



Lingkar Edukasi
Indonesia

Pasar AGRONOMI



Dr. Nining Haerani, S.P., M.P | Dr. Rahmawati Ning Utami, S.Pd., M.Si | Siti Mardhika Sari, S.P., M.P | Anita, S.P., M.Agr
Dr. Ir. Suratman Sudjud, S.P., M.P., I.P.M | Yuliatrri, S.P., M.P | Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si | Prof. Dr. Ir. Ince Raden, M.P
Yopa Dwi Mutia, S.P., M.P | Friskia Hanatul Qolby, M.P | Prof. Dr. Ir.Sulandjari, M.S | Novi Yulanda Sari, M.Sc

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M

DASAR AGRONOMI

Penulis:

Dr. Nining Haerani, S.P., M.P

Dr. Rahmawati Ning Utami, S.Pd., M.Si

Siti Mardhika Sari, S.P., M.P

Anita, S.P., M.Agr

Dr. Ir. Suratman Sudjud, S.P., M.P., I.P.M

Yuliatrri, S.P., M.P

Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si

Prof. Dr. Ir. Ince Raden, M.P

Yopa Dwi Mutia, S.P., M.P

Friskia Hanatul Qolby, M.P

Prof. Dr. Ir. Sulandjari, M.S

Novi Yulanda Sari, M.Sc



Lingkar Edukasi
Indonesia

LINGKAR EDUKASI INDONESIA

DASAR AGRONOMI

Penulis :

Dr. Nining Haerani, S.P., M.P | Dr. Rahmawati Ning Utami, S.Pd., M.Si
Siti Mardhika Sari, S.P., M.P | Anita, S.P., M.Agr
Dr. Ir. Suratman Sudjud, S.P., M.P., I.P.M | Yuliatrri, S.P., M.P
Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si | Prof. Dr. Ir. Ince Raden, M.P
Yopa Dwi Mutia, S.P., M.P | Friskia Hanatul Qolby, M.P
Prof. Dr. Ir. Sulandjari, M.S | Novi Yulanda Sari, M.Sc

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M

Penyunting: Saskia Putri Nabilla, S.Hum

Desain Sampul dan Tata Letak: Neza Sartika

Diterbitkan oleh :

Lingkar Edukasi Indonesia
Anggota IKAPI No. 058/SBA/2024
Kolam Janiah, Nagari Kudu Ganting
Kec. V Koto Timur, Kabupaten Padang Pariaman
Email : lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com
Website : www.lingkaredukasiindonesia.com

ISBN : 978-623-89681-7-6

Cetakan pertama, Januari 2025

© Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi, sebagian atau seluruh isi
buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Agronomi merupakan salah satu cabang ilmu pertanian yang memainkan peran penting dalam mendukung kebutuhan pangan, bahan baku, dan energi di dunia. Ilmu ini tidak hanya membahas teknik budidaya tanaman, tetapi juga bagaimana mengelola sumber daya alam secara bijak untuk menghasilkan produksi yang optimal dan berkelanjutan. Buku "*Dasar Agronomi*" hadir untuk memberikan pemahaman mendasar tentang prinsip-prinsip agronomi kepada para pembaca, baik yang baru mengenal dunia pertanian maupun yang ingin memperdalam pengetahuan mereka.

Buku ini disusun dengan harapan dapat menjadi jembatan bagi siapa saja yang ingin memahami konsep dasar agronomi, mulai dari karakteristik tanah, manajemen tanaman, hingga teknologi pertanian modern. Berbagai topik penting, seperti rotasi tanaman, pemupukan, pengelolaan air, dan konservasi tanah, disampaikan dengan bahasa yang mudah dipahami agar relevan untuk semua kalangan, termasuk pelajar, mahasiswa, dan praktisi pertanian.

Dalam penyusunan buku ini, berbagai sumber teori dan praktik diintegrasikan untuk memberikan gambaran yang utuh mengenai agronomi. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman teknis, tetapi juga mendorong pembaca untuk berpikir kritis mengenai tantangan dan peluang dalam dunia pertanian modern. Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi akademisi, petani, pengambil kebijakan, dan siapa pun yang peduli terhadap keberlanjutan sektor pertanian. Besar harapan agar buku ini dapat memberikan inspirasi untuk mengembangkan praktik agronomi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan adaptif terhadap perubahan zaman.

Makassar, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN, KONTRAK MATA KULIAH DAN RUANG	
LINGKUP DASAR AGRONOMI	1
A. Pendahuluan	1
B. Kontrak Mata Kuliah	9
C. Ruang Lingkup Dasar Agronomi	15
D. Relevansi Agronomi	18
DAFTAR PUSTAKA	21
BAB 2 PENGERTIAN, SUBJEK, SARANA DAN OBJEK AGRONOMI.	23
A. Pengertian Agronomi	23
B. Subjek Agronomi	29
C. Sarana Agronomi	35
D. Objek Agronomi	38
DAFTAR PUSTAKA	41
BAB 3 KAITAN AGRONOMI DENGAN BIDANG ILMU LAINNYA.....	45
A. Pendahuluan	45
B. Hubungan Antara Agronomi dengan Ilmu Ekologi	47
C. Hubungan Agronomi dengan Bioteknologi	50
DAFTAR PUSTAKA	57
BAB 4 PERKEMBANGAN PERTANIAN DI INDONESIA	59
A. Perspektif Alternatif tentang Pertanian Indonesia	60
B. Pembangunan Pertanian Berbasis Agroekologi	64
C. Dukungan Kebijakan Ekonomi Pertanian Berkelanjutan	66
D. Prospek Pembangunan Pertanian di Indonesia	66
DAFTAR PUSTAKA	70
BAB 5 PERANAN AGRONOMI UNTUK PENINGKATAN	
KESEJAHTERAAN MANUSIA.....	71
A. Pendahuluan	71

B.	Ketahanan Pangan	72
C.	Pengelolaan Tanah dan Nutrisi untuk Keberlanjutan.....	79
D.	Inovasi Teknologi dalam Agronomi	83
E.	Kontribusi Agronomi terhadap Mitigasi Perubahan Iklim	84
F.	Agronomi sebagai Solusi Kesejahteraan Sosial	86
DAFTAR PUSTAKA.....		88
BAB 6 ASAL DAN ASPEK TANAMAN		91
A.	Pendahuluan	91
B.	Asal Usul Tanaman	92
C.	Aspek Tanaman.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....		103
BAB 7 HUBUNGAN TANAH DAN LINGKUNGAN.....		105
A.	Pendahuluan	105
B.	Tanah sebagai Media Tumbuh Tanaman	106
C.	Ketersediaan Unsur Hara dalam Tanah.....	109
D.	Unsur Hara dalam Tanah	114
E.	Penyerapan Unsur Hara oleh Tanaman.....	118
F.	Kesuburan Tanah dan Pemupukan.....	122
G.	Penutup	126
DAFTAR PUSTAKA.....		127
BAB 8 PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN		129
A.	Pendahuluan	129
B.	Pertumbuhan Tanaman.....	129
C.	Perkembangan Tanaman	130
D.	Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	131
E.	Fase-Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman	135
F.	Tipe-Tipe Pertumbuhan Tanaman.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....		141
BAB 9 ANALISIS TUMBUH TANAMAN.....		145
A.	Pendahuluan	145
B.	Fase-Fase Pertumbuhan Tanaman	146
C.	Parameter Pertumbuhan Tanaman.....	152
D.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman	157
DAFTAR PUSTAKA.....		161

BAB 10 PERBANYAKAN TANAMAN.....	163
A. Pendahuluan	163
B. Perbanyak Tanaman secara Generatif.....	164
C. Perbanyak Tanaman secara Vegetatif	168
DAFTAR PUSTAKA	178
BAB 11 TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN	179
A. Pendahuluan	179
B. Dasar Ilmu Tanaman.....	180
C. Teknik Budidaya Tanaman	182
D. Pemeliharaan Tanaman.....	185
E. Teknologi Pengendalian Hama, Penyakit dan Gulma.....	189
F. Panen dan Pasca Panen	191
G. Teknik Budidaya Tanaman pada Tanah Marginal.....	192
DAFTAR PUSTAKA	195
BAB 12 POLA DIVERSIFIKASI TANAMAN.....	197
A. Pengertian Diversifikasi Tanaman.....	197
B. Tantangan Pengembangan Pola Diversifikasi Tanaman.....	199
C. Beberapa Pola Diversifikasi Tanaman serta Implementasinya	201
DAFTAR PUSTAKA	209
BIOGRAFI PENULIS	211

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Skema latar belakang mempelajari, arti dan tujuan agronomi	4
Gambar 5. 1 Kerangka Konsep Ketahanan Pangan dan Gizi.....	74
Gambar 6. 1 Proses Domestikasi Tanaman Jangung.....	93
Gambar 6. 2 Proses Perubahan Bentuk dan Ukuran Bonggol dari Tongkol Jagung Selama Proses Domestikasi.....	93
Gambar 6. 3 Tekanan seleksi telah menghasilkan enam sayuran terpisah dari suatu spesies tunggal Brassica oleraceae. Seleksi untuk bagian-bagian yang membesar.	94
Gambar 12. 1 Tumpang Sari Cabe dan Tomat	202
Gambar 12. 2 Tumpang sari tanaman kelapa sawit fase TBM dengan terong dan cabe rawit.....	202
Gambar 12. 3 Berbagai cara tanaman penutup (<i>cover crops</i>) meningkatkan Kesehatan tanah	206
Gambar 12. 4 Keterkaitan dan daur unsur hara pada sistem integrasi tanaman-ternak.....	208

DAFTAR TABEL

Tabel 5. 1 <i>Cut off</i> Point Indeks Ketahanan Pangan	75
Tabel 5. 2 Kelompok IKP Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara	76
Tabel 5. 3 Estimasi Pangan Tersedia, Luas Panen, Produksi dan Jumlah Penduduk.....	78
Tabel 10. 1 Kandungan air beberapa biji/ benih tanaman pada saat panen dan untuk penyimpanan 5-10 tahun	165

BAB 1

PENDAHULUAN, KONTRAK MATA KULIAH DAN RUANG LINGKUP DASAR AGRONOMI

Oleh: Dr. Nining Haerani, S.P., M.P

A. Pendahuluan

Agronomi adalah ilmu yang mempelajari segala aspek tentang produksi tanaman untuk memenuhi kebutuhan pangan, serat, bahan bakar, dan bahan mentah lainnya secara berkelanjutan. Dalam agronomi, aspek biologi tanaman, tanah, lingkungan, dan teknologi dibahas secara mendalam untuk mengoptimalkan hasil produksi dengan tetap menjaga keberlanjutan ekosistem.

Agronomi berperan penting dalam mencapai ketahanan pangan serta menjaga keseimbangan lingkungan (Rai, 2018). Dengan metode agronomi yang tepat, praktik-praktik seperti pemilihan varietas tanaman unggul, teknik pemupukan, pengendalian hama, serta penggunaan sumber daya secara efisien dapat dilakukan. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan hasil panen sekaligus mempertahankan kesehatan lingkungan (Hariyadi *et al.*, 2019).

Secara keseluruhan, dasar agronomi adalah fondasi untuk memahami bagaimana interaksi antara tanaman, tanah, dan lingkungan dapat dimanfaatkan untuk mencapai produktivitas yang tinggi dan berkelanjutan dalam pertanian (Wardani *et al.*, 2022). Ini mencakup praktik ilmiah dan teknologi yang mendukung ketahanan pangan global, pemanfaatan sumber daya secara efisien, serta keberlanjutan lingkungan.

1. Pentingnya Pertanian dalam Kehidupan Manusia

Pertanian bukan hanya sekadar kegiatan ekonomi, tetapi merupakan fondasi yang mendukung kehidupan manusia di berbagai aspek. Dari penyediaan pangan hingga pengembangan sosial dan ekonomi, pertanian memiliki peran krusial dalam membentuk masa depan yang berkelanjutan dan sejahtera bagi Masyarakat (Soetriono, 2003). Dengan memahami pentingnya pertanian, kita dapat lebih menghargai kontribusinya dan mendorong praktik yang mendukung keberlanjutannya.

Pertanian merupakan sumber utama makanan bagi manusia. Produksi pangan yang cukup sangat penting untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dan kesehatan masyarakat. Ketahanan pangan yang baik dapat mengurangi risiko kelaparan dan meningkatkan kualitas hidup.

Pertanian berkontribusi signifikan terhadap ekonomi, terutama di negara berkembang. Sektor ini menciptakan lapangan kerja bagi jutaan orang, baik di bidang produksi, distribusi, maupun pemasaran. Pendapatan dari sektor pertanian juga mendukung perekonomian lokal dan nasional (Nadzirah, 2020). Dalam bidang sosial, pertanian berperan dalam membangun komunitas (Rachman and Susilowati, 2020). Kegiatan pertanian sering kali menjadi basis interaksi sosial dan budaya (Purba *et al.*, 2020). Pertanian juga mendukung keberadaan tradisi dan kearifan lokal yang penting bagi identitas masyarakat. Pertanian berhubungan erat dengan sektor lain, seperti industri makanan, kesehatan, dan lingkungan. Keberlanjutan pertanian mempengaruhi stabilitas ekonomi dan sosial, serta kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

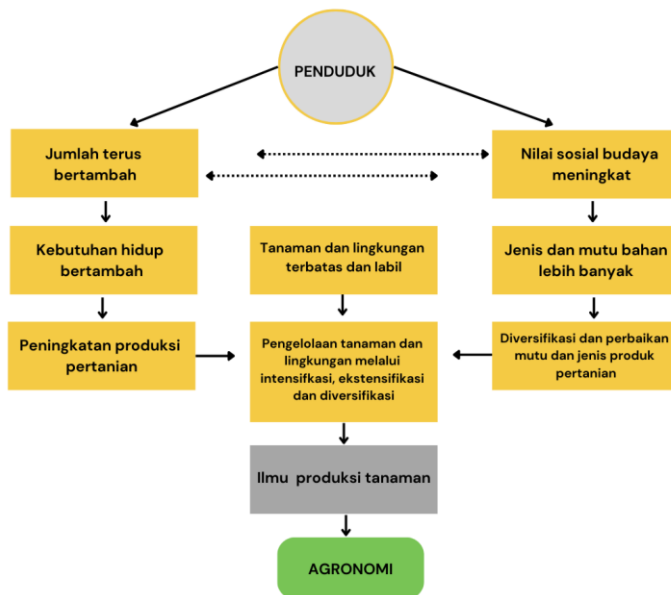
Dalam menunjang konservasi lingkungan, Praktik pertanian berkelanjutan dapat membantu konservasi sumber daya alam. Misalnya, pertanian organik dan agroforestri mendukung keanekaragaman hayati, memperbaiki kualitas tanah, dan menjaga siklus air (Lagiman, 2020). Pertanian juga berperan dalam pendidikan dan meningkatkan kesadaran akan isu-isu lingkungan. Melalui program pendidikan pertanian, masyarakat dapat belajar tentang praktik berkelanjutan dan pentingnya menjaga ekosistem.

Pertanian juga mendorong perkembangan inovasi dan teknologi. Dari penggunaan varietas unggul hingga teknologi informasi dalam manajemen pertanian, inovasi membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas, serta mengatasi tantangan seperti perubahan iklim dan keterbatasan lahan. Pertanian yang produktif dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dengan akses ke pangan yang cukup dan bergizi, serta pendapatan yang stabil dari hasil pertanian, kualitas hidup masyarakat dapat meningkat.

2. Peran Agronomi dalam Meningkatkan Produktivitas Pertanian

Peran agronomi dalam meningkatkan produktivitas pertanian sangat signifikan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang tanah, tanaman, dan teknik budidaya, agronomi dapat membantu petani mengatasi tantangan yang dihadapi dalam produksi pangan (Sastrosupadi, Widowati and Krismawati, 2018). Melalui penerapan prinsip-prinsip agronomi, produktivitas pertanian dapat ditingkatkan secara berkelanjutan, mendukung ketahanan pangan, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Terutama dalam hal-hal terkait produksi tanaman seperti ilmu tanah, pemilihan varietas unggul, pengelolaan air irigasi, Teknik budidaya yang efisien, pengendalian hama penyakit, aplikasi teknologi pertanian dan bagaimana mengembangkan sistem pertanian berkelanjutan.

Agronomi mempelajari sifat-sifat tanah dan cara mengelolanya. Dengan pemahaman yang baik tentang struktur, tekstur, dan nutrisi tanah, petani dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk dan memperbaiki kesuburan tanah, sehingga meningkatkan hasil panen. Dalam ilmu agronomi juga menyediakan metode irigasi yang efisien dan teknik pengelolaan air yang tepat. Dengan manajemen irigasi yang baik, tanaman dapat tumbuh optimal, bahkan di daerah yang memiliki curah hujan rendah, dengan mengintegrasikan teknologi pertanian modern seperti irigasi tetes. sensor untuk pemantauan tanah dan tanaman, serta penggunaan drone dan sistem informasi geografis (GIS). Teknologi ini membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat dan meningkatkan efisiensi operasional.



Gambar 1. 1 Skema latar belakang mempelajari, arti dan tujuan agronomi

Melalui pemuliaan tanaman, agronomi mengembangkan varietas unggul yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Penggunaan varietas ini dapat meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman. Dalam ilmu gronomi juga mengembangkan berbagai teknik budidaya, seperti rotasi tanaman, penggunaan mulsa, dan penanaman berkelanjutan. Teknik-teknik ini dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi risiko hama, yang pada gilirannya berkontribusi pada produktivitas yang lebih tinggi. Begitu juga strategi pengendalian hama dan penyakit yang efisien, termasuk penggunaan pestisida secara bijaksana dan metode pengendalian hayati, sangat penting untuk menjaga kesehatan tanaman. Agronomi memberikan panduan untuk mengurangi kerugian akibat serangan hama dan penyakit.

Agronomi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan yang menjaga keseimbangan ekosistem. Dengan menerapkan teknik

pertanian yang ramah lingkungan, produktivitas dapat ditingkatkan tanpa merusak sumber daya alam.

a. Sejarah singkat agronomi

Sejarah agronomi berawal dari masa ketika manusia pertama kali mulai bercocok tanam, yang dikenal sebagai Revolusi Pertanian sekitar 10.000 tahun yang lalu. Saat itu, manusia mulai meninggalkan gaya hidup nomaden dan beralih ke pola hidup menetap dengan mengelola tanah untuk produksi pangan. Revolusi ini terjadi di berbagai belahan dunia, termasuk di Mesopotamia, Mesir, dan Asia, di mana tanaman seperti gandum, jagung, dan padi pertama kali dibudidayakan.

Pada Abad Pertengahan, pertanian tetap menjadi aktivitas utama yang mendukung ekonomi masyarakat. Namun, teknik budidaya masih sederhana dan belum banyak didukung oleh pengetahuan ilmiah. Baru pada abad ke-18, terjadi perubahan besar dalam agronomi saat Revolusi Pertanian kedua atau *Agricultural Revolution* dimulai di Eropa. Perkembangan teknologi pertanian seperti penggunaan alat bajak dan teknik rotasi tanaman mulai diperkenalkan, yang memungkinkan peningkatan hasil produksi (Hariyadi *et al.*, 2019).

Memasuki abad ke-19, agronomi semakin berkembang sebagai ilmu pengetahuan, didorong oleh Revolusi Industri yang menghasilkan alat-alat mekanis seperti traktor. Ilmuwan seperti Justus von Liebig mengembangkan teori tentang kebutuhan nutrisi tanaman, yang menjadi dasar dari ilmu pemupukan. Pada akhir abad ke-19, praktik-praktik agronomi mulai didasarkan pada analisis ilmiah yang terstruktur.

Pada abad ke-20, agronomi mengalami lompatan besar dengan munculnya Revolusi Hijau (*Green Revolution*) pada tahun 1940-an hingga 1960-an. Ilmuwan seperti Norman Borlaug mengembangkan varietas tanaman unggul dan teknologi pertanian baru, seperti irigasi modern dan pestisida, yang secara signifikan meningkatkan produktivitas pangan, terutama di negara-negara berkembang (Wardani *et al.*, 2022).

Saat ini, agronomi berfokus pada praktik pertanian berkelanjutan dengan memperhatikan aspek ekologi dan sosial. Teknologi modern seperti genetika tanaman, bioteknologi, serta penggunaan data satelit dan kecerdasan buatan (AI) untuk pemantauan lahan turut memajukan agronomi sebagai ilmu yang tidak hanya meningkatkan hasil pertanian, tetapi juga menjaga keseimbangan lingkungan.

Kontribusi para ilmuwan dan inovasi dalam bidang agronomi sangat berpengaruh dalam memajukan produksi pangan global serta menjaga keberlanjutan sumber daya alam. Berikut ini adalah beberapa ilmuwan dan inovasi penting yang memberikan kontribusi signifikan pada bidang agronomi:

- 1) Justus von Liebig (1803–1873)
Dikenal sebagai "Bapak Ilmu Pupuk", Justus von Liebig adalah seorang kimiawan Jerman yang mengembangkan teori bahwa tanaman membutuhkan unsur-unsur kimia seperti nitrogen, fosfor, dan kalium untuk tumbuh dengan baik. Penemuannya ini mendorong pengembangan pupuk kimia, yang hingga kini menjadi fondasi penting dalam agronomi dan produksi tanaman. Prinsip Liebig tentang "hukum minimum" menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman terbatas oleh elemen yang paling sedikit tersedia, yang menjadi dasar bagi teknik pemupukan yang lebih efektif.
- 2) Norman Borlaug (1914–2009)
Norman Borlaug adalah ilmuwan pertanian Amerika yang dikenal sebagai "Bapak Revolusi Hijau". Ia mengembangkan varietas gandum semi-kerdil yang tahan terhadap penyakit dan memiliki produktivitas tinggi. Varietas ini berhasil meningkatkan produksi pangan di banyak negara berkembang, terutama di Meksiko, India, dan Pakistan, sehingga mengurangi kelaparan global. Keberhasilan ini kemudian dikenal sebagai *Green Revolution*, yang membawa perubahan besar pada agronomi modern dengan

memfokuskan pada peningkatan hasil panen melalui teknologi dan varietas unggul.

- 3) George Washington Carver (1864–1943)
George Washington Carver, ilmuwan agronomi Amerika, memberikan kontribusi besar pada pertanian dengan teknik rotasi tanaman. Ia mendorong petani di Amerika Serikat untuk menanam kacang tanah, kedelai, dan tanaman polong-polongan lainnya sebagai tanaman rotasi untuk memperbaiki kesuburan tanah, khususnya setelah penanaman kapas. Pendekatan ini tidak hanya memperbaiki tanah yang tandus, tetapi juga memberikan petani sumber pendapatan alternatif, mendorong keberlanjutan, dan menambah kesuburan tanah dengan nitrogen alami.
- 4) Inovasi Teknologi Genetik dan Bioteknologi
Dalam beberapa dekade terakhir, agronomi telah didukung oleh kemajuan dalam bioteknologi, seperti rekayasa genetika untuk menciptakan tanaman transgenik yang tahan terhadap hama, penyakit, dan kondisi iklim ekstrem (Wardani *et al.*, 2022). Teknologi ini memungkinkan pengembangan varietas tanaman dengan karakteristik spesifik, seperti padi tahan banjir atau jagung tahan kekeringan, yang sangat bermanfaat di daerah dengan tantangan lingkungan tertentu.
- 5) Pemanfaatan Data dan Teknologi Digital
Teknologi modern seperti penggunaan satelit, sensor tanah, dan kecerdasan buatan telah membuka jalan bagi pertanian presisi (*precision farming*), yang memungkinkan petani memantau kesehatan tanaman, kondisi tanah, dan penggunaan air secara real-time. Teknologi ini membantu mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida serta meningkatkan efisiensi produksi dengan menganalisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat. Kontribusi para ilmuwan dan inovasi ini tidak hanya meningkatkan produksi pangan global, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi dampak lingkungan dan menjaga keseimbangan ekosistem.

b. Tantangan yang dihadapi sektor pertanian saat ini

Sektor pertanian saat ini menghadapi berbagai tantangan kompleks yang saling terkait. Dari perubahan iklim hingga urbanisasi, tantangan ini membutuhkan pendekatan yang terintegrasi dan inovatif untuk mencapai ketahanan pangan dan keberlanjutan (Sastrosupadi, Widowati and Krismawati, 2018). Menghadapi tantangan-tantangan ini memerlukan kolaborasi antara petani, pemerintah, peneliti, dan masyarakat untuk mengembangkan solusi yang efektif dan berkelanjutan.

Beberapa tantangan yang dihadapi sektor pertanian (Hammada, 2024):

1) Perubahan iklim

Perubahan iklim menyebabkan peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan, yang mengakibatkan ketidakpastian dalam hasil panen. Tanaman tertentu mungkin tidak dapat bertahan dalam kondisi cuaca ekstrem. Peningkatan frekuensi bencana alam, seperti cuaca ekstrem seperti banjir, kekeringan, dan badai menjadi lebih sering, mengakibatkan kerusakan infrastruktur pertanian dan kehilangan hasil panen.

2) Urbanisasi

Pertumbuhan kota dan urbanisasi mengurangi luas lahan pertanian yang tersedia, menyebabkan hilangnya sumber pangan lokal. Urbanisasi sering mengakibatkan persaingan untuk sumber daya seperti air dan tanah, yang dapat mengurangi kemampuan petani untuk memproduksi makanan.

3) Degradasi Lingkungan

Praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, seperti penggunaan pestisida dan pupuk secara berlebihan, dapat merusak kualitas tanah, mengurangi kesuburan dan produktivitas. Selain itu, penggunaan air yang berlebihan untuk pertanian menyebabkan penurunan cadangan air tanah dan mengancam keberlanjutan sumber daya air.

- 4) **Perubahan Demografi**
Pertumbuhan populasi dan perubahan pola konsumsi pangan mempengaruhi permintaan jenis makanan tertentu, memerlukan adaptasi cepat dari petani. Perubahan demografi juga mengakibatkan kekurangan tenaga kerja. Banyak generasi muda beralih dari pertanian ke sektor lain, menyebabkan kekurangan tenaga kerja yang terampil dalam pertanian.
- 5) **Ekonomi dan Pasar**
Adanya fluktuasi harga pada komoditas pertanian seringkali tidak stabil, membuat petani kesulitan dalam perencanaan keuangan dan investasi di masa depan. Selain itu petani kecil sering mengalami kesulitan dalam mengakses pasar yang lebih luas, baik karena infrastruktur yang buruk maupun karena kurangnya informasi pasar.
- 6) **Teknologi dan Inovasi**
Petani di daerah terpencil seringkali tidak memiliki akses ke teknologi modern yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Tantangan dalam adopsi teknologi baru, seperti pertanian presisi dan bioteknologi, dapat menghambat peningkatan hasil pertanian.
- 7) **Kesehatan dan Keberlanjutan**
Penyebaran hama dan penyakit yang lebih cepat akibat perubahan iklim dapat menyebabkan kerugian besar dalam hasil pertanian. Transisi menuju praktik pertanian yang lebih berkelanjutan masih menghadapi resistensi karena biaya awal dan kebutuhan untuk pendidikan.

B. Kontrak Mata Kuliah

Kontrak perkuliahan dalam mata kuliah "Dasar Agronomi" adalah kesepakatan yang dibuat antara dosen dan mahasiswa mengenai tujuan pembelajaran, metode pengajaran, evaluasi, serta hak dan kewajiban masing-masing pihak selama masa perkuliahan (Junaidi, 2020). Tujuan dari kontrak ini adalah untuk menciptakan suasana belajar yang kondusif, terarah, dan mendukung keberhasilan proses

pembelajaran. Berikut adalah poin-poin utama yang biasanya disepakati dalam kontrak perkuliahan dasar agronomi:

1. Tujuan Pembelajaran

Mata kuliah "Dasar Agronomi" bertujuan untuk memberikan pemahaman fundamental mengenai ilmu agronomi yang mencakup interaksi tanaman, tanah, air, iklim, dan teknologi pertanian. Setelah mengikuti perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan memahami konsep-konsep dasar agronomi, metode pengelolaan tanaman dan tanah, serta cara penerapannya dalam produksi pangan yang berkelanjutan.

Dengan memahami prinsip-prinsip dasar agronomi ini, seorang agronom atau petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengelola lahan dan tanaman agar produktivitasnya tinggi serta tetap ramah lingkungan. Prinsip-prinsip ini juga membantu mengembangkan praktik pertanian yang tangguh dan adaptif terhadap perubahan iklim dan kebutuhan masyarakat yang terus berkembang (Wardani *et al.*, 2022).

Memahami prinsip dasar agronomi melibatkan pemahaman mendalam tentang berbagai aspek yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, produktivitas lahan, dan teknik yang digunakan untuk mencapai hasil pertanian yang optimal dengan tetap menjaga keberlanjutan ekosistem (Rai, 2018). Prinsip dasar ini mencakup beberapa konsep kunci sebagai berikut:

a. Interaksi Tanaman dan Lingkungan

Tanah adalah media tumbuh utama bagi tanaman, dan memahami sifat fisika, kimia, serta biologi tanah sangat penting dalam agronomi. Agronomi mempelajari komposisi tanah, kemampuan tanah menyimpan air, kandungan hara, serta keseimbangan pH tanah untuk mendukung tanaman. Ketersediaan dan pengelolaan air adalah faktor utama dalam pertanian (Sastrosupadi, Widowati and Krismawati, 2018). Agronomi mencakup teknik irigasi yang efisien, pemanfaatan air hujan, dan pengelolaan air untuk meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman dan mencegah kerusakan akibat kekeringan atau kelebihan air (Noviar *et al.*,

2023). Faktor iklim seperti suhu, curah hujan, dan intensitas sinar matahari mempengaruhi pola pertumbuhan tanaman. Pemahaman akan iklim membantu agronom menentukan waktu tanam, memilih jenis tanaman, dan melakukan adaptasi untuk menghadapi kondisi lingkungan tertentu.

b. Pengelolaan Tanaman yang Efisien

Setiap tanaman memiliki kebutuhan spesifik terhadap kondisi lingkungan dan sumber daya tertentu. Pemilihan varietas yang sesuai dan unggul sangat penting dalam agronomi untuk mencapai hasil panen maksimal di kondisi tertentu. Tanaman membutuhkan unsur hara utama seperti nitrogen, fosfor, dan kalium untuk tumbuh dengan baik. Pemupukan yang efisien, baik dengan pupuk organik maupun kimia, perlu diperhitungkan sesuai dengan jenis tanaman, tahap pertumbuhan, dan kondisi tanah. Hama dan penyakit dapat mengurangi produktivitas tanaman secara signifikan. Dalam agronomi, metode pengendalian hama yang ramah lingkungan, seperti rotasi tanaman, penggunaan pestisida alami, atau pemanfaatan musuh alami, digunakan untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

c. Teknologi Pertanian dan Inovasi

Penggunaan alat dan teknologi, seperti alat pengolahan tanah, traktor, dan mesin panen, dapat meningkatkan efisiensi kerja serta hasil produksi. Teknologi modern juga mencakup penggunaan sensor, data satelit, dan aplikasi digital untuk membantu pengambilan keputusan di lapangan. Pertanian presisi mengintegrasikan data tentang kondisi tanah, cuaca, dan tanaman untuk memaksimalkan hasil dengan sumber daya minimal. Dengan teknologi ini, petani bisa mengoptimalkan pemupukan, penyiraman, dan penanaman secara lebih akurat.

d. Keberlanjutan Pertanian

Dalam agronomi, konsep keberlanjutan menekankan praktik yang menjaga kesehatan ekosistem, seperti penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan teknik konservasi air. Penggunaan metode ini membantu mempertahankan kesuburan tanah dan

mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Agronomi juga menitikberatkan pada konservasi tanah dan air sebagai sumber daya utama dalam pertanian. Teknik seperti pengelolaan tanah konservasi, pembuatan terasering, dan pengendalian erosi tanah bertujuan untuk menjaga produktivitas jangka panjang.

e. Analisis dan Kajian Berbasis Ilmu Pengetahuan

Agronomi adalah bidang yang terus berkembang, di mana riset terus dilakukan untuk memahami cara terbaik meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Kajian ini mencakup pengembangan varietas tanaman baru, teknik irigasi, serta metode pengelolaan hama yang inovatif. Rekayasa genetika dan bioteknologi telah memungkinkan pengembangan tanaman yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, dan perubahan iklim. Pemahaman ini memungkinkan petani untuk memilih varietas yang paling sesuai dengan kebutuhan dan tantangan lokal.

2. Metode Pengajaran

a. Kuliah Tatap Muka

Salah satu komponen penting dalam kuliah tatap muka mata kuliah "Dasar Agronomi" adalah penanaman etika profesi dan prinsip keberlanjutan dalam praktik agronomi. Mahasiswa dibekali dengan pemahaman tentang pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi dampak lingkungan negatif, serta mendukung ketahanan pangan secara bertanggung jawab. Diskusi tentang etika ini memberikan landasan yang kokoh bagi mahasiswa untuk memahami tanggung jawab profesional sebagai ahli agronomi di masa depan.

Secara keseluruhan, kuliah tatap muka dalam mata kuliah dasar agronomi bertujuan untuk memperkenalkan mahasiswa pada konsep agronomi dengan pendekatan yang komprehensif, interaktif, dan relevan dengan kondisi lapangan. Metode ini diharapkan dapat membekali mahasiswa dengan pemahaman teoretis dan keterampilan praktis untuk mengaplikasikan prinsip-prinsip agronomi dalam praktik pertanian dan kajian lanjutan.

Kuliah tatap muka memberikan penjelasan teori dasar mengenai prinsip agronomi yang meliputi aspek fisika, kimia, dan biologi dalam pertanian. Kuliah tatap muka dalam mata kuliah "Dasar Agronomi" merupakan metode pembelajaran langsung antara dosen dan mahasiswa yang memungkinkan adanya interaksi aktif, diskusi, serta pemahaman mendalam terhadap materi agronomi dasar.

Kuliah tatap muka berfungsi sebagai media untuk menyampaikan konsep dan teori utama dalam agronomi, seperti interaksi antara tanaman, tanah, air, dan iklim. Dalam setiap pertemuan, dosen menjelaskan berbagai aspek yang berkaitan dengan dasar agronomi, seperti fisiologi tanaman, ilmu tanah, irigasi dan pengelolaan air serta pengendalian hama penyakit. Penjelasan teori ini membantu mahasiswa memahami landasan ilmiah agronomi sehingga mereka dapat menerapkannya dalam praktik atau kajian lebih lanjut.

b. Diskusi Kelompok

Mendorong mahasiswa untuk saling bertukar ide dan memecahkan masalah terkait praktik agronomi. Kuliah tatap muka memungkinkan diskusi aktif antara mahasiswa dan dosen. Sesi diskusi membantu memperkuat pemahaman mahasiswa serta memberi ruang untuk bertanya dan mengklarifikasi materi yang sulit atau kurang dipahami. Dalam diskusi ini, mahasiswa didorong untuk mengajukan pertanyaan dan berdiskusi tentang masalah nyata dalam agronomi. Berkontribusi dengan pendapat atau pandangan mereka terkait solusi atas masalah-masalah agronomi. Melibatkan diri dalam analisis kritis tentang praktik dan teknik agronomi yang dipelajari. Interaksi ini mendorong pembelajaran yang lebih partisipatif, di mana mahasiswa tidak hanya menerima materi tetapi juga ikut berpikir kritis dan mencari solusi.

c. Praktikum Lapangan

Mengaplikasikan teori dengan kegiatan lapangan yang bertujuan mengenalkan mahasiswa pada teknik pengelolaan tanaman dan

tanah secara langsung. Pengembangan keterampilan praktis ini memperkaya pengalaman mahasiswa dengan berbagai metode dan teknik agronomi yang bisa diaplikasikan di lapangan. aktivitas simulasi atau latihan langsung untuk memperkenalkan mahasiswa pada teknik dasar dalam agronomi, seperti simulasi pengukuran tanah dan air, teknik dasar untuk memahami kadar pH tanah, kelembaban tanah, dan kebutuhan air bagi tanaman. Simulasi teknik pemupukan berdasarkan kebutuhan tanaman dan kondisi tanah yang berbeda dan pengelolaan tanaman berkelanjutan.

d. Studi Kasus dan Analisis Jurnal

Meningkatkan kemampuan analitis mahasiswa dalam memahami perkembangan terbaru di bidang agronomi melalui artikel ilmiah atau kasus nyata. Dalam kuliah tatap muka, dosen sering menyajikan studi kasus yang terkait dengan masalah-masalah agronomi di lapangan, seperti degradasi tanah, tantangan pengelolaan air, atau serangan hama pada tanaman tertentu. Studi kasus ini membantu mahasiswa mengaitkan teori dengan situasi nyata, sehingga mereka dapat mengembangkan keterampilan analitis dan problem-solving dalam menghadapi permasalahan agronomi yang beragam.

Pembahasan studi kasus ini mencakup analisis kondisi lapangan, identifikasi masalah, serta pendekatan teknis yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Pada kuliah tatap muka, dosen juga memberikan tugas dan evaluasi ringan, seperti kuis, soal diskusi, atau tugas membaca jurnal ilmiah untuk memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap materi. Evaluasi dalam bentuk diskusi kelompok, presentasi, atau ujian kecil membantu menilai pemahaman serta melatih kemampuan analitis mahasiswa terhadap materi yang diajarkan.

e. Evaluasi dan Penilaian

Evaluasi dalam mata kuliah ini mencakup beberapa aspek, antara lain kehadiran dan partisipasi aktif, tugas dan laporan praktikum (penilaian berdasarkan tugas tertulis, laporan hasil praktikum

lapangan, atau analisis studi kasus). Untuk mengukur pemahaman mahasiswa terhadap materi awal yang telah diajarkan dilakukan Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS).

f. Sanksi Akademik

Dalam kontrak ini juga dijelaskan sanksi untuk pelanggaran seperti ketidakhadiran tanpa alasan, keterlambatan pengumpulan tugas, dan pelanggaran etika akademik, termasuk plagiarisme. Sanksi ini dapat berupa pengurangan nilai, peringatan, hingga pengulangan mata kuliah. Kontrak perkuliahan dasar agronomi ini merupakan pedoman yang harus dipahami oleh mahasiswa agar proses pembelajaran berjalan optimal dan terstruktur.

