bioinsecticides of entomopathogenic fungi and abamectin. Biodiversitas, 21(8), 3755–3768. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210843

Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., & Suwandi, S. (2022). First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm,

Spodoptera frugiperda in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21(6), 412–419. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003

Hermawan, M, V.,& Nagoro, I, H, A. (2021). Pemanfaatan Mesin Perontok Padi Mini Berpenggerak Motor Bakar Sebagai Alat. Bantu Panen Padi Di Dukuh Kalimati, Wonokerto, Wonogiri. Jurnal Abdi Masya, 1(2), 58-65

Heru Sandi, G., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (IoT) Pada Bidang Pertanian. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 7(1), 1–5. https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.5892

Heryani, N. (2021) 'Pengembangan Teknologi Panen Air Hujan untuk Memenuhi Kebutuhan Domestik di Indonesia', Jurnal Sumberdaya Lahan, 15(2), pp. 117–129.

Hidayanto, H. (2019). Rekomendasi pemupukan padi sawah (Oryza sativa L.) spesifik lokasi di Kecamatan Malinau-Kabupaten Malinau. Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab, 2(1), 1–7.

Hirakawa, S., Masuyama, H., Sudiarta, I. P., Suprapta, D. N., & Shiotsu, F. (2024). Initiatives and Prospects for Sustainable Agricultural Production in Karangasem Regency, Bali, Indonesia. Sustainability, 16(2), 517. https://doi.org/10.3390/su16020517

Ibnu, M. (2024). Evaluasi keunggulan relatif pertanian organik dan non-organik. Jurnal Pangan, 32(3), 219-240. https://doi.org/10.33964/jp.v32i3.741

Idaryani, Rauf, A. W., Fattah, A., & Suriany. (2021). Effect of harvest time on soybean seed quality of detap-1 variety. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 828(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/828/1/012027

Ila'ava, V. P. (2015). Post-Harvest Techniques On Rice.

Ilham, H, A., Syahta, R., Anggara, F., & Jamaluddin. (2018). Alat Perangkap Hama Serangga Padi Sawah Menggunakan Cahaya dari Tenaga Surya. Journal of Applied Agricultural Science and Technology 2(1): 11-19.

Indriyani, I., Rahmayani, I., & Wulansari, D. (2019). Upaya Pengendalian Hama Gudang Sitophilus oryzaeL.Dengan Penggunaan Pestisida Nabati. Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi|JIITUJ|, 3(2), 126–137. https://doi.org/10.22437/jiituj.v3i2.8196

Ishwanath, .., Vaiahnav, S., Naide, P., Aruna, N., & Ananda, M. (2022). (2022) 'Long Term Benefits of Legume Based Cropping Systems on Soil Health and Productivity. An Overview. International Journal of Environment and Climate Change.', International Journal of Environment and Climate Change. doi: https://doi.org/10.9734/ijecc/2022.

ISTA (International Seed Testing Association). (2021). International Rules for Seed Testing. Switzerland: ISTA Secretariat.

Jiang, L., Chen, Y., Wang, X., Guo, W., Bi, Y., Zhang, C., Wang, J., & Li, M. (2022). New insights explain that organic agriculture as sustainable agriculture enhances the sustainable development of medicinal plants. Frontiers in Plant Science, 13, 959810. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.959810

Jones, H. G., et al. (2003). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: Application to grapevine. Journal of Experimental Botany, 54(391), 2137–2146.

Jones, J. B. (2006). Plant nutrition manual. CRC Press.

K., , R., , I., Mamun, M., Sarkar, M., Haque, M., & Salam, M. (2021)24, 119-131. https://doi.org/10.3329/BRJ.V24I2.53452 (2021) 'Soil Health as Influenced by Fertilizer Management in Rice Based Cropping System. , 24, 119-131. https://doi.org/10.3329/BRJ.V24I2.53452', 24, pp. 119–131. doi: https://doi.org/10.3329/BRJ.V24I2.53452.

Kabupaten Badung. (2018) Jenis Irigasi Pertanian yang Ada dan Perlu Diketahui.

KALRO. (2025). Maize Post Harvest. Kenya Agricultural & Livestock Organization.

Kartasapoetra, A. G. (1999). Syarat Tumbuh Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt). Jakarta: Bumi Aksara.

Kasim, R. (2024). Perubahan dalam Metabolisme. In A. Karim (Ed.), Fisiologi Pascapanen (pp. 104–113). Yayasan Kita Menulis.

Keil, A., D'souza, A., & McDonald, A. (2015). Zero-tillage as a pathway for sustainable wheat intensification in the Eastern Indo-Gangetic Plains: Does it work in farmers' fields? Food Security, 7(5), 983–1001. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0492-3

Kementerian Pertanian. (2020) Konservasi dan Pengelolaan Air pada Tanaman Pangan.

Kementerian Pertanian. (2020) Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Meningkatkan Produksi Pertanian

Kementerian Pertanian. (2022). Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 39 Tahun 2022 tentang Tata Cara Pengawasan Mutu Benih Tanaman. Jakarta: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan.

Kinhal, V. (2019). Oxygen in Post Harvest: Monitoring & Control.

Krishnakumar, T. (2021). Harvest and Post-harvest management of Tuber Crops. https://www.researchgate.net/publication/351843379

Kumar, A., Kumar, R., & Kumar, A. (2018). Precision agriculture for sustainable resource management: Challenges and opportunities. Agricultural Systems, 164, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.03.001

Kumar, P. (2020). A Review on Seed Priming Techniques in Field Crops. International Journal of Progressive Research in Science and Engineering, 1(8), 86–91.

Kumar, Y., K, Chaitra., Sharma, D., Devi, K., Adnan, S., Qaiser, M. Z., Sachan, K., & Verma, A. K. (2024). Innovative Soil Management, Soil Amendments and Soil Conservation Strategies for Boosting Horticultural Crops Yields. Journal of Advances in Biology & Biotechnology, 27(7), 1331–1350. https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i71095

Kurniawan, A. D., & Santosa, S. M. (2021). Sistem pemantauan dan pengendalian berbasis sensor untuk optimasi pertanian berkelanjutan. Jurnal Teknologi Pertanian, 25(3), 155-167.

Kuswoyo, A. (2017). Rancang Bangun Mesin Perontok Padi Portabel dengan Penggerak Mesin Sepeda Motor. Jurnal Elemen, 4(1), 35-38

Laia, I. A., Gulo, E. A. K. D., Gulo, L. L., & Ndraha, A. B. (2025). Dampak Penerapan Pertanian Organik Terhadap Kualitas Tanah dan Hasil Pertanian Tanaman Padi Sawah di Kepulauan Nias. Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan, 2(1), 177-187.

Latifah., Usnawiyah., & Yurni, I. (2024). Pendampingan Pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL) di Desa Tanjung Kabupaten Aceh Tengah. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Dewantara, Unitas Padang, 7(1), 26-30.

Lejeune-Hénaut, I., Vadez, V., Gruber, V., Beebe, S., Prats, E., Link, W., Araújo, S., Monteros, M., Gonzalez, E., Crespi, M., Delbreil, B., Rao, I., & Patto, M. (2015) (2015) 'Abiotic Stress Responses in Legumes: Strategies Used to Cope with Environmental Challenges. Critical Reviews in Plant Sciences, 34, 237 - 280. https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898450.', Critical Reviews in Plant Sciences,.

Lepa, C., Meray, E. R. M., & Manaueke, J. (2017). Populasi Wereng Hijau (Nephotettix spp.) Pada Tanaman Padi Sawah di Kecamatan Dumoga Timur Kabupaten Bolaang Mongondow. Cocos, 9(5), 1–11.

Lestari Putri, D., Abidin, Z., Erry Prasmatiwi, F., & Hari Kaskoyo. (2022). Kajian Ketahanan Pangan Rumah Tangga Pada Berbagai

Agroekosistem Di Kabupaten Lampung Utara. Jurnal Agrikultura, 2022(3), 420–428.

Lestari Putri, D., Abidin, Z., Erry Prasmatiwi, F., & Hari Kaskoyo. (2022). Kajian Ketahanan Pangan Rumah Tangga Pada Berbagai Agroekosistem Di Kabupaten Lampung Utara. Jurnal Agrikultura, 2022(3), 420–428.