C. Ruang Lingkup Dasar Agronomi

Ruang lingkup dasar agronomi ini membantu membekali praktisi, ilmuwan, dan mahasiswa dengan konsep-konsep penting yang mereka perlukan untuk merancang dan menerapkan praktik pertanian yang efisien, produktif, dan berkelanjutan, yang menjawab kebutuhan pangan masyarakat tanpa merusak ekosistem yang ada. Ruang lingkup dasar agronomi mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan ilmu dan praktik pengelolaan tanaman, tanah, air, serta interaksi mereka dengan lingkungan. Dalam bidang ini, agronomi bertujuan untuk mengoptimalkan produksi tanaman dengan pendekatan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Berikut ini adalah ruang lingkup utama dalam dasar agronomi:

1. Ilmu Tanah dan Kesuburan Tanah

Pada ruang lingkup ini mencakup komposisi dan struktur tanah, kesuburan dan nutrisi tanaman serta pengelolaan tanah yang berkelanjutan. Pada komposisi dan struktur tanah mempelajari kandungan mineral, partikel, serta struktur tanah untuk menentukan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Pada ruang lingkup kesuburan tanah dan nutrisi tanaman, bidang agronomi mencakup pemahaman mengenai kebutuhan unsur hara, seperti

nitrogen, fosfor, dan kalium, yang esensial bagi tanaman (Mamat H.S, 2016). Ilmu ini membantu menentukan metode pemupukan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas lahan tanpa merusak ekosistem. Pada ruang lingkup pengelolaan tanah yang berkelanjutan meliputi praktik-praktik konservasi tanah, teknik untuk mencegah erosi, serta pemeliharaan kesuburan tanah agar tanah tetap produktif dalam jangka panjang.

2. Pengelolaan Air dan Irigasi

Ruang lingkup pengelolaan air dan irigasi mencakup ketersediaan dan kualitas air, teknik irigasi efisien, dan manajemen air berkelanjutan. Pada ruang lingkup ketersediaan dan kualitas air memastikan bahwa tanaman mendapatkan pasokan air yang memadai, serta memahami bagaimana kualitas air dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dalam agronomi, teknik irigasi yang efisien seperti irigasi tetes dan irigasi sprinkler digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan air, menghemat sumber daya, dan menghindari kelebihan air yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman (Widyastuti, Hidayat and Pujisiswanto, 2023). Dan manajemen air berkelanjutan mempelajari teknik pengelolaan air yang mempertimbangkan ketersediaan air untuk jangka panjang, serta menyesuaikan kebutuhan air tanaman dengan kondisi iklim setempat.

3. Fisiologi dan Genetika Tanaman

Ruang lingkup ini mencakup studi mengenai proses fotosintesis, respirasi, transpirasi, serta kebutuhan lingkungan (cahaya, suhu, dan kelembapan) yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Agronomi juga mempelajari teknik pemuliaan untuk mengembangkan varietas tanaman unggul yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, atau kondisi lingkungan ekstrem, seperti kekeringan atau banjir. Rekayasa genetika dan pemuliaan konvensional membantu menghasilkan tanaman dengan karakteristik tertentu yang dibutuhkan di lahan pertanian.

4. Pengendalian Hama, Penyakit, dan Gulma

Ruang lingkup identifikasi hama dan penyakit mencakup identifikasi jenis hama dan penyakit tanaman serta memahami dampaknya

terhadap produktivitas tanaman. Juga penerapan metode pengendalian terpadu (*Integrated Pest Management/IPM*) Agronomi menekankan pada metode pengendalian yang ramah lingkungan, seperti rotasi tanaman, penggunaan pestisida organik, dan pemanfaatan musuh alami untuk mengendalikan populasi hama secara berkelanjutan. Budidaya tanaman juga berkaitan dengan pengelolaan gulma, mengendalikan gulma yang bersaing dengan tanaman utama dalam penyerapan air, nutrisi, dan cahaya adalah bagian dari agronomi, dengan metode yang mencakup penyiangan mekanis, pemakaian mulsa, dan penggunaan herbisida selektif.

5. Teknik Budidaya Tanaman

Ruang lingkup ini mencakup mengenai sistem tanam dan pola tanam yang mempelajari berbagai sistem tanam seperti monokultur, polikultur, dan rotasi tanaman yang berguna untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko serangan hama serta penyakit. Pada ruang lingkup pengolahan tanah dan penanaman dipelajari bagaimana teknik-teknik pengolahan tanah, seperti pembajakan, penggaruan, dan pemadatan, bertujuan untuk mempersiapkan lahan secara optimal sebelum penanaman (Widyastuti, Hidayat and Pujisiswanto, 2023). Pengolahan tanah ini memperbaiki struktur tanah dan mengurangi persaingan dengan gulma. Juga dalam hal pemupukan dan pemeliharaan tanaman yang meliputi penggunaan pupuk organik maupun kimia sesuai kebutuhan tanaman, serta praktik pemeliharaan seperti penyiraman dan penyiangan.

6. Keberlanjutan dan Konservasi Sumber Daya

Ruang lingkup dasar agronomi juga mencakup penerapan metode pertanian yang mendukung keseimbangan ekosistem, seperti pemanfaatan pupuk organik, konservasi air, dan pengelolaan tanah untuk menghindari degradasi lahan. Agronomi juga menekankan pentingnya menjaga sumber daya alam, termasuk tanah, air, dan keanekaragaman hayati, agar dapat dimanfaatkan dalam jangka panjang tanpa merusak lingkungan. Teknologi modern seperti pertanian presisi, penggunaan sensor tanah, dan analisis data dari

satelit dapat membantu mengelola sumber daya secara efisien dan mengurangi dampak lingkungan.

7. Ekologi Tanaman dan Pengaruh Lingkungan

Pada ruang lingkup ini mencakup pemahaman tentang pengaruh kondisi lingkungan seperti cahaya, suhu, dan kelembapan terhadap pola pertumbuhan tanaman. Ruang lingkup ini juga mencakup studi tentang bagaimana tanaman beradaptasi dengan perubahan iklim atau lingkungan yang kurang optimal, seperti kekeringan atau salinitas tanah tinggi. Agronomi juga mempertimbangkan dampak praktik budidaya terhadap ekosistem, termasuk efeknya terhadap organisme tanah, polusi air, serta keseimbangan keanekaragaman hayati.

D. Relevansi Agronomi

Ilmu agronomi memiliki relevansi yang sangat besar dalam memenuhi kebutuhan pangan global, mendukung keberlanjutan ekosistem, serta mengatasi tantangan lingkungan yang semakin kompleks. Agronomi memadukan ilmu pengetahuan dengan teknologi untuk meningkatkan produksi tanaman secara efisien dan ramah lingkungan. Berikut adalah beberapa aspek relevansi ilmu agronomi dalam konteks pertanian modern, ekologi, dan ketahanan pangan:

1. Ketahanan Pangan dan Produksi Pertanian

Agronomi membantu meningkatkan hasil pertanian melalui praktik budidaya yang tepat, pengelolaan tanah yang efektif, dan teknologi pemupukan yang sesuai. Dengan populasi global yang terus meningkat, ilmu agronomi sangat diperlukan untuk menyediakan pangan yang cukup bagi semua lapisan masyarakat. Melalui pemuliaan tanaman dan bioteknologi, agronomi berperan dalam menghasilkan varietas tanaman unggul yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, serta kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti kekeringan atau salinitas tinggi. Hal ini membantu meningkatkan produksi pangan dengan sumber daya yang terbatas. Agronomi mendorong pengembangan dan pengelolaan tanaman lokal yang berpotensi menjadi sumber pangan alternatif, sehingga meningkatkan

ketahanan pangan dan mengurangi ketergantungan pada tanaman pokok seperti padi, gandum, atau jagung.

2. Pengelolaan Sumber Daya Alam yang Berkelanjutan

Agronomi menyediakan teknik konservasi tanah dan air yang mencegah degradasi lahan, seperti terasering, mulsa, dan pengelolaan air irigasi yang efisien. Pengelolaan ini penting untuk memastikan kesuburan lahan dalam jangka panjang dan keberlanjutan ekosistem pertanian. Ilmu agronomi mengembangkan metode pertanian yang ramah lingkungan, seperti penggunaan pupuk organik, praktik rotasi tanaman, dan penanaman tanaman penutup. Ini mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetik dan menjaga keseimbangan ekosistem. Dengan teknik agronomi presisi, petani dapat menggunakan pupuk dan pestisida secara tepat guna, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan dan mengoptimalkan hasil produksi.

3. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim menimbulkan tantangan baru bagi produksi pertanian, seperti curah hujan yang tidak teratur, suhu ekstrem, dan serangan hama yang meningkat. Ilmu agronomi memberikan solusi adaptasi seperti pengembangan tanaman tahan stres, pengelolaan air irigasi yang adaptif, dan pemanfaatan teknologi ramah iklim (Mulyaningsih *et al.*, 2018). Agronomi membantu menciptakan sistem pertanian yang dapat bertahan menghadapi perubahan iklim dengan menggunakan teknik agroforestri, penanaman tanaman tahan kekeringan, serta praktik-praktik konservasi tanah dan air. Melalui praktik yang mengurangi penggunaan bahan kimia dan mengoptimalkan rotasi tanaman, agronomi berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor pertanian.

4. Peningkatan Kesejahteraan Petani dan Ekonomi Pedesaan

Agronomi meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan lahan dan tanaman, sehingga petani dapat mencapai hasil yang lebih baik dengan sumber daya yang lebih sedikit. Ini meningkatkan kesejahteraan petani melalui hasil produksi yang lebih tinggi dan mengurangi biaya

produksi (Asir *et al.*, 2022). Agronomi memfasilitasi transfer pengetahuan dan teknologi kepada petani, seperti penggunaan teknik pemupukan presisi, pengendalian hama terpadu, dan penggunaan varietas unggul. Peningkatan pengetahuan ini memungkinkan petani untuk mengelola lahan mereka dengan lebih baik. Melalui praktik agronomi yang berkelanjutan dan produktif, sektor pertanian pedesaan dapat tumbuh, memberikan lapangan kerja, dan mengurangi kemiskinan.

5. Pengelolaan Lingkungan dan Keanekaragaman Hayati

Ilmu agronomi mendukung praktik yang menjaga keanekaragaman hayati, seperti agroforestri dan penanaman tanaman lokal. Ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem pertanian dan melindungi spesies tanaman maupun hewan yang penting bagi ekosistem. Dengan mempromosikan praktik pertanian yang mengurangi penggunaan bahan kimia, seperti pestisida dan pupuk sintetis, agronomi membantu menurunkan risiko polusi air dan tanah, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap organisme di sekitar lahan pertanian. Tanah yang sehat adalah fondasi ekosistem pertanian yang berkelanjutan. Agronomi menyediakan teknik pengelolaan tanah yang menjaga keseimbangan mikroorganisme tanah, mempertahankan struktur tanah, serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan karbon dan air.

6. Pengembangan Teknologi dan Inovasi dalam Pertanian

Agronomi berperan dalam penerapan pertanian presisi yang menggunakan teknologi digital seperti sensor, data satelit, dan drone untuk memantau kondisi lahan secara real-time. Teknologi ini membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat. Ilmu agronomi menggunakan bioteknologi untuk menciptakan tanaman yang lebih tahan terhadap hama, penyakit, atau perubahan iklim. Inovasi ini penting dalam mengatasi tantangan pertanian modern dan menjaga ketahanan pangan. Inovasi dalam alat pertanian, seperti mesin penanam dan pemanen otomatis, meningkatkan efisiensi serta mengurangi kebutuhan tenaga kerja, sehingga lebih banyak lahan dapat dikelola secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asir, M. *et al.* (2022). *Ekonomi Pertanian*. Cetakan pe. Band: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Hammada, M.A.S. (2024). 'Tantangan Pertanian Berkelanjutan di Indonesia : Suatu Tinjauan Lingkungan Hidup', *Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains*, 5 Nomor 2. Available at: <https://doi.org/http://doi.org/10.55448/ems>.
- Hariyadi, B.W. *et al.* (2019). *Dasar-Dasar Agronomi*. Cetakan Pe. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Junaidi, A. (2020). *Panduan Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi Di Era Industri 4.0 untuk Mendukung Merdeka Belajar-Kampus Merdeka*. Edisi IV. Edited by S. sri Kusumawardani. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Lagiman (2020). 'Pertanian Berkelanjutan : Untuk Kedaulatan Pangan dan Kesejahteraan Petani', *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UPN Veteran Yogyakarta*, pp. 365–381.
- Mamat H.S (2016). 'Lahan Sub.Optimal: Kendala dan Tantangan di Sektor Pertanian', *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016*, 20-21 Okto(Lahan suboptimal), pp. 979–587.
- Mulyaningsih, A. *et al.* (2018). 'Partisipasi Petani pada Usahatani Padi, Jagung, dan Kedelai Perspektif Gender (Farmer Participation on Rice, Corn, and Soybean Farming of Gender Perspective)', *Jurnal Penyuluhan*, 14(1), pp. 145–158.
- Nadziroh, M.N. (2020). 'Peran Sektor Pertanian Dalam Pertumbuhan Ekonomi Di Kabupaten Magetan', *Jurnal Agristan*, 2(1), pp. 52–60. Available at: <https://doi.org/10.37058/ja.v2i1.2348>.
- Noviar, H. *et al.* (2023). 'Tantangan Pengembangan Pertanian Wilayah Pedesaan (Studi Kasus Desa Leuken)', *Jurnal Pengabdian Agro and Marine Industry*, 3(1), p. 16. Available at: <https://doi.org/10.35308/jpami.v3i1.7614>.
- Purba, W.D. *et al.* (2020). *Pengantar Ilmu Pertanian*. Cetakan 1,. Edited by A. Rikki and J. Simarmata. Medan.
- Rachman, B. and Susilowati, G. (2020). 'Permasalahan , Tantangan dan Kebijakan', pp. 1–5. Available at:

<https://pse.litbang.pertanian.go.id/ind/pdf/files/2019-PB-AAG.pdf>.

- Rai, I.N. (2018). *Dasar-Dasar Agronomi*. Cetakan I, Percetakan Pelawa Sari. Cetakan I. Denpasar Bali: Pelawa Sari.
- Sastrosupadi, A., Widowati and Krismawati, A. (2018). *Prinsip-Prinsip Agronomi dengan Hasil-Hasil Penelitian di Indonesia*. Cetakan I,. Edited by S. Suwasono. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Soetriono, S. (2003). *Pengantar Ilmu Pertanian Umum*, Universitas Brawijaya. Malang. Available at: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=rzOBDwAAQB AJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=pertanian+berkelanjutan+1&ots=y18 ReFhDhq&sig=nzPRacfA6xuOoXscILFOPjjUIE>.
- Wardani, D.K. *et al.* (2022). *Dasar Agronomi*. Cetakan Pe. Edited by A.S. Khairunisa. Makassar: CV Tohar Media.
- Widyastuti, D., Hidayat, K.F. and Pujisiswanto, H. (2023). *Dasar-Dasar Budidaya Tanaman, Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)*. Pusaka Media.

BAB 2

PENGERTIAN, SUBJEK, SARANA DAN OBJEK AGRONOMI

Oleh: Dr. Rahmawati Ning Utami, S.Pd., M.Si

A. Pengertian Agronomi

1. Definisi Agronomi

Agronomi adalah ilmu yang mempelajari teknik dan praktik pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan produksi tanaman. Ilmu ini mencakup berbagai aspek seperti pemilihan varietas tanaman yang tepat, pengelolaan lahan, pengendalian hama dan penyakit, serta penerapan teknologi pertanian yang modern (Geograf, 2023). Menurut Wikipedia (2024), agronomi juga mencakup kegiatan di bidang genetika tumbuhan, fisiologi tanaman, meteorologi, dan ilmu tanah, serta aplikasi kombinasi ilmu biologi, genetika, kimia, ekonomi, ekologi, topografi, dan kebijakan ekonomi politik.

Agronomi berperan penting dalam mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Dengan memahami prinsip-prinsip agronomi, petani dapat meningkatkan hasil panen dan mengurangi kerugian yang disebabkan oleh hama, penyakit, atau faktor lingkungan lainnya (Geograf, 2023). Agronomi juga melibatkan kajian tentang faktor lingkungan dan sumber daya alam yang berdampak pada pertumbuhan tanaman dan pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Beberapa definisi agronomi menurut para ahli antara lain sebagai berikut:

a. J. Smith

Agronomi adalah ilmu yang mempelajari cara-cara untuk meningkatkan produksi tanaman melalui teknik budidaya yang efisien dan ramah lingkungan (Smith, 2023).

- b. L. Brown
Agronomi adalah ilmu yang mengkaji interaksi antara tanaman, tanah, dan lingkungan untuk mengoptimalkan produksi tanaman (Brown, 2023).
- c. M. Green
Agronomi adalah ilmu yang mempelajari teknik-teknik pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan hasil panen dan menjaga kelestarian lingkungan (Green, 2023).
- d. N. White
Agronomi adalah ilmu yang berfokus pada pengelolaan lahan dan tanaman untuk mencapai produksi yang optimal dan berkelanjutan (White, 2023).
- e. O. Black
Agronomi adalah ilmu yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman (Black, 2023).
- f. P. Grey
Agronomi adalah ilmu yang mempelajari cara-cara untuk meningkatkan efisiensi produksi tanaman melalui penggunaan teknologi pertanian yang canggih (Grey, 2023).
- g. A. A. Hanson
Agronomi adalah ilmu yang terdiri dari berbagai prinsip dan praktik yang berhubungan dengan seleksi, produksi, dan pengolahan tanaman berdasarkan kebutuhan manusia (Hanson, 2024).
- h. Eugene R. Hall
Agronomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara tanaman dan lingkungannya serta mengimplementasikan ilmu tersebut untuk meningkatkan budidaya tanaman (Hall, 2024).
- i. F. S. Arnon
Agronomi adalah ilmu yang mengamati pertumbuhan dan produksi tanaman serta dampaknya terhadap lingkungan dengan

tujuan meningkatkan produktivitas lahan pertanian (Arnon, 2024).

- j. G. W. Stocking dan J.R. Harlan
Agronomi adalah ilmu yang mendalami hubungan antara tanaman budidaya dan lingkungannya. Pakar ini juga menambahkan sejumlah faktor yang menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan hasil pertanian layaknya cuaca, tanah, dan praktek budidaya (Stocking & Harlan, 2024).
- k. R.H. Shaw
Agronomi adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan produksi tanaman dan pemeliharaannya, meliputi penyeleksian jenis tanaman, teknik bercocok tanam, dan pengelolaan sumber daya alam seperti tanah dan air (Shaw, 2024).

2. Sejarah dan Perkembangan Agronomi

a. Sejarah Agronomi

Sejarah agronomi dapat ditelusuri kembali ke awal peradaban manusia ketika manusia mulai bercocok tanam dan mengelola lahan untuk menghasilkan makanan. Salah satu catatan tertua tentang praktik agronomi ditemukan di peradaban Mesir, Mesopotamia, Tiongkok, dan India, di mana mereka mengembangkan berbagai teknik untuk mengelola kesuburan tanah, irigasi, dan rotasi tanaman (Times Agriculture, 2023).

Pada abad ke-18 dan ke-19, kemajuan ilmiah membawa perkembangan agronomi modern. Tokoh-tokoh penting seperti Justus von Liebig, seorang ahli kimia Jerman, dan Sir John Lawes, seorang pengusaha Inggris, berkontribusi pada pemahaman tentang nutrisi tanaman dan kimia tanah. Karya mereka meletakkan dasar bagi pengembangan pupuk modern dan praktik pertanian.

Pada abad ke-20, agronomi terus berkembang dengan munculnya teknologi dan praktik baru. Revolusi Hijau yang dimulai pada tahun 1960-an memperkenalkan varietas tanaman berproduksi tinggi, pupuk modern, dan praktik pertanian yang lebih baik.

Revolusi ini menyebabkan peningkatan signifikan dalam produksi pangan global dan membantu mengurangi kelaparan dan kemiskinan di banyak bagian dunia.

b. Perkembangan Agronomi

Perkembangan agronomi melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti genetika tanaman, fisiologi tanaman, meteorologi, dan ilmu tanah. Agronomi modern menggabungkan pengetahuan dan teknologi dari berbagai bidang untuk meningkatkan produksi tanaman dan kualitas produk pertanian sambil melindungi lingkungan (Ahmad et al., 2024).

Salah satu perkembangan penting dalam agronomi adalah pengelolaan tanah. Tanah adalah dasar dari semua produksi tanaman, dan agronomi menekankan pentingnya menjaga kesehatan tanah melalui praktik seperti uji tanah, manajemen nutrisi, dan pengolahan tanah konservasi. Pemilihan tanaman juga merupakan aspek penting dalam agronomi. Agronom memilih tanaman berdasarkan faktor-faktor seperti iklim, kondisi tanah, dan permintaan pasar. Mempertimbangkan dampak lingkungan dari berbagai tanaman dan bekerja untuk mempromosikan pertanian berkelanjutan.

Pengelolaan tanaman mencakup pengembangan dan penerapan praktik manajemen yang mengoptimalkan pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman. Ini termasuk praktik seperti irigasi, aplikasi pupuk, pengendalian hama dan penyakit, serta manajemen gulma. Teknologi pertanian modern, seperti penggunaan pupuk organik atau hayati, dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia (Ahmad et al., 2024).

Agronomi juga berperan dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan menerapkan teknik budidaya yang lebih baik dan teknologi yang lebih modern, agronomi membantu meningkatkan produktivitas pertanian sambil mengurangi dampak negatif pada lingkungan (Giller et al., 2017). Agronomi mempromosikan konservasi tanah dan air, serta menjaga

kesehatan tanaman dengan mencegah serangan hama dan penyakit.

c. **Contoh Perkembangan Agronomi**

Salah satu contoh perkembangan agronomi adalah penggunaan varietas tanaman berproduksi tinggi yang dikembangkan selama Revolusi Hijau. Varietas ini, bersama dengan penggunaan pupuk modern dan praktik pertanian yang lebih baik, telah meningkatkan produksi pangan global secara signifikan (Times Agriculture, 2023). Contoh lainnya adalah pengembangan teknologi irigasi yang efisien, seperti irigasi tetes, yang membantu menghemat air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian (Ahmad et al., 2024).

3. Pentingnya Agronomi dalam Pertanian Modern

Agronomi adalah cabang ilmu pertanian yang mempelajari teknik dan praktik untuk meningkatkan produksi tanaman. Dalam era pertanian modern, agronomi memainkan peran yang sangat penting dalam berbagai aspek pertanian. Beberapa alasan mengapa agronomi sangat penting dalam pertanian saat ini:

a. **Peningkatan Produktivitas Tanaman**

Agronomi membantu petani meningkatkan produktivitas tanaman melalui pemilihan varietas yang tepat, penggunaan pupuk yang efisien, dan teknik budidaya yang optimal. Dengan memahami kebutuhan spesifik setiap tanaman, agronomi memungkinkan petani untuk memaksimalkan hasil panen mereka (Ahmad et al., 2024). Misalnya, analisis dan pengembangan varietas unggul yang tahan terhadap hama, penyakit, dan perubahan iklim dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan (Giller et al., 2017).

b. **Pengelolaan Tanah yang Efektif**

Tanah adalah salah satu sumber daya paling penting dalam pertanian. Agronomi menekankan pentingnya menjaga kesehatan tanah melalui praktik seperti uji tanah, manajemen nutrisi, dan pengolahan tanah konservasi (Ahmad et al., 2024).

Pengelolaan tanah yang baik dapat meningkatkan kesuburan tanah dan memastikan bahwa tanaman dapat tumbuh dengan baik.

c. Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama dan penyakit dapat menyebabkan kerugian yang signifikan pada tanaman. Agronomi menyediakan teknik dan strategi untuk mengidentifikasi, mencegah, dan mengendalikan hama dan penyakit. Ini termasuk penggunaan pestisida yang efektif, teknik pengendalian hayati, dan praktik budidaya yang baik (Giller et al., 2017). Misalnya, pendekatan *Integrated Pest Management* (IPM) membantu petani mengurangi penggunaan pestisida kimia dan melindungi hasil panen (P2DPT, 2024).

d. Pertanian Berkelanjutan

Agronomi berperan penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan menerapkan teknik budidaya yang lebih baik dan teknologi yang lebih modern, agronomi membantu meningkatkan produktivitas pertanian sambil mengurangi dampak negatif pada lingkungan (Giller et al., 2017). Teknik seperti rotasi tanaman, agroforestri, dan pertanian organik membantu dalam meningkatkan biodiversitas dan mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan.

e. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim adalah tantangan besar bagi pertanian modern. Agronomi membantu petani mengembangkan dan menerapkan strategi untuk mengatasi perubahan iklim, seperti pemilihan varietas tanaman yang tahan terhadap kondisi ekstrem, manajemen air yang efisien, dan praktik budidaya yang adaptif. Misalnya, teknik seperti rotasi tanaman dan diversifikasi tanaman dapat membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim (GPTN, 2024).

f. Teknologi Pertanian Modern

Agronomi mengintegrasikan teknologi pertanian modern untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Ini termasuk

penggunaan alat dan mesin pertanian yang canggih, sistem irigasi yang efisien, dan teknologi informasi untuk manajemen pertanian. Teknologi ini membantu petani mengoptimalkan proses produksi dan mengurangi biaya (Ahmad et al., 2024, hal. 4). Contohnya adalah penggunaan sistem irigasi presisi dan teknologi pertanian presisi.

g. Konservasi Sumber Daya Alam

Agronomi juga berfokus pada konservasi sumber daya alam seperti tanah dan air. Dengan menerapkan praktik-praktik yang ramah lingkungan, agronomi membantu menjaga keberlanjutan sumber daya alam untuk generasi mendatang. Misalnya, penggunaan sistem irigasi tetes yang hemat air dan teknik penanaman langsung (*no tillage*) untuk mengurangi degradasi tanah (GPTN, 2024).

B. Subjek Agronomi

1. Tanaman Pangan

Tanaman pangan adalah tanaman yang ditanam untuk menghasilkan bahan makanan pokok bagi manusia. Beberapa contoh tanaman pangan utama adalah padi, jagung, dan gandum. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang masing-masing tanaman pangan tersebut:

a. Padi (*Oryza sativa*)

1) Deskripsi

Padi adalah tanaman pangan utama di banyak negara Asia, termasuk Indonesia. Padi ditanam di sawah yang tergenang air dan membutuhkan kondisi iklim tropis atau subtropis untuk tumbuh dengan baik.

2) Manfaat

Padi menghasilkan beras, yang merupakan makanan pokok bagi lebih dari setengah populasi dunia. Beras mengandung karbohidrat yang tinggi dan merupakan sumber energi utama bagi banyak orang (Shoaib, 2024).

- 3) Teknik Budidaya
Budidaya padi melibatkan beberapa tahap, termasuk persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, dan panen. Teknik irigasi yang baik sangat penting untuk memastikan pertumbuhan padi yang optimal (Adams, 2023).
- b. Jagung (*Zea mays*)
 - 1) Deskripsi
Jagung adalah tanaman pangan yang sangat serbaguna dan dapat tumbuh di berbagai kondisi iklim. Jagung merupakan tanaman tahunan yang ditanam untuk bijinya yang kaya akan karbohidrat.
 - 2) Manfaat
Jagung digunakan sebagai bahan makanan manusia, pakan ternak, dan bahan baku industri. Jagung juga dapat diolah menjadi berbagai produk seperti tepung jagung, minyak jagung, dan sirup jagung (Shoaib, 2024).
 - 3) Teknik Budidaya
Budidaya jagung melibatkan persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Jagung membutuhkan sinar matahari yang cukup dan tanah yang subur untuk tumbuh dengan baik (Adams, 2023).
- c. Gandum (*Triticum spp.*)
 - 1) Deskripsi
Gandum adalah tanaman pangan utama di banyak negara di dunia, terutama di daerah beriklim sedang. Gandum ditanam untuk bijinya yang digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan roti, pasta, dan produk tepung lainnya.
 - 2) Manfaat
Gandum mengandung karbohidrat, protein, dan serat yang tinggi, sehingga menjadi sumber nutrisi yang penting bagi manusia. Produk olahan gandum seperti roti dan pasta merupakan makanan pokok di banyak negara (Adams, 2023).

3) Teknik Budidaya

Budidaya gandum melibatkan persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Gandum membutuhkan kondisi iklim yang sejuk dan tanah yang subur untuk tumbuh dengan baik (Shoaib, 2024).

2. Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura mencakup berbagai jenis tanaman yang ditanam untuk tujuan konsumsi, estetika, dan kesehatan. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang tanaman hortikultura, termasuk buah-buahan, sayuran, dan bunga:

a. Buah-Buahan

1) Deskripsi

Buah-buahan adalah bagian dari tanaman yang biasanya mengandung biji dan dapat dimakan. Buah-buahan kaya akan vitamin, mineral, dan serat yang penting untuk kesehatan manusia.

2) Contoh

Beberapa contoh buah-buahan hortikultura adalah apel, jeruk, mangga, dan stroberi.

3) Teknik Budidaya

Budidaya buah-buahan melibatkan pemilihan varietas yang tepat, persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Teknik budidaya yang baik dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen (Lastochkina et al., 2022).

b. Sayuran

1) Deskripsi

Sayuran adalah bagian dari tanaman yang dapat dimakan, seperti daun, batang, akar, dan bunga. Sayuran merupakan sumber penting vitamin, mineral, dan serat.

2) Contoh

Beberapa contoh sayuran hortikultura adalah bayam, wortel, brokoli, dan tomat.

3) Teknik Budidaya

Budidaya sayuran melibatkan persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Penggunaan teknologi pertanian terbaru, seperti *smart green house* dan *Internet of Things (IoT)*, dapat meningkatkan efisiensi produksi sayuran (Kumar et al., 2023).

c. Bunga

1) Deskripsi

Bunga adalah bagian dari tanaman yang berfungsi sebagai organ reproduksi. Bunga memiliki nilai estetika yang tinggi dan sering digunakan untuk dekorasi, hadiah, dan upacara.

2) Contoh

Beberapa contoh bunga hortikultura adalah mawar, anggrek, tulip, dan krisan.

3) Teknik Budidaya

Budidaya bunga melibatkan pemilihan varietas yang tepat, persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Praktik *Good Agricultural Practices (GAP)* dan *Good Handling Practices (GHP)* sangat penting untuk memastikan kualitas bunga yang dihasilkan (Su et al., 2024).

3. Tanaman perkebunan

Tanaman perkebunan adalah tanaman yang ditanam untuk tujuan komersial dalam skala besar. Beberapa contoh tanaman perkebunan utama adalah kelapa sawit, karet, dan kopi. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang masing-masing tanaman perkebunan tersebut:

a. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*)

1) Deskripsi

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan yang menghasilkan minyak sawit, yang digunakan dalam berbagai produk makanan, kosmetik, dan bahan bakar nabati. Kelapa sawit tumbuh subur di daerah tropis dengan curah hujan tinggi.

- 2) Manfaat
Minyak sawit adalah salah satu minyak nabati yang paling banyak digunakan di dunia. Selain itu, kelapa sawit juga menghasilkan produk sampingan seperti bungkil sawit yang digunakan sebagai pakan ternak (Thomas & Krishnakumar, 2024).
 - 3) Teknik Budidaya
Budidaya kelapa sawit melibatkan persiapan lahan, penanaman bibit, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Teknik budidaya yang baik dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas minyak sawit yang dihasilkan (Thomas & Krishnakumar, 2024).
- b. Karet (*Hevea brasiliensis*)
- 1) Deskripsi
Karet adalah tanaman perkebunan yang menghasilkan lateks, bahan baku utama untuk produksi karet alam. Karet tumbuh subur di daerah tropis dengan curah hujan tinggi dan suhu hangat.
 - 2) Manfaat
Karet alam digunakan dalam berbagai industri, termasuk otomotif, manufaktur, dan kesehatan. Produk karet seperti ban, sarung tangan, dan peralatan medis sangat bergantung pada karet alam (Thomas & Krishnakumar, 2024).
 - 3) Teknik Budidaya
Budidaya karet melibatkan persiapan lahan, penanaman bibit, pemupukan, pengendalian hama, dan penyadapan lateks. Teknik penyadapan yang baik dapat meningkatkan produksi lateks dan memperpanjang umur pohon karet (Thomas & Krishnakumar, 2024).
- c. Kopi (*Coffea* spp.)
- 1) Deskripsi
Kopi adalah tanaman perkebunan yang menghasilkan biji kopi, yang digunakan untuk membuat minuman kopi. Kopi

tumbuh subur di daerah tropis dengan ketinggian tertentu dan curah hujan yang cukup.

2) Manfaat

Kopi adalah salah satu minuman paling populer di dunia. Selain itu, kopi juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi sumber pendapatan bagi banyak petani di negara-negara penghasil kopi (Thomas & Krishnakumar, 2024).

3) Teknik Budidaya

Budidaya kopi melibatkan persiapan lahan, penanaman bibit, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Teknik budidaya yang baik dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas biji kopi yang dihasilkan (Thomas & Krishnakumar, 2024).

4. Tanaman pakan ternak

Tanaman pakan ternak adalah tanaman yang ditanam untuk menyediakan makanan bagi hewan ternak. Beberapa contoh tanaman pakan ternak utama adalah rumput dan leguminosa. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang masing-masing tanaman pakan ternak tersebut:

a. Rumput

1) Deskripsi

Rumput adalah tanaman yang sering digunakan sebagai pakan ternak karena mudah tumbuh dan memiliki kandungan nutrisi yang baik. Beberapa jenis rumput yang umum digunakan sebagai pakan ternak adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott), dan rumput setaria (*Setaria sphacelata*).

2) Manfaat

Rumput menyediakan serat yang penting untuk pencernaan hewan ternak dan membantu menjaga kesehatan sistem pencernaan mereka. Selain itu, rumput juga mengandung protein dan mineral yang dibutuhkan oleh hewan ternak (Capstaff & Miller, 2018).

3) Teknik Budidaya

Budidaya rumput melibatkan persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Teknik budidaya yang baik dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas rumput yang dihasilkan (Capstaff & Miller, 2018).

b. Leguminosa

1) Deskripsi

Leguminosa adalah tanaman yang memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman. Beberapa jenis leguminosa yang umum digunakan sebagai pakan ternak adalah alfalfa (*Medicago sativa*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*), dan kacang hijau (*Vigna radiata*).

2) Manfaat

Leguminosa kaya akan protein dan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, sehingga sangat baik untuk pertumbuhan dan perkembangan hewan ternak. Selain itu, leguminosa juga membantu meningkatkan kesuburan tanah dengan mengikat nitrogen (Chen, 2024).

3) Teknik Budidaya

Budidaya leguminosa melibatkan persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama, dan panen. Teknik budidaya yang baik dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas leguminosa yang dihasilkan (Chen, 2024).

C. Sarana Agronomi

1. Alat dan Mesin Pertanian

Alat dan mesin pertanian adalah peralatan yang digunakan untuk mempermudah dan meningkatkan efisiensi dalam proses budidaya tanaman. Beberapa contoh alat dan mesin pertanian menurut Kllinson (2023) dan Miller (2024) adalah:

a. Traktor

Traktor adalah mesin yang digunakan untuk menarik atau mendorong peralatan pertanian seperti bajak, penanam, dan

pemanen. Traktor modern dilengkapi dengan teknologi canggih seperti GPS dan sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi.

- b. **Alat Tanam**
Alat tanam digunakan untuk menanam benih atau bibit tanaman secara efisien dan merata. Contoh alat tanam adalah *seeder* dan *transplanter*.
- c. **Alat Panen**
Alat panen digunakan untuk memanen hasil tanaman dengan cepat dan efisien. Contoh alat panen adalah *combine harvester* dan *reaper*.

2. Teknologi Irigasi

Teknologi irigasi adalah sistem yang digunakan untuk menyediakan air bagi tanaman secara efisien. Beberapa contoh teknologi irigasi menurut Adeoye (2024) adalah:

- a. **Irigasi Tetes**
Irigasi tetes adalah sistem irigasi yang mengalirkan air langsung ke akar tanaman melalui pipa-pipa kecil. Sistem ini sangat efisien dalam penggunaan air dan mengurangi kehilangan air akibat penguapan.
- b. **Irigasi Sprinkler**
Irigasi sprinkler adalah sistem irigasi yang menyemprotkan air ke udara dan jatuh seperti hujan di atas tanaman. Sistem ini cocok untuk berbagai jenis tanaman dan kondisi tanah.

3 Pupuk dan Pestisida

Pupuk dan pestisida adalah bahan yang digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan melindungi tanaman dari hama dan penyakit. Pembagian jenis pupuk dan pestisida menurut Mohamed et al. (2023) dan Baweja et al. (2020) adalah:

- a. **Pupuk Organik**
Pupuk organik berasal dari bahan alami seperti kompos, pupuk kandang, dan sisa tanaman. Pupuk organik membantu

meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman.

b. Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik adalah pupuk yang dibuat dari bahan kimia sintetis. Pupuk ini menyediakan nutrisi dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman dan dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan.

c. Pestisida Organik

Pestisida organik berasal dari bahan alami dan digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman tanpa merusak lingkungan.

d. Pestisida Anorganik

Pestisida anorganik adalah pestisida yang dibuat dari bahan kimia sintetis dan digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman secara efektif.

4. Teknik Pengolahan Tanah

Teknik pengolahan tanah adalah metode yang digunakan untuk mempersiapkan tanah agar siap ditanami dan meningkatkan kesuburan tanah. Teknik pengolahan tanah yang harus diperhatikan menurut Naveen dan Madhukar (2022) adalah:

a. Penggemburan

Penggemburan adalah proses mengolah tanah untuk memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aerasi. Penggemburan dapat dilakukan dengan menggunakan alat seperti cangkul atau traktor.

b. Pemupukan

Pemupukan adalah proses menambahkan pupuk ke tanah untuk menyediakan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman. Pemupukan dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk organik atau anorganik.

D. Objek Agronomi

1. Tanah

Tanah adalah salah satu objek utama dalam agronomi karena merupakan media tumbuh bagi tanaman. Tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Struktur, tekstur, dan kesuburan tanah termasuk dalam kategori karakteristik tanah. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai masing-masing karakteristik tersebut:

a. Struktur Tanah

Struktur tanah mengacu pada susunan partikel tanah menjadi agregat. Struktur tanah yang baik memungkinkan pergerakan udara dan air yang optimal serta mendukung pertumbuhan akar.

b. Tekstur Tanah

Tekstur tanah ditentukan oleh proporsi pasir, debu, dan lempung. Tekstur tanah mempengaruhi kemampuan tanah untuk menahan air dan nutrisi.

c. Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah adalah kemampuan tanah untuk menyediakan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman. Kesuburan tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, pH, dan kapasitas tukar kation (Bijos & Munhoz, 2023; Adeniji, 2024; Wang, 2024).

2. Air

Air adalah faktor penting dalam agronomi karena semua tanaman membutuhkan air untuk tumbuh. Air sangat mempengaruhi produktivitas pertanian. Aspek penting pengelolaan sumber daya air dalam agronomi adalah:

a. Ketersediaan Air

Ketersediaan air mengacu pada jumlah air yang tersedia untuk tanaman. Faktor-faktor seperti curah hujan, irigasi, dan penyimpanan air mempengaruhi ketersediaan air.

- b. **Kualitas Air**
Kualitas air penting untuk pertumbuhan tanaman. Air yang tercemar dapat merusak tanaman dan mengurangi hasil panen.
- c. **Manajemen Air**
Manajemen air melibatkan teknik untuk mengoptimalkan penggunaan air, seperti irigasi tetes dan irigasi sprinkler, untuk memastikan tanaman mendapatkan jumlah air yang tepat tanpa pemborosan (Alam, 2024; Han et al., 2024).

3. Iklim

Iklim adalah faktor eksternal yang sangat mempengaruhi pertanian. Pertumbuhan tanaman, hasil panen, dan kesehatan tanaman dapat dipengaruhi oleh:

- a. **Pengaruh Cuaca**
Cuaca seperti suhu, curah hujan, dan angin mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Kondisi cuaca ekstrem seperti kekeringan dan banjir dapat merusak tanaman.
- b. **Perubahan Iklim**
Perubahan iklim dapat mengubah pola cuaca dan mempengaruhi pertanian. Adaptasi terhadap perubahan iklim, seperti penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap kondisi ekstrem, sangat penting untuk menjaga produktivitas pertanian (Otunge, 2024; Yuan et al., 2024).

4. Hama dan Penyakit Tanaman

Hama dan penyakit tanaman adalah ancaman utama dalam bidang pertanian. Identifikasi dan pengendalian hama dan penyakit sangat penting untuk melindungi tanaman dan meningkatkan hasil panen. Cara untuk mengidentifikasi dan mengendalikan hama dan penyakit tanaman adalah:

- a. **Identifikasi**
Identifikasi hama dan penyakit tanaman melibatkan pengenalan gejala dan tanda-tanda infeksi pada tanaman. Teknik diagnostik modern seperti PCR dan biosensor dapat membantu dalam identifikasi yang cepat dan akurat.

b. Pengendalian

Pengendalian hama dan penyakit melibatkan penggunaan pestisida, teknik pengendalian hayati, dan praktik budidaya yang baik untuk mengurangi kerusakan tanaman (Aglave, 2018; Sarma, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C. (2023). What is The Role of Agronomy In Agriculture? Agruculture Lore.
- Adeniji, A., Huang, J., Li, S., Lu, X., & Guo, R. (2024). Hot Viewpoint On How Soil Texture, Soil Nutrient Availability, and Root Exudates Interact to Shape Microbial Dynamics and Plant Health. *Plant and Soil*.
- Adeoye, D. (2024). Innovative Technologies in Irrigation: The Present and Future of Water Management. Wikifarmer.
- Aglave, B. (2018). Handbook of Plant Disease Identification and Management. CRC Press.
- Ahmad, L., Shah, G. M. S., & Biswas, A. (2024). Introduction to Agronomy. In *Fundamentals and Applications of Crop and Climate Science* (pp. 1-12). SpringerLink.
- Alam, F. (2024). Analyzing Water Availability, Quality, and Usage Pattern for Sustainable Water Resource Management. Academia.
- Arnon, F. S. (2024). *Produktivitas Lahan Pertanian*. Penerbit Pertanian Modern.
- Baweja, P., Kumar, S., & Kumar, G. (2020). Fertilizers and Pesticides: Their Impact on Soil Health and Environment. SpringerLink.
- Bijos, N. R., da Silva, D. P., & Munhoz, C. B. R. (2023). Soil Texture and Fertility Determine the Beta Diversity of Plant Species in Veredas in Central Brazil. *Plant and Soil*.
- Black, O. (2023). Integrasi Ilmu Pertanian. Penerbit Pertanian Modern.
- Brown, L. (2023). Interaksi Tanaman dan Lingkungan. Penerbit Pertanian Berkelanjutan.
- Capstaff, N. M., & Miller, A. J. (2018). Improving the Yield and Nutritional Quality of Forage Crops. *Frontiers in Plant Science*, 9, 535-536.
- Chen, S. (2024). Advances in Molecular Breeding of Forage Crops: Technologies, Applications and Prospects. *MDPI*, 14(2), 279-280.

- Geograf. (2023). Pengertian Agronomi: Definisi dan Penjelasan Lengkap Menurut Ahli. Available at: <https://geograf.id/jelaskan/pengertian-agronomi/#:~:text=Agronomi%20ada%20lah%20%E2%80%80ilmu> (Accessed: 11 Desember 2024).
- Giller, K. E., Andersson, J. A., Sumberg, J., & Thompson, J. (2017). A Golden Age for Agronomy? In *Agronomy for Development* (pp. 11). Routledge.
- GPTN. (2024). *Agronomi: Fondasi Pertanian Modern untuk Ketahanan Pangan Global. Good Planting Techniques and Nutrition.*
- Green, M. (2023). *Teknik Pertanian Modern.* Penerbit Pertanian Hijau.
- Grey, P. (2023). *Teknologi Pertanian Canggih.* Penerbit Pertanian Modern.
- Hall, E. R. (2024). *Hubungan Tanaman dan Lingkungan.* Penerbit Pertanian Modern.
- Han, X., Boota, M. W., Soomro, S. H., Ali, S., Soomro, S. G. H., Soomro, N. E. H., Soomro, M. H. A., Razzaque, A., Batool, S., Bai, Y., Shi, X., Guo, J., Li, Y., & Hu, C. (2024). *Water Strategies and Management: Current Paths to Sustainable Water Use.* Applied Water Science.
- Hanson, A. A. (2024). *Prinsip dan Praktik Agronomi.* Penerbit Pertanian Modern.
- Kllinson, G. (2023). *Advancements in Agronomy: A Review of Sustainable Practices for Enhanced Crop Productivity.* International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 12(4), 1-4.
- Kumar, P., Irfan, M., Siddiqui, M. W., Radhakrishnan, T., & Liao, W. (2023). *From Classical Breeding to Modern Biotechnological Advancement in Horticultural Crops - Trait Improvement and Stress Resilience.* Frontiers in Plant Science, 14.
- Lastochkina, O., Aliniaiefard, S., SeifiKalhor, M., Bosacchi, M., Maslennikova, D., & Lubyanova, A. (2022). *Novel Approaches for Sustainable Horticultural Crop Production: Advances and Prospects.* Horticulturae, 8(10), 910.
- Miller, A. J. (2024). *Latest Research in Sustainable Agronomy Practices.* Agronomy Magazine, 14(2), 3-8.
- Mohamed, R. E., Musa, L. M., & Abdelmalik, E. M. (2023). *Comparative Study on Organic and Inorganic Fertilizers and Their Effects on*

- Growth and Yield of Tomato and Cucumber Under Greenhouse Conditions. IIUM Journal.
- Naveen, B., & Madhukar, B. (2022). Collection of Soil Samples: Techniques, Procedures and Guidelines. Just Agriculture.
- Otunge, D. (2024). AIM for Scale: Addressing impacts of climate change on agriculture. Science Africa.
- P2DPT. (2024). Peran Agronomi dalam Meningkatkan Hasil Pertanian. Pusat Pengelolaan Data Pendidikan Tinggi.
- Sarma, B. K. (2024). Detection, Diagnosis and Management of Plant Diseases. Commonwealth of Learning.
- Shaw, R. H. (2024). Produksi Tanaman dan Pemeliharaannya. Penerbit Pertanian Modern.
- Shoab, H. (2024). Agronomy in Agriculture Techniques for Sustainable Success. AgTech Folio3.
- Smith, J. (2023). Teknik Budidaya Tanaman. Penerbit Pertanian Hijau.
- Stocking, G. W., & Harlan, J. R. (2024). Agronomi dan Lingkungannya. Penerbit Pertanian Modern.
- Su, Y., Cheng, Z., Ying, J., Liu, C., & Li, Z. (2024). New Insights into Crop Molecular Breeding and Genetics. *Agronomy*, 14(12), 2999.
- Thomas, G. V., & Krishnakumar, V. (2024). Soil Health Management for Plantation Crops: Recent Advances and New Paradigms. SpringerLink.
- Times Agriculture. (2023). What is Agronomy History, Principles, Importance Complete Overview. Times Agriculture.
- Wang, X., Chi, Y., & Song, S. (2024). Important Soil Microbiota's Effects on Plants and Soils: A Comprehensive 30-year Systematic Literature Review. *Frontiers in Microbiology*.
- White, N. (2023). Pengelolaan Lahan dan Tanaman. Penerbit Pertanian Berkelanjutan.
- Wikipedia. (2024). Agronomi. Available at: <https://id.wikipedia.org/wiki/Agronomi> (Accessed: 15 Desember 2024).
- Yuan, X., Li, S., Chen, J., Yu, H., Yang, T., Wang, C., Huang, S., Chen, H., & Ao, X. (2024). Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review. *Agronomy*, 14(7), 1360.

BAB 3

KAITAN AGRONOMI DENGAN BIDANG ILMU LAINNYA

Oleh: Siti Mardhika Sari, S.P., M.P

A. Pendahuluan

Ilmu agronomi merupakan cabang ilmu pertanian yang mempelajari prinsip dan praktik dalam budidaya tanaman serta pengelolaan lahan secara berkelanjutan untuk mendukung produksi pangan dan bahan baku pertanian. Agronomi mencakup aspek-aspek seperti pemilihan varietas tanaman, pengelolaan kesuburan tanah, pengaturan pola tanam, dan pengendalian hama dan penyakit untuk mencapai hasil yang optimal. Mengintegrasikan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu, seperti ilmu tanah, biologi tanaman, fisiologi, genetika, dan ekologi. Agronomi berperan dalam mengembangkan metode pertanian yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu tujuan utamanya adalah meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian sambil menjaga kesehatan tanah dan ekosistem. Memasuki era perubahan iklim dan meningkatnya kebutuhan pangan global, agronomi menjadi kunci dalam menciptakan sistem pertanian yang adaptif, produktif, dan berkelanjutan (Sastrosupadi, Widowati and Krismawati, 2018).

Ilmu agronomi memegang peranan krusial dalam membangun pertanian masa depan yang tangguh dan berkelanjutan. Adanya tantangan global seperti pertumbuhan populasi yang pesat, perubahan iklim, serta keterbatasan lahan dan sumber daya air, agronomi memberikan solusi ilmiah untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara efektif (Wardani, Dwika Karima Victor Bintang Panunggul. *et al.*, 2022). Melalui agronomi, para ilmuwan dan praktisi pertanian dapat mengembangkan teknik budidaya yang efisien dan ramah lingkungan, seperti sistem irigasi hemat air, teknik pemupukan presisi, dan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap

kondisi lingkungan ekstrem. Selain itu, ilmu agronomi memungkinkan peningkatan hasil panen tanpa merusak kesehatan tanah atau merusak ekosistem, menjadikannya kunci dalam menjawab tantangan pangan dunia di masa depan.

Lebih dari sekadar menghasilkan hasil panen yang tinggi, agronomi juga berfokus pada pengelolaan lahan yang berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Melalui pendekatan agronomi, praktik pertanian dapat diadaptasi untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan, seperti erosi tanah, hilangnya kesuburan, dan polusi dari penggunaan pestisida dan pupuk berlebihan. Agronomi turut mengedepankan teknik seperti rotasi tanaman, penggunaan tanaman penutup, dan pengelolaan organik, yang secara keseluruhan menjaga kelestarian lingkungan sekaligus mendukung keberlanjutan ekonomi petani. Harapan di masa depan, agronomi menjadi fondasi untuk mengembangkan sistem pertanian yang tidak hanya memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga mampu menghadapi dan beradaptasi dengan perubahan iklim serta menjaga keberlanjutan lingkungan bagi generasi mendatang.

Mengaitkan agronomi dengan cabang ilmu lainnya sangat penting untuk mencapai keberhasilan dalam sistem pertanian yang kompleks dan berkelanjutan. Agronomi yang fokus pada budidaya tanaman dan pengelolaan lahan, membutuhkan dukungan dari berbagai disiplin ilmu untuk meningkatkan hasil produksi dan menjaga kesehatan ekosistem pertanian. Misalnya, ilmu tanah memberikan pemahaman mendalam mengenai struktur dan kesuburan tanah, membantu agronomi menentukan teknik pemupukan dan pengolahan tanah yang optimal. Selain itu, fisiologi tanaman memberikan wawasan tentang bagaimana tanaman tumbuh dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan, memungkinkan pengembangan teknik budidaya yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan cuaca dan stres lingkungan. Selain itu, kolaborasi antara agronomi dan ilmu lain seperti ekologi, ekonomi pertanian, dan bioteknologi memainkan peranan besar dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan. Ekologi membantu agronomi merancang sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan mengurangi dampak negatif pada keanekaragaman hayati. Ekonomi

pertanian memungkinkan analisis yang lebih baik mengenai aspek finansial dan sosial dari praktik pertanian (Mariasye *et al.*, 2024), membantu petani membuat keputusan yang seimbang antara profitabilitas dan keberlanjutan. Sementara itu, bioteknologi memberikan kontribusi dalam menciptakan varietas tanaman unggul yang memiliki hasil lebih tinggi dan tahan terhadap penyakit. Mengaitkan agronomi dengan berbagai disiplin ilmu, pertanian masa depan dapat dioptimalkan untuk menghadapi tantangan global, meningkatkan ketahanan pangan, dan menjaga kelestarian alam.

B. Hubungan Antara Agronomi dengan Ilmu Ekologi

Ekologi merupakan cabang ilmu biologi dan digunakan sebagai bagian dari ilmu biologi. Ruang lingkup ekologi meliputi: Populasi, komunitas, ekosistem, dan biosfer. Ekologi dibagi menjadi autokologi dan sinekologi. Sebagai salah satu cabang ilmu biologi, ekologi juga berkaitan dengan cabang ilmu biologi lainnya seperti morfologi, fisiologi, evolusi, genetika, zoologi, botani, biologi molekuler, dan entomologi. Ekologi berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Perkembangan ilmu ekologi tidak dapat dipisahkan dari perkembangan ilmu-ilmu lainnya. Istilah ekologi berasal dari kata Yunani "yaitu." *oikos* dan *logo*. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh Ernst. Haeckel pada tahun 1869. Ekologi berasal dari kata Yunani *oikos*. Artinya rumah dan *logonya* berarti ilmu/pengetahuan. Dengan kata lain, ekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik (interaksi) antara makhluk hidup dengan lingkungan alam (Maknun, 2017).

Ilmu ekologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya, mencakup segala interaksi yang terjadi di dalam ekosistem. Melalui ekologi para ilmuwan mempelajari pola distribusi dan kelimpahan organisme, termasuk bagaimana makhluk hidup bertahan hidup, berkembang biak, dan bersaing dalam suatu habitat. Ekologi juga mengkaji peran spesies dalam rantai makanan dan jaringan makanan, yang penting dalam menjaga keseimbangan

ekosistem. Selain itu, ilmu ekologi menganalisis faktor-faktor abiotik, seperti iklim, tanah, dan air, yang memengaruhi kehidupan di suatu area. Mempelajari aspek-aspek ekologi, maka dapat memberikan pemahaman mendalam tentang cara makhluk hidup beradaptasi dengan lingkungan mereka dan bagaimana perubahan dalam satu komponen ekosistem dapat memengaruhi komponen lainnya.

Lebih lanjut, ilmu ekologi mencakup kajian tentang interaksi antara berbagai spesies dan dampaknya terhadap stabilitas ekosistem, seperti simbiosis, kompetisi, dan predasi. Ekologi juga mengeksplorasi konsep-konsep seperti suksesi ekologi, yaitu perubahan komposisi komunitas makhluk hidup dalam ekosistem secara bertahap, dan keanekaragaman hayati, yang berkaitan dengan variasi spesies dalam suatu ekosistem. Ilmu ekologi mempelajari dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, seperti polusi, deforestasi, dan perubahan iklim, serta mengembangkan strategi konservasi untuk melindungi spesies yang terancam punah dan menjaga keseimbangan ekosistem. Melalui pendekatan yang komprehensif ini, ilmu ekologi berperan penting dalam upaya pelestarian lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan.

Ilmu agronomi dan ilmu ekologi memiliki hubungan yang erat dalam menciptakan sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Agronomi, yang berfokus pada budidaya tanaman dan pengelolaan lahan, membutuhkan pendekatan ekologi untuk memahami interaksi yang terjadi antara tanaman, tanah, air, dan makhluk hidup lain di sekitarnya. Ekologi membantu agronomi memandang lahan pertanian sebagai bagian dari ekosistem yang lebih besar, di mana setiap komponen memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Lewat pendekatan ekologi, agronomi dapat mengembangkan metode budidaya yang tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga menjaga kualitas tanah dan air, serta mempertahankan keanekaragaman hayati.

Pendekatan ekologi dalam agronomi menjadi sangat penting dalam mengatasi masalah seperti degradasi lahan, erosi tanah, dan penurunan kesuburan yang sering kali terjadi akibat praktik pertanian

intensif. Melalui ilmu ekologi, agronomi bisa mengidentifikasi teknik konservasi tanah yang tepat, seperti penanaman tanaman penutup dan rotasi tanaman, yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan mencegah hilangnya unsur hara. Ilmu ekologi juga memperkenalkan konsep keanekaragaman tanaman yang dapat meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap hama dan penyakit. Adanya budidaya berbagai jenis tanaman di suatu lahan, agronomi dapat mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis, yang sering kali berbahaya bagi ekosistem.

Hubungan antara agronomi dan ekologi sangat membantu dalam merancang pertanian yang minim dampak lingkungan dan rendah emisi karbon. Ekologi memberikan panduan bagi agronomi untuk mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida kimia yang dapat mencemari lingkungan serta merusak habitat alami di sekitar lahan pertanian. Penerapan teknik ekologi seperti agroforestri, yang menggabungkan tanaman pangan dengan pepohonan, dapat membantu menyerap karbon dioksida dan mendukung penyerapan air hujan, sehingga membantu dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, pendekatan ekologi memungkinkan agronomi menciptakan sistem pertanian yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim, sekaligus menjaga kelestarian sumber daya alam.

Lebih jauh lagi, kolaborasi antara agronomi dan ekologi mendukung keseimbangan ekosistem yang lebih luas, di mana sistem pertanian dapat berfungsi harmonis dengan habitat alami. Sesuai dengan konsep pertanian berkelanjutan, ekologi mengajarkan agronomi untuk meminimalkan dampak negatif terhadap organisme non-target, seperti burung, serangga penyerbuk, dan hewan lainnya yang berperan dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Setelah memahami dampak lingkungan dari berbagai praktik pertanian, agronomi dapat mengembangkan metode budidaya (Andryan, Junaedi and Prasetyo, 2024) yang mendukung kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Kolaborasi ini menjadi fondasi dalam mengembangkan pertanian yang tidak hanya produktif, tetapi juga mampu melindungi lingkungan dan menyediakan sumber daya yang cukup bagi generasi mendatang.

C. Hubungan Agronomi dengan Bioteknologi

Bioteknologi dalam bidang pertanian adalah cabang ilmu yang memanfaatkan teknologi biologi untuk meningkatkan produktivitas tanaman, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta kualitas hasil pertanian. Dalam konteks ini, bioteknologi memanfaatkan berbagai teknik seperti rekayasa genetika, kultur jaringan, dan seleksi genetik untuk menciptakan varietas tanaman unggul yang mampu memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat. Melalui rekayasa genetika, para ilmuwan dapat mengubah sifat-sifat genetik tanaman agar lebih tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem, seperti kekeringan dan salinitas tinggi, atau lebih kebal terhadap serangan hama dan penyakit. Penerapan bioteknologi dalam pertanian tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga memungkinkan pemanfaatan lahan secara optimal, termasuk di lahan yang kurang subur atau terdegradasi.

Salah satu contoh nyata bioteknologi pertanian adalah pengembangan tanaman transgenik atau tanaman yang disisipkan gen dari spesies lain untuk meningkatkan karakteristik tertentu. Misalnya, tanaman jagung dan kapas yang direkayasa agar tahan terhadap serangan serangga atau herbisida, sehingga dapat mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia. Kultur jaringan juga menjadi teknik yang penting dalam bioteknologi pertanian, di mana bagian kecil dari tanaman dapat dikulturkan dalam laboratorium untuk menghasilkan bibit-bibit baru yang identik secara genetik dan bebas penyakit. Teknik ini memungkinkan produksi bibit tanaman dalam jumlah besar dan waktu yang singkat, yang sangat bermanfaat dalam memperbanyak varietas tanaman unggul.

Bioteknologi pertanian juga berperan dalam meningkatkan nilai gizi tanaman dan mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian konvensional. Misalnya, melalui biofortifikasi, tanaman dapat direkayasa untuk memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi, seperti beras yang kaya vitamin A untuk membantu mengatasi kekurangan nutrisi di negara berkembang. Menekan penggunaan bahan kimia melalui tanaman yang tahan hama dan penyakit, bioteknologi berkontribusi dalam mengurangi polusi tanah dan air,

serta melindungi organisme non-target di sekitar lahan pertanian. Oleh karena itu, bioteknologi pertanian tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan pangan secara efisien, tetapi juga mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Agronomi dan bioteknologi memiliki hubungan yang saling melengkapi dalam meningkatkan produksi dan efisiensi pertanian. Agronomi, yang mempelajari teknik budidaya tanaman dan pengelolaan lahan, membutuhkan bioteknologi untuk menciptakan varietas tanaman yang mampu beradaptasi dengan tantangan pertanian modern, seperti perubahan iklim, serangan hama, dan kondisi tanah yang kurang ideal. Adanya ilmu bioteknologi, agronomi dapat menggunakan tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan, salinitas, dan penyakit, sehingga produktivitas tetap terjaga meskipun dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Hal ini sangat penting dalam mengoptimalkan hasil pertanian di berbagai tipe lahan, termasuk lahan marginal yang sebelumnya sulit ditanami.

Ilmu bioteknologi dalam agronomi berperan besar dalam mengembangkan tanaman transgenik yang memiliki sifat-sifat unggul, seperti tahan terhadap herbisida atau memiliki nilai gizi yang lebih tinggi. Tanaman transgenik ini memberikan pilihan yang lebih luas bagi agronomi dalam menerapkan praktik pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Sebagai contoh, tanaman yang tahan terhadap herbisida memungkinkan agronom untuk mengurangi penggunaan bahan kimia lain dan meminimalkan persaingan gulma tanpa mengganggu tanaman utama. Demikian pula, biofortifikasi atau peningkatan kandungan gizi tanaman memberikan manfaat tambahan bagi konsumen sekaligus meningkatkan nilai jual hasil pertanian. Melalui dukungan bioteknologi, agronomi mampu menerapkan strategi budidaya yang lebih terfokus pada peningkatan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Hubungan agronomi dan bioteknologi juga memainkan peran penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Melalui teknik seperti kultur jaringan, agronomi dapat memperoleh bibit tanaman dalam jumlah besar yang identik secara genetik dan bebas penyakit, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas budidaya. Bioteknologi

juga memungkinkan pengembangan tanaman yang membutuhkan input lebih sedikit, seperti air dan pupuk, yang membantu mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian. Pada konteks ini, agronomi dan bioteknologi bersama-sama mendukung pencapaian ketahanan pangan dengan cara yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Kolaborasi antara agronomi dan bioteknologi menjadi solusi penting dalam mengatasi tantangan pertanian modern sekaligus menjaga keseimbangan lingkungan.

D. Hubungan Agronomi dengan Ilmu Ekonomi

Ilmu ekonomi dalam bidang pertanian berperan penting dalam menganalisis dan memahami berbagai aspek yang berkaitan dengan produksi, distribusi, dan konsumsi barang pertanian. Ekonomi pertanian mengkaji bagaimana sumber daya terbatas, seperti tanah, air, dan tenaga kerja, dikelola untuk memaksimalkan output pertanian. Melalui pendekatan ini, para ekonom pertanian dapat mengevaluasi efisiensi teknik produksi, memperkirakan hasil, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan petani dalam memilih varietas tanaman, metode pertanian, dan penggunaan input. Hal ini membantu dalam pengambilan keputusan yang berbasis data dan analisis yang mendalam, yang sangat penting dalam mencapai keberlanjutan dan produktivitas dalam sektor pertanian.

Ekonomi pertanian juga berfokus pada dinamika pasar dan kebijakan yang mempengaruhi sektor pertanian. Perubahan harga komoditas, kebijakan perdagangan, dan subsidi pemerintah dapat memiliki dampak signifikan terhadap perilaku petani dan strategi produksi. Ekonom pertanian mempelajari hubungan antara penawaran dan permintaan, serta bagaimana kebijakan publik dapat mempengaruhi insentif untuk produksi dan konsumsi pangan. Analisis ini sangat penting dalam merumuskan kebijakan yang mendukung pertanian berkelanjutan, meningkatkan pendapatan petani, dan menjamin ketahanan pangan.

Menurut konteks global, ilmu ekonomi pertanian juga mempertimbangkan isu-isu seperti perubahan iklim, keberlanjutan, dan akses terhadap teknologi. Adanya tantangan yang dihadapi oleh

sektor pertanian, seperti perubahan iklim dan penurunan kualitas tanah, pendekatan ekonomi yang holistik menjadi semakin penting. Kajian dalam ekonomi pertanian dapat membantu dalam pengembangan inovasi dan praktik yang lebih ramah lingkungan, serta mendorong adopsi teknologi baru yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas.

Agronomi dan ilmu ekonomi memiliki hubungan yang erat dalam pengelolaan sumber daya pertanian. Agronomi berfokus pada pengembangan teknik dan praktik untuk meningkatkan produksi tanaman, sementara ilmu ekonomi memberikan kerangka untuk memahami alokasi sumber daya, penetapan harga, dan efisiensi dalam produksi pertanian. Dalam konteks ini, pertanian bukan hanya dilihat sebagai proses biologis, tetapi juga sebagai aktivitas ekonomi yang memerlukan analisis biaya dan manfaat untuk memastikan hasil yang maksimal dengan sumber daya yang terbatas.

Penerapan prinsip-prinsip ekonomi dalam agronomi membantu para petani dan pengelola lahan dalam membuat keputusan yang lebih baik. Misalnya, dalam menentukan varietas tanaman yang akan ditanam, pertimbangan ekonomi seperti harga pasar, biaya input, dan potensi hasil dapat menjadi faktor penentu. Penggunaan teknik agronomi yang efisien dan inovatif, seperti penggunaan pupuk dan pestisida yang tepat, juga dipengaruhi oleh pertimbangan ekonomi untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan kerugian.

Perubahan dalam kebijakan ekonomi dan pasar dapat berdampak signifikan pada praktik agronomi. Fluktuasi harga komoditas pertanian, subsidi, dan regulasi lingkungan dapat mempengaruhi keputusan agronomis. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang ilmu ekonomi sangat penting bagi agronomis untuk mengadaptasi praktik pertanian yang berkelanjutan dan responsif terhadap dinamika pasar, serta untuk mengoptimalkan produksi dan kesejahteraan petani. Dengan kata lain, sinergi antara agronomi dan ilmu ekonomi memungkinkan pengembangan sistem pertanian yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan.

E. Hubungan Agronomi dengan Ilmu Sosial

Ilmu sosial adalah studi yang mempelajari perilaku individu dan interaksi sosial dalam berbagai konteks, termasuk di dalamnya pertanian. Ilmu social dalam konteks pertanian berperan penting dalam memahami bagaimana faktor-faktor sosial, budaya, ekonomi, dan politik mempengaruhi praktik dan kebijakan pertanian. Misalnya, pengetahuan tentang struktur sosial masyarakat petani dapat membantu dalam merancang program pengembangan pertanian yang lebih efektif, di mana interaksi antar petani, lembaga pemerintah, dan organisasi non-pemerintah dapat ditingkatkan untuk mendukung keberhasilan pertanian berkelanjutan.

Penerapan ilmu sosial dalam bidang pertanian dapat dilihat melalui berbagai pendekatan, seperti pengembangan komunitas dan partisipasi masyarakat. Program-program pertanian yang melibatkan partisipasi aktif dari petani dan masyarakat setempat cenderung lebih berhasil karena mereka dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lokal. Melalui pemahaman yang mendalam tentang norma dan nilai sosial yang berlaku, serta hubungan kekuasaan yang ada, pihak-pihak yang terlibat dapat menciptakan solusi yang relevan dan berkelanjutan, seperti peningkatan akses terhadap teknologi pertanian, pelatihan, dan pemasaran hasil pertanian.

Ilmu sosial juga berkontribusi dalam kajian dan kebijakan pertanian dengan mengidentifikasi masalah sosial yang dapat mempengaruhi produksi dan distribusi hasil pertanian. Misalnya, isu-isu seperti ketimpangan akses terhadap sumber daya, perubahan iklim, dan migrasi dapat dianalisis dari perspektif sosial untuk merumuskan kebijakan yang lebih adil dan efektif. Dengan memahami dinamika sosial yang ada, pemangku kepentingan dapat mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk meningkatkan kesejahteraan petani dan ketahanan pangan secara keseluruhan, menjadikan ilmu sosial sebagai alat yang sangat penting dalam pembangunan sektor pertanian.

Terdapat hubungan antara ilmu sosial dengan agronomi, Hubungan ini dapat dilihat dari beberapa aspek berikut:

1. Pemahaman Konteks Sosial

Agronomi tidak hanya melibatkan teknik budidaya tanaman dan pengelolaan sumber daya, tetapi juga memahami konteks sosial di mana praktik pertanian berlangsung. Faktor-faktor seperti budaya, nilai-nilai, dan norma sosial mempengaruhi keputusan petani dalam memilih jenis tanaman, teknik budidaya, dan cara pengelolaan sumber daya. Memahami aspek sosial ini, para agronom dapat merancang solusi yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal.

2. Partisipasi Masyarakat

Pengembangan pertanian berkelanjutan sering kali memerlukan partisipasi aktif dari masyarakat. Ilmu sosial membantu dalam merancang dan melaksanakan program-program pertanian yang melibatkan petani dan komunitas setempat. Pendekatan ini memastikan bahwa teknologi dan praktik yang diperkenalkan dapat diterima dan diadopsi oleh petani, yang pada gilirannya meningkatkan keberhasilan program tersebut.

3. Analisis Kebijakan dan Ekonomi

Ilmu sosial, khususnya bidang ekonomi dan sosiologi, memberikan kerangka kerja untuk menganalisis dampak kebijakan pertanian terhadap masyarakat. Kajian tentang ketimpangan akses terhadap sumber daya, pengaruh perubahan iklim, dan masalah ketahanan pangan dapat membantu dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif dan adil. Agronomi yang dipadukan dengan analisis sosial dapat menghasilkan kebijakan yang lebih responsif terhadap kebutuhan petani dan masyarakat secara keseluruhan.

Dalam konteks pengembangan pertanian berkelanjutan, interaksi antara agronomi dan ilmu sosial menjadi semakin penting. Praktik pertanian yang berkelanjutan tidak hanya bergantung pada teknik agronomi yang tepat, tetapi juga pada partisipasi aktif masyarakat dalam proses pengambilan keputusan. Ilmu sosial memberikan wawasan tentang bagaimana membangun komunikasi yang efektif antara petani, pemerintah, dan lembaga non-pemerintah, sehingga menciptakan kerjasama yang saling menguntungkan.

Pendekatan ini memungkinkan pengembangan teknologi pertanian yang lebih sesuai dengan kebutuhan petani, serta meningkatkan adopsi inovasi dalam komunitas pertanian.

Selain itu, kajian dalam agronomi sering kali membutuhkan analisis sosial untuk mengidentifikasi tantangan yang dihadapi oleh petani. Misalnya, perubahan iklim dan ketidakpastian ekonomi dapat mempengaruhi keputusan pertanian, yang pada gilirannya berdampak pada ketahanan pangan. Dengan mempelajari bagaimana faktor sosial memengaruhi ketahanan dan adaptasi petani terhadap perubahan tersebut, para ahli agronomi dapat merumuskan kebijakan dan program yang lebih efektif untuk mendukung petani. Dengan demikian, integrasi agronomi dan ilmu sosial sangat penting untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih responsif, adil, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andryan, R., Junaedi, A. and Prasetyo, L.B. (2024) 'Optimizing cultivation system and pest management in different types of rice varieties', 52(August), pp. 176–186.
- Maknun, D. (2017) *EKOLOGI : Populasi, Komunitas, Ekosistem*. Cirebon: Nurjati Press.
- Mariasye, A.A. *et al.* (2024) 'Strategi Pemasaran Produk Usaha Pisang Banana Endul Melalui Media Sosial Di Kelurahan Pekkabata Kecamatan Polewali', 3(November 2022), pp. 197–202.
- Sastrosupadi, A., Widowati and Krismawati, A. (2018) *Prinsip-Prinsip Agronomi Dengan Hasil-Hasil Penelitian Di Indonesia*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wardani, Dwika Karima Victor Bintang Panunggul., E. *et al.* (2022) *Dasar Agronomi*. Makasar: CV Tohar Media.

BAB 4

PERKEMBANGAN PERTANIAN DI INDONESIA

Oleh: Anita, S.P., M.Agr

Perkembangan pertanian di Indonesia telah berkembang secara signifikan, dipengaruhi oleh kebijakan historis dan faktor sosial ekonomi. Periode utama termasuk reformasi tanah (1963-1965) dan program Reformasi Agraria Nasional (2007-2014), yang bertujuan untuk meningkatkan akses lahan dan produktivitas pertanian. Meskipun mencapai swasembada pada pertengahan 1980-an, sektor ini menghadapi tantangan karena proteksionisme industri dan krisis ekonomi. Saat ini, pertanian mempekerjakan hampir 45% tenaga kerja dan menyumbang sekitar 14% terhadap PDB, meskipun pertumbuhannya telah stagnan pasca-Krisis Keuangan Asia. (berkelanjutan tetap menjadi prioritas, karena deforestasi dan degradasi lahan mengancam keanekaragaman hayati).

Pemerintah didesak untuk menerapkan kebijakan komprehensif untuk meningkatkan produktivitas dan infrastruktur pedesaan, mengatasi kemiskinan dan pengangguran. Pembangunan pertanian di Indonesia telah berkembang melalui reformasi yang signifikan, terutama di bawah berbagai presiden, dengan fokus pada kebijakan lahan dan reformasi agraria untuk meningkatkan sumber daya pangan dan kesejahteraan petani. Hal tersebut untuk menciptakan sistem berkelanjutan yang meningkatkan sumber daya dan standar hidup petani, membutuhkan strategi pemerintah untuk mencegah kemiskinan dan pengangguran di kalangan petani. Tantangan Pembangunan pertanian Indonesia seperti ketergantungan kemiskinan, masalah keberlanjutan, dan deforestasi, sambil berusaha untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi di tengah dampak ekonomi yang signifikan dari krisis.

Pembangunan pertanian di Indonesia menghadapi stagnasi, dengan upaya terkonsentrasi di Jawa, yang mengarah pada kemiskinan dan pengangguran yang terus-menerus, memerlukan kebijakan komprehensif untuk meningkatkan produktivitas dan infrastruktur pedesaan. Pembangunan pertanian Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang luas dalam produksi tanaman pangan dan cashplant, khususnya di bidang pertanian Jawa, berkontribusi signifikan terhadap proses pembangunan negara secara keseluruhan. Pembangunan pertanian di Indonesia telah didorong oleh intensifikasi, ekstensifikasi, dan peningkatan modal manusia, yang mengarah pada pertumbuhan output yang signifikan dan diversifikasi ke komoditas non-pokok sejak awal 2000-an. Sektor pertanian di Indonesia terus berkembang dengan focus pada peningkatan produktivitas melalui praktik inovatif dan metode berkelanjutan. Contoh nyata adalah integrasi sumber daya lokal seperti tepung ubi jalar yang dimodifikasi ke dalam produk makanan tidak hanya mendiversifikasi pilihan makanan tetapi juga mendukung ekonomi pedesaan dengan mendorong petani untuk terlibat dalam pemrosesan nilai tambah. Selain itu, mendorong kewirausahaan di kalangan petani muda sangat penting untuk merevitalisasi lanskap pertanian serta mengidentifikasi peluang pasar baru dan memanfaatkan sumber daya yang ada untuk merangsang pertumbuhan ekonomi di daerah pedesaan. Selanjutnya, Pendekatan ganda untuk meningkatkan teknik pertanian dengan mempromosikan usaha kewirausahaan agar pertanian lebih tangguh dan makmur di Indonesia.