Liternote. (2023) Pengelolaan Air di Sektor Pertanian: Strategi Menghadapi Krisis Air.

Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. N. (2011). Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal of Crop Science, 5(4), 396–410.

Lorenta, R., Ginting, J. & Haryati. (2018). The Effect of Jajar Legowo Planting System on Growth and Production of Some Varieties Paddy. Jurnal Online Agroteknologi, 6(3). doi: 10.32734/ja.v6i3.2404.

Łuczka-Bakuła, W. (2021). Institutional conditions for strengthening the position of organic farming as a component of sustainable development. Problemy Ekorozwoju, 16(1), 157-164. https://doi.org/10.35784/pe.2021.1.16

Lumi, M. A., Lengkong, M., & Pelealu, J. (2021). Jenis dan Populasi Serangga -Serangga Hama Gudang Biji Pala di Kecamatan Tuminting Kota Manado. Cocos, 13(4), 1–11.

M, R., Pakki, T., & Sukmawati, T. (2014). PREFERENSI DAN KEMAMPUAN MAKAN TIKUS RUMAH (Rattus – rattus PENYIMPANAN Preference and Eating Ability of Rat (Rattus – rattus diardii) on Some Varieties of Rice (Oryza sativa L .) in Storage. JURNAL AGROTEKNOS Maret 2014, 4(1), 66–70.

Magombo, B., Li, C., & Kolie, B. (2024). Assessment of nitrogen fixation, uptake, and leaching in maize/soybean intercropping system at varied soil depths and under phosphorus application in Chinese agricultural

settings. Natural Resources, 15, 173–187. https://doi.org/10.4236/nr.2024.157012

Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtilaksono, A. (2021). Pupuk dan pemupukan. Syiah Kuala University Press.

Marianah, L. (2020). Serangga Vektor dan Intensitas Penyakit Virus pada Tanaman Cabai Merah Insect Vector and Virus Disease Intensity on Red Chili Plants. AgriHumanis: Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies, 1(2), 127–134.

Martínez-Castillo, R. (2016). Sustainable agricultural production systems. Tecnología En Marcha, 29(5), 70–85. https://doi.org/10.18845/TM.V29I5.2518

Massawe, F., Mayes, S., & Cheng, A. (2016). Crop Diversity: An Unexploited Treasure Trove for Food Security. Trends in Plant Science, 21(5), 365–368. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.02.006

Mayrowani, H. (2012). Pengembangan pertanian organik di Indonesia. In Forum penelitian agro ekonomi (Vol. 30, No. 2, pp. 91-108).

Mertani. (2023) Konservasi Sumber Daya Air dalam Pertanian Modern

Mia, S., Howlader, N. C., & Roky, R. H. (2025). Comparative Impacts of Organic and Inorganic Fertilizers on the Emergence and Early Growth of Bari Tomato-7 (Solanum lycopersicum L.). Plant Physiology and Soil Chemistry, 5(1), 1–3. doi:10.26480/ppsc.01.2025.01.03

Mishra, D., Vishnupriya, M. R., Anil, M. G., Konda, K., Raj, Y., Sonti, R.V. (2013). "Pathotype and genetic diversity amongst Indian isolates of Xanthomonas oryzae," Plos One, 8(11), hal. 1-11.

Monareh, J., & Ogie, T. B. (2020). Disease Control Using Biopesticide On Rice Plants (Oryza sativa L). Jurnal Agroekoteknologi Terapan, 1(1), 11–13.

Morshedi, L., Lashgarara, F., Hosseini, S. F., & Najafabadi, M. O. (2017). The role of organic farming for improving food security from the

perspective of fars farmers. Sustainability, 9(11), 2086. https://doi.org/10.3390/su9112086

Mugiono, S., Djaenudin, D., & Suryani, A. (2013). Teknologi Produksi Jagung Hibrida. Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Muhammad Hasbulloh, B., Pertiwi, S., & Abdul Karim Makarim, dan. (2009). SIPAPRODI : Sistem Informasi Panen dan Produktivitas Padi. Prosiding Seminar Nasional Himpunan Informatika Pertanian Indonesia.

Mukti, G, W., Kusumo, R, A, B., & Charina, A. (2022). Kolaborasi Pemerintah dan Swasta: Sebuah Upaya untuk Memperkuat Inovasi Petani Skala Kecil Di Indonesia. Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis, 9(1), 308-327

Murni, Andarias Makka dan Ratna Wylis Arief. Teknologi Budidaya Jagung. Bogor: Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 2008.

Nadif, R.N. et al. (2021) 'Pengaruh Model Pemanenan Air Hujan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Empat Kultivar Padi', Vegetalika, 10(4), pp. 223–234

Napitupulu, M., Helda, S., Zuhdi, Y., Abdul, P., Legowo, K., Akas, P. S., Abdul. R., Noor, J., Jumani.,Heni, E., Puji, A., Chintya, G., Annisa, B. S,Maurintus, K., & Reza, H. (2023). Pelatihan Pembuatan Elisator Biosaka dari Tumbuhan di Kelompok Tani Rukun Sentosa Kelurahan Sindangsari Kecamatan Sambutan. JAUS: Jurnal Abdimas Untag Samarinda. 1(2). 59-66. http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/JAUS.

Nasrullah, & Ovitasari, M. (2022). Regulatory and Policy Responses toward SDGs in Achieving Sustainable Agriculture Productivity in Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 985(1), 012027. https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012027

Nasution, M. K., & Purba, E. (2020). Pengaruh Waktu dan Jenis Herbisida terhadap Pertumbuhan Gulma di Pertanaman Jagung. Jurnal Agroekoteknologi, 8(2), 112–118.

Nazar, Mustikawati, Y. (2008) Teknologi Budidaya kedelai.. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta

Niko, N., Ramdan, E.P., Risnawati, R., Sugeru, H. (2023). "Suppression of Xanthomonas oryzae pv. oryzae infection in rice seeds: investigating the optimal temperature and packaging conditions for enhanced pathogen control and seed quality," Jurnal Ilmiah Pertanian, 20(2), hal. 109-117.

Novian, N. D., & Ramadhani, F. (2023). Spesies Serangga Hama Padi dan Jagung serta Intensitas Serangannya di Kabupaten Lahat. JURNAL AGRI-TEK : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta, 24(1), 30–34. https://doi.org/10.33319/agtek.v25i1.137

Nugraha, A.N.P. (2022) 'Pengaruh Penundaan Waktu Panen Tanaman Kedelai (Glycine max (L) merrill) pada Musim Penghujan terhadap Mutu Benih Varietas Detap 1 dan Devon 1 di Balitkabi Malang', UNISMA Repository, 12(2), pp. 10–13. Available at: https://doi.org/10.3390/agriculture12020291.

Nugrahaeni, M. D., Aliyah, I., & Yudana, G. (2019). Pengaruh karakter spasial pola hulu hilir pertanian padi organik terhadap peningkatan ekonomi pedesaan, gempol, klaten. Region: Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif, 14(2), 244. https://doi.org/10.20961/region.v14i2.22600

Nugroho, Y., et al. (2021) 'Nugroho, Y., et al Efektivitas penyiangan manual dan penggunaan mulsa terhadap pertumbuhan kacang tanah. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 26(2), 125–133.', Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 26(2), pp. 125–133.

Nurkhotija, G. (2023). Implementasi sistem pertanian berkelanjutan kelompok tani subur tani mandiri. Abdi Wiralodra : Jurnal

Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(2), 137-146. https://doi.org/10.31943/abdi.v5i2.105

Ochatt, S., Bhowmik, P., Détain, A., & Leborgne-Castel, N. (2022) 'Latest biotechnology tools and targets for improving abiotic stress tolerance in protein legumes.', Environmental and Experimental Botany. doi: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104824.