A. Perspektif Alternatif tentang Pertanian Indonesia

Pertanian di Indonesia menempati posisi penting dalam ekonomi nasional dan mata pencaharian penduduknya. Meskipun demikian, sudut pandang alternatif dapat digunakan untuk menganalisis tantangan dan peluang yang dihadapi sektor ini:

1. **Perspektif Ekologi dan Keberlanjutan**
Sektor pertanian di Indonesia sering menghadapi isu-isu yang berkaitan dengan degradasi lingkungan, termasuk deforestasi, erosi tanah, dan kontaminasi air yang disebabkan oleh penerapan pestisida dan pupuk kimia. Sudut pandang alternatif ini menggarisbawahi pentingnya praktik pertanian berkelanjutan yang memprioritaskan keseimbangan ekologis dan kelangsungan hidup jangka panjang. Pendekatan seperti agroekologi, pertanian organik, dan agroforestri memiliki potensi untuk mengurangi efek lingkungan yang merugikan sambil secara bersamaan memenuhi permintaan pangan.
2. **Pertanian Regeneratif dan Kesehatan Tanah**
Selain hanya mengurangi dampak negatif, pertanian regeneratif bercita-cita untuk merehabilitasi dan meningkatkan kualitas tanah, air, dan keanekaragaman hayati. Paradigma ini tidak hanya menekankan peningkatan output pertanian tetapi juga pemulihan ekosistem alam. Dalam konteks Indonesia, metodologi ini mungkin sangat relevan untuk merehabilitasi lahan yang dipengaruhi oleh deforestasi atau praktik pertanian monokultur.
3. **Perubahan Iklim dan Adaptasi Petani**
Sebagai negara kepulauan, Indonesia sangat rentan terhadap konsekuensi perubahan iklim. Perspektif pertanian alternatif mencakup inisiatif yang bertujuan untuk beradaptasi dengan kondisi iklim yang berkembang, termasuk banjir, kekeringan, dan perubahan pola cuaca. Strategi inovatif yang terkonsentrasi pada ketahanan pangan dan ketahanan iklim, seperti pengembangan varietas tanaman yang menunjukkan ketahanan terhadap peristiwa iklim ekstrem, sangat penting untuk dimasukkan ke dalam kerangka kebijakan pertanian.
4. **Teknologi dan Pertanian 4.0**
Sudut pandang konvensional mengenai pertanian sering menganggapnya sebagai sektor padat karya yang bergantung pada aplikasi teknologi yang belum sempurna. Namun, dengan munculnya teknologi digital, robotika, dan kecerdasan buatan, ada potensi besar untuk merevolusi praktik pertanian di

Indonesia. Pertanian presisi, pemanfaatan drone untuk pengawasan lahan, dan penerapan sistem irigasi cerdas merupakan contoh ilustratif tentang bagaimana kemajuan teknologi dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

5. Pemberdayaan Petani Kecil dan Ekonomi Lokal

Dalam konteks Indonesia, sebagian besar praktisi pertanian adalah petani kecil yang menghadapi kendala besar terkait akses ke sumber daya penting dan peluang pasar. Kerangka teori alternatif menggarisbawahi perlunya memberdayakan petani kecil ini melalui peningkatan akses ke kemajuan teknologi, sumber daya pendidikan, opsi keuangan mikro, dan peluang pasar yang adil. Pemberdayaan ini juga dapat mencakup inisiatif kolaboratif seperti koperasi petani atau program perdagangan yang adil yang bertujuan untuk memastikan bahwa petani menerima remunerasi yang adil untuk hasil pertanian mereka.

6. Ketahanan Pangan Lokal dalam Menghadapi Globalisasi

Globalisasi sering memaksakan tekanan kompetitif pada petani lokal yang berusaha untuk terlibat di pasar internasional, berpotensi menyebabkan ketergantungan pada impor pangan dan dampak yang merugikan pada keanekaragaman hayati lokal. Wacana ini menyoroti pentingnya memperkuat sistem pangan lokal yang berkelanjutan dan menunjukkan ketahanan yang lebih besar terhadap fluktuasi dinamika pasar global. Strategi yang mempromosikan diversifikasi tanaman dan konsumsi pangan yang diproduksi secara lokal dapat berfungsi sebagai mekanisme penting dalam memperkuat ketahanan pangan di Indonesia.

7. Inklusivitas Sosial dan Keterlibatan Perempuan

Di banyak komunitas pedesaan di seluruh Indonesia, perempuan memenuhi peran penting dalam sektor pertanian. Perspektif alternatif yang memprioritaskan inklusivitas gender menekankan perlunya meningkatkan partisipasi perempuan dalam proses pengambilan keputusan pertanian, serta meningkatkan akses mereka ke sumber daya vital seperti tanah, modal keuangan, dan peluang pelatihan. Penggabungan pengarusutamaan gender

dalam kerangka kebijakan pertanian dapat mengarah pada peningkatan produktivitas dan peningkatan hasil kesejahteraan sosial.

8. **Ekowisata dan Praktik Pertanian Terpadu**
Ekowisata berbasis pertanian menyajikan paradigma inovatif yang menggabungkan pariwisata dengan upaya pertanian lokal. Model ini memfasilitasi diversifikasi pendapatan bagi petani dengan cara yang berkelanjutan secara ekologis sambil secara bersamaan membiasakan pengunjung dengan metode pertanian asli. Di berbagai daerah, konsep ini telah diterapkan secara efektif untuk menarik wisatawan sekaligus mempromosikan keberlanjutan praktik pertanian lokal.
9. **Pertanian Perkotaan dan Ketahanan Pangan di Daerah Perkotaan**
Seiring meningkatnya urbanisasi, pertanian perkotaan semakin diakui sebagai strategi yang layak untuk mengatasi tantangan ketahanan pangan di pusat-pusat kota utama Indonesia. Ruang perkotaan yang kurang dimanfaatkan dapat diubah menjadi lokasi untuk membudidayakan sayuran dan buah-buahan, memanfaatkan taman atap dan sistem hidroponik. Perspektif ini mengusulkan solusi praktis yang bertujuan untuk meningkatkan akses ke produk segar bagi penduduk perkotaan dan mengurangi ketergantungan pada rantai pasokan yang diperluas.
10. **Pengetahuan Pribumi dan Teknik Pertanian Tradisional**
Sementara inovasi teknologi kontemporer tidak dapat disangkal signifikan, pengetahuan adat dan praktik pertanian tradisional sering memberikan solusi yang efektif dan berkelanjutan. Perspektif ini menekankan perlunya melestarikan dan mempromosikan teknologi tradisional, seperti sistem irigasi subak di Bali dan praktik budidaya yang bergeser yang digunakan oleh masyarakat adat. Integrasi teknologi modern dengan kebijaksanaan adat memiliki potensi untuk menumbuhkan sistem pertanian yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

B. Pembangunan Pertanian Berbasis Agroekologi

Pertanian merupakan salah satu sektor vital dalam perekonomian dan ketahanan pangan suatu negara. Dalam konteks pembangunan yang berkelanjutan, pendekatan agroekologi telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas pertanian sambil menjaga keseimbangan ekosistem. Agroekologi mengintegrasikan prinsip-prinsip ekologi dalam praktik pertanian, dengan fokus pada pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, diversifikasi tanaman, dan pengurangan penggunaan input kimia. Dengan memperhatikan interaksi antara komponen biotik dan abiotik dalam sistem pertanian, pembangunan pertanian berbasis agroekologi tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga untuk meningkatkan kesejahteraan petani, melestarikan keanekaragaman hayati, dan memitigasi dampak perubahan iklim.

Untuk menerapkan praktik agroekologi secara efektif, sangat penting untuk berinvestasi dalam pendidikan dan pengembangan kapasitas bagi petani, memungkinkan mereka untuk mengadopsi teknik inovatif yang meningkatkan produktivitas sambil menjaga keseimbangan ekologis. Ini termasuk program pelatihan yang berfokus pada pengelolaan hama terpadu, perbaikan kesehatan tanah melalui amandemen organik, dan penggunaan tanaman penutup tanah untuk mencegah erosi dan mempromosikan keanekaragaman hayati. Selain itu, mendorong kolaborasi di antara komunitas pertanian lokal dapat memfasilitasi berbagi pengetahuan dan sistem pendukung, yang penting untuk mengatasi tantangan seperti akses pasar dan keterbatasan sumber daya. Dengan menciptakan jaringan yang menghubungkan petani dengan peneliti dan pembuat kebijakan, dapat memastikan strategi agroekologi tidak hanya masuk akal secara ilmiah tetapi juga disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari konteks pertanian yang beragam.

Dalam era di mana ketahanan pangan dan keberlanjutan lingkungan menjadi semakin penting, pembangunan pertanian berbasis agroekologi menawarkan solusi inovatif untuk tantangan yang dihadapi sektor pertanian. Pendekatan ini tidak hanya berfokus

pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada pelestarian ekosistem dan kesejahteraan petani. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ekologi ke dalam praktik pertanian, agroekologi berpotensi untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan tangguh. Melalui investasi dalam pendidikan petani dan pengembangan kapasitas, serta mendorong kolaborasi antar komunitas, diharapkan praktik agroekologi dapat diadopsi secara luas, sehingga mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan jangka panjang dalam sektor pertanian.

Pembangunan pertanian berbasis agroekologi, meskipun memiliki banyak keuntungan, juga menghadapi sejumlah tantangan yang signifikan. Pertama, pendekatan ini sering kali dianggap kurang efisien dalam meningkatkan produktivitas pertanian dibandingkan dengan metode konvensional yang lebih mengandalkan teknologi tinggi dan input kimia. Petani yang beralih ke agroekologi mungkin mengalami penurunan hasil panen dalam jangka pendek, yang dapat membahayakan ketahanan pangan, terutama di daerah yang sudah rentan. Selain itu, penerapan prinsip-prinsip agroekologi memerlukan pengetahuan dan keterampilan khusus yang mungkin tidak dimiliki oleh semua petani, sehingga menciptakan kesenjangan antara mereka yang mampu beradaptasi dan mereka yang tidak. Selanjutnya, investasi dalam pendidikan dan pelatihan untuk petani sering kali memerlukan sumber daya yang besar dan waktu yang lama untuk membuahkan hasil. Dalam banyak kasus, petani mungkin lebih memilih solusi cepat yang dapat langsung meningkatkan hasil mereka, daripada berinvestasi dalam praktik yang mungkin hanya menunjukkan manfaat jangka panjang. Selain itu, kolaborasi antar komunitas pertanian juga tidak selalu berjalan mulus; perbedaan dalam budaya, tujuan ekonomi, dan akses terhadap sumber daya dapat menghambat upaya untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman. Dari sudut pandang kebijakan, meskipun agroekologi menawarkan pendekatan yang berkelanjutan, pemerintah sering kali lebih fokus pada teknologi pertanian modern yang dapat memberikan hasil cepat dan terukur. Oleh karena itu, dukungan kebijakan untuk agroekologi mungkin tidak sekuat yang diharapkan, membatasi potensi implementasi di tingkat nasional. Terakhir, meskipun

agroekologi berupaya untuk melestarikan keanekaragaman hayati, ada risiko bahwa fokus yang terlalu besar pada pendekatan ini dapat mengabaikan kebutuhan mendesak untuk meningkatkan produksi pangan yang cukup untuk populasi yang terus bertambah. Dengan demikian, penting untuk mempertimbangkan keseimbangan antara inovasi agroekologi dan praktik pertanian tradisional yang telah terbukti efektif dalam memenuhi kebutuhan pangan.

C. Dukungan Kebijakan Ekonomi Pertanian Berkelanjutan

Dukungan kebijakan ekonomi pertanian berkelanjutan merupakan elemen krusial dalam mencapai tujuan pembangunan pedesaan yang inklusif dan berkelanjutan. Salah satu fokus utama dari kebijakan ini adalah mendorong kewirausahaan di kalangan petani, yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap penciptaan lapangan kerja dan penguatan ekonomi lokal. Dengan memberikan insentif bagi petani untuk mengeksplorasi peluang bisnis, baik di sektor pertanian maupun non-pertanian, pembuat kebijakan memiliki potensi untuk merangsang diversifikasi pendapatan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan. Pergeseran menuju kewirausahaan tidak hanya memberdayakan individu, tetapi juga memicu inovasi yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya. Dalam konteks perubahan permintaan pasar dan tantangan lingkungan yang semakin kompleks, integrasi teknologi dalam praktik pertanian menjadi sangat penting untuk mempertahankan daya saing dan keberlanjutan sektor ini. Oleh karena itu, kebijakan yang komprehensif, yang mencakup pendidikan, akses terhadap sumber daya, serta kemajuan teknologi, sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan hidup dan pertumbuhan jangka panjang dalam ekonomi pertanian.

D. Prospek Pembangunan Pertanian di Indonesia

Mengingat prospek pembangunan pertanian di Indonesia, penting untuk mempertimbangkan peran pertanian perkotaan sebagai strategi pelengkap untuk meningkatkan ketahanan pangan dan

keberlanjutan. Pertanian perkotaan tidak hanya memanfaatkan ruang terbatas tetapi juga memanfaatkan sumber daya lokal secara efektif, sehingga mengurangi ketergantungan pada rantai pasokan pedesaan dan impor. Misalnya, menerapkan teknik pertanian vertikal dapat secara signifikan meningkatkan hasil per meter persegi sambil mempromosikan keterlibatan masyarakat dan pendidikan tentang praktik berkelanjutan. Selanjutnya, dengan meningkatnya populasi lansia di daerah perkotaan, memberdayakan demografi ini melalui partisipasi dalam pertanian perkotaan dapat mengatasi kebutuhan gizi dan isolasi sosial, yang pada akhirnya berkontribusi pada sistem pangan yang lebih tangguh.

Potensi kemajuan pertanian di Indonesia sangat besar, mengingat sektor ini merupakan pilar penting perekonomian bangsa. Dengan kekayaan sumber daya alam, hamparan lahan subur yang luas, dan iklim tropis yang kondusif, Indonesia memiliki peluang yang signifikan untuk terus meningkatkan industri pertaniannya. Meskipun demikian, berbagai faktor memerlukan pertimbangan yang cermat untuk sepenuhnya menyadari potensi ini.

1. Diversifikasi Produk Pertanian

Indonesia menawarkan beragam produk pertanian, termasuk beras, minyak sawit, kopi, teh, kakao, karet, dan rempah-rempah. Tantangan utama terletak pada ketergantungan yang besar pada sejumlah komoditas utama yang terbatas, terutama beras dan minyak sawit. Dengan mengejar diversifikasi dan mendorong budidaya tanaman alternatif, Indonesia dapat meningkatkan nilai ekspor pertaniannya sekaligus mengurangi risiko yang terkait dengan fluktuasi harga komoditas global.

2. Modernisasi Teknologi Pertanian

Meningkatkan produktivitas pertanian dapat dicapai melalui adopsi teknologi pertanian kontemporer, termasuk pemanfaatan mesin pertanian, sistem irigasi cerdas, dan metodologi pertanian presisi. Penerapan teknologi tersebut masih relatif terkendala di Indonesia, khususnya di daerah pedesaan. Modernisasi ini penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan hasil

produksi, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.

3. Pengembangan Sumber Daya Manusia

Domain pertanian di Indonesia tetap didominasi oleh petani kecil yang sering memiliki pendidikan formal terbatas. Untuk meningkatkan daya saing, sangat penting untuk memberikan pelatihan dan peluang pendidikan bagi petani mengenai metodologi pertanian modern, praktik manajemen pertanian yang efektif, dan aksesibilitas pasar. Dengan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani, produktivitas dan kualitas hasil pertanian dapat ditingkatkan.

4. Infrastruktur Pertanian

Kaliber infrastruktur secara signifikan mempengaruhi efisiensi proses produksi dan distribusi untuk produk pertanian. Di banyak daerah di Indonesia, infrastruktur pertanian termasuk jalan, sistem irigasi, dan fasilitas penyimpanan tetap tidak mencukupi. Pemerintah dituntut untuk mempertahankan investasinya dalam pengembangan infrastruktur pertanian untuk memfasilitasi peningkatan akses pasar dan meminimalkan kerugian pasca panen.

5. Akses ke Pembiayaan dan Investasi

Petani kecil sering menghadapi tantangan dalam mengamankan pembiayaan untuk menambah modal kerja mereka. Dengan menerapkan inisiatif pembiayaan yang lebih mudah diakses, seperti program kredit mikro atau subsidi, petani dapat meningkatkan tingkat produktivitas mereka. Selain itu, menarik peningkatan investasi swasta di sektor pertanian, terutama dari sumber domestik dan internasional, dapat berfungsi untuk merangsang pertumbuhan sektor ini.

6. Penguatan Kelembagaan dan Kebijakan

Pemerintah menempati peran penting dalam memperkuat sektor pertanian. Inisiatif seperti reformasi agraria, perlindungan petani, dan regulasi harga komoditas merupakan komponen penting. Kebijakan yang mengadvokasi keberlanjutan kerangka

kerja pertanian, termasuk subsidi pupuk dan inisiatif ketahanan pangan, harus bertahan dalam pengembangannya.

7. Keberlanjutan dan Pertanian Berkelanjutan

Mengingat perubahan iklim dan degradasi lingkungan, sangat penting untuk mempromosikan praktik pertanian yang berkelanjutan secara ekologis. Ketergantungan yang berlebihan pada pupuk dan pestisida kimia menimbulkan ancaman bagi kesuburan tanah dan kelangsungan hidup jangka panjang produksi pertanian. Oleh karena itu, sangat penting untuk memajukan teknik pertanian organik dan praktik lain yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

8. Penguatan Ekspor Pertanian

Indonesia memiliki prospek yang cukup besar untuk meningkatkan ekspor pertaniannya, terutama ke negara-negara yang membutuhkan komoditas tropis. Dengan meningkatkan kualitas produk, mematuhi standar keamanan pangan, dan menerapkan strategi pengemasan dan branding yang efektif, Indonesia dapat meningkatkan sikap kompetitifnya di pasar internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi, P. (2015). "Peningkatan Produktivitas Pertanian di Era Globalisasi: Studi Kasus di Jawa Barat." *Jurnal Pembangunan Pertanian*, 22(3), 145-157.
- Mosher, Arthur T. (1968). *Teknologi Pertanian dan Perkembangannya di Indonesia*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sajogyo, Pudjiwati. (2001). *Pertanian Indonesia: Masalah dan Pembaruan*. Jakarta: Penerbit Yayasan Obor Indonesia.
- Setiawan, B. (2016). "Perkembangan Pertanian Berkelanjutan di Indonesia: Tantangan dan Peluang." *Jurnal Agro Ekonomi*, 34(2), 123-136.
- Simatupang, Pantjar. (2000). *Dampak Perubahan Ekonomi Makro terhadap Pertanian di Indonesia*. Bogor: Pusat Studi Pembangunan Pertanian dan Pedesaan (PSP3), IPB.
- Soemarwoto, Otto. (2001). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Suryana, A. (2018). "Kebijakan Pemerintah dalam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesia." *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, 12(1), 33-47.

BAB 5

PERANAN AGRONOMI UNTUK PENINGKATAN KESEJAHTERAAN MANUSIA

Oleh: Dr. Ir. Suratman Sudjud, S.P., M.P., I.P.M

A. Pendahuluan

Pengertian agronomi dapat kita peroleh pada berbagai pustaka atau referensi pada umumnya, yang menitikberatkan pada aspek tanaman, tanah dan lingkungan. Secara etimologi, agronomi berasal dari bahasa Yunani *agros* (lahan) dan *nomos* (manajemen). Dalam aplikasinya atau praktek, agronomi tidak hanya difokuskan pada aspek budidaya tanaman saja, akan tetapi juga mencakup penerapan teknologi modern, demi meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan. Agronomi secara harfiah didefinisikan sebagai ilmu tentang pengelolaan lahan pertanian. Menurut Singh *et al.*, (2023) dan Mohanty *et al.*, (2024), agronomi merupakan salah satu cabang ilmu pertanian yang mengintegrasikan pengelolaan tanaman, tanah dan lingkungan untuk mendukung produksi pangan dan serat secara berkelanjutan. Sebagai ilmu yang terus berkembang, agronomi kini menggabungkan teknologi canggih dengan prakteknya terbukti efektif dengan menciptakan pendekatan yang holistik untuk meningkatkan hasil pertanian dengan menjaga keseimbangan ekosistem. Pendekatan *holistic* dimaksud melalui integrasi ekologis, agronomi mencakup penerapan prinsip fisik, kimia, dan biologi untuk menciptakan sistem produksi yang bermanfaat secara ekonomi dan lingkungan (Krishnaprabu dan Kalaiselva, 2019).

Peranan agronomi dalam peningkatan kesejahteraan manusia tidak hanya terbatas pada produktivitas tanaman, tetapi juga mencakup kesehatan tanah, efisiensi sumber daya, dan pemberdayaan masyarakat petani. Agronomi berperan sebagai solusi untuk

mengurangi dampak perubahan iklim melalui teknik konservasi, pengelolaan sumber daya air, dan integrasi teknologi ramah lingkungan (Hariyadi et al., 2019). Di tengah meningkatnya kebutuhan pangan, inovasi agronomi seperti pertanian presisi, penggunaan pupuk organik, dan agroforestri telah menunjukkan potensi besar dalam menjawab tantangan dimaksud. Peran agronomi menjadi esensial dengan peningkatan populasi global yang menuntut produksi pangan yang lebih besar dan lebih berkelanjutan (Titmarsh, et al., 2010; Villalobos and Fereres, 2016).

Melalui strategi pengelolaan yang cermat, agronomi membantu meningkatkan hasil panen, menjaga kualitas tanah, dan mendukung kesejahteraan masyarakat. Keberlanjutannya, salah satu fokus utama dalam agronomi, terutama dengan adanya ancaman perubahan iklim dan degradasi sumber daya alam yang mengancam produksi pangan (Sudjud & Hadun, 2018). Kontribusi dan peranan agronomi dalam peningkatan kesejahteraan manusia, dapat digambarkan 4 (empat) aspek, mencakup (1) ketahanan pangan, (2) pengelolaan tanah dan nutrisi untuk keberlanjutan, (3) inovasi teknologi dalam agronomi, dan (4) kontribusi agronomi terhadap perubahan iklim.

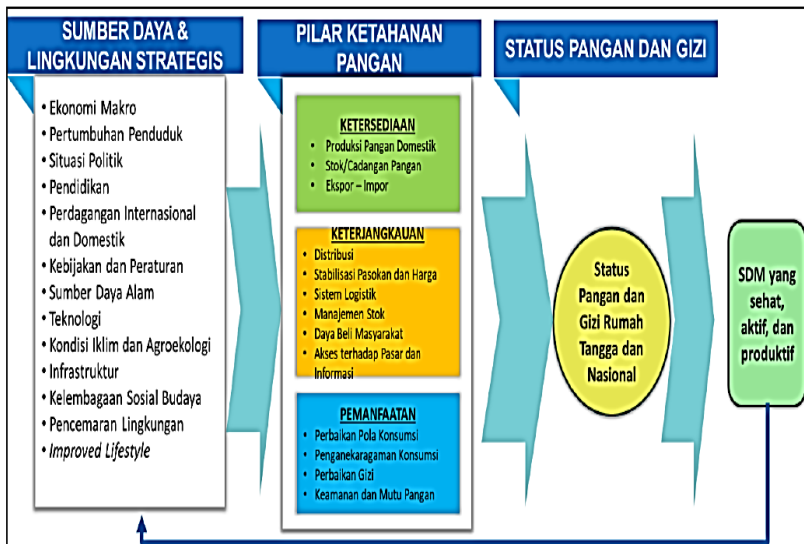
B. Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan bagian terpenting dari pemenuhan hak atas pangan, apakah sebagai individu ataupun rumah tangga mempunyai hak untuk dijamin agar dapat hidup (Sudjud, 2022). Artinya, pemenuhan kebutuhan makan adalah hak asasi dari manusia yang harus dipenuhi. Dalam *Declaration of Human Right* tahun 1948 dan *World Conference on Human Right* tahun 1993 telah disepakati bahwa setiap individu berhak memperoleh pangan yang cukup. Itulah sebabnya setiap negara di dunia menjadikan pertanian pangan sebagai sektor yang tidak kalah pentingnya dibanding sektor lain. Pertanyaannya adalah bagaimana kondisi ketahanan pangan secara nasional atau daerah-daerah di Indonesia.

Beberapa fakta menunjukkan bahwa sejak tahun 2000 telah diprediksi terjadi pertumbuhan penduduk, kenaikan populasi mengalami pertambahan menurut deret ukur, sementara kenaikan

kebutuhan pangan pertumbuhannya menyerupai deret hitung. Menurut Thomas Malthus, dalam karyanya *an essay on the principle of population*, mengemukakan bahwa pertumbuhan populasi manusia cenderung meningkat secara eksponensial (2, 4, 8, dan seterusnya), sementara pertumbuhan produksi pangan hanya meningkat secara aritmatika (2, 4, 6 dan seterusnya). Dengan kata lain, populasi bertambah jauh lebih cepat dibandingkan kapasitas produksi pangan (Tomiyyama, et al., 2020). Ketidakseimbangan tersebut menyebabkan tingkat kecukupan pangan terbatas, yang pada akhirnya menyebabkan ketidakcukupan pangan yang tersedia. Hal ini terbukti pada tahun 2004, Indonesia telah menjadi negara import terbesar di dunia pada berbagai bahan pangan. Sejak tahun 2002, Indonesia mengimpor 1 juta ton jagung, 3 juta ton gandum, 0,8 juta ton kedelai, 0,8 juta ton kacang tanah, 1,6 juta ton gula, serta berbagai macam buah dan daging belum termasuk pangan beras sebagai sumber pangan utama. Artinya dalam aspek ketahanan pangan dalam pembudidayaan tanaman menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan di Indonesia belum mampu mendukung ketahanan pangan nasional (Prihatin et al., 2012).

Gambaran kondisi Indeks Ketahanan Pangan (IKP) di wilayah Provinsi Maluku Utara menurut (Sudjud, 2022) yang dianalisis menggunakan data (Badan Pangan Nasional, 2022) dengan menggunakan 9 (sembilan) indikator untuk wilayah kabupaten dan 8 (delapan) indikator untuk wilayah kota. kesembilan indikator yang digunakan dalam penyusunan IKP adalah turunan dari 3 (tiga) pilar ketahanan pangan, yaitu ketersediaan, keterjangkauan dan pemanfaatan pangan. Pemilihan indikator yang digunakan dalam IKP didasarkan pada: 1) hasil perhitungan indeks ketahanan pangan global; 2) tingkat sensitivitas dalam mengukur situasi ketahanan pangan dan gizi; 3) keterwakilan 3 aspek ketahanan pangan; dan 4) ketersediaan data secara rutin (bulanan/tahunan) yang mencakup seluruh kabupaten/kota dan provinsi sebagaimana disajikan pada gambar 5.1 (Badan Pangan Nasional, 2022).



Gambar 5. 1 Kerangka Konsep Ketahanan Pangan dan Gizi
Sumber : Badan Pangan Nasional (2022)

Pilar ketahanan pangan yang mencakup 1) aspek ketersediaan (*food availability*) meliputi produksi pangan domestik, stok/cadangan pangan dan ekspor impor; 2) aspek keterjangkauan (*access to sufficient food*) meliputi distribusi, stabilitas pasokan dan harga, sistem logistik, manajemen stok, daya beli masyarakat, dan akses terhadap pasar dan informasi; dan 3) aspek pemanfaatan (*utility of food, which is related to cultural*) meliputi perbaikan pola konsumsi, penganekaragaman konsumsi, perbaikan gizi, keamanan dan mutu pangan (Jokolelono, 2011). Ketiga pilar tersebut dapat terjadi pada wilayah antara lain tersedianya pangan tetapi konsumen dengan daya beli rendah atau kurangnya sumber biaya, tersedianya pangan tetapi konsumen dengan daya beli yang tinggi atau harganya mahal, dan tidak tersedianya pangan dan kurangnya sumber biaya. Ketiga pilar ketahanan pangan dimaksud selanjutnya ditetapkan menjadi 9 (sembilan) indikator yang dipilih sebagai dasar penentuan IKP (Badan Pangan Nasional, 2022), mencakup 1) rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan bersih; 2) persentase penduduk yang hidup di bawah garis kemiskinan; 3) persentase rumah tangga dengan

proporsi pengeluaran untuk pangan lebih dari 65 persen terhadap total pengeluaran; 4) persentase rumah tangga tanpa akses listrik; 5) rata-rata lama sekolah perempuan di atas 15 tahun; 6) persentase rumah tangga tanpa akses ke air bersih; 7) rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk; 8) persentase balita dengan tinggi badan di bawah standar (*stunting*); dan 9) angka harapan hidup pada saat lahir.

IKP yang dihasilkan pada masing-masing wilayah Kabupaten/Kota/Provinsi Maluku Utara dikelompokkan ke dalam 6 (enam) kelompok *cut off point* IKP, yang merupakan hasil penjumlahan dari masing-masing perkalian antara bobot indikator individu dengan *cut off point* indikator individu hasil standarisasi *z-score* dan *distance to scale* (0-100). Wilayah yang masuk ke dalam kelompok 1 adalah wilayah yang cenderung memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi daripada wilayah dengan kelompok di atasnya, sebaliknya wilayah pada kelompok 6 merupakan wilayah kabupaten/kota/provinsi yang memiliki ketahanan pangan paling baik sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 1 *Cut off Point* Indeks Ketahanan Pangan

Kelompok IKP	Kabupaten	Kota	Provinsi Maluku Utara
1	< = 41,52	< = 28,84	< = 37,61
2	> 41, 52 - 51,42	> 28,84 - 41,44	> 37,61 - 48,27
3	> 51,42 - 59,58	> 41,44 - 51,29	> 48,27 - 57,11
4	> 59,58 - 67,75	> 51,29 - 61,13	> 57,11 - 65,96
5	> 67,75 - 75,68	> 61,13 - 70,64	> 65,96 - 74,40
6	> 75,68	> 70,64	> 74,40

Sumber : Badan Pangan Nasional (2022)

Hasil perhitungan dan analisis Indeks Ketahanan Pangan (IKP) tahun 2020 di wilayah wilayah Kabupaten/Kota/Provinsi Maluku Utara disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Kelompok IKP Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara

No	Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara	IKP	Kelompok IKP	IKP	
				Peringkat Nasional	Peringkat Daerah
1	Halmahera Barat	68,10	4	292	7
2	Halmahera Tengah	71,52	5	262	5
3	Kepulauan Sula	54,96	3	362	9
4	Halmahera Selatan	69,64	5	285	6
5	Halmahera Utara	82,42	6	60	2
6	Halmahera Timur	74,84	5	222	4
7	Pulau Morotai	78,17	6	150	3
8	Kepulauan Taliabu	44,16	2	388	10
9	Kota Ternate	84,89	6	18	1
10	Kota Tidore Kepulauan	59,95	4	89	8
11	Provinsi Maluku Utara	66,58	5	22	

Sumber : Badan Pangan Nasional (2022)

Analisis IKP di wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara menunjukkan bahwa kabupaten kota yang memiliki IKP tertinggi adalah Kota Ternate (IKP = 84,89) dan Kabupaten Halmahera Utara (IKP = 82,42) , sementara IKP terendah adalah pada wilayah Kabupaten Kepulauan Taliabu (IKP = 44,16). Secara nasional, IKP Kota Ternate berada pada peringkat ke 18 dari 98 jumlah kota di wilayah Indonesia, sedangkan Kabupaten Kepulauan Taliabu berada pada peringkat ke 388 dari total 416 Kabupaten di seluruh wilayah di Indonesia. Sementara agregat peringkat Provinsi Maluku Utara berada pada peringkat ke 22 dari 34 Provinsi di Indonesia (Sudjud, 2022).

Hasil pengelompokan IKP diperoleh bahwa Kota Ternate, Kabupaten Halmahera Utara dan Kabupaten Kepulauan Morotai berada pada kelompok 6 yang artinya kabupaten/kota yang memiliki ketahanan pangan paling baik. Kabupaten Halmahera Timur,

Kabupaten Halmahera Tengah, dan Kabupaten Halmahera Selatan berada pada kelompok 5 yang memiliki ketahanan pangan baik, sedangkan Kabupaten Halmahera Barat dan Kota Tidore Kepulauan masuk pada kelompok 4 yang memiliki ketahanan pangan cukup baik. Sementara Kabupaten Kepulauan Sula dan Kabupaten Kepulauan Taliabu masuk pada kelompok 3 dan kelompok 2 yang artinya memiliki tingkat kerentanan pangan yang lebih tinggi. Secara keseluruhan data IKP di Provinsi Maluku Utara masuk pada kelompok 5 yang artinya memiliki ketahanan pangan yang baik.

2. Ketersediaan Pangan Beras dan Kebutuhan Konsumsi

Agronomi berkontribusi dalam menjaga kualitas nutrisi pangan. Melalui teknik budidaya yang berfokus pada pemenuhan nutrisi, agronomi memastikan bahwa hasil panen tidak hanya mencukupi secara kuantitas tetapi juga berkualitas tinggi untuk konsumsi manusia. Hal ini sangat penting karena kualitas nutrisi dari pangan yang dihasilkan berhubungan langsung dengan pola konsumsi dan kesehatan masyarakat (Looper et al., 2022). Akan tetapi, ketersediaan pangan sangat tergantung dengan luasan areal yang dibudidaya dan tingkat produktivitas per satuan luas (Ha).

Di Provinsi Maluku Utara, berdasarkan data (Badan Pusat Statistik, 2023) luas panen dari waktu ke waktu mengalami fluktuasi dan cenderung menurun. Hal ini menyebabkan penurunan produksi padi dan produksi beras untuk kebutuhan konsumsi. Produktivitas Gabah Kering Giling (GKG) rata-rata menjadi beras berdasarkan luas panen sangat bervariasi antar wilayah kabupaten/kota dalam wilayah Provinsi Maluku Utara. Di lihat dari jumlah beras yang dihasilkan maka pada Kabupaten Pulau Morotai yang memberikan produksi beras rata-rata lebih besar dibandingkan dengan wilayah lainnya yaitu sebesar 2,69 ton beras pada setiap 1 Ha luas panen yang dihasilkan. Sementara wilayah lainnya jauh relatif lebih rendah yaitu 1 – 2,20 ton beras pada setiap 1 Ha luas panen.

Berdasarkan data luas panen, produksi beras yang dihasilkan pada masing-masing wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara dan analisis ketersediaan pangan beras disajikan pada Tabel 5.3. Data perkembangan konsumsi beras dalam rumah tangga

berdasarkan Susenas-BPS terlihat mengalami tren penurunan selama 2017 sampai 2020 sebesar 1,25% dengan konsumsi rata-rata sebesar 95,67 Kg/kapita/tahun (Buletin Konsumsi Pangan, 2021). Di Provinsi Maluku Utara data rata-rata konsumsi beras selama 4 tahun terakhir (2017 – 2020) adalah sebesar 80,99 kg/kapita/tahun.

Tabel 5. 3 Estimasi Pangan Tersedia, Luas Panen, Produksi dan Jumlah Penduduk

Kabupaten/ Kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas Panen (Ha)	Produksi Beras (Ton)	Produktivitas Rata-rata (Ton Beras)	Rata-rata Konsumsi Beras (Kg/Kapita/ thn)	Beras Tersedia (Kg/kapita/ thn)	Beras Tidak Tersedia (Kg/kapita/ thn)
Halmahera Barat	134.630	410	802	1,96	80,99	5,96	75,03
Halmahera Tengah	57.809	569	841	1,48	80,99	14,55	66,44
Kepulauan Sula	105.293	18	29	1,61	80,99	0,28	80,71
Halmahera Selatan	251.690	225	496	2,20	80,99	1,97	79,02
Halmahera Utara	199.936	2.310	5.077	2,20	80,99	25,39	55,60
Halmahera Timur	92.954	3.517	6.485	1,84	80,99	69,77	11,22
Pulau Morotai	76.102	732	1.966	2,69	80,99	25,83	55,16
Kepulauan Taliabu	58.744	-	-	-	80,99	0,00	80,99
Kota Ternate	205.870	-	-	-	80,99	0,00	80,99
Kota Tidore Kepulauan	116.149	1	1	1,00	80,99	0,01	80,98
Provinsi Maluku Utara	1.299.177	7.782	15.697	2,02	80,99	12,08	68,91

Sumber : Badan Pusat Statistik (2023)

Hasil analisis yang diperoleh adalah pangan berupa komoditas beras yang tersedia diatas 30% pada masing-masing wilayah kabupaten/kota di Provinsi Maluku Utara adalah terdapat di Kabupaten Halmahera Timur (86%), Kabupaten Kepulauan Morotai (32 %) dan Kabupaten Halmahera Utara (31 %). Sementara pada Kabupaten Halmahera Tengah adalah 18% dan Kabupaten Halmahera barat baru mencapai 7 % dan Kabupaten Halmahera Selatan adalah 2

%. Empat kabupaten/kota lainnya yaitu Kepulauan Sula, dan Kepulauan Taliabu serta Kota Tidore Kepulauan dan Kota Ternate komoditas pangan tersedia adalah sebanyak 0 – 0,34%. Hal ini disebabkan karena Kota Ternate dan Kabupaten Kepulauan Taliabu tidak memiliki luas areal budidaya tanaman padi, sementara Kabupaten Kepulauan Sula dan Kota Tidore kepulauan memiliki luas areal panen yang terbatas dengan produksi yang relatif rendah. Secara rata-rata hasil analisis ini menggambarkan pangan (beras) tersedia di Provinsi Maluku Utara baru dapat mencapai 14,92 % (12,08 kg/kapita/tahun).

Analisis ini menunjukkan bahwa IKP Provinsi Maluku Utara (66,58) yang masuk dalam kelompok 5 yang artinya memiliki ketahanan pangan yang baik tidak bersumber pada aspek ketersediaan (*food availability*) meliputi produksi pangan domestik, tetapi pada aspek keterjangkauan (*access to sufficient food*) meliputi distribusi, stabilitas pasokan dan harga, sistem logistik, manajemen stok, daya beli masyarakat, dan akses terhadap pasar dan informasi; dan aspek pemanfaatan (*utility of food, which is related to cultural*) meliputi perbaikan pola konsumsi, penganekaragaman konsumsi, perbaikan gizi, keamanan dan mutu pangan. Dengan demikian, maka ketersediaan pangan di wilayah Provinsi Maluku Utara menjadi satu tantangan terbesar adalah memastikan bahwa semua orang memiliki akses pangan yang cukup dan bergizi. Agronomi berperan penting dalam memastikan keamanan pangan dan membantu meningkatkan produksi dalam membantu mengembangkan teknik budidaya yang lebih efisien, mulai dari pemilihan varietas tanaman unggul hingga penggunaan pupuk dan pestisida yang tepat. Dengan teknik ini, hasil panen tanaman pangan seperti tanaman padi meningkat, sehingga kebutuhan bahan baku pangan untuk masyarakat dapat terpenuhi dan distribusi pangan secara efisien dan merata.