Oktavia, F., & Kusdiana, A. P. J. (2021). Evaluasi Ketahanan Dan Analisis Quantitative Trait Loci Yang Terpaut Dengan Ketahanan Terhadap Penyakit Utama Pada Tanaman Karet. Jurnal Penelitian Karet, 37–50. Https://Doi.Org/10.22302/Ppk.Jpk.V39i1.757

Oktavia, F., & Kusdiana, A. P. J. (2021). Evaluasi Ketahanan Dan Analisis Quantitative Trait Loci Yang Terpaut Dengan Ketahanan Terhadap Penyakit Utama Pada Tanaman Karet. Jurnal Penelitian Karet, 37–50. Https://Doi.Org/10.22302/Ppk.Jpk.V39i1.757

Okumah, M., Martin-Ortega, J., & Novo, P. (2018). Effects of awareness on farmers' compliance with diffuse pollution mitigation measures: A conditional process modelling. Land Use Policy, 76, 36–45. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.051

OlabiÑjo, O., & Opatola, S. (2023). Agriculture: A Pathway to Create a Sustainable Economy. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research, 4(2), 317–326. https://doi.org/10.46592/turkager.1348187

Oliveira, et al. (2015). Different tray cell volumes for lettuce grown in conventional and hydroponic system. Scientia Horticulturae. doi: 10.1590/0103-8478cr20190491.

Optimizing Rice Sowing Dates for High Yield and Climate Adaptation in Central China. (2023). Agronomy, 13(5):1339.

Pangi, Z., Kasim, R., & Modjo, A. S. (2024). Komparasi Umur Panen Padi (Oriza sativa) terhadap kualitas Gabah dan Beras Ciherang Di Desa Bongomeme.

Paramesh, V., Mohan Kumar, R., Rajanna, G. A., Gowda, S., Nath, A. J., Madival, Y., Jinger, D., Bhat, S., & Toraskar, S. (2023). Integrated nutrient management for improving crop yields, soil properties, and reducing greenhouse gas emissions. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7, 1173258. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1173258

Parameswari, Y. S., Srinivas, A., Prakash, T. R. & Narendar, G. (2024). Effect of Different Crop Establishment Methods on Rice (Oryza sativa L.) Growth and Yield – A Review. Agricultural Reviews, 35(1), 74–77. doi: 10.5958/j.0976-0741.35.1.010.

Paravar, A., Piri, R., Balouchi, H., & Ma, Y. (2023). Microbial seed coating: An attractive tool for sustainable agriculture. Biotechnology Reports, 37, e00781. https://doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00781

Parwada, C., Chipomho, J., & Mandumbu, R. (2022). In-Field Soil Conservation Practices and Crop Productivity in Marginalized Farming Areas of Zimbabwe. Dalam H. A. Mupambwa, A. D. Nciizah, P. Nyambo, B. Muchara, & N. N. Gabriel (Ed.), Food Security for African Smallholder Farmers (hlm. 75–87). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6771-8_5

Pasae, N., Rante, M., Sampelawang, P., Nitha., Bontong, Y., Fikram., & Layuk, R, B. (2023). Penerapan Teknologi Tepat Guna Mesin Perontok Padi Berpenggerak Motor Honda 100 cc di Kelurahan Nanggala Sangpiak Salu. Communnity Development Journal, 4(3), 7518-7524

Pasaru, F., Yunus, M., Toana, M. H., Edy, N., Anshary, A., & Saleh, S. (2021). Incidence of banana leaf roller and diversity of it is parasitoids in Central Sulawesi, Indonesia. Biodiversitas, 22(11), 5023–5029. https://doi.org/10.13057/BIODIV/D221138

Permadi, K., & Haryati, Y. (2015). Pemberian pupuk N, P, dan K berdasarkan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas kedelai. Agrotrop: Journal on Agriculture Science, 5(1), 1–8.

Pertanian Organik. (2023) Manfaat Air Bagi Petani: Pentingnya Air dalam Pertanian.

Powlson, D. S. et al. (2015). Effects of reduced tillage on soil microbial activity. Agronomy, 11(8), 1497. doi:10.3390/agronomy11081497

Prabowo, A. & Wiyono, J. (2005) Pengelolaan Sistem Irigasi Mikro untuk Tanaman Hortikultura dan Palawija. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.

Pramudya, D., Sutanto, A., & Harjono, H. (2021). Peran pupuk hijau legum dalam meningkatkan kesuburan tanah. Jurnal Pertanian Tropika, 9(1), 45–53.

Prasetiaswati, N., Adi Anggraeni Elisabeth, D., & Wahyu Anggoro Susanto, G. (2022). The feasibility of large-seeded soybean cultivation. E3S Web of Conferences, 361. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236102006

Prathama, M., Santosa, E., & Susila, A. D. (2025). Efektivitas dan efisiensi mulsa polyethylene terhadap produksi bawang merah (Allium ascalonicum L.) di lahan kering. Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI), 16(1), 9–16.

Prayoga, M. K., Rostini, Setiawati, Simarmata, Stoeber, & Adinata. (2018). Preferensi Petani Terhadap Keragaan Padi (Oryza Sativa) Unggul Untuk Lahan Sawah Di Wilayah Pangandaran Dan Cilacap. Jurnal Kultivasi, 17(1), 523–530.

Prayoga, M. K., Rostini, Setiawati, Simarmata, Stoeber, & Adinata. (2018). Preferensi Petani Terhadap Keragaan Padi (Oryza Sativa) Unggul Untuk Lahan Sawah Di Wilayah Pangandaran Dan Cilacap. Jurnal Kultivasi, 17(1), 523–530.

Purnama. R.G.S., Mutaqin, K.H., Tondok, E.T. (2018). “Keefektifan asap cair dan elektroterapi untuk mengeliminasi infeksi Xanthomonas oryzae pv. oryzae pada benih padi,” Jurnal Fitopatolog Indonesia, 14(2), hal. 54-62.

Purwati, S., Lumora, S. V. T., & Samsurianto. (2017). Skrining Fitokimia Daun Saliara (Lantana Camara L) Sebagai Pestisida Nabati Penekan Hama Dan Insidensi Penyakit Pada Tanaman Holtikultura Di Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017, 153–158.

Putri, Syam, U. (2022) 'Efektivitas Waktu Penyiangan terhadap Pertumbuhan Gulma dan Hasil Kedelai (Glycine max L.).', Jurnal Agroteknologi Tropika, 120, p. 2017. Available at: https://doi.org/10.1073/pnas.

Quach, L. Da, Nguyen, Q. K., Nguyen, Q. A., & Lan, L. T. T. (2024). Rice pest dataset supports the construction of smart farming systems. Data in Brief, 52, 110046. https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110046

Rabbani, M. G., Pramanik, M. S., & Chakrabartty, J. (2024). Illuminating the path to sustainable rice harvesting: A solar-based paddy harvester. Energy Strategy Reviews, 53. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101389

Rachman, A. (2017). Peluang dan Tantangan Implementasi Model Pertanian Konservasi di Lahan Kering. Jurnal Sumberdaya Lahan, 11(2), 77-90

Rachmat. (2022). Menguak Misteri Biosaka. Ditjen Tanaman Pangan https://tanamanpangan.pertanian.go.id/detil-konten/iptek/119

Rahayu et.al (2020) 'Pengaruh Sistem Irigasi Tetes terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Lahan Kering', Jurnal Teknologi Pertanian dan Lingkungan.

Rahmadi, R., Priyadi, P., & Rochman, F. (2022). Efektivitas Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L.) Sebagai Insektisida Organik Dalam Mengendalikan Hama Walang Sangit (Leptocorisa acuta) Pada Padi Sawah. Agricola, 12(2), 82-90. https://doi.org/10.35724/ag.v12i2.4558

Ramadhan, R, A, M., & Isnaeni, S. (2022). Perangkap Cahaya Sebagai Komponen Pengendalian Hama Terpadu Di Kelompok Wanita Tani Mawar Bodas Kota Tasikmalaya. Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat. 7(1), 26-34. DOI: 10.30653/002.202271.10

Ramayana, S., Darma Idris, S., & Fajar Madjid, K. (2021). PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG (Zea Mays L.) TERHADAP PEMBERIAN BEBERAPA KOMPOSISI PUPUK MAJEMUK PADA LAHAN PASCA TAMBANG BATUBARA. 1.

Ramdan, E.P., Afriani, A., Hanif, A., Wati, C., Nurholis, N., Astuti, D. Widodo, W. (2022). "Peran solarisasi tanah terhadap pertumbuhan patogen tular tanah dan populasi mikroba tanah,' Agrotechnology Research Journal, 6(1), hal. 27-31.

Ramdan, E.P., Kalsum, U. (2017). "Inventarisasi cendawan terbawa benih padi, kedelai, dan cabai," Jurnal Pertanian Presisi, 1(1), hal. 48-58.

Ramdan, E.P., Kanny, P.I., Pribadi, E.P., Budiman, B. (2022). "Peranan suhu dan kelembaban selama penyimpanan benih kedelai terhadap daya kecambah dan infeksi patogen tular benih," Jurnal Agrotek Tropika, 10(3), hal. 389-394.

Refindo, D, T. (2023). Mekanisasi Pertanian Melalui Inovasi Traktor Bajak Sawah Rakitan dengan Penggerak Mesin Motor Bekas. Inisiasi, 12(2). 109-116

Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants, 2(2), 15221. https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221

Rewald, B., Karkanis, A., Dubova, L., Olle, M., Ntatsi, G., Vågen, I., Bodner, G., Fernández, J., Rosa, E., Savvas, D., Kronberga, A., Balliu, A., Alsina, I., & Lepse, L. (2018) 'Faba Bean Cultivation – Revealing Novel Managing Practices for More Sustainable and Competitive European Cropping Systems. Frontiers in Plant Science'. doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01115.

Riwandi, Handajaningsih, N., & Hasanudin, U. (2014). Teknik Budidaya Jagung di Lahan Marjinal dengan Sistem Organik. Universitas Bengkulu.

Rizkiana Bahri, K., & Made Armini Wiendi, N. (2022). Aplikasi Benzylamino Purine (BAP) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produktivitas Empat Varietas Padi Sawah Application Of Benzylamino Purine (BAP) To Increase Growth And Productivity Four Rice Varieties. Buletin Agrohorti, 10(3), 331–339.

Rocha, I., Ma, Y., Souza-Alonso, P., Vosátka, M., Freitas, H., & Oliveira, R. S. (2019). Seed coating: A tool for delivering beneficial microbes to agricultural crops. Frontiers in Plant Science, 10, 1357. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01357

Rumbiak, J.E.R, Habazar, T., Yanti, Y. (2018). "Introduksi formula bacillusthuringiensis rizobakteria pv. toumanoffi pada tanaman kedelai untuk peningkatan ketahanan terhadap penyakit pustul bakteri (Xanthomonas axonopodis pv glycines) di lapangan," Jurnal Agroekoteknologi, 10(1), hal. 24–35.

Rustiah, W., Arisanti, D., Basarang, M., Rasyid, N., & Fatmawati, A. (2022). Limbah sayuran rebung bambu sebagai mikroorganisme lokal (mol) dalam pembuatan pupuk organik: perspektif pengelolaan sampah organik. Lontara Abdimas : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 3(1), 15-24. https://doi.org/10.53861/lomas.v3i1.259

Saefudin. (2023). Strategi Perencanaan Menghadapi Krisis Pangan dan El Nino. Warta BSIP Perkebunan, 1(2), 21-30

Safitri, Nurul Djaya, Luciana, & Martua Suhunan Sianipar. (2020). Kemampuan Bacillus Subtilis Dan Trichoderma Harzianum Dalam Campuran Serat Karbon Dan Silika Nano Untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Padi Terhadap Penyakit Blas (Pyricularia Oryzae). Jurnal Agrikultura, 2020(3), 182–192.

Safitri, Nurul Djaya, Luciana, & Martua Suhunan Sianipar. (2020). Kemampuan Bacillus Subtilis Dan Trichoderma Harzianum Dalam Campuran Serat Karbon Dan Silika Nano Untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Padi Terhadap Penyakit Blas (Pyricularia Oryzae). Jurnal Agrikultura, 2020(3), 182–192.

Sahu, R., Mahapatra, P. K., & Senapati, A. K. (2023). Performance of different rice varieties under Jajar Legowo planting system. Research in Crops, 24(3), 433–441. doi: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-966.

Saidi, I. A., Azara, R., & N, S. R. (2022). Nutrisi dan Komponen Bioaktif pada Sayuran Daun. In M. Tanzil Multazam & M. D. K.W (Eds.), Nutrisi dan Komponen Bioaktif pada Sayuran Daun. Umsida Press. https://doi.org/10.21070/2022/978-623-464-017-5

Sandhu, J. S., & Chaturvedi, S. K. (2025). Legumes Crops Cultivation for Food, Feed and Soil Health. In J. C. Jimenez-Lopez & J. Escudero-Feliu (Eds.), Legume Crops for Food Security. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.1008674

Sapalina, F., Noviandi Ginting, E., & Hidayat, F. (2022). Bakteri penambat nitrogen sebagai agen biofertilizer. WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 27(1), 41–50. https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.80

Sari, D, A., Ayu K, I., Yummama, K., Dedeh, K., & Anidarfi. (2024). Sosialisasi dan Pembuatan Elisator Biosaka Guna Mendukung Pertanian Berkelanjutan Pada Kelompok Wanita Tani Wirajaya Sarilamak. Jurnal Pengabdian Masyarakat. I-Com: Indonesian Community Journal, V4 (1),228-236

Sari, K. N., Ayu, A., Wahyuni, D., Faraszahy, D., Aristva, P., Intania, T., Umayah, A., Gunawan, B., Arsi, A., Studi, P., Tanaman, P., Pertanian, F., Sriwijaya, U., & Selatan, S. (2022). Identification of Insect Pests on Chili in Ogan Ilir South Sumatera Karlinda. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-10 Tahun 2022, Palembang 27 Oktober 2022, 6051, 824–831.

Sari, K.P. (2017) 'Pengaruh Lama Simpan terhadap Mutu Benih Kedelai', AGROPROSS: National Conference Proceedings of Agriculture, 1(1), pp. 1–6.

Savitri. A.D., Milaros, I., Hannyvone, I.P., Ramdan, E.P. (2024). Bacteria elimination of Xanthomonas axonopodis pv. Glycine and improvement of viability of soybean seeds through a combination of

temperature and duration of dry heat treatment," Agrotechnology Research Journal, 8(1), hal. 37-42.

Sembiring, J. A., & Mendes, J. A. (2022). Padat Populasi Wereng Batang Coklat (Nilaparvata lugens) dan Wereng Hijau (Nephotettix virescens) pada Tanaman Padi Varietas Inpara 2 di Kampung Bokem Kabupaten Merauke Papua. Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 19(2), 201–207. https://doi.org/10.31851/sainmatika.v19i2.9321

Sethy, P. K., Barpanda, N. K., Rath, A. K., & Behera, S. K. (2020). Image Processing Techniques for Diagnosing Rice Plant Disease: A Survey. Procedia Computer Science, 167(April), 516–530. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.308

Setiono, P., Sidhi, E. Y., Pamujiati, A. D., & Arissaryadin, A. (2024). Kendala petani padi dalam menerapkan sistem padi organik (studi kasus: desa damarwulan kecamatan kepung kabupaten kediri). JINTAN : Jurnal Ilmiah Pertanian Nasional, 4(1), 44-51. https://doi.org/10.30737/jintan.v4i1.5323

Shah, F., & Wu, W. (2019). Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments. Sustainability, 11(5), 1485. https://doi.org/10.3390/su11051485

Sharma, S., & K.C., B. (2024). Sustainable Agriculture and It's Practices: A Review. Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology, 12(12), 2631–2639. https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i12.2631-2639.6622

Sharma, V., Rai, A., & Heitholt, J. (2020). (2020) 'Dry Bean [Phaseolus vulgaris L.] Growth and Yield Response to Variable Irrigation in the Arid to Semi Arid climate', Sustainability, 12. doi: Sustainability, 12, 3851. https://doi.org/10.3390/su12093851.

Sidras, M. et al. (1982). Effects of tillage practices on soil bulk density and porosity. Science Journal of Soil Management, 34(2), 123 130.

Simatupang, M. H., & Supriyadi, D. (2018). Efisiensi irigasi terhadap hasil jagung pada berbagai tipe tanah. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 20(2), 102–110.

Siregar, A., et al. (2023) (2023) 'Evaluasi Daya Tumbuh dan Viabilitas Benih Varietas Unggul Kedelai', Jurnal Agrikultura Tropika, Vol. 9(1), 9(1).

Slingo, J. M., Challinor, A. J., Hoskins, B. J., & Wheeler, T. R. (2005). Introduction: Food crops in a changing climate. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1463), 1983–1989. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1755

Snapp, S. S. (2017). Designing for the Long-term: Sustainable Agriculture (pp. 123–167). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802070-8.00005-0

Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. R. (2006). Engineering Principles of Agricultural Machines (2nd Edition). ASABE.