C. Pengelolaan Tanah dan Nutrisi untuk Keberlanjutan

Pengelolaan tanah dan nutrisi merupakan komponen mendasar dalam agronomi yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan

keberlanjutan sistem pertanian. Dalam konteks agronomi modern, praktik pengelolaan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek produksi tetapi juga keberlanjutan ekologis untuk menjaga kesuburan tanah dalam jangka panjang (Hazra et al., 2021).

1. Pentingnya Pengelolaan Tanah dan Nutrisi

Tanah adalah sumber daya tak tergantikan yang mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, intensifikasi pertanian yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi tanah, seperti penurunan kandungan organik, erosi, dan kehilangan kesuburan. Pengelolaan tanah yang baik mencakup pengendalian struktur tanah, menjaga kadar bahan organik, dan memastikan ketersediaan nutrisi esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Tindakan konservasi tanah minimum maupun tanpa olah tanah merupakan alternatif yang baik dilakukan pada lahan usaha tani di bawah tegakan tanaman perkebunan pada wilayah kepulauan, seperti di Maluku Utara yang bertujuan untuk mengurangi kehilangan tanah akibat erosi saat terjadi hujan dan kehilangan air di musim kemarau (Umasugi, et al., 2022).

Nutrisi tanaman adalah bagian integral dari agronomi. Ketidakseimbangan nutrisi dapat menyebabkan penurunan hasil panen dan kerusakan lingkungan akibat pencemaran. Penambahan pupuk N-anorganik merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan hara N tanaman. Namun, penggunaan pupuk sintetis yang dilakukan tanpa mempertimbangkan kebutuhan tanaman dapat meningkatkan kadar N yang tercuci. Kadar N yang tinggi pada sistem larutan tanah berpotensi untuk mencemari tanah dan air (Hartono et al., 2021).

Penggunaan pupuk organik, seperti bokashi, biochar, telah terbukti efektif meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperbaiki sifat fisik tanah, dan meningkatkan ketersediaan nutrisi pada tanah marginal seperti Ultisol dan Latosol. Berdasarkan hasil kajian bahwa kombinasi biochar sekam padi dan bokasi pupuk kandang ayam dapat meningkatkan pH tanah dan P- tersedia yang berimplikasi pada pertumbuhan tanaman yang terbaik dan hasil cabai yang tertinggi untuk pengembangan tanaman cabai rawit secara

organik pada tanah Ultisol (Yuliana et al., 2022). Penggunaan pupuk hayati juga memiliki keuntungan, yaitu mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman serta menjaga ekosistem lingkungan, sehingga perlu adanya pengaplikasian pupuk hayati dengan tetap menjaga produktivitas lahan. Salah satunya adalah penggunaan pupuk hayati mikoriza. Pupuk hayati mikoriza dapat mempertahankan produktivitas lahan dan ramah lingkungan, karena dapat mengurangi pemakaian pupuk an-organik yang merusak lingkungan apabila digunakan secara terus menerus. Pupuk hayati mikoriza membantu dalam proses efisiensi pemupukan, mengintensifkan fungsi akar, dan meningkatkan efisiensi serapan unsur hara (Hazra et al., 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa terberat terdapat pada perlakuan (50% pupuk standar + 2.5 g MZ2000) sebesar 23.41 g per rumpun, perlakuan ini mengalami peningkatan sebesar 35.40% dibandingkan perlakuan pupuk standar (Hazra et al., 2021).

2. Pendekatan Keberlanjutan dalam Pengelolaan Tanah

Pengelolaan tanah yang berkelanjutan merupakan salah satu elemen utama dalam agronomi modern. Dalam pertanian berkelanjutan didefinisikan sebagai kemampuan untuk meningkatkan produksi pangan tanpa mengurangi kesuburan tanah dan kesehatan ekosistem dalam jangka panjang. Pendekatan ini sangat relevan di tengah ancaman degradasi tanah akibat intensifikasi pertanian, perubahan iklim, dan urbanisasi yang tidak terkendali. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan mengembangkan pupuk hayati (biofertilizer) fungi mikoriza arbuskula (FMA) sebagai salah satu upaya dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tanah marginal (Ibrahim et al., 2022). Dalam agronomi, konsep keberlanjutan tanah mencakup langkah-langkah untuk memulihkan dan mempertahankan kesuburan tanah sambil memastikan hasil panen yang optimal. Tujuannya adalah memadukan efisiensi ekonomi, keseimbangan ekologis, dan keberlanjutan sosial dalam produksi pangan (Hazra et al., 2021).

Beberapa pendekatan yang dapat dikembangkan untuk keberlanjutan dalam pengelolaan tanah adalah sebagai berikut:

a. Pemanfaatan Bahan Organik

Penggunaan pupuk organik seperti kompos dan bokashi dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air. Kajian menunjukkan bahwa bokashi efektif meningkatkan ketersediaan fosfor dan kalium pada tanah Ultisol, jenis tanah yang sering digunakan di wilayah tropis tetapi memiliki kesuburan rendah (Yuliana et al., 2022).

b. Penggunaan Biochar

Biochar adalah arang yang dihasilkan dari biomassa tanaman melalui pirolisis. Aplikasi biochar tidak hanya meningkatkan kapasitas tukar kation tanah tetapi juga berperan dalam menyerap karbon, sehingga mendukung mitigasi perubahan iklim (Hartono et al., 2021).

c. Rotasi Tanaman dan Tanaman Penutup Tanah

Rotasi tanaman membantu memutus siklus hama dan penyakit serta mencegah penipisan unsur hara tertentu. Sementara itu, tanaman penutup tanah seperti kacang-kacangan dapat memperbaiki kandungan nitrogen di tanah melalui fiksasi nitrogen biologis (Ibrahim, et al., 2022).

d. Konservasi Air dan Mulsa

Penggunaan mulsa organik mampu mengurangi penguapan air dan melindungi permukaan tanah dari erosi. Selain itu, sistem irigasi tetes yang hemat air telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan pertanian (Hazra et al., 2021). Hasil kajian dalam penggunaan lahan berkelanjutan di sektor pertanian, dengan menggunakan analisis bibliometrik selama tiga dekade terakhir yang difokuskan pada manajemen air, adaptasi perubahan iklim, dan sistem pertanian multifungsi melalui penerapan pertanian organik di Eropa dapat meningkatkan keberlanjutan ekosistem sekaligus mendukung pertumbuhan ekonomi pedesaan (Aznar-Sánchez et al., 2019). Hasil analisis oleh Hadun et al. (2024) tentang analisis sifat-sifat tanah yang meliputi kadar air tanah pada kondisi air kapasitas lahan dan air pada kondisi titik layu permanen pada tiap penggunaan lahan di

Pulau Hiri menunjukkan tingkat ketersediaan dalam tanah berbeda-beda pada setiap penggunaan lahan. Selanjutnya disampaikan bahwa pada penggunaan lahan kebun campuran memiliki ketersediaan air lebih besar, yakni berjumlah 214,2 mm kemudian hutan sekunder sebesar 203,7 mm, dan ketersediaan air dalam tanah paling rendah yaitu pada lahan terbuka, yakni sebesar 75,0 mm (Hadun et al., 2024).

D. Inovasi Teknologi dalam Agronomi

Perkembangan teknologi telah membuka berbagai peluang dalam agronomi modern, di mana inovasi seperti sensor tanah dan pemetaan lahan menjadi bagian integral dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Sensor tanah, misalnya, dapat memberikan data yang akurat tentang kelembaban dan kebutuhan hara, sehingga petani dapat membuat keputusan yang tepat mengenai waktu dan jumlah irigasi serta pemupukan yang optimal (Filić & Soić, 2018). Selanjutnya dikemukakan bahwa, teknologi pemetaan lahan dapat membantu petani dalam merencanakan penanaman berdasarkan karakteristik tanah, meningkatkan efisiensi dan hasil panen secara keseluruhan. Inovasi teknologi dalam agronomi adalah kunci untuk menjawab tantangan pertanian modern, seperti peningkatan kebutuhan pangan, perubahan iklim, dan kelestarian lingkungan. Agronomi telah bertransformasi dari pendekatan tradisional menjadi sistem berbasis teknologi, memungkinkan efisiensi dan keberlanjutan yang lebih baik dalam produksi tanaman (Anbarasan & Ramesh, 2022).

Peran agronomi terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan pangan yang berkelanjutan. Dengan teknologi seperti sensor tanah, pemetaan lahan, dan analisis data besar (big data), agronomi modern mampu memberikan solusi yang lebih efektif dan presisi dalam pengelolaan sumber daya dan peningkatan hasil panen. Peran agronomi di masa depan diproyeksikan semakin penting dalam memastikan keseimbangan antara produktivitas pertanian dan pelestarian lingkungan, menjadikannya disiplin yang kritis untuk kesejahteraan manusia (Singh *et al.*, 2023;Looper, et al., 2022).

Beberapa model inovasi teknologi dalam agronomi yang mampu meningkatkan produktivitas hasil pertanian diantaranya melalui inovasi pertanian presisi. Pertanian presisi adalah salah satu inovasi utama yang memanfaatkan sensor, IoT, dan kecerdasan buatan (AI) untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida. Misalnya, drone yang digunakan untuk pemantauan terhadap serangan hama dan penyakit tanaman, dapat membantu meningkatkan hasil panen, maupun dapat mengurangi limbah (Nemade et al., 2023). Selain itu, penggunaan bioteknologi juga memainkan peran penting dengan menghasilkan varietas tanaman yang tahan hama dan penyakit serta tahan terhadap cekaman lingkungan. Penggunaan teknik seperti CRISPR untuk memodifikasi gen tanaman telah meningkatkan hasil panen di lahan marginal. Dalam lingkungan urban, pertanian vertikal menjadi solusi inovatif untuk produksi pangan berkelanjutan di ruang terbatas. Sistem ini memanfaatkan LED, hidroponik, dan kontrol lingkungan otomatis untuk meningkatkan hasil panen di wilayah perkotaan atau pertanian pada lahan yang sempit. Secara umum agronomi mendukung pengembangan teknologi pertanian yang lebih modern, seperti pemantauan tanaman dengan drone, sistem pertanian presisi, serta penggunaan bioteknologi untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil tanaman.

E. Kontribusi Agronomi terhadap Mitigasi Perubahan Iklim

Agronomi memainkan peran kunci dalam mitigasi perubahan iklim melalui metode budidaya yang bertujuan mengurangi emisi karbon dan meningkatkan penyerapan karbon dalam tanah. Tanaman, terutama yang ditanam melalui praktik agronomi ramah lingkungan, memiliki kemampuan untuk menyerap karbon dari atmosfer dan menyimpannya dalam tanah sebagai cadangan karbon. Proses ini tidak hanya membantu mengurangi jumlah karbon di atmosfer tetapi juga memperbaiki kualitas tanah. Agronomi yang berfokus pada manajemen tanah, seperti penggunaan tanaman penutup tanah dan agroforestri, membantu dalam menyerap karbon secara efektif, yang

pada gilirannya berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim global (Villalobos & Fereres, 2016).

Beberapa peran penting agronomi terhadap mitigasi perubahan iklim adalah melalui pengembangan praktik pertanian berkelanjutan yang mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan meningkatkan penyerapan karbon. Pendekatan agronomis seperti agroforestri, manajemen tanah dan air, serta penggunaan teknologi pintar telah terbukti membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim, sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian (Sharma et al., 2023). Pertanian dengan menggunakan pola agroforestri, yaitu sistem integrasi antara tanaman kehutanan dan pertanian, memiliki potensi besar dalam mitigasi perubahan iklim. Sistem ini meningkatkan penyerapan karbon hingga 95 Mg/ha dan mampu melindungi tanah dari erosi dan meningkatkan kelembapan tanah. Sebagai contoh, di India, penerapan agroforestri membantu petani meningkatkan pendapatan sambil mengurangi emisi karbon melalui penanaman pohon bernilai ekonomi seperti akasia dan mangga (D.Lasco et al., 2014).

Secara keseluruhan, agronomi menjadi pilar penting dalam pembangunan keberlanjutan yang mencakup dimensi ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dengan memberikan solusi berbasis sains untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian, agronomi tidak hanya membantu meningkatkan kesejahteraan petani tetapi juga mendukung upaya global dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan ketahanan pangan. Agronomi dalam aspek pemuliaan tanaman, dapat menciptakan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kondisi cuaca ekstrem, seperti kekeringan, banjir, atau perubahan suhu. Varietas tanaman yang lebih tahan terhadap perubahan iklim, akan lebih stabil dalam produksi sehingga pasokan bahan baku pangan tidak terganggu meskipun terjadi perubahan cuaca. Peran agronomi dalam memelihara keanekaragaman hayati, mampu mengurangi emisi karbon, serta menyediakan dasar bagi kebijakan pertanian yang berkeadilan menjadikannya salah satu disiplin ilmu yang sangat relevan di masa depan untuk kesejahteraan manusia.

Tantangan dan ancaman iklim dapat menyebabkan ketersediaan pangan berkurang. Salah satu contohnya adalah dampak musim kering berkepanjangan (El Nino) yang mengurangi ketersediaan pangan nasional. Karena El Nino 1997 Indonesia harus merelakan hilangnya produksi beras sebesar 1,2 juta ton. Hal ini menyebabkan tahun 1998 pemerintah terpaksa mengimpor beras dalam jumlah yang sangat mengejutkan, yakni 5,8 juta ton karena kekhawatiran dapat memicu kerawanan sosial yang dapat membahayakan stabilitas ekonomi dan stabilitas nasional (Prihatin et al., 2012).

F. Agronomi sebagai Solusi Kesejahteraan Sosial

Agronomi sebagai ilmu yang mempelajari cara mengoptimalkan produksi pertanian memiliki dampak besar pada kesejahteraan petani dan masyarakat secara umum. Uraian kontribusi dan peranan agronomi dalam peningkatan kesejahteraan manusia, telah diuraikan secara ringkas pada berbagai aspek sebagai bagian dari aspek-aspek yang dapat meningkatkan produksi hasil budidaya pertanian. Gambaran aspek tersebut yang mencakup (1) ketahanan pangan, (2) pengelolaan tanah dan nutrisi untuk keberlanjutan, (3) inovasi teknologi dalam agronomi, dan (4) kontribusi agronomi terhadap mitigasi perubahan iklim.

Manajemen pengelolaan yang baik dan menggunakan metode agronomi yang tepat pada uraian aspek-aspek tersebut, petani dan pengelola usahat budidaya pertanian dapat meningkatkan hasil panen atau produksi per tanaman per luasan, melalui pemantauan penggunaan sumber daya, seperti tanah dan air. Efisiensi operasional yang dihasilkan dari praktik agronomi yang baik, bukan hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga meminimalkan pemborosan sumber daya sehingga mengurangi biaya produksi. Dalam jangka panjang, praktik ini berdampak langsung pada pendapatan petani dan taraf hidup, terutama bagi petani kecil yang sangat bergantung pada stabilitas hasil panen. Agronomi dimasa mendatang, akan mendorong diversifikasi tanaman, yaitu menanam berbagai jenis tanaman pangan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal. Diversifikasi ini penting

untuk memastikan pasokan bahan baku pangan yang lebih beragam dan lebih stabil, mengurangi ketergantungan pada satu jenis tanaman, serta meningkatkan nilai gizi dari makanan yang dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anbarasan, S., & Ramesh, S. (2022). *Photosynthesis Eficiency : Advances and Challenges in Improving Crop Yield*. 2021–2023.
- Aznar-Sánchez, A, J., Rodríguez, Muñoz, P., Velasco, M., Manzano, Agugliaro, J., & Francisco. (2019). Worldwide research trends on sustainable land use in agriculture. *Land Use Policy*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104069>
- Badan Pangan Nasional. (2022). Indeks Ketahanan Pangan 2022. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(12), 7250–7257.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Maluku Utara 2022-2023 (Angka Tetap). *Badan Pusat Statistik*, 2023(62), 1–16. <https://jatim.bps.go.id/pressrelease/2023/03/01/1384/pada-2022--luas-panen-padi-mencapai-sekitar-1-69-juta-hektare-dengan-produksi-sebesar-9-53-juta-ton-gkg--jika-dikonversikan-menjadi-beras--maka-produksi-beras-pada-2022-mencapai-5-50-juta-ton-.html>
- Buletin Konsumsi Pangan. (2021). Kementerian Pertanian Republik Indonesia - Buletin Konsumsi Pangan - Volume 12 Nomor 1 Tahun 2021. *Kementerian Pertanian Republik Indonesia*, 12(1), 32–43. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-buletin/53-buletin-konsumsi/772-buku-buletin-konsumsi-pangan-semester-i-2021>
- D.Lasco, R., Jane, R., Delfino, & Laya, M. (2014). Agroforestry systems: helping smallholders adapt to climate risks while mitigating climate change. *Wires Climate Change*, 5(6), 525–833. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wcc.301>
- Filić, A., & Soić, V. (2018). The fatima plea for the consecration of Russia and the world in theological reflections of renÉ laurentin. *Bogoslovska Smotra*, 88, 381–408.
- Hadun, R., Umasugi, B., Sudjud, S., & Teapon, A. (2024). Analysis of the availability and water requirements of dryland farming and the water needs of residents in Hiri Island, Ternate City, North Maluku. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*,

- 11(3), 6017–6023.
<https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.113.6017>
- Hariyadi, B. W., Purwanti, S., Pratiwi, Y. I., Ali, M., & Agus Suryanto. (2019). *Dasar-Dasar Agronomi Uwais Inspirasi Indonesia*. 146.
- Hartono, A., Nugroho, B., Ramadhani, Nadalia1, D., & Afifah, D. (2021). Dinamika Pelepasan Nitrogen Empat Jenis Pupuk Urea Pada Kondisi *Dynamics of Nitrogen Release by Four Types of Urea in Flooded Condition*. 23(2), 66–71.
- Hazra, F., Istiqomah, Nur, F., & Adriani, L. (2021). Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza Pada Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* var . *aggregatum*) Di Tanah Latosol Dramaga *Application of Mycorrhizal Biofertilizer on Shallot (Allium cepa* var . *aggregatum*) Plant on Latosol Dramaga. 23(2), 59–65.
- Ibrahim, Husna, & Halim. (2022). *Pertumbuhan dan Serapan Hara Tanaman Jagung (Zea mays L.) terhadap Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula Lokal*. 10(April), 46–57.
- Jokolelono, E. (2011). Pangan dan Ketersediaan Pangan. *Media Litbang Sulteng, IV*(2), 88–96.
- Krishnaprabu, N., & Kalaiselva, P. (2019). *Text Book on Fundamentals of Agronomy*. LAP Lambert Academic Publishing.
- Looper, M. L., Jennings, J. A., & Rivera, J. D. (2022). *Forage agronomists are needed in animal science departments*. January, 1–4.
- Mohanty, L. K., Singh, N. K., Raj, P., Prakash, A., Tiwari, A. K., Singh, V., & Sachan, P. (2024). Nurturing Crops, Enhancing Soil Health, and Sustaining Agricultural Prosperity Worldwide through Agronomy. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(2), 46–67. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i22308>
- Nemade, S., Ninama, J., Kumar, S., Pandarinathan, S., Azam, K., Singh, B., & Ratnam, K. M. (2023). *Advancements in Agronomic Practices for Sustainable Crop Production : A Review*. 35(22), 679–689. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i224178>
- Prihatin, Djuni, S., Samsi, Sunarru, & mudiyono, & Hariadi. (2012). Ancaman Ketahanan Pangan Rumah Tangga Petani. *Jurnal Ilmiah CIVIS, II*(2), 1–13.
- Singh, B. V., Supriya, Girase, I. S. P., Kanaujiya, P. K., Sulochna, S. V., & Singh, S. (2023). Unleashing the Power of Agronomy: Nurturing Sustainable Food System for a Flourishing Future. *Asian Journal*

- of Research in Agriculture and Forestry*, 9(3), 164–171.
<https://doi.org/10.9734/ajraf/2023/v9i3219>
- Sudjud, S. (2022). Ketahanan Pangan : Tinjauan Indeks Ketahanan Pangan Dan Proyeksi Kebutuhan Konsumsi Pangan Di Provinsi Maluku Utara.
https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=f0lIcVgAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=f0lIcVgAAAAJ:bEWYM
- Sudjud, S., & Hadun, R. (2018). The potential areas for crop development in Morotai Island Regency, Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(6), 2374–2379.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.6.7633>
- Titmarsh, I. J., Doughton, J., & Woods. (2010). Agronomy looking forward, thinking broadly. *Crop and Pasture Science*, 61(7), 522–527. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/CP09203>
- Tomiyama, J. M., Takagi, D., & B.Kantar, M. (2020). The effect of acute and chronic food shortage on human population equilibrium in a subsistence setting. *Agriculture and Food Security*, 9(6), 1–9.
- Umasugi, B., Teapon, A., & Sudjud, S. (2022). Pangan dalam Kebun, Model Pertanian Petani Kepulauan: Analisis karakteristik lahan dan pendapatan petani Pulau Ternate. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 5(2), 342–348. <https://doi.org/10.37637/ab.v5i2.953>
- Villalobos, F. J., & Fereres, E. (2016). *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*.
- Yuliana, N. D., Darwis, Resman, Namriah, Ginting, S., & Rembon, F. (2022). *The Effect of Biochar and Bokashi on Soil pH, Available-P and Yield of Cayenne Pepper (Capsicum Frutescens L.) in Ultisol Nunik*. 10(April), 85–95.

BAB 6

ASAL DAN ASPEK TANAMAN

Oleh: Yuliatrri, S.P., M.P

A. Pendahuluan

Sejak zaman purba, manusia telah menjalin hubungan erat dengan tumbuhan. Dari sekadar mengumpulkan buah-buahan liar untuk bertahan hidup, manusia kemudian belajar membudidayakan tanaman. Proses domestikasi inilah yang menjadi tonggak awal pertanian dan melahirkan beragam tanaman budidaya yang kita nikmati saat ini. Memahami asal-usul tanaman tidak hanya sekadar memuaskan rasa ingin tahu, namun juga membuka jendela menuju pengetahuan tentang keanekaragaman hayati dan sejarah peradaban manusia.

Tanaman memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Sebagai penyedia utama oksigen melalui fotosintesis, tanaman juga menjadi sumber pangan, obat-obatan, energi, dan bahan baku industri. Keanekaragaman tanaman di seluruh dunia bukan hanya hasil evolusi alami, tetapi juga pengaruh domestikasi dan penyebaran oleh manusia selama ribuan tahun. Sejarah tanaman erat kaitannya dengan perkembangan peradaban, karena tanaman seperti padi, jagung, dan gandum telah mendukung populasi manusia dalam jumlah besar.

Pertanian, yang merupakan inti dari agronomi, telah mengalami evolusi yang panjang seiring dengan perkembangan peradaban manusia. Dari perladangan sederhana hingga sistem pertanian modern, tanaman agronomi selalu menjadi pusat perhatian. Pemahaman mendalam tentang asal-usul dan aspek agronomi suatu tanaman tidak hanya penting untuk menghargai warisan budaya kita, tetapi juga untuk mengembangkan strategi budidaya yang lebih baik di masa depan.

Asal-usul dan aspek agronomi tanaman merupakan kajian yang menarik dan kompleks. Melalui pemahaman yang mendalam tentang topik ini, kita dapat menghubungkan berbagai disiplin ilmu seperti biologi, kimia, fisika, dan ilmu sosial. Selain itu, pengetahuan ini juga dapat membantu kita dalam memecahkan berbagai permasalahan pertanian yang dihadapi saat ini, seperti degradasi lahan, perubahan iklim, dan keamanan pangan.

Tanaman, sebagai makhluk hidup, memiliki karakteristik unik yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan berbagai lingkungan. Melalui proses evolusi yang panjang, tanaman telah mengembangkan mekanisme khusus untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Agronomi, sebagai ilmu yang mempelajari budidaya tanaman, mengkaji berbagai aspek tanaman mulai dari genetika, fisiologi, hingga ekologi. Dengan memahami aspek-aspek tersebut, kita dapat mengoptimalkan produksi pertanian dan menjaga kelestarian lingkungan.

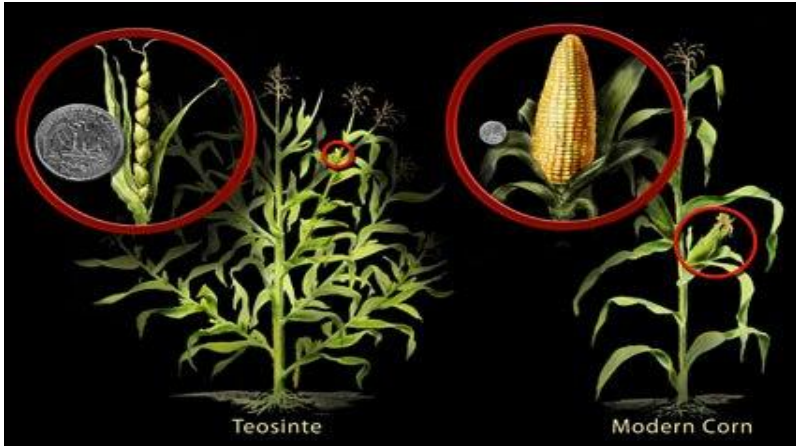
B. Asal Usul Tanaman

Asal-usul tanaman adalah fondasi ilmu agronomi. Dengan memahami bagaimana tanaman berevolusi dan beradaptasi, kita dapat mengembangkan teknik budidaya yang lebih efektif. Proses domestikasi, yang dimulai ribuan tahun lalu, telah menghasilkan beragam varietas tanaman yang memenuhi kebutuhan pangan manusia.

Perjalanan evolusi tanaman dimulai dari alga hijau yang hidup di lautan. Seiring waktu, mereka beradaptasi dengan kehidupan di daratan, mengembangkan akar, batang, dan daun. Proses domestikasi, yang dimulai ribuan tahun lalu, mengubah tanaman liar menjadi sumber makanan utama manusia. Pusat-pusat domestikasi utama tersebar di berbagai benua, masing-masing menyumbangkan tanaman pangan penting bagi dunia.

Setiap tanaman yang ada sekarang telah dikembangkan pada zaman prasejarah. Hal ini tercapai dengan dua cara yang berbeda: (1) penjinakan (*domestication*) (Gambar 6.1 dan 6.2.), yaitu dengan

membudidayakan atau mengelola species liar, dan (3) seleksi (Gambar 2.) yaitu penangkaran yang berbeda-beda dari spesies tersebut (Hariyadi *dkk*, 2022).



Gambar 6. 1 Proses Domestikasi Tanaman Jagung

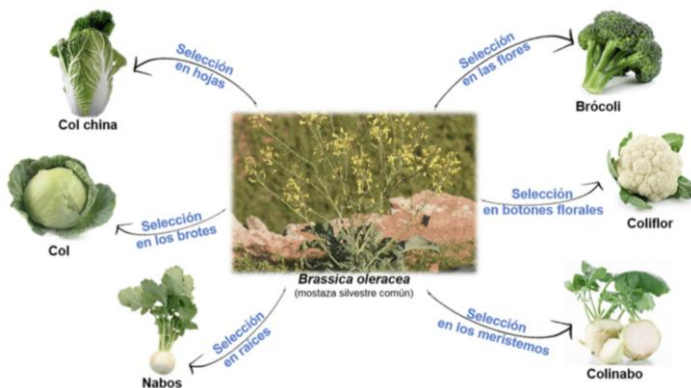


Gambar 6. 2 Proses Perubahan Bentuk dan Ukuran Bonggol dari Tongkol Jagung Selama Proses Domestikasi

Sumber: <https://learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn/>

Domestikasi pada tumbuhan liar menghasilkan tanaman pertanian. Proses tersebut melibatkan tahap seleksi atau pemilihan tumbuh-tumbuhan yang bermanfaat yang selanjutnya dilakukan pemindahan tumbuhan hasil seleksi menjadi tanaman yang dapat dibudidayakan atau dikenal dengan proses domestikasi. Salah satu tanaman modern (masa kini) hasil domestikasi adalah gandum (Harjadi, 2019). Analisis yang telah dilakukan oleh Sulistyarto dan Muasomah (2023) dengan tujuannya adalah untuk memahami adanya domestikasi tumbuhan yang berkaitan dengan pemanfaatan tumbuhan di situs Kendenglembu, yang nantinya diharapkan dapat menjadi studi domestikasi tumbuhan untuk acuan kajian lanjutan berkaitan dengan aspek-aspek domestikasi tumbuhan yang terjadi di situs-situs arkeologi.

Seleksi kadang-kadang mengakibatkan terciptanya suatu tipe baru. Bagi banyak tanaman, ini sangat efektif. Dari tanaman yang ada, dewasa ini sebagian besar perbedaannya sangat signifikan dibandingkan dengan nenek moyangnya yang masih liar, dan banyak yang telah berubah sehingga garis turunannya kabur. Manusia-manusia purba merupakan pemulia tanaman (*plant breeder*) yang efektif walaupun tanpa pengetahuan genetika sedikit pun (Harjadi, 2018).



Gambar 6. 3 Tekanan seleksi telah menghasilkan enam sayuran terpisah dari suatu spesies tunggal *Brassica oleraceae*. Seleksi untuk bagian-bagian yang membesar.

Perkembangan setiap masyarakat secara sinambung bersendi pada ketersediaan sumber pangan yang cukup. Pada masyarakat primitif yang bersendi pada pengumpulan pangan atau perburuan, setiap individu harus terlibat secara total dengan urgensi kepastian sumber pangan. Kelimpahan pangan hanya bersifat sementara dan merupakan pengecualian. Pemecahan masalah ini terjadi dengan penciptaan suatu teknologi yang berhubung-hubungan dan kompleks, mencakup hubungan yang erat antara tanaman-tanaman pertanian dan ternak yaitu perkembangan pertanian.

Pada saat berburu di hutan, manusia primitif juga mengumpulkan biji dan buah dari berbagai jenis tumbuhan. Kemungkinan besar, suku yang bermigrasi dengan mengambil hasil produksi satu tanaman di padang rumput bulan Maret, kemudian yang lain di kaki bukit pada bulan April atau Mei. Suatu daerah dengan kelompok fenotipik yang beragam akan menghasilkan spesies keturunan untuk seleksi dan pengujian kualitas adaptasi dan pelestarian di lingkungan baru. Namun saat ini, eksistensi tanaman tersebut sudah berkurang sebab biji tumbuhan liar mudah rontok dan kulitnya membuat biji sulit pecah. Para petani saat itu mengatasi kesulitan tersebut dengan memilih biji dengan sekam yang liat saat dipanen, menyangrai dan menumbuk biji yang sudah dikupas (Harjadi, 2019).

1. Nenek Moyang Tanaman

Nenek moyang tanaman yang ada saat ini diyakini berasal dari kelompok alga hijau (*Chlorophyta*), yang hidup di lingkungan akuatik sekitar 500 juta tahun yang lalu. Kelompok alga ini memiliki ciri khas yang mirip dengan tanaman darat modern, seperti pigmen fotosintesis (klorofil a dan b), penyimpanan energi dalam bentuk pati, dan dinding sel yang terbuat dari selulosa. Evolusi tanaman dimulai ketika organisme ini beradaptasi dari lingkungan perairan ke daratan. Adaptasi ini melibatkan pengembangan struktur seperti kutikula, stomata, dan spora tahan kekeringan, yang membantu tanaman purba bertahan di kondisi darat yang lebih kering.

Kajian *paleobotani* menunjukkan bahwa tanaman pertama yang berhasil hidup di daratan adalah kelompok lumut (*bryophyta*), yang

tidak memiliki jaringan pembuluh. Evolusi berikutnya menciptakan tanaman berpembuluh, seperti paku-pakuan (*pteridophyta*), yang menjadi nenek moyang bagi kelompok tanaman modern, termasuk *gymnospermae* dan *angiospermae*. Fosil tumbuhan menunjukkan adanya transisi yang bertahap dari struktur sederhana ke kompleks selama jutaan tahun, yang mencerminkan upaya tanaman untuk menyesuaikan diri dengan berbagai tekanan lingkungan di daratan.

2. Evolusi Jaringan Pembuluh

Tanaman pertama yang hidup di daratan, seperti lumut (*Bryophyta*), tidak memiliki jaringan pembuluh khusus untuk transportasi air dan nutrisi. Sebagai gantinya, mereka mengandalkan difusi sederhana dan kapilaritas untuk distribusi air di dalam tubuh mereka, yang membatasi ukuran dan kompleksitas mereka. Namun, perkembangan evolusi berikutnya menghasilkan jaringan pembuluh, yaitu xilem dan floem, yang menjadi ciri khas tanaman berpembuluh (*Tracheophyta*).

Xilem berfungsi untuk mengangkut air dan mineral dari akar ke bagian atas tanaman, sementara floem mendistribusikan fotosintat (hasil fotosintesis seperti glukosa) ke seluruh tubuh tanaman. Adanya jaringan pembuluh ini memungkinkan tanaman untuk tumbuh lebih besar dan lebih kompleks, karena mereka dapat mengangkut sumber daya ke bagian-bagian yang jauh dari tempat pengambilannya. Tanaman berpembuluh pertama, seperti paku-pakuan (*Pteridophyta*) dan *gymnospermae*, menunjukkan kemampuan adaptasi ini, yang pada akhirnya memungkinkan kolonisasi daratan yang lebih luas dan diversifikasi tanaman darat.

3. Perkembangan Reproduksi

Evolusi reproduksi pada tanaman menunjukkan perjalanan dari mekanisme sederhana menuju sistem yang semakin kompleks dan efisien. Pada tahap awal, tanaman purba, seperti alga, mengandalkan reproduksi seksual sederhana dengan penyatuan gamet jantan dan betina dalam air. Ketergantungan ini membatasi distribusi tanaman ke lingkungan perairan. Seiring evolusi, tanaman darat awal seperti *Bryophyta* dan *Pteridophyta* mulai mengembangkan spora sebagai

unit reproduksi. Spora ini memungkinkan penyebaran yang lebih luas karena memiliki dinding pelindung yang tahan terhadap kekeringan.

Langkah besar dalam evolusi reproduksi adalah munculnya biji pada tanaman berbiji (*Gymnospermae*). Biji menawarkan perlindungan mekanis bagi embrio dan menyediakan cadangan makanan, sehingga memungkinkan embrio bertahan di kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Biji juga memungkinkan tanaman untuk menyebar lebih jauh dan bertahan dalam periode dormansi.

Pada tanaman berbunga (*Angiospermae*), evolusi bunga dan buah menjadi inovasi yang signifikan. Bunga berfungsi sebagai organ reproduksi kompleks yang menarik penyerbuk, seperti serangga atau burung, melalui warna, aroma, dan nektar, meningkatkan efisiensi pembuahan. Setelah fertilisasi, buah berkembang untuk melindungi biji dan memfasilitasi penyebarannya, baik melalui hewan, angin, atau air. Mekanisme ini menjadikan angiospermae kelompok tanaman darat paling sukses, dengan diversifikasi yang sangat luas di seluruh ekosistem darat.

4. Diversifikasi Tanaman

Tanaman darat mengalami diversifikasi yang luar biasa sejak pertama kali beradaptasi dengan kehidupan di daratan. Evolusi dan penyebaran mereka menghasilkan empat kelompok utama: *Bryophyta*, *Pteridophyta*, *Gymnospermae*, dan *Angiospermae*. Setiap kelompok menunjukkan adaptasi unik terhadap berbagai kondisi lingkungan.

a. *Bryophyta* (Lumut)

Kelompok ini mencakup tanaman tanpa jaringan pembuluh, seperti lumut. Mereka bergantung pada lingkungan yang lembap karena air diperlukan untuk reproduksi dan transportasi nutrisi melalui difusi. Contoh lumut termasuk *Marchantia* dan *Sphagnum*.

- b. *Pteridophyta* (Paku-pakuan)
Tanaman berpembuluh pertama kali muncul pada paku-pakuan. Mereka memiliki xilem dan floem untuk distribusi air dan nutrisi, memungkinkan tubuh tanaman lebih besar dan kompleks. Namun, mereka tetap membutuhkan air untuk reproduksi seksual. Contohnya adalah *Adiantum* dan *Selaginella*.
- c. *Gymnospermae* (Tanaman Berbiji Terbuka)
Gymnospermae mengembangkan biji sebagai inovasi reproduksi yang memberikan perlindungan dan cadangan makanan bagi embrio. Biji mereka tidak tertutup oleh buah, seperti pada pohon pinus (*Pinus*) dan cemara (*Araucaria*).
- d. *Angiospermae* (Tanaman Berbunga)
Kelompok ini adalah yang paling sukses secara evolusi, dengan bunga sebagai alat reproduksi yang menarik penyerbuk dan buah yang membantu menyebarkan biji. Angiospermae mencakup hampir semua tanaman berbunga modern, seperti padi (*Oryza sativa*) dan mangga (*Mangifera indica*).

Diversifikasi ini didorong oleh berbagai tekanan seleksi, seperti perubahan iklim, ketersediaan air, dan interaksi dengan hewan penyerbuk atau penyebar biji. Kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang beragam menjadikan tanaman darat sebagai kelompok organisme yang paling beragam dan tersebar luas di Bumi.

5. Pusat Keanekaragaman Tanaman

Berdasarkan teori Nikolai Vavilov, salah satu ahli genetika dan botani terkemuka abad ke-20, pusat asal tanaman domestikasi dapat dibagi menjadi delapan wilayah utama di dunia. Wilayah-wilayah ini dianggap sebagai pusat keanekaragaman genetik tanaman dan tempat di mana proses domestikasi tanaman berlangsung secara intensif, baik melalui seleksi alam maupun seleksi buatan oleh manusia (Harlan, 1992). Beberapa pusat utama yang dikemukakan Vavilov adalah sebagai berikut:

- a. Asia Tenggara
Kawasan ini merupakan asal dari tanaman seperti padi (*Oryza sativa*), kelapa (*Cocos nucifera*), tebu (*Saccharum officinarum*), dan pisang (*Musa spp.*). Kekayaan biodiversitas di wilayah ini didukung oleh iklim tropis yang stabil dan lembap.
- b. Timur Tengah
Dikenal sebagai "Bulan Sabit Subur," wilayah ini adalah tempat asal tanaman sereal seperti gandum (*Triticum spp.*) dan barley (*Hordeum vulgare*), serta legum seperti lentil dan kacang polong. Tanaman ini menjadi fondasi pertanian awal dan peradaban manusia.
- c. Mesoamerika
Kawasan ini mencakup Meksiko dan Amerika Tengah, tempat asal tanaman penting seperti jagung (*Zea mays*), kacang-kacangan (*Phaseolus spp.*), dan cabai. Domestikasi tanaman di wilayah ini telah memengaruhi pola konsumsi pangan global.

Teori Vavilov tidak hanya menggambarkan pusat domestikasi, tetapi juga menunjukkan bagaimana proses domestikasi tanaman berakar pada keanekaragaman genetik di habitat asli mereka. Di setiap pusat keanekaragaman, tanaman liar mengalami perubahan genetik yang membuatnya lebih cocok untuk budidaya dan penggunaan manusia, melalui seleksi sifat-sifat yang menguntungkan, seperti hasil panen yang lebih tinggi atau toleransi terhadap lingkungan tertentu

6. Pengaruh Tanaman dalam Ekosistem

Tanaman memegang peran sentral dalam ekosistem sebagai produsen utama yang menjadi dasar rantai makanan. Melalui proses fotosintesis, tanaman mengubah energi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa, yang kemudian mendukung kehidupan makhluk heterotrofik seperti hewan dan manusia. Tanaman juga menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan fotosintesis, yang sangat penting untuk kelangsungan hidup organisme aerobik.

Pada skala ekosistem, tanaman berkontribusi pada siklus karbon global dengan menyerap karbon dioksida dari atmosfer.

Proses ini tidak hanya mengurangi konsentrasi gas rumah kaca tetapi juga membantu mengatur iklim global. Selain itu, akar tanaman meningkatkan struktur tanah dengan mencegah erosi dan memperbaiki siklus air melalui penguapan dan transpirasi.

Secara historis, fotosintesis oleh tanaman purba telah mengubah atmosfer bumi secara signifikan. Sebelum adanya tanaman darat, atmosfer bumi memiliki kadar oksigen yang rendah. Kehadiran tanaman, terutama sejak era Devonian, meningkatkan konsentrasi oksigen di atmosfer, menciptakan kondisi yang memungkinkan kehidupan hewan kompleks berkembang.

Keberadaan tanaman juga menciptakan habitat bagi berbagai macam organisme, seperti serangga, burung, dan mamalia, serta mendukung jaringan interaksi ekologis yang kompleks. Kehilangan tanaman akibat deforestasi atau perubahan iklim dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, menunjukkan betapa pentingnya peran tanaman dalam menjaga keberlanjutan kehidupan di bumi.

C. Aspek Tanaman

1. Aspek Biologi

Aspek biologi dari tanaman yaitu meliputi morfologi, anatomi, fisiologi, produksi dan perkembangan. Morfologi tumbuhan tidak Cuma menjelaskan bagaimana bentuk dan struktur tubuh tumbuhan, namun juga berfungsi untuk memilih apakah fungsi dari masing-masing bagian itu dalam kehidupan tumbuhan, dan selanjutnya juga berusaha mengetahui dimana asal bentuk dan susunan tumbuhan tersebut (Gembong, 2005).

Ada lima bagian utama bagian tumbuhan yang dapat diamati morfologinya, yang mencakup bagian tumbuhan yaitu mencakup akar, batang, daun, bunga, dan buah. Akar berfungsi menyerap air dan nutrisi dari tanah, sedangkan batang menjadi jalur transportasi bagi air dan hasil fotosintesis. Daun adalah tempat utama fotosintesis, di mana energi matahari diubah menjadi glukosa sebagai sumber energi tanaman.

Bunga adalah alat reproduksi generatif yang menghasilkan biji melalui proses penyerbukan dan pembuahan. Buah yang terbentuk melindungi biji dan membantu penyebaran keturunan. Selain itu, adaptasi biologis memungkinkan tanaman bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti kaktus yang dapat menyimpan air dalam jumlah besar di batangnya.

2. Aspek Ekologis

Dalam ekosistem, tanaman berperan sebagai produsen primer yang mendukung kehidupan makhluk lain. Melalui fotosintesis, tanaman mengubah karbon dioksida dan air menjadi oksigen dan energi kimia yang menjadi dasar rantai makanan. Tanaman juga berinteraksi dengan organisme lain, seperti serangga penyerbuk, burung penyebar biji, dan mikroba tanah yang membantu penyerapan nutrisi.

Adaptasi ekologis terlihat pada tanaman xerofit yang hidup di gurun, seperti kaktus dengan daun berbentuk duri untuk mengurangi penguapan. Di sisi lain, tanaman hidrofit seperti teratai memiliki daun yang lebar dan mengapung untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari.

Secara garis besar ekologi tumbuhan membahas mengenai hubungan antara tumbuhan dengan lingkungan secara timbal balik. Diartikan pula ekologi tumbuhan merupakan kajian mengenai segala pengaruh faktor lingkungan kepada suatu spesies tumbuhan maupun terhadap komunitas tumbuhan di suatu wilayah (Jayadi, 2015). (Rasidi, 2019) memaparkan makhluk hidup termasuk tumbuhan mampu memberi reaksi terhadap berbagai faktor seperti faktor biotik, kimia dan fisika. Beberapa yang masuk kedalam faktor tersebut seperti, naungan tumbuhan lain, kelembaban dan suhu udara, intensitas cahaya dan curah hujan. Secara terus menerus keberlangsungan dari prinsip ekologi akan menghasilkan akibat terbentuknya berbagai proses seperti adaptasi, fisiologi, interaksi, asosiasi, suksesi dan toleransi yang dalam waktu tertentu dapat menciptakan keseimbangan.

3. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi dalam agronomi pada akhirnya bertujuan untuk menciptakan sistem pertanian yang efisien, produktif, dan berkelanjutan secara finansial serta ekologis. Sektor pertanian masih merupakan sektor penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Sebagian besar penduduk Indonesia (60%) tinggal di pedesaan dan lebih setengah penduduk mengantungkan hidupnya pada sektor pertanian (Daniel, 2002).

Tanaman memainkan peran penting dalam aspek ekonomi, baik sebagai sumber pendapatan langsung maupun dalam mendukung sektor lain. Dalam konteks pertanian, tanaman seperti padi, jagung, gandum, dan kedelai berkontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan sekaligus pendapatan petani. Selain itu, tanaman perkebunan seperti kopi, kelapa sawit, karet, dan kakao menjadi komoditas ekspor utama yang mendukung perekonomian banyak negara berkembang, termasuk Indonesia.

Di sisi lain, tanaman hortikultura (buah, sayur, dan bunga) memberikan nilai tambah ekonomi tinggi karena permintaan domestik dan global yang terus meningkat. Peningkatan teknologi budidaya, pemanenan, dan pasca panen telah memungkinkan peningkatan produktivitas dan efisiensi, yang berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Keberlanjutan sektor tanaman juga penting untuk aspek lingkungan dan ekonomi jangka panjang. Pendekatan agronomi yang berkelanjutan memastikan lahan pertanian tetap produktif dan membantu menjaga stabilitas ekosistem. Diversifikasi tanaman serta peningkatan nilai tambah melalui pengolahan pasca panen dapat mendukung pertumbuhan ekonomi lokal dan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, M. (2002). Pengantar Ekonomi Pertanian. PT. Bumi Aksara. UI Press. Jakarta A.
- Gembong Tjitrosoepomo. (2005). Morfologi Tumbuhan, Cetakan 15 (Yogyakarta: UGM Press), hal.1-2.
- Hariyadi, B.W., dkk. (2022). Dasar-dasar Agronomi. Jawa Timur : Uwais Inspirasi Indonesia
- Harjadi, S. S. (2018). Dasar-Dasar Agronomi. Jakarta : Gramedia.
- Harjadi, S. S. (2019). Pengantar Agronomi. Jakarta: Gramedia.
- Harlan, J. R. (1992). *Crops and Man*. American Society of Agronomy.
- Jayadi EM. 2015. Ekologi Tumbuhan. Cetakan Pertama. Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Mataram. Mataram.
- Proses domestikasi tanaman Jangung.
<https://news.nationalgeographic.org/>.
- Proses perubahan bentuk dan ukuran bonggol dari tongkol Jagung selama proses domestikasi.
<https://learn.genetics.utah.edu/content/selection/corn/>.
- Rasidi. (2019). Anatomi Tumbuhan. Tangerang Selatan: Perpustakaan Universitas Terbuka.
- Sulistiyarto, P.H. dan Muasomah. (2023). *“Domestikasi Tumbuhan Berdasarkan Temuan Mikrobotani Di Situs Neolitik: Studi Kasus Situs Kendenglembu”* Balai Arkeologi Provinsi Kalimantan Selatan p-ISSN: 1410-0932; e-ISSN: 2548-4125.
- Tekanan seleksi telah menghasilkan enam sayuran terpisah dari suatu spesies tunggal Brassica oleraceae.
https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Cambios-en-la-mostaza-silvestre-comun-Brassica-oleracea-a-causa-de-la_fig1_333827970.

BAB 7

HUBUNGAN TANAH DAN LINGKUNGAN

Oleh: Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si

A. Pendahuluan

Tanah merupakan media tempat tumbuhnya tanaman. Hubungan antara tanah, air, dan tanaman sangat penting dalam memahami proses pertumbuhan tanaman serta pengelolaan sumber daya alam. Tanah berfungsi sebagai medium tempat tanaman tumbuh. Tanah menyediakan unsur hara, air, dan ruang yang dibutuhkan tanaman untuk berkembang. Tanah terdiri dari partikel padat (mineral, bahan organik), ruang pori (tempat udara dan air tersimpan), serta mikroorganisme. Tekstur dan struktur tanah (lempung, pasir, tanah liat) mempengaruhi seberapa baik tanah menahan air dan memungkinkan akar tanaman menyerap nutrisi. Kandungan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta pH tanah yang sesuai, sangat menentukan pertumbuhan tanaman.

Tanaman memerlukan air untuk fotosintesis, transpirasi, dan proses pertumbuhan lainnya. Air yang diserap oleh akar tanaman juga membawa nutrisi dari tanah ke seluruh bagian tanaman. Air di dalam tanah bisa tersedia dalam tiga bentuk utama: air gravitasi (cepat mengalir ke bawah), air kapiler (tersedia untuk akar tanaman), dan air higroskopik (terikat erat pada partikel tanah dan tidak dapat diambil oleh tanaman). Manajemen air yang baik, termasuk irigasi yang efisien, sangat penting dalam pertanian untuk memastikan tanaman mendapatkan cukup air tanpa menimbulkan erosi atau kehilangan unsur hara.

Tanah yang baik harus memiliki kapasitas menahan air yang cukup namun juga bisa mengalirkan kelebihan air. Tekstur dan struktur tanah berpengaruh besar pada kapasitas tanah menahan air. Kondisi tanah yang baik mendukung akar tanaman untuk tumbuh dengan baik dan efisien dalam menyerap air dan nutrisi. Air

diperlukan dalam proses fotosintesis, yang merupakan proses dasar bagi pertumbuhan tanaman. Kekurangan atau kelebihan air dapat mengganggu proses ini.

Pentingnya hubungan antara tanah, air, dan tanaman sering kali menjadi fokus utama dalam ilmu pertanian dan manajemen lingkungan, terutama dalam konteks pertanian berkelanjutan dan pengelolaan sumber daya alam. Hubungan tanah dengan lingkungannya sangat penting karena tanah merupakan komponen utama dari ekosistem darat yang memengaruhi dan dipengaruhi oleh berbagai elemen lingkungan.

B. Tanah sebagai Media Tumbuh Tanaman

Tanah merupakan media tumbuh utama bagi tanaman, menyediakan lingkungan fisik, kimia, dan biologi yang mendukung kebutuhan tanaman untuk berkembang. Sebagai media tumbuh, tanah berperan dalam menyediakan berbagai elemen penting, seperti air, udara, nutrisi, dan dukungan mekanis bagi akar tanaman. Berikut adalah peran tanah sebagai media tumbuh tanaman dalam detail:

1. Sumber Nutrisi untuk Pertumbuhan

Tanah menyediakan unsur hara atau nutrisi esensial yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, berkembang, dan melakukan fotosintesis. Nutrisi tersebut terdiri dari:

- a. Makronutrien seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang diperlukan dalam jumlah besar.
- b. Mikronutrien seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), dan boron (B), yang diperlukan dalam jumlah kecil tetapi sangat penting.

Tanah menyimpan nutrisi ini dalam bentuk yang bisa diserap oleh akar tanaman, baik melalui mineral yang larut dalam air tanah maupun hasil dekomposisi bahan organik. Mikroorganisme tanah, seperti bakteri dan jamur, membantu dalam mineralisasi, yaitu proses penguraian bahan organik menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

2. Penampung dan Penyedia Air

Tanah menyerap air dari hujan atau irigasi dan menyimpan air tersebut di dalam pori-pori tanah. Tanah yang baik memiliki kemampuan untuk menyimpan air yang cukup dan melepaskannya secara perlahan untuk digunakan oleh akar tanaman. Ketersediaan air sangat penting bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis, mengangkut nutrisi, dan menjaga tekanan turgor dalam sel tanaman.

Tekstur tanah (proporsi pasir, lanau, dan lempung) berpengaruh pada kemampuan tanah untuk menahan air. Bahan organik tanah, seperti humus, juga meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air dan memperbaiki struktur tanah.

3. Dukungan Fisik bagi Akar Tanaman

Tanah memberikan dukungan mekanis bagi tanaman dengan menyediakan tempat bagi akar untuk berkembang dan menambatkan tanaman di tempatnya. Sistem akar yang kuat akan menyebar melalui partikel tanah, memberikan stabilitas fisik, serta memungkinkan tanaman berdiri tegak dan bertahan dari kondisi lingkungan seperti angin dan hujan lebat.

Akar yang tumbuh dalam tanah yang sehat juga mampu mencapai lapisan tanah yang lebih dalam, di mana mereka dapat menyerap lebih banyak air dan nutrisi, terutama selama kondisi kering atau saat kebutuhan nutrisi meningkat.

4. Penyediaan Udara (Oksigen) bagi Akar

Tanaman tidak hanya membutuhkan nutrisi dan air dari tanah, tetapi juga udara, terutama oksigen, untuk melakukan respirasi akar. Aerasi tanah, atau kemampuan tanah untuk menyediakan udara bagi akar tanaman, sangat penting untuk menjaga kesehatan akar. Akar tanaman dan mikroorganisme tanah membutuhkan oksigen untuk melakukan respirasi, sebuah proses penting dalam metabolisme tanaman yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan.

Tanah yang terlalu padat atau tergenang air mengurangi ketersediaan oksigen di dalam pori-pori tanah, sehingga dapat

menyebabkan stres akar, pertumbuhan yang lambat, atau bahkan kematian tanaman.

5. Menyediakan Habitat bagi Mikroorganisme Pendukung

Tanah merupakan rumah bagi berbagai mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan cacing tanah, yang berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme ini membantu mendaur ulang bahan organik (seperti daun yang gugur dan sisa tanaman mati) menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh akar tanaman. Beberapa mikroorganisme, seperti bakteri pengikat nitrogen, membantu tanaman dalam mendapatkan nitrogen dari atmosfer melalui proses fiksasi nitrogen.

- a. Mikoriza, sejenis jamur yang hidup berasosiasi dengan akar tanaman, membantu meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi, terutama fosfor.
- b. Rhizobium, bakteri yang bersimbiosis dengan akar tanaman legum, membantu mengikat nitrogen dari udara dan menyediakan nitrogen dalam bentuk yang bisa diserap oleh tanaman.

6. Pengaturan Suhu Lingkungan Akar

Tanah berperan dalam menjaga suhu yang stabil di sekitar akar tanaman. Suhu tanah memengaruhi berbagai proses fisiologis tanaman, seperti penyerapan air dan nutrisi, serta aktivitas mikroorganisme. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi cenderung lebih baik dalam menyimpan panas dan menjaga suhu tetap konstan.

Suhu tanah yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat aktivitas akar dan mikroorganisme, sehingga memperlambat pertumbuhan tanaman. Tanah yang gembur dan memiliki kelembapan yang cukup akan membantu menjaga suhu yang optimal bagi pertumbuhan akar.

7. Menyimpan dan Mendaur Ulang Bahan Organik

Tanah kaya akan bahan organik, yang merupakan sumber penting bagi nutrisi tanaman. Bahan organik berasal dari dekomposisi sisa-sisa

tumbuhan dan hewan, serta limbah organik lainnya. Dalam proses dekomposisi ini, mikroorganisme tanah menguraikan bahan organik menjadi bentuk-bentuk yang dapat diserap oleh akar tanaman. Bahan organik juga meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan memperbaiki struktur tanah.

8. Mengurangi Stres Lingkungan

Tanah yang sehat membantu melindungi tanaman dari berbagai tekanan lingkungan, seperti kekeringan, erosi, dan suhu ekstrem. Misalnya, tanah yang kaya bahan organik akan memiliki kapasitas lebih baik untuk menahan air dan memperlambat aliran air permukaan, sehingga mengurangi risiko erosi dan banjir. Tanah yang baik juga bisa menyerap sebagian besar air selama hujan deras, dan melepaskannya secara perlahan untuk tanaman.

9. Buffer Terhadap Pencemaran

Tanah berfungsi sebagai penyangga yang menyerap dan menahan polutan, seperti logam berat dan bahan kimia berbahaya, sehingga melindungi tanaman dari keracunan. Proses penyerapan oleh partikel tanah dan bahan organik membantu mengurangi dampak negatif pencemaran terhadap tanaman dan lingkungan sekitarnya.

10. Sumber Mikronutrien Penting

Tanah menyediakan tidak hanya makronutrien, tetapi juga mikronutrien yang penting bagi tanaman. Mikronutrien ini, meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, sangat penting untuk fungsi-fungsi enzimatik dan metabolisme tanaman. Kekurangan mikronutrien dalam tanah dapat menyebabkan defisiensi nutrisi pada tanaman dan berdampak pada kesehatan tanaman secara keseluruhan.

C. Ketersediaan Unsur Hara dalam Tanah

Unsur hara tersedia dalam tanah bagi tanaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang mempengaruhi kemampuan akar tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah. Ketersediaan unsur hara tidak hanya ditentukan oleh jumlah unsur hara di dalam tanah, tetapi juga

oleh kondisi lingkungan, sifat fisik dan kimia tanah, serta proses biologi yang berlangsung di sekitar akar tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman antara lain:

1. Bentuk Unsur Hara

Unsur hara di tanah bisa berada dalam dua bentuk:

- a. Tersedia (Larut dalam air)
Unsur hara dalam bentuk ion yang larut dalam air tanah dapat langsung diserap oleh akar tanaman. Misalnya, nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+), dan fosfor dalam bentuk fosfat (H_2PO_4^-).
- b. Tidak tersedia
Unsur hara yang terikat pada partikel tanah atau bahan organik dan tidak larut dalam air sehingga tidak dapat langsung diserap oleh akar. Fosfor, misalnya, dapat terikat oleh ion besi atau aluminium di tanah asam, atau oleh kalsium di tanah basa, sehingga menjadi tidak tersedia.

2. pH Tanah

pH tanah merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara. Setiap unsur hara memiliki rentang pH optimal di mana ia tersedia secara maksimal bagi tanaman.

- a. pH asam ($\text{pH} < 6$)
Pada pH rendah, unsur seperti besi (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn) lebih mudah larut dan dapat menjadi racun bagi tanaman, sementara fosfor (P) cenderung tidak tersedia karena terikat oleh aluminium atau besi.
- b. pH netral-sedikit asam ($\text{pH} 6-7$)
Ini adalah kisaran pH optimal untuk sebagian besar unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).
- c. pH basa ($\text{pH} > 7$)
Pada tanah yang terlalu basa, unsur hara mikro seperti besi (Fe),

seng (Zn), mangan (Mn), dan tembaga (Cu) menjadi tidak tersedia karena mengendap atau terikat dalam bentuk tidak larut.

3. Tekstur dan Struktur Tanah

- a. Tanah berpasir
Tanah bertekstur kasar memiliki pori-pori besar, yang memungkinkan air dan unsur hara mudah tercuci (leaching) ke lapisan yang lebih dalam dan sulit dijangkau akar tanaman. Ini menyebabkan ketersediaan unsur hara berkurang.
- b. Tanah liat
Tanah bertekstur halus memiliki pori-pori yang lebih kecil, sehingga dapat menahan lebih banyak air dan unsur hara. Namun, tanah liat yang terlalu padat dapat mengurangi infiltrasi air dan oksigen, yang menghambat penyerapan unsur hara oleh akar.
- c. Tanah lempung
Tanah lempung, yang merupakan campuran tanah liat, pasir, dan lanau, biasanya memiliki keseimbangan yang baik dalam menahan air dan unsur hara, sehingga ketersediaannya optimal.

4. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK adalah kemampuan tanah untuk menahan dan melepaskan ion positif (kation) seperti kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan amonium (NH_4^+). Semakin tinggi KTK, semakin banyak unsur hara yang dapat ditahan oleh tanah dan tersedia bagi tanaman.

- a. Tanah dengan KTK tinggi (seperti tanah liat dan tanah yang kaya bahan organik) dapat menahan lebih banyak kation dan menyediakan unsur hara lebih lama bagi tanaman.
- b. Tanah dengan KTK rendah (seperti tanah berpasir) cenderung kehilangan kation dengan cepat melalui pencucian, sehingga ketersediaan unsur hara lebih rendah.

5. Bahan Organik

Bahan organik sangat berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara di tanah. Saat bahan organik terurai, unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan sulfur dilepaskan dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman. Selain itu, bahan organik juga membantu memperbaiki

struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air dan unsur hara.

- a. Humus
Humus, hasil dekomposisi bahan organik, meningkatkan kapasitas tukar kation dan menyediakan unsur hara secara perlahan bagi tanaman.
- b. Mikroorganisme tanah
Bakteri, fungi, dan organisme lain di tanah yang membantu dekomposisi bahan organik juga berperan penting dalam siklus unsur hara, misalnya, dalam mineralisasi nitrogen dan fiksasi nitrogen dari atmosfer.

6. Kelembaban Tanah

Air adalah media penting bagi pergerakan unsur hara di dalam tanah dan penyerapan oleh akar tanaman. Jika tanah terlalu kering, unsur hara tidak dapat bergerak dan akar sulit menyerapnya.

- a. Air tanah
Unsur hara harus berada dalam larutan air agar dapat diserap oleh akar. Kondisi tanah yang kering menghambat proses ini karena akar sulit menyerap unsur hara tanpa air.
- b. Irigasi
Pada tanah kering, irigasi membantu menjaga kelembaban tanah, tetapi kelebihan air juga dapat mencuci unsur hara, terutama nitrogen, dari lapisan tanah atas.

7. Aktivitas Mikroba

Mikroorganisme di dalam tanah berperan penting dalam ketersediaan unsur hara, terutama dalam dekomposisi bahan organik dan siklus nitrogen:

- a. Mineralisasi
Proses di mana mikroba menguraikan bahan organik dan melepaskan unsur hara dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman.

- b. **Fiksasi Nitrogen**
Beberapa bakteri, seperti *Rhizobium*, yang bersimbiosis dengan tanaman legum, mampu mengubah nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman.
- c. **Nitrifikasi dan Denitrifikasi**
Bakteri nitrifikasi mengubah amonium menjadi nitrat, yang lebih mudah diserap oleh tanaman, sementara bakteri denitrifikasi mengubah nitrat menjadi gas nitrogen, yang bisa mengurangi ketersediaan nitrogen.

8. Aplikasi Pupuk

Penggunaan pupuk, baik organik maupun anorganik, mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah. Pupuk menambah unsur hara yang dapat langsung diserap oleh tanaman. Namun, cara aplikasi dan jenis pupuk yang digunakan sangat penting:

- a. **Pupuk anorganik**
Mengandung unsur hara dalam bentuk yang mudah larut, sehingga cepat tersedia bagi tanaman, tetapi juga mudah tercuci jika terlalu banyak diberikan.
- b. **Pupuk organik**
Seperti kompos atau pupuk kandang, melepaskan unsur hara lebih lambat, meningkatkan kandungan bahan organik tanah, dan membantu meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan unsur hara.

9. Faktor Iklim

Iklim mempengaruhi ketersediaan unsur hara melalui suhu dan curah hujan.

- a. **Suhu Tanah**
Suhu mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah, laju dekomposisi bahan organik, dan proses mineralisasi. Pada suhu terlalu rendah, aktivitas mikroba menurun dan penyerapan unsur hara berkurang.

b. Curah Hujan

Curah hujan yang tinggi bisa menyebabkan pencucian unsur hara, terutama nitrogen dalam bentuk nitrat, dari tanah. Di sisi lain, curah hujan yang memadai penting untuk menjaga kelembaban tanah dan mendukung pergerakan unsur hara ke akar.

D. Unsur Hara dalam Tanah

Unsur hara di dalam tanah bergerak secara dinamis yang dipengaruhi oleh sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, serta interaksi antara akar tanaman dan lingkungan. Unsur hara bergerak menuju akar tanaman melalui beberapa mekanisme utama: aliran massa (*mass flow*), difusi, dan intersepsi akar (*root interception*). Berikut ini adalah unsur hara bergerak dalam tanah:

1. Mekanisme Gerakan Unsur Hara dalam Tanah

a. Aliran Massa (*Mass Flow*)

Aliran massa adalah proses di mana unsur hara bergerak bersama dengan aliran air menuju akar tanaman. Ini adalah mekanisme dominan untuk unsur hara yang mudah larut dalam air dan bergerak bersama air yang diserap oleh tanaman.

Ketika tanaman melakukan transpirasi, air ditarik dari tanah ke akar melalui xilem. Ketika air mengalir menuju akar, unsur hara terlarut (ion-ion) seperti nitrat (NO_3^-), kalsium (Ca^{2+}), dan magnesium (Mg^{2+}) ikut terbawa dalam aliran air ini.

Aliran massa terutama efektif untuk unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar dan bersifat mobile, seperti nitrogen (dalam bentuk NO_3^-), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sulfur (SO_4^{2-}), dan boron (B).

Faktor yang mempengaruhi aliran massa tergantung pada:

1) Laju transpirasi

Semakin tinggi transpirasi, semakin besar volume air yang bergerak dan membawa unsur hara.

- 2) Kandungan air tanah
Tanah yang cukup lembab mendukung aliran air dan unsur hara.
- 3) Tekstur tanah
Tanah yang lebih porous (berpasir) mungkin memungkinkan aliran massa lebih cepat, tetapi juga meningkatkan risiko pencucian (*leaching*) unsur hara.

b. Difusi

Difusi adalah gerakan unsur hara dari daerah dengan konsentrasi tinggi menuju daerah dengan konsentrasi rendah. Mekanisme ini sangat penting untuk unsur hara yang jumlahnya di tanah relatif sedikit atau yang tidak terlalu mobile dalam air.

Akar menyerap unsur hara dari larutan tanah di sekitar permukaannya, terjadi penurunan konsentrasi unsur hara di sekitar akar. Akibatnya, ion-ion unsur hara bergerak dari daerah dengan konsentrasi tinggi (lebih jauh dari akar) menuju daerah dengan konsentrasi rendah (dekat akar) untuk mengisi kekosongan tersebut.

Unsur hara yang dominan pada mekanisme ini yaitu Fosfor (P) dalam bentuk fosfat (H_2PO_4^-) dan kalium (K^+) adalah contoh unsur hara yang lebih sering bergerak melalui difusi, karena cenderung kurang mobile dalam larutan tanah.

Faktor yang mempengaruhi difusi sangat dipengaruhi oleh:

- 1) Konsentrasi unsur hara
Semakin besar perbedaan konsentrasi antara tanah dan akar, semakin cepat difusi terjadi.
- 2) Tekstur tanah
Tanah yang lebih padat (seperti tanah liat) dapat menghambat pergerakan unsur hara melalui difusi karena pori-porinya lebih kecil.
- 3) Kelembaban tanah
Unsur hara bergerak lebih cepat dalam tanah yang lebih

lembab karena air meningkatkan mobilitas ion dalam larutan tanah.

c. **Intersepsi Akar (*Root Interception*)**

Intersepsi akar terjadi ketika akar tumbuh dan "menyentuh" unsur hara yang ada di tanah. Akar yang berkembang menciptakan kontak langsung dengan ion-ion unsur hara yang tersimpan dalam larutan tanah atau yang terikat pada partikel tanah.

Saat akar tanaman memperluas area pertumbuhannya di dalam tanah, ia dapat secara langsung bertemu dengan dan menyerap unsur hara di jalurnya. Pada proses ini, penyerapan hara terjadi melalui kontak fisik antara akar dan partikel tanah.

Unsur hara yang kurang mobil dalam tanah, seperti fosfor (P), kalsium (Ca), dan beberapa mikronutrien (seperti besi dan seng), lebih cenderung diserap melalui intersepsi akar.

Faktor yang mempengaruhi:

- 1) Sistem perakaran tanaman dengan sistem perakaran yang lebih luas memiliki kemampuan lebih besar untuk menemukan unsur hara melalui intersepsi.
- 2) Tekstur tanah yang padat atau terkompaksi dapat menghambat pertumbuhan akar, sehingga mengurangi intersepsi unsur hara.
- 3) Kandungan bahan organik yang lebih tinggi dapat membantu meningkatkan pertumbuhan akar, sehingga meningkatkan intersepsi hara.

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gerakan Unsur Hara dalam Tanah

a. **Tekstur Tanah**

Tekstur tanah mempengaruhi bagaimana air dan unsur hara bergerak di dalam tanah. Tanah berpasir memiliki pori-pori besar yang memungkinkan air dan unsur hara lebih mudah bergerak, tetapi juga lebih mudah hilang melalui pencucian (*leaching*). Sebaliknya, tanah liat yang memiliki pori-pori kecil menahan air

dan unsur hara lebih baik, tetapi mobilitas unsur hara di dalam tanah bisa lebih lambat.

b. Kelembaban Tanah

Kandungan air tanah sangat penting untuk mobilitas unsur hara. Tanah yang kering mengurangi gerakan unsur hara baik melalui aliran massa maupun difusi. Sebaliknya, tanah yang terlalu jenuh dengan air bisa menyebabkan pencucian, terutama pada unsur hara yang mudah larut seperti nitrat (NO_3^-).

c. pH Tanah

pH tanah mempengaruhi kelarutan unsur hara. Misalnya, fosfor cenderung tidak tersedia pada pH tanah yang terlalu asam atau terlalu basa karena mengendap menjadi senyawa yang tidak larut. Unsur hara mikro seperti besi (Fe) lebih tersedia pada tanah yang lebih asam, sedangkan di tanah yang bersifat basa, unsur ini cenderung tidak tersedia.

d. Bahan Organik

Bahan organik membantu meningkatkan retensi air dan menyediakan unsur hara bagi tanaman melalui proses mineralisasi. Selain itu, bahan organik juga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang membantu tanah menahan unsur hara lebih lama dan mengurangi pencucian.

e. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK adalah ukuran kemampuan tanah untuk menahan dan melepaskan kation seperti kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan amonium (NH_4^+). Tanah dengan KTK tinggi (seperti tanah liat atau tanah yang kaya bahan organik) dapat menahan unsur hara lebih baik, sedangkan tanah dengan KTK rendah (seperti tanah berpasir) lebih mudah kehilangan unsur hara.

f. Pencucian (*Leaching*)

Pencucian adalah proses hilangnya unsur hara dari lapisan tanah atas karena aliran air ke lapisan yang lebih dalam. Unsur hara yang mudah tercuci termasuk nitrat (NO_3^-) dan kalium (K^+).

Tanah berpasir atau dengan kandungan bahan organik yang rendah lebih rentan terhadap pencucian.

3. Dinamika Unsur Hara dalam Tanah

Dinamika unsur hara di dalam tanah mencakup serangkaian proses kimia, fisika, dan biologi yang memengaruhi bagaimana unsur hara tersedia dan bergerak di dalam tanah.

E. Penyerapan Unsur Hara oleh Tanaman

Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman adalah mekanisme yang kompleks dan sangat penting untuk pertumbuhan, perkembangan, serta hasil tanaman. Tanaman menyerap unsur hara dari tanah melalui akarnya, meskipun beberapa unsur hara juga dapat diserap melalui daun. Proses ini melibatkan mekanisme fisik dan fisiologis yang bekerja untuk memindahkan unsur hara dari tanah ke bagian tanaman yang membutuhkannya. Berikut adalah proses dan mekanisme penyerapan hara oleh tanaman:

1. Jenis Penyerapan Unsur Hara

Tanaman menyerap unsur hara dari tanah melalui dua mekanisme utama yakni penyerapan pasif dan penyerapan aktif. Keduanya bekerja secara berbeda tergantung pada kebutuhan energi dan konsentrasi unsur hara di tanah.

a. Penyerapan Pasif

Penyerapan pasif adalah proses di mana unsur hara bergerak dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah, tanpa memerlukan energi dari tanaman. Proses ini terjadi melalui difusi atau aliran massa air di sekitar akar.

1) Difusi

Unsur hara dalam bentuk ion (seperti NO_3^- , K^+ , H_2PO_4^-) bergerak dari larutan tanah dengan konsentrasi tinggi menuju permukaan akar yang memiliki konsentrasi ion lebih rendah. Proses ini terjadi karena adanya gradien konsentrasi.

2) Aliran Massa (*Mass Flow*)

Aliran massa terjadi ketika unsur hara bergerak bersama air

yang diserap oleh akar tanaman melalui transpirasi. Ketika air bergerak dari tanah ke akar, ion-ion seperti nitrat, kalsium, dan magnesium juga ikut terbawa dalam aliran air ini.

Penyerapan pasif terjadi pada unsur hara yang memiliki mobilitas tinggi di dalam tanah, seperti nitrogen (NO_3^-) dan kalium (K^+).

b. Penyerapan Aktif

Penyerapan aktif adalah proses yang memerlukan energi (ATP) untuk memindahkan unsur hara melawan gradien konsentrasi, yaitu dari konsentrasi rendah di tanah ke konsentrasi tinggi di dalam sel akar. Proses ini terjadi melalui pompa ion di membran plasma sel akar.

1) Pompa Ion

Ion unsur hara seperti kalium (K^+), fosfat (H_2PO_4^-), dan amonium (NH_4^+) diangkut melalui protein pembawa (carrier proteins) di membran sel akar dengan bantuan energi dari ATP.

2) Transportasi Melawan Gradien Konsentrasi

Karena ion unsur hara mungkin lebih tinggi di dalam sel akar dibandingkan di tanah, transportasi aktif diperlukan untuk menyerap unsur hara ini.

Penyerapan aktif sangat penting untuk unsur hara yang biasanya terdapat dalam konsentrasi rendah di tanah atau yang memerlukan regulasi lebih ketat di dalam sel tanaman, seperti fosfor (P) dan beberapa mikronutrien (Fe, Zn, Mn).

2. Jalur Pergerakan Unsur Hara di Dalam Akar

Setelah unsur hara diserap dari tanah, unsur hara bergerak melalui dua jalur utama di akar menuju xilem untuk diangkut ke seluruh bagian tanaman.

a. Jalur Apoplastik

Dalam jalur apoplastik, unsur hara bergerak di luar membran sel, melalui ruang antar sel dan dinding sel akar tanpa masuk ke dalam sitoplasma. Jalur apoplastik memungkinkan unsur hara

bergerak dengan cepat menuju endodermis (lapisan sel yang mengelilingi silinder vaskular), namun pada titik ini, unsur hara harus masuk ke dalam sel akar untuk melintasi pita Kaspari (*Casparian strip*) sebelum mencapai xilem.

b. Jalur Simplastik

Dalam jalur simplastik, unsur hara bergerak melalui sitoplasma sel akar. Unsur hara yang masuk ke dalam sitoplasma sel akar dapat bergerak dari satu sel ke sel lainnya melalui plasmodesmata, yaitu saluran kecil yang menghubungkan sitoplasma antar sel. Jalur ini memungkinkan unsur hara untuk bergerak secara lebih terkontrol menuju silinder vaskular tanpa harus melewati membran plasma tambahan.

3. Pengangkutan Unsur Hara Melalui Xilem

Setelah unsur hara mencapai silinder vaskular di akar, mereka diangkut melalui xilem ke bagian lain dari tanaman, terutama daun dan batang. Xilem adalah jaringan pengangkut yang terutama bertanggung jawab untuk transportasi air dan unsur hara dalam bentuk larutan.

a. Transpirasi

Transpirasi, yaitu penguapan air dari daun melalui stomata, menciptakan gaya tarikan (tension) yang menarik air dan unsur hara dari akar ke bagian atas tanaman melalui xilem. Tarikan ini dikenal sebagai tarikan transpirasi (transpirational pull).

b. Pergerakan Massal

Unsur hara bergerak bersama air dalam xilem melalui sistem tekanan negatif yang dihasilkan oleh transpirasi. Proses ini tidak memerlukan energi langsung dari tanaman, melainkan bergantung pada kehilangan air dari daun yang menciptakan aliran terus menerus dari akar ke daun.