Su'ud, M., & Lestari, D. A. (2018). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (Zea mays L.) terhadap konsentrasi dan interval waktu pemberian pupuk organik cair bonggol pisang. Agrotechbiz: Jurnal Ilmiah Pertanian, 5(2), 36–52.

Suditayasa, I, M. 2019. Pembuatan Mikro Organisme Lokal (MOL). Kementerian Pertanian, Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian. https://cybex.id/artikel/89365/pembuatan-mikro-organisme-lokal-mol/

Sulaiman, A. A., Djufry, F., Bahrun, A. H., & Nur, A. (2021). Budidaya Jagung Terstandar. Badan Litbang Pertanian.

Sulaiman, S., Suwignyo, R. A., Hasmeda, M., & Wijaya, A. (2016). Priming benih padi (Oryza sativa L.) dengan Zn untuk meningkatkan vigor bibit pada cekaman terendam. Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy), 44(1), 8–15.

Sulasmi, & Hastuti, S. (2017). Observation rate of rats in the buffer and perimeter of soekarno hatta makassar port. Jurnal Sulolipu, 17(1), 15–20.

Sulbi, A. S., Amaliah, R., & Liana, A. (2025). Inventarisasi Jenis Tanaman Pangan Budidaya Pada Masyarakat Desa Bontotangnga Kecamatan Bontolempangan Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan. Jurnal Pendidikan Biologi, 8(1), 19–27.

Sumartini, & Apri Sulistyo. (2016). Ketahanan Sepuluh Genotipe Kedelai Terhadap Penyakit Karat The Resistance Of Ten Soybean Genotypes To Rust Disease. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 12(2), 39–45. Https://Doi.Org/10.14692/Jfi.12.2.39

Sumiyati, T. et al. (2023) 'Pemberdayaan Petani dalam Memanfaatkan Air Hujan untuk Sistem Budidaya Tanaman dengan Metode Water Harvesting', Warta LPM, 26(4)

Supriadi, S. (2018). Inovasi perlakuan benih dan implementasinya untuk memproduksi benih bermutu tanaman rempah dan obat. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 37(2), 71–80.

Suryadi, M., Subaedah, Saida, HS, S., & Syarif, M. (2020). Pertumbuhan dan Produksi Berbagai Varietas Kedelai di Lahan Sawah Tadah Hujan SetelahPadi.

Suryanto, A., Wibowo, N., & Taufik, M. (2020). Model tumpangsari jagung dan kacang tanah untuk peningkatan hasil. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 22(3), 159-165.

Susanti, A. D., Nahlunnisa, H., & Farma, A. (2021). Etnobotani Tumbuhan Pangan Masyarakat Sekitar Agroforestri Repong Damar Pahmungan, Provinsi Lampung. Jurnal Silva Samalas Journal of Forestry and Plant Science, 4(2), 28–34.

Susanti, W. I., Cholidah, S. N., & Agus, F. (2024). Agroecological Nutrient Management Strategy for Attaining Sustainable Rice Self-Sufficiency

in Indonesia. Sustainability, 16(2), 845. https://doi.org/10.3390/su16020845

Susilawati, R. et al. (2022) (2022) 'Pengaruh Viabilitas Benih terhadap Produktivitas Kacang Tanah', Jurnal Agronomi Indonesia, 50(3), pp. 207–214.

Sutaryo, A., Rahmawati, N., & Prasetyo, A. (2020). Teknik budidaya jagung di lahan kering. Prosiding Seminar Nasional Tanaman Pangan, 6(1), 45–53.

Sutono & Syakir, M. (2014). Teknologi Produksi Jagung di Lahan Kering. Maros: Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Sutoro, & Widiarta, I. N. (2006). Suhu dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Balai Penelitian Tanaman Padi.

Sutrisno, N. & Hamdani, A. (2020) Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Meningkatkan Produksi Pertanian.

Syafriyandi, D., Setiawan, B.I. & Arif, C. (2023) 'Kinerja Irigasi Bawah Permukaan Otomatis Nirdaya pada Budidaya Kangkung, Caisim, dan Bayam', Jurnal Teknik Pertanian, IPB University

Syahputera, R. A. and Sunartomo, A. F. (2023). Partisipasi anggota kelompok tani tani mulyo dalam penerapan pertanian organik di desa tamansari kecamatan licin kabupaten banyuwangi. Jurnal KIRANA, 4(2), 122. https://doi.org/10.19184/jkrn.v4i2.40134

Syawal, A. (2023). Network Governance in the Implementation of Sustainable Food Agricultural Land Protection Policy in Makassar City. KnE Social Sciences. https://doi.org/10.18502/kss.v8i17.14099

Syifa, T., Isnaeni, S., & Rosmala, A. (2020). Pengaruh jenis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (Brassica narinosa L.). Agroscript: Journal of Applied Agricultural Sciences, 2(1), 21–33.

Syukri, Abdurrachman, & Risky Ridha. (2020). Fisiensi Penggunaan Energi Matahari Padi Gogo (Oryza Satival.) Lokal Aceh Dengan Karakter Daun Berbeda. AGROSAMUDRA, 7(2), 32–37.

Tani Untung. (2023) Metode Pengairan yang Efektif dalam Budidaya Tanaman

Tenmau, C.A., Arsa, I.G.B.A. and Oematan, S.S. (2021) 'Effect of Plant Spacing on Growth and Yield of Soybean of Dena-1 and Dega-1 Varieties', Agrisa, 10(1), pp. 36–50.

Thomson, S. J. (2018). Precision agriculture and the role of remote sensing in crop management. Agricultural Systems, 165, 49-58. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.007

Toar, W. L., Rimbing, S., Pontoh, C., Untu, I. M., & Rumokoy, L. (2022). Peran Hama Gudang Terhadap Kualitas Pakan Ternak. Prosiding Seminar Teknologi Dan AGribisnis Peternakan IX, 11, 475–479.

Torsten Mandal. (t.t.). Sustainable Nutrient Management: Introduction to Concept, Strategies, and Principles. https://wikifarmer.com/library/en/article/sustainable-nutrient-management-introduction-to-concept-strategies-and-principles

Tovilode, A. J., & Moon, W. (2025). Impact of Institutional Quality and Research and Development (R&D) on Agricultural Productivity in Low-and Middle-Income Countries. Journal of Economic Analysis, 4(2), 36–53. https://doi.org/10.58567/jea04020003

Trigo, A., Marta-Costa, A. A., & Fragoso, R. (2021). Principles of Sustainable Agriculture: Defining Standardized Reference Points. Sustainability, 13(8), 4086. https://doi.org/10.3390/SU13084086

Trihastuti, D., Mulyana, I. J., Gunawan, I., & Hartanti, L. P. S. (2022). Sosialisasi dan pelatihan pangan organik bagi masyarakat umat paroki santo yosef kediri keuskupan surabaya. Jurnal Abdimas Musi Charitas, 6(2), 106-114. https://doi.org/10.32524/jamc.v6i2.550

Turnip, K. N. T. T. (2021). artikel INVENTARISASI JENIS HAMA DAN CARA PENGENDALIANNYA DI PEMBIBITAN KELAPA SAWIT (Elaeis guineensis Jacq.) PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IV DOLOK SINUMBAH. Biologica Samudra, 3(1), 87–93. https://doi.org/10.33059/jbs.v3i1.2414

Umami, S., Ketut Swirya Jaya, I., Darawati, M., Gde Narda Widiada, Dan I., Jurusan Gizi, A., Kemenkes Mataram, P., Jurusan Gizi, D., Jalan Praburangkasari Dasan Cermen, I., & Kota Mataram, S. (2018). Kajian Sifat Organoleptik Dan Masa Simpan Tempe Kedelai Dengan Beberapa Jenis Kemasan. In Jurnal Gizi Prima (Vol. 3, Issue 2).

Umami, S., Ketut Swirya Jaya, I., Darawati, M., Gde Narda Widiada, Dan I., Jurusan Gizi, A., Kemenkes Mataram, P., Jurusan Gizi, D., Jalan Praburangkasari Dasan Cermen, I., & Kota Mataram, S. (2018). Kajian Sifat Organoleptik Dan Masa Simpan Tempe Kedelai Dengan Beberapa Jenis Kemasan. In Jurnal Gizi Prima (Vol. 3, Issue 2).