4. Faktor yang Mempengaruhi Penyerapan Unsur Hara

Ada banyak faktor yang mempengaruhi efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman, di antaranya:

- a. **Ketersediaan Air**
Air adalah media di mana unsur hara bergerak menuju akar. Jika tanah kekurangan air, penyerapan unsur hara menjadi terhambat karena difusi dan aliran massa tidak dapat terjadi dengan baik. Tanaman yang kekurangan air juga akan mengurangi transpirasi, sehingga mengurangi aliran unsur hara melalui xilem.
- b. **pH Tanah**
pH tanah mempengaruhi kelarutan unsur hara dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Tanah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat mengikat unsur hara seperti fosfor, besi, atau kalsium, sehingga tidak dapat diserap oleh akar.
- c. **Mikroorganisme Tanah**
Mikroorganisme, seperti bakteri dan fungi, dapat membantu penyerapan unsur hara dengan menguraikan bahan organik (proses mineralisasi) atau dengan menyediakan bentuk unsur hara yang lebih mudah diserap. Misalnya, bakteri *Rhizobium* dapat membantu fiksasi nitrogen bagi tanaman leguminosa, dan fungi mikoriza dapat meningkatkan penyerapan fosfor oleh akar.
- d. **Konsentrasi Unsur Hara di Tanah**
Penyerapan unsur hara juga dipengaruhi oleh konsentrasi unsur hara di tanah. Jika konsentrasi unsur hara sangat rendah, tanaman harus menggunakan lebih banyak energi untuk menyerap unsur hara tersebut secara aktif. Sebaliknya, jika konsentrasi terlalu tinggi, tanaman bisa mengalami keracunan.
- e. **Akar Tanaman**
Struktur dan sistem perakaran tanaman juga memainkan peran penting. Tanaman dengan sistem perakaran yang luas dan dalam lebih mampu menyerap unsur hara dari volume tanah yang lebih besar. Adanya akar lateral dan rambut akar meningkatkan luas permukaan kontak antara akar dan tanah, yang mempercepat penyerapan unsur hara.

5. Sumber Unsur Hara

Sumber utama unsur hara bagi tanaman meliputi:

- a. Bahan organik tanah
Hasil dekomposisi bahan organik seperti daun, akar mati, dan organisme lain yang memperkaya tanah dengan nitrogen, fosfor, dan sulfur.
- b. Pupuk
Penambahan pupuk, baik organik maupun anorganik, menambah unsur hara yang tersedia untuk tanaman.
- c. Mikroorganisme tanah
Mikroorganisme seperti bakteri dan fungi yang dapat memfiksasi nitrogen atau membantu penyerapan unsur hara lainnya.

Penyerapan unsur hara oleh tanaman adalah proses vital yang melibatkan berbagai mekanisme, baik pasif maupun aktif, untuk memindahkan unsur hara dari tanah ke akar, lalu ke bagian tanaman lainnya melalui xilem. Proses ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, pH tanah, konsentrasi unsur hara, aktivitas mikroba, serta kondisi lingkungan lainnya. Pemahaman yang baik tentang mekanisme ini dapat membantu dalam pengelolaan nutrisi tanaman untuk memastikan pertumbuhan optimal dan hasil yang maksimal.

F. Kesuburan Tanah dan Pemupukan

Evaluasi kesuburan tanah adalah langkah penting untuk mengetahui kualitas tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan menentukan kebutuhan pemupukan yang tepat. Evaluasi ini mencakup pengukuran fisik, kimia, dan biologi tanah serta analisis kebutuhan hara tanaman yang akan ditanam. Berdasarkan hasil evaluasi, rekomendasi pemupukan dapat dibuat untuk memperbaiki atau mempertahankan kesuburan tanah.

1. Langkah-Langkah Evaluasi Kesuburan Tanah

- a. Pengambilan Sampel Tanah
Sampel tanah harus diambil secara representatif dari beberapa titik di area lahan yang akan dievaluasi. Kedalaman pengambilan

sampel biasanya antara 0–20 cm untuk tanaman semusim dan 0–30 cm untuk tanaman tahunan.

b. Analisis Kimia Tanah

Parameter kimia tanah yang dianalisis antara lain:

- 1) pH tanah
Menentukan tingkat keasaman atau kebasaan tanah. pH ideal untuk sebagian besar tanaman adalah 6–7. pH yang ekstrem dapat menghambat ketersediaan hara tertentu.
- 2) Kandungan unsur hara makro
Nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) adalah unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Analisis ini menentukan berapa banyak unsur-unsur tersebut tersedia dalam tanah.
- 3) Kapasitas Tukar Kation (KTK)
Menunjukkan kemampuan tanah untuk menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman.
- 4) Kandungan bahan organik
Tanah dengan bahan organik tinggi biasanya lebih subur dan memiliki kemampuan yang baik dalam mempertahankan unsur hara dan kelembaban.
- 5) Unsur hara mikro
Unsur hara seperti besi (Fe), seng (Zn), mangan (Mn), boron (B), dan tembaga (Cu) dianalisis untuk mengetahui ketersediaan dalam tanah.

c. Analisis Fisik Tanah

Parameter fisik yang dianalisis meliputi:

- 1) Tekstur tanah
Menentukan proporsi pasir, debu, dan lempung yang mempengaruhi drainase dan kapasitas penahan air.
- 2) Struktur tanah
Mempengaruhi aerasi, infiltrasi air, dan penetrasi akar.

- 3) Kapasitas menahan air
Menilai kemampuan tanah menahan air yang dapat digunakan oleh tanaman.
- d. Analisis Biologi Tanah
Meliputi analisis aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi. Tanah yang sehat akan memiliki populasi mikroorganisme yang tinggi, termasuk bakteri penambat nitrogen, fungi mikoriza, dan fauna tanah seperti cacing tanah.
- e. Penilaian Visual dan Hasil Tanaman
Selain analisis laboratorium, evaluasi visual terhadap tanaman yang tumbuh di atas tanah tersebut juga dapat dilakukan. Gejala kekurangan hara, hasil panen yang rendah, atau masalah pertumbuhan tanaman dapat memberikan indikasi adanya masalah kesuburan tanah.

2. Pemupukan

Berdasarkan hasil evaluasi, rekomendasi pemupukan dapat dibuat untuk menyeimbangkan unsur hara dalam tanah. Berikut langkah-langkah umum dalam membuat rekomendasi pemupukan:

- a. Pupuk Makro (N, P, K)
Setelah mengetahui status unsur hara N, P, dan K dalam tanah:
 - 1) Nitrogen (N)
Jika kekurangan nitrogen, gunakan pupuk yang tinggi N seperti urea, ZA (ammonium sulfate), atau pupuk kandang yang kaya nitrogen. Nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman.
 - 2) Fosfor (P)
Jika kekurangan fosfor, tambahkan pupuk P seperti SP-36, TSP (triple superphosphate), atau rock phosphate. Fosfor diperlukan untuk pembentukan akar, pembungaan, dan produksi buah.
 - 3) Kalium (K)
Jika kekurangan kalium, tambahkan pupuk K seperti KCl

(kalium klorida), K_2SO_4 (kalium sulfat), atau abu tanaman. Kalium mendukung ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan dan meningkatkan kualitas hasil panen.

b. Pupuk Mikro

Jika analisis tanah menunjukkan kekurangan unsur hara mikro:

1) Besi (Fe)

Pupuk Fe seperti ferrous sulfate ($FeSO_4$) dapat ditambahkan jika gejala kekurangan besi terlihat (klorosis interveinal pada daun muda).

2) Zinc (Zn)

Pupuk Zn seperti zinc sulfate ($ZnSO_4$) bisa digunakan jika kekurangan seng, terutama pada tanah dengan pH tinggi.

3) Boron (B)

Kekurangan boron dapat diatasi dengan penggunaan pupuk borat (borax atau boric acid).

4) Mangan (Mn)

Tambahkan mangan sulfat ($MnSO_4$) jika tanaman menunjukkan kekurangan mangan (klorosis dan bercak nekrosis pada daun).

c. Pupuk Organik

Penggunaan pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas penahan air, dan menyediakan unsur hara secara bertahap. Pupuk organik juga mendukung aktivitas mikroorganisme tanah.

d. Pengapuran

Jika tanah bersifat asam ($pH < 5.5$), pengapuran mungkin diperlukan untuk menaikkan pH dan meningkatkan ketersediaan hara tertentu. Dolomit atau kapur tohor ($CaCO_3$) biasanya digunakan untuk tujuan ini.

e. Pengelolaan Irigasi

Setelah pemupukan, pastikan pengelolaan air yang baik. Kekurangan atau kelebihan air dapat menghambat penyerapan

unsur hara oleh tanaman. Irigasi yang tepat membantu menjaga kelembaban tanah dan memastikan unsur hara tersedia untuk tanaman.

f. Rotasi Tanaman dan Tanaman Penutup

Untuk memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan, rotasi tanaman dan penggunaan tanaman penutup (cover crops) seperti kacang-kacangan dapat membantu menambah nitrogen ke dalam tanah secara alami melalui fiksasi nitrogen. Tanaman penutup juga membantu mencegah erosi dan menjaga struktur tanah.

G. Penutup

Tanah adalah media tumbuh yang vital bagi tanaman karena menyediakan nutrisi, air, oksigen, dan dukungan mekanis. Kesehatan tanah sangat berpengaruh pada produktivitas tanaman, kualitas hasil panen, serta keberlanjutan ekosistem pertanian dan alam. Tanah yang kaya bahan organik, memiliki tekstur yang baik, dan terjaga kelembapannya mampu mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal serta menjaga keseimbangan ekosistem di sekitarnya.

Ketersediaan unsur hara bagi tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor yang melibatkan interaksi antara sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pengelolaan yang baik terhadap kondisi tanah, termasuk menjaga pH optimal, kelembaban, dan kandungan bahan organik, serta penggunaan pupuk yang tepat, sangat penting untuk memastikan unsur hara tersedia dalam jumlah yang memadai bagi tanaman. Faktor-faktor ini harus diperhatikan untuk mencapai pertumbuhan tanaman yang optimal dan hasil panen yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th Edition). Prentice Hall.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A., & Hendrix, P. F. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology* (2nd Edition). Elsevier Academic Press.
- Davidson, E. A., & Janssens, I. A. (2006). Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(7081), 165-173.
- Gardner, W. R., & Ehlig, C. F. (1963). The influence of soil water on transpiration by plants. *Journal of Geophysical Research*, 68(20), 5719-5724.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (7th Edition). Prentice Hall.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Hillel, D. (2008). *Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life*. Academic Press.
- Jury, W. A., & Horton, R. (2004). *Soil Physics* (6th Edition). Wiley.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lal, R., & Stewart, B. A. (1990). *Soil Degradation: Advances in Soil Science*. Springer.
- Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. (2008). *Plant Physiological Ecology* (2nd Edition). Springer.
- Lavelle, P., & Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Springer.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd Edition). Academic Press.

BAB 8

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN

Oleh: Prof. Dr. Ir. Ince Raden, M.P

A. Pendahuluan

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan dua aspek penting dalam siklus hidup tanaman. Pertumbuhan mengacu pada peningkatan ukuran dan massa, sedangkan perkembangan mencakup perubahan kualitatif dalam bentuk dan fungsi. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang menentukan produktivitas tanaman.

B. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman adalah proses penambahan massa atau volume tubuh tanaman yang terjadi selama siklus hidupnya. Pertumbuhan tanaman adalah proses kompleks yang melibatkan pembelahan sel, pemanjangan, dan diferensiasi, diatur oleh sinyal genetik dan hormonal, yang berdampak pada perkembangan dan arsitektur secara keseluruhan (Prakash et al., 2022). Pertumbuhan merujuk pada peningkatan ukuran dan massa tanaman yang bersifat kuantitatif. Ini biasanya diukur melalui parameter seperti tinggi tanaman, panjang akar, jumlah daun, dan berat kering tanaman (Wardani et al., 2023). Pada Prosesnya pertumbuhan tanaman melibatkan pembelahan sel (mitosis), pembesaran sel, dan diferensiasi sel (Kandar and Pal, 2024). Pertumbuhan ini dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti cahaya, air, nutrisi, dan suhu. Tahapan pertumbuhan meliputi perkecambahan, pembentukan daun, perkembangan akar, dan pembentukan bunga dan buah. Selanjutnya,

diuraikan bahwa pertumbuhan terdiri atas dua fase utama: pertumbuhan jangka pendek dan pertumbuhan jangka panjang. Pertumbuhan jangka pendek melibatkan penambahan jumlah sel dan pembentukan struktur baru, sedangkan pertumbuhan jangka panjang melibatkan peningkatan ukuran sel yang ada.

C. Perkembangan Tanaman

Perkembangan tanaman adalah proses evolusi dari satu tahap ke tahap berikutnya dalam siklus hidup tanaman. Perkembangan tanaman ini melibatkan berbagai perubahan morfologi dan fisiologi yang terjadi selama pertumbuhan tanaman. Perkembangan tanaman dapat dibagi menjadi beberapa tahap utama, yaitu perkecambahan, pertumbuhan vegetatif dan fase reproduktif. Selanjutnya Perkembangan tanaman dapat pula didefinisikan sebagai proses kualitatif yang mencakup perubahan dalam bentuk dan fungsi tanaman seiring dengan siklus hidupnya. Ini termasuk diferensiasi sel dan organ, serta adaptasi terhadap lingkungan. Dalam proses adaptasi dengan lingkungan pertumbuhan tanaman, dipengaruhi oleh cahaya, air, dan kualitas tanah. Pertumbuhan tanaman melibatkan interaksi kompleks antara faktor-faktor ini, yang menyebabkan variasi ukuran, bentuk, dan ketahanan (Zhang et al., 2022).

Kemampuan tanaman untuk merespons isyarat lingkungan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup dan reproduksi tanaman, yang mengarah pada adaptasi yang beragam di seluruh ekosistem yang berbeda. Uraian di atas dapat disimpulkan bahwa perkembangan tanaman melibatkan perubahan dalam struktur sel dan jaringan yang mengarah pada fungsi spesifik, seperti pembentukan daun, batang, bunga, dan buah, yang prosesnya dipengaruhi oleh faktor genetik dan hormonal, dengan tahapan perkembangan tanaman meliputi inisiasi pembungaan, pembuahan, pematangan buah, dan akhirnya senesensi (penuaan dan kematian sel atau organ).

D. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Pertumbuhan tanaman adalah proses di mana tanaman mengalami peningkatan ukuran dan volume melalui pembelahan dan pembesaran sel. Ini mencakup fase-fase seperti germinasi, pertumbuhan vegetatif (seperti perkembangan daun, batang, dan akar), serta pertumbuhan reproduktif (seperti pembentukan bunga, buah, dan biji). Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk genetika, nutrisi, air, cahaya, dan kondisi lingkungan, sementara itu perkembangan tanaman adalah proses perubahan dan pertumbuhan yang terjadi pada tanaman dari tahap biji hingga mencapai kematangan dan reproduksi. Hal ini melibatkan serangkaian tahap yang kompleks, termasuk germinasi (perkecambahan biji), pertumbuhan vegetatif (perkembangan akar, batang, dan daun), serta fase reproduktif (pembentukan bunga, buah, dan biji). Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman meliputi:

1. Cahaya

Pengaruh cahaya pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat penting, karena mempengaruhi fotosintesis, yang pada gilirannya berdampak pada kesehatan dan hasil secara keseluruhan (Bantis and Koukounaras, 2023). Cahaya memainkan peran penting dalam mengatur berbagai proses fisiologis, termasuk pembungaan dan pembuahan, yang sangat penting untuk reproduksi dan hasil panen (Fukuda, 2018). Kualitas, intensitas, dan durasi cahaya secara signifikan mempengaruhi proses ini, yang menyebabkan variasi morfologi dan produktivitas tanaman (Moher et al., 2022). Selain itu, panjang gelombang cahaya yang berbeda dapat memicu respons spesifik pada tanaman, mempengaruhi pola pertumbuhan dan kemampuan beradaptasi tanaman terhadap perubahan lingkungan (Dou and Niu, 2020). Memahami faktor-faktor ini sangat penting untuk mengoptimalkan praktik pertanian dan meningkatkan hasil panen, serta untuk mengembangkan strategi untuk mengurangi efek

perubahan iklim pada pertumbuhan tanaman. Dengan memanfaatkan pengetahuan ini, petani dapat menerapkan intervensi yang ditargetkan, seperti menyesuaikan paparan cahaya melalui penggunaan pencahayaan buatan atau memilih varietas tanaman yang lebih tahan terhadap berbagai kondisi cahaya, yang pada akhirnya mengarah pada praktik pertanian yang lebih berkelanjutan.

2. Air

Peran air bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat penting, karena tidak hanya memfasilitasi penyerapan nutrisi tetapi juga membantu dalam menjaga struktur dan fungsi sel. Air berperan penting dalam fotosintesis, memungkinkan tanaman mengubah sinar matahari menjadi energi secara efisien (Ball, 2013). Selanjutnya, dikatakan bahwa air sangat penting untuk mengatur suhu dan menjaga tekanan turgor sehingga tanaman tetap tegak dan sehat. Air juga membantu pengangkutan mineral dan nutrisi penting ke seluruh tanaman, memastikan bahwa setiap bagian menerima apa yang dibutuhkannya untuk berkembang. Selain itu, ketersediaan air mempengaruhi tingkat pertumbuhan tanaman dan produktivitas secara keseluruhan, menjadikannya faktor penting dalam praktik pertanian dan kesehatan ekosistem (de Jong van Lier, 2014). Hal ini memberikan penunjuk bahwa kualitas air dapat berdampak signifikan pada kesehatan tanaman, karena kontaminan atau ketidakseimbangan dapat menyebabkan kekurangan nutrisi atau toksisitas, yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan hasil. Selanjutnya memahami hubungan antara ketersediaan air dan kesehatan tanaman sangat penting untuk mengembangkan praktik pertanian berkelanjutan yang dapat menahan perubahan iklim dan memastikan ketahanan pangan untuk generasi mendatang. Selain itu, menerapkan teknik irigasi yang efisien dan strategi pengelolaan air dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi limbah, dan mempromosikan hasil panen yang lebih sehat (Zahoor et al., 2019). Dengan mengintegrasikan teknologi canggih seperti sensor kelembaban tanah dan sistem irigasi presisi, petani dapat mengoptimalkan penggunaan air sambil meminimalkan dampak lingkungan, yang pada akhirnya mengarah pada praktik pertanian yang lebih tangguh (Anil Kumar et al., 2023). Pendekatan holistik ini

tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman tetapi juga menumbuhkan ekosistem yang lebih sehat, memastikan bahwa praktik pertanian tetap layak dalam menghadapi tantangan lingkungan yang berkembang.

3. Nutrisi

Peran nutrisi bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat penting, karena secara langsung mempengaruhi kemampuan tanaman untuk berfotosintesis, menyerap air, dan melawan penyakit dan stres (Yang and Luo, 2021). Nutrisi yang tepat membuat tanaman dapat mengoptimalkan potensi pertumbuhannya, yang mengarah pada hasil yang lebih sehat dan peningkatan ketahanan terhadap tantangan lingkungan (Ahmed et al., 2020). Pemberian nutrisi yang tepat berarti memastikan bahwa tanaman dapat mengakses mineral dan nutrisi penting, yang sangat penting untuk kesehatan dan produktivitas tanaman. Nutrisi yang tepat tidak hanya meningkatkan pertumbuhan tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan, memungkinkan tanaman tumbuh subur dalam berbagai kondisi (Khan et al., 2023). Selain itu, nutrisi yang tepat juga memainkan peran penting dalam kualitas produk, mempengaruhi rasa, tekstur, dan nilai gizi, yang pada akhirnya mempengaruhi kepuasan konsumen dan daya jual (Dötsch-Klerk et al., 2022). Selanjutnya dinyatakan bahwa nutrisi yang tepat akan berkontribusi pada kesehatan tanah, membina ekosistem seimbang yang mendukung mikroorganisme bermanfaat dan meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk tanaman masa depan (Handayani and Hale, 2022).

4. Suhu

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat signifikan, karena mempengaruhi berbagai proses fisiologis. Suhu mempengaruhi fotosintesis, respirasi, dan penyerapan nutrisi, yang sangat penting untuk pertumbuhan optimal (Sanadya et al., 2023). Suhu juga mempengaruhi aktivitas enzim, yang memainkan peran penting dalam proses metabolisme (Dijkstra et al., 2011), yang pada akhirnya mempengaruhi kesehatan dan hasil tanaman. Suhu ekstrem dapat menyebabkan stres pada tanaman, mengakibatkan

pertumbuhan terhambat atau bahkan kematian (Divya et al., 2023), menyoroti perlunya pengelolaan kondisi pertumbuhan yang cermat. Suhu ekstrim juga dapat mengubah waktu berbunga dan berbuah, yang dapat mengganggu sinkronisasi dengan penyerbuk dan mempengaruhi hasil Blueberry (Castro et al., 2023). Selain itu, dampak suhu pada pertumbuhan tanaman melampaui respons fisiologis langsung; itu juga dapat mempengaruhi interaksi ekologis dan praktik pertanian. Misalnya, saat suhu naik, pergeseran waktu berbunga dapat menyebabkan ketidakcocokan dengan ketersediaan penyerbuk, yang pada akhirnya mempengaruhi keberhasilan reproduksi dan hasil panen (Anon, 2022).

5. Genetika

Peran genetika terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat penting, karena mempengaruhi sifat-sifat seperti ukuran, hasil, dan ketahanan terhadap penyakit (Zhang et al., 2023). Pemahaman tentang faktor-faktor genetik ini memungkinkan pemuliaan tanaman secara selektif untuk meningkatkan sifat yang diinginkan dan meningkatkan produktivitas pertanian (Wang et al., 2023). Proses ini tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga berkontribusi pada praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi kebutuhan input bahan kimia dan meningkatkan ketahanan terhadap tekanan lingkungan. Selain itu, kemajuan dalam bioteknologi dan rekayasa genetika telah membuka jalan baru untuk meningkatkan sifat-sifat ini (Gantait et al., 2022), memungkinkan modifikasi yang lebih tepat yang dapat menyebabkan tingkat pertumbuhan yang lebih cepat dan peningkatan kandungan nutrisi (Xu et al., 2020). Kemajuan ini tidak hanya menjanjikan untuk merevolusi produksi tanaman tetapi juga memainkan peran penting dalam mengatasi tantangan ketahanan pangan global secara genetik. Inovasi di aspek bioteknologi dan rekayasa genetika sangat penting karena dunia menghadapi peningkatan tekanan populasi dan perubahan iklim, yang memerlukan pergeseran ke arah sistem pertanian yang lebih tangguh yang dapat berkembang dalam berbagai kondisi. Kemajuan ini

tentunya tidak hanya akan meningkatkan ketahanan pangan tetapi juga meningkatkan keanekaragaman hayati, memastikan bahwa praktik pertanian produktif dan ramah lingkungan. Selain itu, kemajuan ini juga mendorong praktik berkelanjutan yang dapat membantu memulihkan ekosistem dan meningkatkan kesehatan tanah (Sintim et al., 2022), yang pada akhirnya mengarah pada hubungan yang lebih seimbang antara pertanian dan lingkungan. Selanjutnya akan membuka jalan bagi teknik pertanian inovatif yang memprioritaskan hasil dan integritas ekologis, membina masa depan di mana ketahanan pangan dan pengelolaan lingkungan hidup berdampingan secara harmonis (Ghosh et al., 2022).

E. Fase-Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Tanaman memiliki fase pertumbuhan dan perkembangan dalam siklus hidupnya, yaitu mulai perkecambahan (*Germination*), bibit (*Seedling*), pertumbuhan vegetatif (*Vegetative growth*), pembentukan kuncup (*Budding*), berbunga (*Flowering*), pembuahan (*Fruiting*), dan Kematangan (*Maturity*). Pertumbuhan dan Perkembangan tanaman tersebut, pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) fase, yaitu fase vegetatif dan fase generatif (*reproduksi*). berikut ini akan diuraikan kedua fase tersebut:

1. Fase Vegetatif

Fase vegetatif pada tanaman mencakup beberapa tahap penting di mana tanaman fokus pada pertumbuhan daun, batang, dan akar. Adapun tahap-tahap dalam fase vegetatif sebagai berikut:

a. Perkecambahan (*Germination*)

Tahap awal di mana biji mulai berkecambah dan akar pertama muncul dari biji. Perkecambahan adalah proses di mana benih mulai berkecambah, awal perkecambahan umumnya dimulai ketika benih menyerap air, suhu dan oksigen yang sesuai kebutuhan benih berkecambah. Perkecambahan ini ditandai

dengan keluarnya akar pertama yang tumbuh dan keluar dari benih.

b. Tahap Bibit (*Seedling Stage*)

Dalam fase ini, tanaman kecil yang muncul dari benih disebut bibit. Awal mula pertumbuhan bibit didukung oleh cadangan makanan dari benih. Oleh karena itu pertumbuhan bibit bergantung pada nutrisi yang tersimpan dalam benih untuk tumbuh. Pertumbuhan bibit akan mengurangi ketergantungannya dari cadangan makanan dari benih, jika daun pada bibit telah tumbuh secara sempurna hingga dapat berfotosintesis untuk memperoleh karbohidrat dan senyawa organik lainnya.

c. Perkembangan Daun Awal

Bibit mulai mengembangkan daun-daun awal. Daun ini membantu tanaman dalam proses fotosintesis untuk memproduksi energi yang diperlukan untuk pertumbuhan lebih lanjut.

d. Pertumbuhan Daun dan Batang

Pada tahap ini, tanaman mulai tumbuh lebih banyak daun dan batang. Ini membantu meningkatkan area permukaan untuk fotosintesis dan memperkuat struktur tanaman.

e. Pembentukan Cabang dan Akar

Tanaman mulai membentuk cabang-cabang baru dan memperluas sistem akarnya. Akar yang lebih dalam dan kuat membantu tanaman menyerap lebih banyak air dan nutrisi dari tanah.

f. Pembesaran Tanaman

Tanaman terus tumbuh membesar dengan pengembangan lebih banyak daun, batang, dan akar. Pada tahap ini, tanaman mencapai ukuran penuh sebelum memasuki fase reproduktif.

Pertumbuhan Vegetatif (*Vegetative Growth*) merupakan tahapan yang ditandai dengan pertumbuhan cepat daun, batang, dan

akar. Fase pertumbuhan vegetatif, tanaman fokus pada membangun struktur yang kuat dan mengumpulkan energi melalui fotosintesis. Fase vegetatif sangat penting karena menentukan kesehatan dan kekuatan tanaman. Tanaman yang berkembang baik dalam fase vegetatif akan memiliki struktur yang kuat dan mampu menghasilkan bunga dan buah yang berkualitas tinggi pada fase generatif.

2. Fase Generatif

Fase generatif pada tanaman mencakup berbagai tahap di mana tanaman memfokuskan energinya untuk reproduksi dan pembentukan buah atau biji. Berikut adalah uraian detail dari setiap fase generatif:

- a. **Induksi Bunga (*Flower Induction*)**
Proses di mana tanaman merespon perubahan lingkungan (seperti fotoperiodisme dan suhu) untuk mulai membentuk bunga. Pada tahap ini, tanaman bersiap untuk beralih dari fase vegetatif ke fase generatif. Tahap ini sangat penting karena merupakan jembatan antara fase vegetatif dan fase generatif dalam siklus hidup tanaman.
- b. **Inisiasi Bunga (*Flower Initiation*)**
Tahap di mana kuncup bunga (*budding*) mulai terbentuk. Proses ini dimulai di meristem apikal (titik tumbuh) tanaman, di mana sel-sel khusus membentuk struktur bunga.
- c. **Pembungaan (*Flowering*)**
Tanaman menghasilkan bunga, selanjutnya bunga-bunga tersebut mulai mekar dan siap untuk proses penyerbukan. Ini adalah tahap kritis di mana organ reproduksi tanaman (seperti benang sari dan putik) berkembang sempurna.
- d. **Penyerbukan (*Pollination*)**
Penyerbukan adalah proses transfer serbuk sari dari antera (bunga jantan) ke stigma (bunga betina) dari bunga. Penyerbukan bisa terjadi melalui angin, air, atau hewan penyerbuk seperti

lebah dan kupu-kupu, ataupun penyerbukan yang dilakukan oleh intervensi manusia.

- e. **Pembuahan (*Fertilization*)**
Setelah penyerbukan, sel sperma dari serbuk sari bertemu dengan sel telur di dalam ovule untuk membentuk zigot. Ini adalah awal dari pembentukan biji dan buah.
- f. **Pembentukan Buah dan Biji (*Fruit and Seed Development*)**
Zigot berkembang menjadi embrio, sementara bagian lain dari bunga berubah menjadi buah yang mengandung biji. Tahap ini melibatkan pertumbuhan dan pematangan buah dan biji.
- g. **Pematangan Buah dan Biji (*Fruit and Seed Maturation*)**
Akhirnya buah dan biji tanaman mengalami atau mencapai kematangan penuh, siap untuk dipanen. Buah pada tahap ini mengandung biji yang siap untuk ditanam kembali dan memulai siklus hidup tanaman baru.
- h. **Dispersi Biji (*Seed Dispersal*)**
Penyebaran biji ke lingkungan sekitar, yang dapat terjadi melalui berbagai cara seperti angin, air, hewan, atau mekanisme lain. Ini memastikan bahwa biji dapat tumbuh di lokasi baru.

F. Tipe-Tipe Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dapat dikategorikan ke dalam beberapa tipe berdasarkan faktor-faktor tertentu seperti pola pertumbuhan, musim tanam, dan respon terhadap cahaya. Berikut uraian mengenai tipe-tipe pertumbuhan tanaman:

- 1. **Pertumbuhan Primer**
Pertumbuhan primer terjadi pada titik tumbuh (meristem) yang terdapat di ujung akar dan batang. Pertumbuhan ini menyebabkan tanaman bertambah tinggi dan akarnya bertambah panjang.

Contoh: Pertumbuhan pada tanaman kacang, gandum, dan rumput.

2. Pertumbuhan Sekunder

Pertumbuhan sekunder terjadi pada jaringan meristem lateral, seperti kambium dan felogen. Ini menyebabkan penebalan batang dan akar.

Contoh: Pertumbuhan pada pohon kayu seperti oak, pinus, dan eucalyptus.

3. Pertumbuhan Vegetatif

Fase di mana tanaman fokus pada pengembangan organ vegetatif seperti daun, batang, dan akar. Energi difokuskan pada pembentukan struktur tanaman yang kuat.

Contoh: Pertumbuhan awal pada tanaman sayuran seperti selada, bayam, dan brokoli.

4. Pertumbuhan Generatif

Fase di mana tanaman fokus pada reproduksi, termasuk pembentukan bunga, buah, dan biji. Energi dialihkan dari vegetatif ke reproduktif.

Contoh: Pertumbuhan pada tanaman berbunga seperti tomat, cabai, dan mangga.

5. Tumbuhan Tahunan (*Annuals*)

Tumbuhan yang menyelesaikan siklus hidupnya dari perkecambahan hingga produksi biji dalam satu musim tanam. Setelah itu, tanaman mati.

Contoh: Padi, jagung, dan terong.

6. Tumbuhan Dwimusim (*Biennials*)

Tumbuhan yang memerlukan dua musim tanam untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Pada musim pertama, tumbuhan dwimusim menumbuhkan bagian vegetatif, dan pada musim kedua, menghasilkan bunga dan biji.

Contoh: Wortel, bit, dan bawang merah.

7. Tumbuhan Tahunan Panjang (*Perennials*)

Tumbuhan yang hidup selama lebih dari dua tahun. Tumbuhan tahunan dapat terus tumbuh dan berbunga setiap musim tanam.

Contoh: Stroberi, anggur, dan pohon apel.

8. Tumbuhan Fotoperiodik

Tumbuhan yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh panjang hari (jumlah cahaya yang diterima dalam sehari). Ada tumbuhan hari panjang, tumbuhan hari pendek, dan tumbuhan netral.

Contoh: Kedelai (hari pendek), gandum (hari panjang), dan tomat (netral).

Memahami tipe-tipe pertumbuhan tanaman ini penting untuk mengelola pertanian secara efektif, memilih tanaman yang tepat untuk kondisi lingkungan tertentu, dan meningkatkan hasil panen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Hasanuzzaman, M., Raza, M. A., Malik, A. and Ahmad, S. (2020) 'Plant Nutrients for Crop Growth, Development and Stress Tolerance', in *Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change* [Online]. DOI: 10.1007/978-3-030-45669-6_3.
- Anil Kumar, D. B., Doddabasappa, N., Bairwa, B., Anil Kumar, C. S., Raju, G. and Madhu (2023) 'IoT-based Water Harvesting, Moisture Monitoring, and Crop Monitoring System for Precision Agriculture', *2nd IEEE International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics, ICDCECE 2023* [Online]. DOI: 10.1109/ICDCECE57866.2023.10150893.
- Anon (2022) 'Impacts of climatic changes on agronomically and physiological processes in plants: A review', *Middle East Journal of Agriculture Research* [Online]. DOI: 10.36632/mejar/2022.11.1.17.
- Ball, P. (2013) 'The importance of water', in *Astrochemistry and Astrobiology* [Online]. DOI: 10.1007/978-3-642-31730-9_6.
- Bantis, F. and Koukounaras, A. (2023) 'Impact of Light on Horticultural Crops', *Agriculture (Switzerland)*, vol. 13, no. 4 [Online]. DOI: 10.3390/agriculture13040828.
- Castro, H., Gaspar, H., Loureiro, J. and Castro, S. (2023) 'Effect of Extreme Climatic Events on Plant-Pollinator Interactions in Blueberry', in *Climate Change Management*, vol. Part F5 [Online]. DOI: 10.1007/978-3-031-28728-2_9.
- Dijkstra, P., Thomas, S. C., Heinrich, P. L., Koch, G. W., Schwartz, E. and Hungate, B. A. (2011) 'Effect of temperature on metabolic activity of intact microbial communities: Evidence for altered metabolic pathway activity but not for increased maintenance respiration and reduced carbon use efficiency', *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 43, no. 10 [Online]. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.05.018.
- Divya, B., Sandeep, G., Amit, M. and Yogesh, K. (2023) 'Effects of high-temperature stress on crop plants', *Research Journal of*

- Biotechnology*, vol. 18, no. 7 [Online]. DOI: 10.25303/1807rjbt1570172.
- Dötsch-Klerk, M., Kovacs, E. M. R., Hegde, U., Eilander, A. and Willems, J. I. (2022) 'Improving the Nutrient Quality of Foods and Beverages Using Product Specific Standards for Nutrients to Limit Will Substantially Reduce Mean Population Intakes of Energy, Sodium, Saturated Fat and Sugars towards WHO Guidelines', *Nutrients*, vol. 14, no. 20 [Online]. DOI: 10.3390/nu14204289.
- Dou, H. and Niu, G. (2020) 'Plant responses to light', in *Plant Factory*, Elsevier, pp. 153-166 [Online]. DOI: 10.1016/B978-0-12-816691-8.00009-1.
- Fukuda, N. (2018) 'Plant Growth and Physiological Responses to Light Conditions', in *Plant Factory Using Artificial Light: Adapting to Environmental Disruption and Clues to Agricultural Innovation* [Online]. DOI: 10.1016/B978-0-12-813973-8.00008-7.
- Gantait, S., Mukherjee, E., Jogam, P., Babu, K. H., Jain, S. M. and Suprasanna, P. (2022) 'Improving crops through transgenic breeding—Technological advances and prospects', in *Advances in Plant Tissue Culture: Current Developments and Future Trends* [Online]. DOI: 10.1016/B978-0-323-90795-8.00011-4.
- Ghosh, R. K., Otto, I. M. and Rommel, J. (2022) 'Editorial: Food Security, Agricultural Productivity, and the Environment: Economic, Sustainability, and Policy Perspectives', *Frontiers in Environmental Science*, vol. 10 [Online]. DOI: 10.3389/fenvs.2022.916272.
- Handayani, I. P. and Hale, C. (2022) 'Healthy Soils for Productivity and Sustainable Development in Agriculture', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1018, no. 1 [Online]. DOI: 10.1088/1755-1315/1018/1/012038.
- de Jong van Lier, Q. (2014) 'Water Availability to Plants', in *Application of Soil Physics in Environmental Analyses* [Online]. DOI: 10.1007/978-3-319-06013-2_18.
- Kandar, C. C. , and Pal, D. (2024) 'Relation Between Seed Life Cycle and Cell Proliferation. Metabolic Changes in Seed Germination', *Springer Nature Singapore.*, pp. 49–79.

- Khan, M. I. R., Nazir, F., Maheshwari, C., Chopra, P., Chhillar, H. and Sreenivasulu, N. (2023) 'Mineral nutrients in plants under changing environments: A road to future food and nutrition security', *Plant Genome*, vol. 16, no. 4 [Online]. DOI: 10.1002/tpg2.20362.
- Moher, M., Llewellyn, D., Jones, M. and Zheng, Y. (2022) 'Light intensity can be used to modify the growth and morphological characteristics of cannabis during the vegetative stage of indoor production', *Industrial Crops and Products*, vol. 183 [Online]. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114909.

BAB 9

ANALISIS TUMBUH TANAMAN

Oleh: Yopa Dwi Mutia, S.P., M.P

A. Pendahuluan

Pertumbuhan tanaman adalah suatu proses biologis yang mencerminkan pertambahan ukuran, berat, dan volume tanaman, yang diukur dari pertambahan ukuran dan tinggi organ tumbuhan (Hapsari *et al.*, 2018). Proses ini dipengaruhi oleh faktor internal seperti genetik dan hormon, serta faktor eksternal seperti cahaya, air, suhu, dan nutrisi. Dalam agronomi, memahami dan menganalisis pertumbuhan tanaman menjadi dasar untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Analisis tumbuh tanaman adalah pendekatan ilmiah untuk mengevaluasi bagaimana tanaman tumbuh dan berkembang pada berbagai fase kehidupannya. Dengan menggunakan data kuantitatif, seperti tinggi tanaman, diameter batang, dan luas permukaan daun. Dalam agronomi, suksesnya pengelolaan tanaman tergantung pada kemampuan memahami dan memanfaatkan informasi mengenai pertumbuhan tanaman. Melalui analisis tumbuh tanaman, agronom dapat: (1) mengidentifikasi potensi pertumbuhan tanaman dalam kondisi tertentu, (2) mengevaluasi pengaruh teknik budidaya, seperti pemupukan, pengairan, atau pengendalian hama, dan (3) merumuskan strategi untuk memaksimalkan hasil panen di berbagai sistem pertanian.

Pertumbuhan tanaman tidak hanya melibatkan peningkatan ukuran fisik, tetapi juga proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi. Bab ini akan membahas fase-fase pertumbuhan tanaman, parameter pertumbuhan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

B. Fase-Fase Pertumbuhan Tanaman

Fase pertumbuhan tanaman mengacu pada fase perkembangan yang dilalui tanaman sepanjang siklus hidupnya. Pertumbuhan tanaman dapat dibagi menjadi empat fase, yakni: fase perkecambahan, fase vegetatif, fase generatif, dan fase senesens. Distribusi ini didasarkan pada aktivitas morfologis dan fisiologis tanaman yang beragam di setiap fase.