Ume, C. O., Onah, O. G., Okpukpara, B., Chukwuma-Ume, N., Ukwuaba, I. C., Omeje, E. E. & Orazulike, O. (2023). Factors influencing smallholder adoption of organic agriculture in southeast geopolitical region of nigeria. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1173043

Umehruo, C. H., Owolabi, O. A., Aderounmu, B., Rotimi, M. O., & Osabuohien, E. S. (2022). Environmentally sustainable socio-economic welfare and agricultural employment: Evidence from ECOWAS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 993(1), 012006. https://doi.org/10.1088/1755-1315/993/1/012006

UMSU. (2023) Irigasi: Pentingnya Penyediaan dan Pengaturan Air untuk Pertanian

Usyati, N., Kurniawati, N., Ruskandar, A., & Rumasa, O. (2018). Populasi hama dan musuh alami pada tiga cara budidaya padi sawah di sukamandi. Agrikultura, 29(1), 35. https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i1.16924

Utami, R., Purnomo, H., & Purwatiningsih. (2014). Keanekaragaman Hayati Serangga Parasitoid Kutu Kebul (Bemisia Tabaci Genn) dan Kutu Daun (Aphid Spp.) pada Tanaman Kedelai. Jurnal Ilmu Dasar, 15(2), 81–89.

Van Capelle, C., Schrader, S., & Brunotte, J. (2012). Soil biota community shifts in minimum tillage fields. Applied Soil Ecology, 61, 279–288. doi:10.1016/j.apsoil.2012.06.012

Wang, L., & Zhang, Q. (2018). Sensor-based smart agriculture: State-of-the-art and future challenges. Sensors, 18(12), 4006. https://doi.org/10.3390/s18124006

Wang, X., Wu, X., Hua, Y., Li, Y., Ma, L., Gong, Y., Zhu, W., Xu, S., Xue, J., Qin, X., & Siddique, K. H. M. (2025). Optimizing maize production in the Guanzhong Region: An evaluation of density tolerance, yield, and mechanical harvesting characteristics in different maize varieties. European Journal of Agronomy, 164. https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127500

Wang, Y., Tang, L., & Z. (2020) 'Assessment methods of soybean seed quality and vigor: A review', Journal of Integrative Agriculture, 1, 45(1), p. 59. Available at: https://doi.org/10.21082/jti.v45n1.2021.59-67.

Wasukira, A., Walimbwa, K., Wobibi, S., Owere, L., Naziri, D., & Parker, M. (2017). Ware potato harvesting and storage techniques Guidelines for harvesting and storage management of ware potato Expanding Utilization of Roots, Tubers and Bananas and Reducing Their Postharvest Losses. http://www.rtb.cgiar.org/endure

Wheeler, T. R., et al. (2000). Temperature variability and the yield of annual crops. Agricultural Ecosystems & Environment, 82(1–3), 159–167.

Wibowo et.al (2021) 'engaruh Frekuensi Penyiangan terhadap Produktivitas Kedelai di Lahan Sawah Tadah Hujan', Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi, pp. 37–50. Available at: https://doi.org/10.5539/jas.v4n4p37.

Widaryanto, E., & Yasin, M. (2007). Pengaruh Waktu Penyiangan Terhadap Hasil Jagung. Agrivita, 29(2), 133–139.

Widestya et al. (2020). Comparing the Grain Yields of Direct-Seeded and Transplanted Rice: A Meta-Analysis. Agronomy, 9(11), 767. doi: 10.3390/agronomy9110767

Widyaningtias, L. A. M., Yudono, P., & Supriyanta, S. (2020). Identifikasi Karakter Morfologi Dan Agronomi Penentu Kehampaan Malai Padi (Oryza Sativa L.). Vegetalika, 9(2), 399. Https://Doi.Org/10.22146/Veg.50721

Wihardjaka, A., & Harsanti, E. S. (2021). Dukungan pupuk organik

Wilkes, L. H., & Smith, H. P. (2020). Mesin dan Peralatan Usahatani (Terjemahan). Gadjah Mada University Pr.

Wu, X., Yang, Y., Liu, C., Xu, G., Guo, Y., Liu, F., & Wang, Y. (2021). Sustainability of Regional Agroecological Economic System Based on Emergy Theory: A Case Study of Anhui Province, China. Sustainability, 13(15), 8317. https://doi.org/10.3390/su13158317

Wulandari, M. N., Nurmayasari, I., Yanfika, H., & Silviyanti, S. (2023). Faktor-faktor dan perilaku petani dalam pengelolaan usahatani padi organik di Kabupaten Lampung Tengah. Suluh Pembangunan: Journal of Extension and Development, 5(02), 123-137.

Wumbei, A., Gautier, S., Kwodaga, J., Joseph, D., & Galani, Y. (2022). State of the Art of Yam Production.

Xu, Y., Dai, P., & Zhou, J. (2023). Optimizing Rice Sowing Dates for High Yield and Climate Adaptation in Central China. Agronomy, 13(5), 1339. doi: 10.3390/agronomy13051339

Yadav, D. K., Singh, J., & Kumar, P. (2025). Precision Planting and Seeding: A Review of Technologies and Techniques. International Journal of Research in Agronomy, 8(4), 548–551. doi: 10.33545/2618060X.2025.v8.i4g.2830

Yanti, O., Yudiawati, E., & Setiono. (2024). Keanekaragaman Serangga pada Tanaman Padi Sawah (Oryza sativa L.) di Kecamatan Pangkalan Jambu kabupaten Merangin. Jurnal Sains Agro, 9(2), 72–86. https://doi.org/10.25130/sc.24.1.6

Yoshida, S., & Yagi, H. (2023). Effects of Sustainability Practices on Farm Continuity in Urban Agriculture: From the Creating Shared Value Perspective. Sustainability, 15(21), 15463. https://doi.org/10.3390/su152115463

Yuliatun, S., Ilmiah, M., Puspitasari, A. R., & Anggarani, M. A. (2023). Pengaruh Penggunaan Pupuk Silikat (Biosilac Dan Siabate) Terhadap Pertumbuhan Agrononi, Serapan Silika Dan Ketahanan Pada Serangan Hama Dan Penyakit Tanaman Tebu Varietas PSJK 922. Indonesian Sugar Research Journal, 3(1), 12–24. Https://Doi.Org/10.54256/Isrj.V3i1.92

Yuriansyah, Y., Dulbari, D., Sutrisno, H., & Maksum, A. (2020). Pertanian organik sebagai salah satu konsep pertanian berkelanjutan. PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(2), 127-132. https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v5i2.1033

Yusuf, H., Salihu, H., Aliyu, U., Gulumbe, A., & Saidu, G. (2024) 'Effect of Irrigation Interval on Growth and Forage Yield of Cowpea (Vignaunguiculata (L.) Walp.) Varieties Using Solar Pv Irrigation System in Sokoto, Nigeria.', International Journal of Research and Innovation in Applied Science. doi: https://doi.org/10.51584/ijrias.2024.90229.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal, 1(1), 22-32. https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328

Zhang, H., Zhang, J., & Liu, J. (2020). Remote sensing and UAV technology in disaster management and monitoring. Journal of Environmental Management, 262, 110337. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110337

Zhang, Y., Han, X., & Wang, J. (2017). Precision agriculture and crop management with the use of remote sensing and data mining. Computers and Electronics in Agriculture, 142, 31-43. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.022

Zhao, H., Zhang, L., & Zhang, J. (2019). Environmental sustainability in precision agriculture: A review. Science of the Total Environment, 689, 1446-1456. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.148

Zhou, Y., Zhang, X., & Wang, Z. (2016). Energy management in smart grids using big data analytics. Energy, 109, 238-249. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.009

Zukhruf, M. F., Sumartono, E., Mujiono, M., & Fariadi, H. (2023). Budidaya dan analisis pendapatan usaha tanaman sawi pahit (Brassica junceae L.) menggunakan eco enzyme. SINTA Journal (Science, Technology, and Agricultural), 4(2), 229-238. https://doi.org/10.37638/sinta.4.2.229-238

Zulfitri, A., Krishanti, N. P. R. A., Lestari, A. S., Meisyara, D., & Zulfiana, D. (2020). Efficacy of several entomopathogenic microorganism as microbial insecticide against insect pest on chili (Capsicum annum L.). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 572(1), 0–7. https://doi.org/10.1088/1755-1315/572/1/012020

Biodata Penulis

Titi Tricahyati, saat ini menjadi Dosen di Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada Juli 2024. Menyelesaikan pendidikan S-1 di Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada Januari 2020, dan melanjutkan pendidikan S-2 di Program Studi Ilmu Tanaman dengan Bahan Kajian Utama Proteksi Tanaman di Universitas Sriwijaya yang telah diselesaikan pada Agustus 2022. Menyelesaikan Pendidikan SD di SDN Talang-Taling pada tahun 2010, Pendidikan SMP di SMPN 1 Gelumbang pada tahun 2013, dan Pendidikan SMA di tahun 2016.

Mengampu mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Bakteriologi, Agripreneurship dan Ilmu Pertanian Dasar. Aktif menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah hama dan penyakit sejak tahun ketiga kuliah S-1, pernah menjadi Tenaga Pengajar di SMKN 1 Gelumbang. Penulis aktif menulis jurnal dan buku yang bertemakan hama dan penyakit tumbuhan.

E-mail: tricahyati.titi@fp.unsri.ac.id

M. Darmawan, SP., M.Si. Lahir di Barru, Sulawesi Selatan pada tanggal 30 Juni 1988 sebagai anak terakhir dari 8 bersaudara dari (Alm) M. Sanusi Abbas dan Ibu Hj. Sitti Hasmaeni. Penulis lulus pendidikan SD Negeri Unggulan Takkalasi tahun 2000, SLTP Negeri 2 Madello tahun 2003, dan MA Negeri 1 Makassar tahun 2006. Pendidikan Sarjana (S1) ditempuh di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin tahun 2006 dan lulus tahun 2010. Selama studi S1 penulis mendapatkan beasiswa dari Yayasan Amal Pertanian Indonesia (YAMPI). Penulis mendapatkan Beasiswa Unggulan Calon Dosen pada jenjang pendidikan Magister (S2) dari Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan di

Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2011 dan lulus tahun 2014. Penulis juga mendapatkan bantuan penelitian TESIS dari LPDP pada tahuan 2013. Lulus pendidikan Magister, penulis diterima menjadi dosen di Universitas Ichsan Gorontalo (UNISAN) dari tahun 2014 sampai 2021.

Penulis telah beberapa kali menerima hibah penelitian dan pengabdian baik dari Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan maupun dari Bappeda Kota Provinsi Gorontalo. Tahun 2021, penulis mendapatkan Beasiswa Pendidikan Indonesia untuk pendidikan Doktor (S3) pada Program Studi Ilmu Pertanian di Univeritas Hasanuddin (UNHAS), dan dari tahun 2021-sekarang penulis masih berstatus sebagai mahasiswa di Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin. Tahun 2022 sampai sekarang penulis merupakan Dosen ASN di Universitas Khairun Ternate Maluku Utara pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan, mulai dari mengajar perkuliahan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, mengikuti seminar nasional dan internasional, menulis jurnal nasional dan internasional terindeks Scopus, aktif menulis buku dan artikel di media massa nasional

Email : darmawanmuhammad95@gmail.com

Annisa Nur Ichniarsyah. Telah Menyelesaikan Studi Program Magister Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, IPB dengan topik tesis tentang Analisis Kebutuhan Torsi dan Desain Penjatah Pupuk Butiran Tipe Edge-Cell untuk Mesin Pemupuk Jagung. Saat ini, penulis adalah dosen tetap Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian (Polbangtan) Bogor, perguruan tinggi vokasi di bawah Kementerian Pertanian.

Mengampu mata kuliah Perbengkelan, Pengujian Mesin dan Peralatan Pertanian, Sistem Kontrol dan Otomasi, Gambar Teknik, dan mata kuliah teknis lainnya. Selama ini berperan aktif juga sebagai editor Jurnal Agroekoteknologi dan Agribisnis. Selain itu, penulis juga merupakan pengelola Korean Smart Greenhouse yang ada di Polbangtan Bogor.

E-mail: annisanur.ichniarsyah@gmail.com

Yuni Nurfiana. Telah Menyelesaikan Studi Program Magister Ilmu dan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian IPB dengan topik tesis tentang Priming benih buncis. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 di Universitas Trunojoyo Madura. Ia adalah dosen tetap program studi Agroekoteknologi, Fakultas Trunojoyo Madura.

Mengampu mata kuliah Teknologi Produksi Benih, Teknologi Produksi Bibit, Teknologi Produksi Tanaman, dan Agroklimatologi,

E-mail: yuni.nurfiana@trunojoyo.ac.id, yuninurfiana318@gmail.com

Dewi Andriani. Saat ini bekerja sebagai Dosen Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar Meulaboh, Aceh Barat. Sebelumnya menempuh Pendidikan Program S1 Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi dengan topik skripsi yakni Pertumbuhan Kelapa Sawit di Lahan Bekas Tambang Batubara. Kemudian melanjutkan studi S2 Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman Fakultas Pertanian di Institut Pertanian Bogor dengan topik skripsi tesis yakni Efektivitas Metode Seleksi pada Tanaman Sorgum. Mengampu mata kuliah Genetika Tanaman, Pemuliaan Tanaman, Kultur Jaringan dan Genetika Molekuler, Prinsip Bioteknologi dalam Pemuliaan Tanaman, Statistika Pertanian. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing mahasiswa, dan penelitian mengenai Pemuliaan Tanaman Sorgum di Lahan Gambut.

Sebelumnya Penulis telah menyusun dua buku referensi dengan judul Ekologi Tanaman dan Peranan Air dalam Tumbuhan, Pemuliaan Tananaman Modern dan tulisan ini merupakan buku referensi keempat dengan Judul E-mail: dewiandriani@utu.ac.id

La Ode Agisaqma, Lahir di Kota Kendari Prov. Sulawesi Tenggara. Menyelesaikan Pendidikan Tinggi S1 di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2011 dan melanjutkan pendidikan S2 Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Air di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2015. Saat ini adalah Dosen di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia. Selain berkarier menjadi dosen, penulis juga berkecimpung di dunia Jasa Konstruksi dan Konsultansi dengan menjadi Tenaga Ahli bidang Sumber Daya Air di beberapa Proyek Pemerintah dan Swasta.

Email : odeqma.17@gmail.com Hp/Wa : 081224225717.

Arsi, SP, M.Si, Lahir di Jungkal, Kecamatan Pampangan, kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan . Lulus dari Pendidikan S-1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2008, S-2 Ilmu Tanaman Bidang Kajian Umum Proteksi Tanaman Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2014. Penulis Sebagai Tenaga Pengajar S-1 Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan dari tahun 2015 sampai sekarang. Buku yang terbit tahun 2021 Judul Budidaya Tanaman Sehat Secara Organik, Pengantar Ekologi Serangga, Dasar-Dasar Perlindungan tanaman dan Agroklimatologi

Evan Purnama Ramdan lahir di Garut, 14 Mei 1988. Pendidikan S1 diperoleh dari Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Kemudian melanjutkan progam magister di Program Studi Fitopatologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Gelar Doktor diraih pada jurusan yang sama, Fitopatologi di Institut Pertanian Bogor. Riwayat pekerjaan dimulai dari tugas sebagai planting material staff, Research and Agronomi Departement, PT Pilar Wanapersada pada tahun 2014-2016. Selanjutnya bergabung sebagai staff pengajar di Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma. Penulis saat ini banyak menekuni bidang proteksi tanaman, terutama pengendalian penyakit tumbuhan dengan agens hayati.

Lizawati. Menyelesaikan Studi Program Doktor di program Studi Agronomi Institut Pertanian Bogor, dengan topik disertasi tentang Peningkatan Perakaran Bibit Manggis (Garcinia mangostana L.) melalui Inokulasi Agrobacterium rhizogenes. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S2 di IPB dan S1 di Universitas Jambi.

Tahun 1995 sampai sekarang sebagai dosen tetap Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas pertanian, Universitas Jambi. Mengampu mata kuliah S-1 dan S-2 di Program Studi Agroekoteknologi, yaitu Dasar-Dasar Agronomi, Biokimia Tanaman, Fisiologi Tanaman, Kultur Jaringan Tanaman, Konservasi Plasma Nutfah, dan Biofertilisasi. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing mahasiswa dan aktif melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarat.

Memperoleh 2 paten dan 4 Hak Cipta dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Republik Indonesia, dan publikasi di jurnal terindek scopus dan sinta dari kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang didanai dari program hibah institusi internal maupun eksternal.

E-mail: liza_wati@unja.ac.id

Yunnita Rahim, Lahir pada tanggal 25 juni 1979 di Kecamatan Kota timur Provinsi Gorontalo. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian di Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado Tahun 2006. Gelar Magister Pertanian diperoleh pada tahun 2015 di Fakultas Pertanian Program Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado. Sejak tahun 2008 sampai sekarang mengabdi sebagai dosen tetap di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo.

E-mail yunnita_rahim@ung.ac.id

Endang Krisnawati. Penulis dilahirkan di kota Medan pada tanggal 30 bulan Maret tahun 1969 Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Pemuliaan Tanaman, Universitas Sumatera Utara, dan Pendidikan Magister ditempuh di Program Studi Agronomi Universitas Negeri Surakarta. Saat ini Penulis bekerja sebagai Dosen di Politeknik Pembangunan Pertanian Bogor dan ditempatkan di Bogor. Penulis berprofesi sebagai dosen pada Program Studi Agribisnis Hortikultura yang mengampu pada beberapa Mata Kuliah diantaranya Produksi Tanaman Hias, Produksi Tanaman Fitofarmaka, Tanah dan Iklim, Pengantar Hortikultura, dan Produksi Benih Tanaman. E-mail: krisnawatistpp@gmail.com

Dr. Andi Rahayu Anwar, SP, M.Si lahir di Ujung Pandang, pada 3 Juni 1974. Mendapatkan gelar Sarjana Pertanian pada jurusan Agronomi di Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 1997 dan Magister Sains Jurusan Agribisnis pada tahun 2002 serta Doktor Ilmu Pertanian di Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada tanun 2023. Sejak tahun 2015 ia menjadi Dosen di Jurusan Agribisnis Universitas Muhammadiyah Makassar.

Silvana Apriliani, S.P., M.Si. Memulai kuliah S1 di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo lulus pada tahun 2013. Kemudian pada tahun 2015 melanjutkan studi di Institut Pertanian Bogor atau IPB University di Departemen Agronomi dan Hortikultura, dan lulus pada tahun 2017. Penulis saat ini aktif sebagai Dosen Asisten Ahli di Jurusan Agroteknologi, Fakultas pertanian, Universitas Negeri Gorontalo sejak tahun 2022. Serta mendapatkan tugas tambahan menjadi kepala laboratorium Teknologi produksi Tanaman Jurusan Agroteknologi Periode 2023-2027.

Mengampu mata kuliah Teknologi Budidaya Tanaman Hortikultura, Fisiologi Tanaman, Ekofisiologi Tanaman, Pertanian Organik dan Teknologi Budidaya Tanaman Perkebunan. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing Akademik dan pembimbing tugas akhir mahasiswa jurusan agroteknologi Fakultas Pertanian

E-mail: silvana@ung.ac.id

Sakinah Ahyani Dahlan merupakan dosen tetap di Universitas Negeri Gorontalo, Fakultas Pertanian, Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Brawijaya, Jurusan Keteknikan Pertanian, Minat Studi Teknik Bioproses dan program Magister di Institut Pertanian Bogor, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Program Studi Teknologi Pascapanen. Selama ini penulis telah mengampu mata kuliah yang berhubungan dengan pengolahan pascapenen hasil pertanian termasuk Teknologi Penyimpanan dan Pengemasan. Penulis terlibat aktif dalam program pengembangan sorgum serta upaya dalam menekan cendawan penghasil aflatoksin pada jagung di Gorontalo dan juga mengembangkan penelitian serta publikasi mengenai pengolahan hasil pertanian dan penyimpanan produk hasil pertanian.

Email: sakinahdahlan@ung.ac.id

Juniaty Arruan Bulawan. Telah menyelesaikan studi Program Magister Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 pada Jurusan dan Universitas yang sama. Beliau adalah dosen tetap Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Perikanan dan Peternakan Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Saat ini beliau sedang menempuh Pendidikan Doktoral pada Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin

Tahun 2022 beliau memperoleh sertifikat dari BNSP sebagai Fasilitator Pertanian Tanaman Organik, dan pada tahun 2024 juga memperoleh sertifikat kompetensi selaku Inspektor Pertanian Organik. Beliau aktif dalam melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat. Lolos dalam Program Kosabangsa pada Tahun 2024 dengan mengusung tema" Pemberdayaan Petani Padi Lokal Organik melaui Pembuatan Pupuk Organik Plus Agens Hayati, Teknologi Pengemasan dan Diversifikasi Produk di Desa Lamedai Kabupaten Kolaka merupakan wujud dedikasinya terhadap Pertanian Organik dalam bidang Pengabdian kepada Masyarakat.

Telah menulis beberapa buku pada bidang keilmuan pertanian dan bersama dengan beberapa penulis lainnya telah menerbitkan beberapa buku diantaranya Teknologi Perlindungan Tanaman Palawija Secara Ramah Lingkungan, Prospek Budidaya Singkong di Indonesia : Teknik Budidaya, Pengendalian Hama Penyakit dan Pengolahan Pasca Panen, Perlindungan Tanaman, Pengendalian Hayati, Ilmu Hama Tumbuhan Dasar, Sistem Pertanian Organik, dan Bioteknologi Pertanian dan buku ini adalah buku ke-9.

E-mail: juniatyusn@gmail.com

Jeconia Safrida Simarmata, Lahir di Jogyakarta merupakan mahasiswa Teknologi Industri Pertanian di Universitas Negeri Lampung.

Dr. Ir. Zulzain Ilahude, M.P. Dosen tetap di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Lulusan S1 Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado dan melanjutkan Studi S2 dan S3 di UGM Yogyakarta. Mengampu mata kuliah Dasar-dasar Ilmu Tanah, Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Biologi dan Fisika Tanah, dan Pertanian Organik Berkelanjutan.

Selama ini terlibat aktif sebagai Dosen Pembimbing Mahasiswa terkait dengan Inovasi Pertanian Organik dengan luaran produk Pupuk Organik ramah lingkungan. Aktif di organisasi Maporina (Masyarakat Petani Pertanian Organik Indonesia), Peragi (Perhimpunan Agronomi Indonesia), OKKPD (Otoritas Kompoten Keamanan Pangan Daerah), Perhimpi (Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia) tingkat Provinsi Gorontalo.

E-mail: zulzainilahude@ung.ac.id, zulzainilahude1@gmail.com

Teknik Budidaya Tanaman Pangan

Teknik budidaya tanaman pangan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk kegiatan persiapan tanam sampai dengan pasca panen. Tujuan budidaya tanaman pangan adalah untuk memaksimalkan hasil panen yang diperoleh agar berkualitas dan berproduksi secara maksimal, mencangkup pemeliharaan seperti pengendalian hama dan penyakit.

Buku ini membahas:

Bab 1 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
Bab 2 Tanaman Pangan Utama
Bab 3 Persiapan Lahan: Teknik Pengolahan Tanah
Bab 4 Teknik Penanaman dan Pemilihan Benih
Bab 5 Pemupukan: Jenis, Cara Aplikasi dan Jadwal
Bab 6 Pengenalan Budidaya Tanaman Pangan
Bab 7 Pengendalian Hama
Bab 8 Pengendalian Penyakit Tanaman
Bab 9 Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya Tanaman Pangan
Bab 10 Budidaya Tanaman Jagung
Bab 11 Budidaya Tanaman Kedelai
Bab 12 Budidaya Tanaman Kacang Kacangan
Bab 13 Teknik Panen Tanaman Pangan
Bab 14 Penanganan Pascapanen dan Penyimpanan Hasil
Bab 15 Budidaya Tanaman Pangan Organik
Bab 16 Budidaya Berkelanjutan dan Konservasi Tanah
Bab 17 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Budidaya

YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-113-898-9
9 786231 138989