1. Fase Perkecambahan

Fase perkecambahan adalah fase awal dalam siklus hidup tanaman yang dimulai dari saat benih mulai tumbuh hingga munculnya tanaman muda yang siap berkembang atau proses dimana suatu organisme tumbuh dari benih. Perkecambahan merupakan suatu proses yang sangat krusial karena menjadi pondasi untuk kelangsungan hidup tanaman di masa mendatang. Perkecambahan yang optimal, akan menghasilkan produksi maupun kualitas jagung yang baik. Fase ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor internal dan eksternal yang akan memengaruhi kesuksesan perkecambahan serta pertumbuhan awal tanaman (Xue *et al.*, 2021).

Dalam konteks pertanian, keberhasilan perkecambahan juga memengaruhi hasil panen yang akandatang. Tanaman yang mengalami perkecambahan yang sehat dan cepat akan memiliki peluang yang lebih baik untuk tumbuh dengan kuat dan menghasilkan hasil yang optimal. Sebaliknya, kegagalan perkecambahan dapat mengarah pada penurunan hasil atau kegagalan panen, yang tentunya merugikan bagi petani.

Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian kompleks dari perubahan-perubahan morfologi, fisiologi, dan biokimia. Secara morfologi suatu benih berkecambah umumnya ditandai dengan terlihatnya radikula atau plumula yang menonjol ke luar dari benih. Sebenarnya, proses perkecambahan sudah dimulai dan berlangsung sebelum itu. Dilihat dari segi morfologi benih terjadi beberapa perubahan, diantaranya: terjadinya pembengkakan pada sisi embrio benih, hal ini disebabkan karena pada tahapan ini benih melakukan imbibisi atau disebut juga proses penyerapan air.

Air yang masuk mampu mengorganisir membran sel yang ada, mengaktifkan enzim-enzim dan organel-organel terutama mitokondria. Dengan aktifnya mitokondria, proses respirasi akan segera berlangsung dan dipercepat oleh enzim-enzim yang akan merombak cadangan makanan yang ada dalam benih menjadi senyawa bermolekul sederhana yang akan ditranslokasikan ke embrionic axis sehingga terjadi pemanjangan sel pada coleorhiza, kemudian diikuti oleh pembelahan sel dimulai pada radikula dan terus ke plumula. Pembelahan sel ini terjadi kira-kira 20-24 jam sesudah imbibisi pada suhu kamar (25°C). Pada awalnya yang menerobos kulit biji adalah coleorhiza, terjadi kira-kira 24 - 25 jam sesudah imbibisi yang disebabkan oleh permbengkakan dan pemanjangan sel, kemudian segera coleorhiza ditembus oleh radikula. Sementara itu plumula yang dibungkus coleoptile terus memanjang dan kemudian menembus coleoptile. Sehingga terbentuklah radikula dan plumula dan juga untuk menyokong pertumbuhan awal perkecambahan (Mutia, 2019).

2. Fase Vegetatif

Fase vegetatif terjadi setelah perkecambahan dan sebelum terbentuknya organ reproduksi seperti bunga dan buah. Pada fase ini tanaman fokus pada pembentukan dan perkembangan organ vegetatif, termasuk daun, akar, dan batang. Fase vegetatif sangat menentukan kualitas dan kuantitas hasil tanaman karena pada fase ini terjadi penimbunan biomassa yang akan menunjang fotosintesis dan mempersiapkan tanaman untuk fase reproduksi selanjutnya.

Pada fase vegetatif, ada beberapa proses utama yang mendukung pertumbuhan tanaman, antara lain:

a. Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses dimana tumbuhan hijau menyerap energi cahaya dari matahari dengan bantuan air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) kemudian mengubahnya menjadi energi kimia untuk menghasilkan (mensintesis) glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan oksigen (Kameoka dan Hashimoto, 2019).

b. Pembelahan dan Pemanjangan Sel

Pembelahan sel terjadi pada jaringan meristem (bagian tumbuhan yang aktif membelah sel), sehingga menghasilkan sel-sel baru yang akan berkembang menjadi organ tumbuhan, seperti daun dan batang. Pemanjangan sel juga terjadi sehingga menyebabkan tanaman tumbuh lebih besar.

c. Transpirasi dan Penyerapan Unsur Hara

Tumbuhan juga mengalami transpirasi, yaitu penguapan air melalui stomata daun. Proses ini membantu menyerap air dan unsur hara dari tanah ke dalam tanaman. Transpirasi juga mengatur suhu tanaman dan menjaga keseimbangan air dalam sel (Silaen, 2021).

d. Akar dan Sistem Perakaran

Sistem perakaran mempunyai fungsi menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Selama fase vegetatif, sistem akar berkembang pesat, memastikan tanaman mempunyai cukup air dan nutrisi untuk mendukung pertumbuhannya. Akar yang sehat juga memberikan stabilitas pada tanaman, yang penting untuk menumbuhkan batang dan daun yang lebih besar.

Pertumbuhan yang baik pada fase ini akan menghasilkan tanaman dengan akar yang kuat, batang yang kokoh, dan daun yang lebar sehingga mendukung fotosintesis yang lebih efisien. Pertumbuhan yang optimal pada fase vegetatif akan meningkatkan potensi hasil pada fase vegetatif, seperti pembentukan bunga dan buah.

Dalam praktik agronomi, pengelolaan fase vegetatif yang baik dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Beberapa teknik agronomi yang digunakan untuk mendukung fase vegetatif antara lain pemupukan, pengendalian gulma, penyiraman yang cukup, dan pemilihan varietas yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Semua tindakan ini dapat meningkatkan kesehatan dan ketahanan tanaman, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap produktivitas pertanian.

Misalnya pada padi, fase vegetatif biasanya berlangsung antara 30 hingga 60 hari tergantung varietasnya. Pada periode ini, pelatihan petani padi merupakan salah satu indikator keberhasilan. Pengelolaan yang baik, seperti pemupukan nitrogen sejak dini, dapat meningkatkan jumlah anakan efektif, yang pada akhirnya mempengaruhi hasil panen. Pada tanaman hortikultura seperti tomat, masa vegetatif ditandai dengan terbentuknya daun dan batang yang kuat. Kontrol nutrisi dan penyiraman yang tepat selama periode ini penting untuk mendukung pembentukan bunga dan buah selama tahap reproduksi.

3. Fase Generatif

Pada fase ini tumbuhan mulai membentuk organ reproduksi seperti bunga, buah, dan biji, yang pada akhirnya akan menghasilkan keturunan untuk menjamin kelangsungan spesies. Fase generatif memegang peranan yang sangat penting dalam pertanian karena pada fase inilah tanaman menghasilkan produk yang menjadi komoditas utama yang dibudidayakan. Pada tanaman pangan seperti padi, jagung, dan gandum, fase generatif menghasilkan biji yang akan dipanen untuk konsumsi. Sedangkan pada tanaman hortikultura seperti apel, tomat, dan mangga, fase generatif menghasilkan buah yang menjadi produk utama untuk pasar.

Selain itu, pemahaman mengenai tahap reproduksi juga penting dalam upaya pemuliaan tanaman. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pembungaan, pembentukan buah dan pemasakan, ahli agronomi dapat mengembangkan varietas yang lebih tahan terhadap tekanan lingkungan atau menghasilkan hasil yang lebih tinggi. Teknologi pertanian modern juga menggunakan pengetahuan ini untuk meningkatkan hasil panen, mengurangi kerugian akibat busuk atau pembusukan buah, dan memastikan hasil yang berkualitas. Beberapa tahapan utama yang terjadi pada fase generatif adalah sebagai berikut:

a. Pembungaan

Pembungaan pada tumbuhan mewakili proses reproduksi seksual yang memungkinkan rekombinasi genetik. Bunga dan organ turunan bunga seperti buah dan biji merupakan komponen

utama produk tumbuhan. Oleh karena itu, proses pembungaan merupakan salah satu fenomena yang paling banyak dipelajari dalam biologi tumbuhan (Lebon *et al.*, 2008).

- b. Pembuahan, pembentukan biji dan pembentukan buah
- Peristiwa jatuhnya serbuk sari (*pollen*) dari kepala sari ke kepala putik (*stigma*) bunga disebut dengan penyerbukan. Setelah mencapai stigma, serbuk sari akan menempel pada permukaan stigma yang lengket. Jika stigma mengenali serbuk sari sebagai kompatibel, maka akan terjadi proses lebih lanjut. Serbuk sari yang menempel pada stigma akan berkecambah, membentuk tabung serbuk sari (*pollen tube*) yang tumbuh menuju ovarium melalui saluran putik (*style*). Tabung ini membawa dua inti sperma (*male gamet*) ke ovule (bakal biji).

Pada tumbuhan berbunga, terjadi pembuahan ganda: (1) Pembuahan pertama: Salah satu inti sperma membuahi sel telur (*ovum*), menghasilkan zigot ($2n$). Zigot ini akan berkembang menjadi embrio, (2) Pembuahan kedua: Inti sperma lainnya bergabung dengan dua inti polar di dalam kantung embrio, membentuk endosperma ($3n$). Endosperma berfungsi sebagai cadangan makanan untuk embrio. Setelah pembuahan: (1) zigot berkembang menjadi embrio, (2) ovule (bakal biji) berkembang menjadi biji, dan (3) ovarium (bakal buah) berkembang menjadi buah, yang melindungi biji dan membantu penyebarannya (Sudarmono dan Sahromi, 2012).

- c. Pematangan dan penyebaran biji
- Selama tahap akhir fase generatif, buah mencapai kematangan penuh dan siap untuk dibuka atau dikonsumsi. Benih yang terkandung dalam buah tersebut kemudian disebarkan oleh angin, air atau hewan untuk menghasilkan tanaman baru. Penyebaran benih merupakan proses penting yang menjamin kelangsungan hidup spesies tanaman.

4. Fase *Senesens*

Fase *senesens* (penuaan) merupakan bagian dari siklus hidup tanaman, menandai berakhirnya pertumbuhan dan perkembangan.

Selama fase ini, tanaman secara signifikan mengurangi aktivitas metabolisme dan berbagai fungsi fisiologis mulai menurun. Senesens seringkali dianggap sebagai tahapan yang melambangkan penuaan suatu tanaman, namun nyatanya merupakan proses yang sangat penting bagi kelangsungan hidup tanaman. Fase ini berfungsi untuk mempersiapkan tanaman melanjutkan siklus reproduksinya melalui pembentukan benih atau umbi yang akan menjadi generasi berikutnya.

Senesens adalah proses penuaan yang terjadi pada tumbuhan, dimana terjadi penurunan fungsi organ tumbuhan seperti daun, bunga dan batang, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel atau organ tanaman tersebut. Proses ini merupakan bagian yang tidak dapat dihindari dalam siklus hidup tumbuhan dan terjadi pada saat tumbuhan mencapai puncak pertumbuhan. Pada fase *Senesens*, tanaman mengalokasikan sumber daya yang tersedia untuk mendukung proses reproduksi (seperti pembentukan benih atau umbi), sedangkan bagian yang tidak lagi penting berhenti berfungsi dan rusak (Guiboileau *et al.*, 2010).

Senesens berlangsung dalam beberapa tahapan yang dimulai dari penurunan aktivitas metabolik hingga kematian organ atau tanaman secara keseluruhan. Proses ini mempengaruhi berbagai aspek fisiologis tanaman dan secara umum dapat dibagi menjadi beberapa tahapan utama berikut:

a. Pematangan Benih

Pada fase ini, tanaman mengalokasikan hampir seluruh energinya untuk memastikan benih matang yang dapat tumbuh menjadi tanaman baru. Ketika benih sudah matang, tanaman dapat menyelesaikan siklus hidupnya dan sebagian besar bagian tanaman akan mati atau membusuk.

b. Berkurangnya aktivitas fotosintesis

Pada permulaan fase senesens, salah satu tanda yang paling nyata adalah menurunnya aktivitas fotosintesis. Hal ini merupakan awal dari kemunduran vegetatif tanaman, dimana tanaman mulai mengalihkan energi dan sumber daya untuk mempersiapkan generasi berikutnya melalui pematangan benih atau umbi.

- c. Degenerasi seluler
Degradasi atau penghancuran komponen seluler, seperti protein, asam nukleat, dan lipid. Misalnya pada daun, pemecahan klorofil akan menyebabkan daun menguning atau coklat, menandakan daun tidak lagi mempunyai fungsi fotosintesis.
- d. Organ tubuh mengering dan rusak
Pada fase akhir *senesens*, bagian tanaman yang tidak berfungsi akan mengering dan rusak. Daun dan bunga yang mati akan rontok, dan batang serta akar yang tidak aktif akan berkurang. Proses ini mengarah pada pengurangan massa tumbuhan hidup, dengan tujuan sebagai persiapan untuk mengurangi hilangnya energi, air, dan sumber daya lainnya.
- e. Pematangan benih
Salah satu tujuan utama fase *senesens* adalah memastikan benih yang terbentuk mencapai kematangan penuh. Pada fase ini, tanaman menghabiskan sebagian besar energinya untuk memastikan benih berkembang menjadi bentuk yang dapat berkembang biak dan menghasilkan tanaman baru. Ketika benih sudah matang, tanaman dapat menyelesaikan siklus hidupnya dan sebagian besar bagian tanaman akan mati atau membusuk.

C. Parameter Pertumbuhan Tanaman

Untuk lebih memahami pertumbuhan tanaman, banyak parameter berbeda yang dapat digunakan. Beberapa parameter utama yang biasa digunakan untuk mengukur pertumbuhan tanaman meliputi:

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman adalah jarak vertikal dari pangkal tanaman sampai titik tumbuh tertinggi. Pada tanaman herba, pengukuran biasanya dilakukan dari permukaan tanah hingga ujung batang atau daun tertinggi. Sedangkan pada tanaman berkayu, tinggi tanaman diukur dari pangkal batang di atas tanah hingga titik tertinggi dari cabang atau pucuk. Peningkatan tinggi tanaman mencerminkan adanya pembelahan sel dan ekspansi sel, yang merupakan indikator bahwa tanaman sedang tumbuh (Wahyu *et al.*, 2022).

Pengukuran tinggi tanaman memiliki beberapa penerapan utama dalam analisis dan praktik pertanian:

- a. Indikator pertumbuhan vegetatif
Tinggi tanaman mencerminkan aktivitas pertumbuhan vegetatif yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Kondisi lingkungan yang mendukung, seperti ketersediaan air, cahaya, dan nutrisi, dapat memaksimalkan potensi genetik tanaman. Sebaliknya, stres lingkungan dapat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman.
- b. Penilaian produktivitas potensial
Pada tanaman pangan, tinggi tanaman sering dikaitkan dengan hasil. Misalnya, tanaman yang tumbuh terlalu pendek karena kekurangan cahaya atau unsur hara sering kali menghasilkan hasil yang lebih rendah.
- c. Respon terhadap perlakuan agronomi
Tinggi tanaman digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan perlakuan agronomi, seperti pemupukan, irigasi atau penerapan bioregulator kepala. Misalnya saja penggunaan giberelin yang diketahui dapat merangsang pemanjangan batang sehingga meningkatkan tinggi tanaman.

2. Diameter Batang

Batang berfungsi sebagai penopang dan jalur transportasi utama antara akar dan pucuk pohon. Dengan mengukur diameter batang, dapat menentukan tingkat keberhasilan tanaman dalam menyerap dan mendistribusikan unsur hara, air, dan hasil fotosintesis. Pengukuran diameter batang pohon dilakukan dengan jangka sorong atau alat ukur lainnya, biasanya terletak di tengah batang pohon, pada ketinggian sekitar 10 hingga 20 cm di atas permukaan tanah. Peningkatan diameter batang menunjukkan tanaman mengembangkan struktur internal yang lebih kuat yang mendukung pertumbuhan vegetatif.

3. Indek Luas Daun

Indeks Luas Daun (*Leaf Area Index*, LAI) adalah perbandingan antara luas permukaan daun suatu tanaman dengan luas lahan yang ditempati tanaman tersebut. LAI memberikan wawasan tentang kemampuan tanaman menangkap cahaya dan berfungsi sebagai indikator kesehatan tanaman dalam konteks penggunaan cahaya. LAI yang lebih tinggi menunjukkan tanaman mempunyai lebih banyak daun yang tersedia untuk fotosintesis, yang umumnya dikaitkan dengan potensi hasil yang lebih tinggi (Suwarsono *et al.*, 2011). Peran LAI dalam pertumbuhan tanaman antara lain sebagai berikut:

- a. Efisiensi pemanfaatan cahaya
Salah satu fungsi utama LAI adalah menggambarkan kemampuan tanaman dalam menyerap sinar matahari. Oleh karena itu, semakin tinggi LAI, semakin besar luas permukaan daun yang terpapar sinar matahari, sehingga fotosintesis lebih efisien. Tanaman dengan LAI tinggi cenderung memiliki tingkat fotosintesis lebih tinggi, yang membantu pertumbuhannya.
- b. Potensi hasil tanaman
Tanaman dengan LAI tinggi biasanya menghasilkan lebih banyak biomassa, sehingga meningkatkan hasil produk tanaman, baik buah, biji, atau bagian lain yang dapat dipanen.

4. Berat Kering Tanaman

Berat kering tanaman merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi akumulasi biomassa tanaman akibat fotosintesis. Tanaman yang tumbuh dengan baik akan memiliki bobot kering yang lebih tinggi, artinya tanaman tersebut berhasil mengubah energi cahaya menjadi bahan organik yang dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhannya. Untuk mengukur berat kering, tanaman atau bagian tanaman (seperti daun, batang atau akar) dikeringkan dalam oven pada suhu tertentu (biasanya 70 hingga 80°C) hingga mencapai berat konstan, kemudian ditimbang (Dewi *et al.*, 2021). Pentingnya berat kering sebagai parameter pertumbuhan antara lain:

- a. Mengukur akumulasi biomassa
Berat kering menunjukkan kemampuan tanaman dalam mensintesis dan menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk biomassa. Parameter ini penting untuk mengevaluasi efisiensi fotosintesis tanaman dalam kondisi tertentu, seperti ketersediaan air, unsur hara, dan intensitas cahaya.
- b. Indeks hasil panen
Biomassa yang tinggi biasanya berkorelasi positif dengan hasil panen, terutama pada tanaman yang dipanen untuk bagian vegetatifnya, seperti daun atau batang.
- c. Penilaian respons tanaman terhadap faktor lingkungan
Berat kering juga digunakan untuk mengevaluasi bagaimana tumbuhan merespons berbagai faktor lingkungan, termasuk cekaman biotik dan abiotik. Misalnya, penurunan berat kering sering digunakan sebagai indikator dampak kekeringan, salinitas, atau serangan hama terhadap pertumbuhan tanaman.

5. Laju Fotosintesis

Laju fotosintesis mengacu pada jumlah karbon yang diubah oleh tanaman menjadi senyawa organik (seperti glukosa) per satuan waktu. Secara teknis, laju fotosintesis biasanya diukur dengan menghitung jumlah oksigen yang dihasilkan atau jumlah karbon dioksida yang diserap selama fotosintesis. Tingkat fotosintesis yang lebih tinggi menunjukkan bahwa tanaman secara efektif mengubah energi cahaya menjadi biomassa, sehingga berkontribusi terhadap laju pertumbuhan tanaman.

Laju fotosintesis dapat diukur dengan menggunakan berbagai metode, termasuk mengukur konsentrasi CO_2 dalam ruang fotosintesis atau mengukur laju aliran oksigen. Teknik yang umum digunakan adalah dengan menggunakan alat pertukaran gas, seperti sistem palung fotosintesis, yang dapat mengukur aliran gas (CO_2 dan O_2) di sekitar daun tanaman.

Peranan laju fotosintesis dalam pertumbuhan tanaman adalah menyediakan energi untuk pertumbuhan. Proses fotosintesis menghasilkan glukosa yang digunakan tanaman untuk mendukung

berbagai aktivitas metabolisme, seperti pembentukan biomassa, pembentukan akar, batang, dan daun, serta pembentukan bunga dan buah. Glukosa yang dihasilkan selama fotosintesis juga digunakan selama respirasi untuk menghasilkan ATP, sebuah molekul yang menyediakan energi untuk berbagai fungsi seluler. Oleh karena itu, laju fotosintesis mempunyai pengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi laju fotosintesis, semakin banyak energi yang tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

6. Transpirasi

Transpirasi merupakan bagian dari siklus air tumbuhan (siklus air tanah), yang diawali dengan penyerapan air oleh akar, pengangkutan air melalui xilem ke daun, dan terakhir penguapan air melalui stomata. Meskipun kehilangan air, transpirasi penting bagi tanaman karena membantu menjaga keseimbangan air, meningkatkan pengangkutan mineral dan nutrisi, dan menjaga kestabilan suhu bagi tanaman.

Transpirasi adalah proses hilangnya air dalam bentuk uap air dari jaringan tanaman hidup yang terletak di atas permukaan tanah melalui stomata, pori-pori epidermis, dan lentisel. Transpirasi adalah pelepasan H_2O dan uap CO_2 , yang terjadi pada siang hari saat cuaca panas, melalui stomata (bukaan daun) dan lentisel (celah pada batang). Transpirasi terjadi melalui bagian-bagian tumbuhan yang bersentuhan dengan udara luar yaitu melalui pori-pori daun seperti stomata, pori-pori epidermis dan lentisel, melalui proses-proses fisiologis tumbuhan. Jadi semakin cepat laju transpirasi berarti semakin cepat pengangkutan air dan zat hara terlarut, demikian pula sebaliknya. Alat untuk mengukur besarnya laju transpirasi melalui daun disebut fotometer atau transpirometer.

Kegunaan transpirasi pada tumbuhan antara lain : (1) pengangkutan air ke daun dan difusi air antar sel, (2) penyerapan dan pengangkutan air, dan zat hara, (3) pengangkutan asimilat, (4) membuang kelebihan air, (5) pengaturan bukaan stomata, (6) mempertahankan suhu daun, (7) pengangkutan mineral, dan (8) pertukaran energi (Silaen, 2021).

7. Laju Pertumbuhan Relatif

Laju pertumbuhan relatif (Relative Growth Rate, RGR) adalah ukuran yang menggambarkan laju pertumbuhan tanaman per unit biomassa awal. RGR digunakan dalam pengukuran mendasar dari produksi bahan kering yang dapat digunakan untuk membandingkan kinerja suatu spesies dengan spesies lainnya, serta mengetahui efek yang ditimbulkan dari perlakuan yang diberikan RGR mengukur perubahan biomassa tanaman selama periode waktu tertentu, dibandingkan dengan jumlah biomassa yang ada pada awal periode tersebut. Parameter ini menunjukkan seberapa cepat tanaman tumbuh dibandingkan dengan ukuran aslinya. RGR yang tinggi menunjukkan tanaman tumbuh lebih cepat dan lebih efisien, sedangkan RGR yang rendah menunjukkan tanaman tumbuh lebih lambat atau kurang efisien (Hunt, 2016).

- a. Peranan RGR dalam pertumbuhan tanaman
RGR memberikan gambaran yang lebih jelas tentang seberapa cepat tanaman dapat mengubah energi yang tersedia (seperti cahaya dan nutrisi) menjadi biomassa. Tanaman dengan RGR tinggi menunjukkan kemampuan lebih tinggi untuk mengubah sumber daya menjadi materi tanaman, sehingga berkontribusi terhadap pertumbuhan lebih cepat dan hasil lebih tinggi.
- b. Memahami potensi hasil tanaman
Tanaman dengan RGR tinggi akan mampu menghasilkan lebih banyak biomassa dalam waktu lebih singkat, sehingga berkontribusi terhadap hasil yang lebih tinggi.

D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman adalah proses kompleks yang melibatkan pembelahan sel, pemanjangan dan diferensiasi. Proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor yang berbeda dan dapat dibagi menjadi dua kategori besar, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

1. Faktor Internal

Faktor internal berasal dari dalam tanaman itu sendiri, diantaranya genetik dan hormon (Nur *et al.*, 2021).

a. Genetik

Genetik merupakan faktor utama yang menentukan potensi pertumbuhan tanaman. Setiap spesies dan varietas tanaman memiliki karakteristik genetik yang berbeda, seperti laju pertumbuhan, ukuran maksimal, dan toleransi terhadap stres lingkungan.

b. Hormon tanaman

Hormon tumbuhan atau fitohormon mempunyai peranan penting dalam mengatur pertumbuhan. Beberapa hormon utama yang berpengaruh meliputi (Asra *et al.*, 2020):

1) Auksin

Merangsang pemanjangan sel dan pembentukan akar.

2) Giberelin

Memacu pertumbuhan batang dan pemanjangan sel.

3) Sitokinin

Meningkatkan pembelahan sel dan pertumbuhan daun.

4) Asam absisat:

Menghambat pertumbuhan selama kondisi stres.

5) Etilen

Memengaruhi proses pematangan dan pelayuan.

2. Faktor Eksternal

Faktor eksternal meliputi faktor lingkungan yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi tanaman (Campbell dan Reece, 2008).

a. Cahaya

Cahaya merupakan sumber energi utama untuk fotosintesis. Intensitas cahaya, kualitas dan durasi mempengaruhi laju fotosintesis, mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanaman C3,

C4 dan CAM mempunyai daya adaptasi yang berbeda terhadap intensitas cahaya, sehingga kebutuhan cahayanya juga berbeda.

b. Air

Air penting untuk proses fisiologis, termasuk fotosintesis, transportasi nutrisi, dan pengaturan suhu. Kekurangan air dapat menyebabkan cekaman kekeringan sehingga menghambat pertumbuhan, sedangkan kelebihan air dapat menyebabkan kondisi anaerobik di sekitar akar sehingga menghambat penyerapan unsur hara.

c. Nutrisi

Tanaman membutuhkan unsur hara makro (seperti nitrogen, fosfor dan kalium) dan unsur hara mikro (seperti besi, seng dan mangan) untuk pertumbuhan yang optimal. Kekurangan atau ketidakseimbangan nutrisi dapat menyebabkan gangguan metabolisme, sedangkan kelebihan nutrisi tertentu dapat menyebabkan keracunan.

d. Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas enzim tanaman. Pada suhu optimal, aktivitas enzim mendukung metabolisme yang efisien. Suhu ekstrem, baik panas maupun dingin, dapat mengganggu struktur dan fungsi enzim sehingga menghambat pertumbuhannya.

e. Udara dan Gas

Konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dan oksigen (O_2) di atmosfer mempengaruhi fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan. Peningkatan konsentrasi CO_2 dapat meningkatkan laju fotosintesis, namun hanya sampai batas tertentu.

f. Tanah

Sifat fisik, kimia dan biologi tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Struktur tanah yang baik memungkinkan aerasi dan drainase yang optimal, sementara pH tanah memengaruhi ketersediaan nutrisi. Mikroorganisme tanah, seperti bakteri dan mikoriza, juga berperan dalam membantu tanaman menyerap nutrisi.

g. Faktor Biotik

Interaksi dengan organisme lain, seperti serangga, bakteri, dan gulma, dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Beberapa organisme, seperti bakteri pengikat nitrogen, bermanfaat, sementara hama dan patogen dapat membahayakan.

h. Faktor Abiotik Lain

Stres lingkungan, seperti salinitas, polusi, dan radiasi, juga memengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang terpapar stres ini harus beradaptasi melalui mekanisme fisiologis tertentu agar dapat bertahan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Asra, R., Samarlina, R. A., & Silalahi, M. (2020). Hormon Tumbuhan. Jakarta: UKI Press. 176 hal. ISBN: 978-623-7256-45-8
- Campbell, N. A. & J. B. Reece. (2008). Biologi, Edisi Kedelapan Jilid 3. Terjemahan: Damarling Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, R. S., Sumarsono & Fuskah, E. (2021). Pengaruh Pembenah Tanah terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tiga Varietas Padi pada Tanah Asal Karanganyar Berbasis Pupuk Organik Bio-Slurry. Jurnal Buana Sains, 21(1), 65-76.
<https://doi.org/10.33366/bs.v21i1.2759>
- Guiboileau, A., Sormani, R., Meyer, C., & Masclaux-Daubresse, C. (2010). Senescence and death of plant organs: Nutrient recycling and developmental regulation. Comptes Rendus Biologies, 333(4), 382-391.
<https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.01.016>
- Hapsari, A.T., Sri Darmanti, S., & Hastuti, E.D. (2018). Pertumbuhan Batang, Akar dan Daun Gulma Katumpangan (*Pilea microphylla* (L.) Liebm.). Buletin Anatomi dan Fisiologi, 3(1), 79-84.
<https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.79-84>
- Hunt, R. (2016). Growth Analysis, Individual Plants. In Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Elsevier Inc, 421-429.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00226-4>
- Kameoka, T. & Hashimoto, A. (2019). Assessment From Food Science. Plant Factory Using Artificial Light, Adapting to Environmental Disruption and Clues to Agricultural Innovation, 131-141.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813973-8.00034-8>
- Lebon, G., Wojnarowicz, G., Holzapfel, B., Fontaine, F., Vaillant-Gaveau, N., & Cle'ment, C. (2008). Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). Journal of Experimental Botany, 59(10), 2565-2578. DOI: [10.1093/jxb/ern135](https://doi.org/10.1093/jxb/ern135)
- Mutia, Y.D. (2019). Studi Karakteristik Morfologi, Fisiologi, dan Biokimia pada Benih Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) yang telah di Invigorasi. Tesis. Padang: Universitas Andalas. 108 halaman.

- Nur, A.J. Tantawi, A.R. & Hasibuan, S. (2021). Pengaruh Suara Adzan terhadap Pertumbuhan, Produksi, dan Kejadian Penyakit pada Tiga Jenis Tanaman Brassicaceae. Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA), 3(2) 2021: 158-168. <https://doi.org/10.31289/jiperta.v3i2.784>.
- Silaen, S. (2021). Pengaruh Transpirasi Tumbuhan dan Komponen Didalamnya. Agropriamtech, 5(1), 14-20. <https://doi.org/10.34012/agropriamtech.v5i1.2081>.
- Sudarmono dan Sahromi. (2012). Pollen Atau Serbuk Sari: Aspek Morfologi, Sistematika dan Aplikasinya pada Tumbuhan Keluarga Mentol. Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa, 2(1), 12-16. <https://doi.org/10.31938/jsn.v2i1.30>.
- Suwarsono, Arief, M., Hidayat, Sulma, S., Suryo, N., Sulyantoro, H., Setiawan, K.T. (2011). Pengembangan Metode Penentuan Indeks Luas Daun pada Penutup Lahan Hutan dari Data Satelit Penginderaan Jauh Spot-2. Jurnal Penginderaan Jauh, 8, 50-59.
- Wahyu, B., Mustaring, & Basri, M. (2022). Pertumbuhan Kembali Rumput Odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) yang Diberi Perlakuan Pupuk Nitrogen pada Perkembangan Awalnya. Jurnal Agrisains, 23(3), 139-147. <https://doi.org/10.22487/jiagrisains.v23i3.2022.139-147>.
- Xue, X., Du, S., Jiao, F., Xi, M., Wang, A., Xu, H., Jiao, Q., Zhang, X., Jiang, H., Chen, J., Wang, M. (2021). The regulatory network behind maize seed germination: Effects of temperature, water, phytohormones, and nutrients. The Crop Journal, 9(4), 718-724. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.11.005>.

BAB 10

PERBANYAKAN TANAMAN

Oleh: Friskia Hanatul Qolby, M.P

A. Pendahuluan

Tanaman memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan. Sebagai satu-satunya produsen primer yang mampu mensintesis energi matahari menjadi energi kimia yang dapat dimanfaatkan bagi makhluk hidup lain, maka menjaga kelestarian tanaman sangat penting. Langkah yang dapat dilakukan untuk melestarikan keberadaan tanaman yaitu melalui perbanyakan. Perbanyakan tanaman merupakan rangkaian kegiatan untuk menghasilkan materi tanaman untuk memperbanyak jumlah dari suatu spesies tanaman guna kepentingan analisis dan budidaya. Perbanyakan tanaman berperan penting dalam menghasilkan tanaman baru sejenis yang lebih unggul dan berkualitas.

Dari berabad-abad lalu petani telah melakukan berbagai usaha perbanyakan tanaman dalam proses budidaya. Secara umum, perbanyakan tanaman dibagi menjadi dua, yaitu perbanyakan secara generatif dan vegetatif. Perbanyakan generatif (seksual) merupakan perbanyakan yang melibatkan peleburan sel gamet jantan dan betina melalui fertilisasi. Sedangkan perbanyakan vegetatif (aseksual) menggunakan bagian-bagian tanaman yaitu akar, batang, cabang, dan daun.

Pada awal pemuliaan, manusia melakukan seleksi tanaman dari spesies liar untuk dibudidayakan, kemudian dihasilkan tanaman-tanaman dengan tipe berbeda dari kerabat liarnya. Dengan kemajuan iptek, mulai berkembang berbagai metode perbanyakan tanaman yang dikembangkan dari metode-metode sebelumnya. Namun, pada dasarnya tujuan utama dari perbanyakan tanaman adalah untuk mencegah kepunahan suatu spesies tanaman (erosi genetik) dan

membentuk keturunan atau generasi baru spesies tanaman tertentu (Santoso, 2019).

B. Perbanyak Tanaman secara Generatif

Perbanyak tanaman secara generatif merupakan perbanyak atau pembiakan tanaman melalui organ generatif yaitu biji, sehingga sering disebut perbanyak tanaman melalui biji. Dasar perbanyak generatif adalah terjadi peristiwa seksual, yang melibatkan penyatuan sel kelamin betina dan sel kelamin jantan. Penyatuan kedua sel kelamin yang berbeda genetik ini akan membentuk zigot. Selanjutnya, melalui serangkaian proses akan terbentuk biji yang berisikan embrio. Embrio yang terbentuk mengandung perpaduan sifat kedua tetuanya, karena pada saat pembentukan gamet keturunan terjadi segregasi bebas. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya variasi genetik dan sifat dalam suatu jenis tanaman (Wahyuni *et al.*, 2021).

Biji memiliki peran sangat penting dalam perbanyak generatif karena mengandung embrio, yang merupakan cikal bakal tanaman baru. Perbanyak generatif diawali dengan terjadinya proses penyerbukan pada bunga, pembuahan (fertilisasi), hingga pembentukan dan pemasakan biji dan buah. Untuk menghasilkan mutu biji berkualitas baik ada beberapa aspek yang harus diperhatikan selama proses pemasakan biji yaitu :

1. Kandungan Kadar Air Biji

Kadar air (KA) biji adalah jumlah air yang terkandung dalam biji, merupakan salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas biji. Selain itu kadar air biji juga mempengaruhi daya simpan biji, jika ingin disimpan dalam jangka waktu tertentu maka kadar airnya perlu diturunkan untuk mempertahankan viabilitasnya. KA biji akan menurun hingga suatu titik stabil jika mencapai masak fisiologis, sehingga KA berperan penting untuk penentuan waktu panen. Di daerah tropis kadar air biji tanaman

pada saat panen biasanya berkisar 20-25%. Tiap tanaman memiliki kadar air yang berbeda saat dipanen untuk memperoleh mutu biji atau benih yang tinggi.

Tabel 10. 1 Kandungan air beberapa biji/ benih tanaman pada saat panen dan untuk penyimpanan 5-10 tahun

Jenis Tanaman	Kandungan Air saat Panen (%)	Kandungan Air Penyimpanan (%)	
		1 tahun	5 tahun
Kedelai	20	22	10
Padi	16-24	14	-
Sorgum	10-20	12	10-11
Gandum	17	13-14	11-12
Jagung	14-30	13	11
Rumput pakan ternak	70-80	15-20	15

2. Viabilitas Biji (Daya Tumbuh Biji)

Viabilitas merupakan kemampuan biji atau benih untuk tumbuh menjadi kecambah normal dan tanaman baru. Viabilitas terkait erat dengan proses perkecambahan.(Copeland and McDonald, 2001), menerangkan bahwa pengukuran daya berkecambah (*germination capacity*) dapat menjadi tolak ukur viabilitas. Perkecambahan benih menunjukkan kemampuan biji untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang mendukung yang ditandai dengan munculnya organ bakal akar (*radikula*) dan bakal tunas (*plumula*). Viabilitas meningkat seiring bertambahnya usia biji dan mencapai perkecambahan maksimal (*maximal germination*), (Copeland and McDonald, 2001) juga menyatakan bahwa viabilitas biji atau benih tertinggi kemungkinan terjadi pada saat biji mencapai masak fisiologis. Pada saat mencapai kondisi masak fisiologis, *maximal germination* konstan, setelah itu akan menurun sesuai dengan kondisi buruk di lapangan. Viabilitas biji dipengaruhi faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi genetik biji, kemasakan biji, enzim, dan kadar air biji. Faktor eksternal meliputi kondisi lingkungan saat panen (suhu, kelembaban), pengolahan dan penyimpanan biji.

3. Vigor Biji (Kekuatan Biji)

Vigor biji atau benih merupakan kemampuan/ kekuatan biji untuk tumbuh menjadi kecambah normal pada kondisi lingkungan yang tidak mendukung (sub optimum). Vigor merupakan suatu indikator penting yang menunjukkan mutu biji atau benih yang baik (Setiawan *et al.*, 2021). Uji vigor menyajikan informasi terkait tingkat dan keseragaman pertumbuhan bibit tanaman pada berbagai kondisi lingkungan. Informasi mengenai vigor benih dibutuhkan petani untuk memantau mutu biji atau benih selama produksi.

Vigor biji maksimum diperoleh pada saat dicapainya masak fisiologis. Setelah masak fisiologi tercapai, vigor biji akan semakin menurun tergantung kondisi lingkungan yang sub optimum. Vigor biji dipengaruhi beberapa faktor, yaitu genetik biji, tingkat kemasakan biji, dan faktor lingkungan. Sama halnya dengan viabilitas, vigor optimal didapatkan saat biji mencapai masak fisiologis, dan kemudian akan menurun perlahan sesuai kondisi buruk di lapangan (Nurwiati and Budiman, 2023).

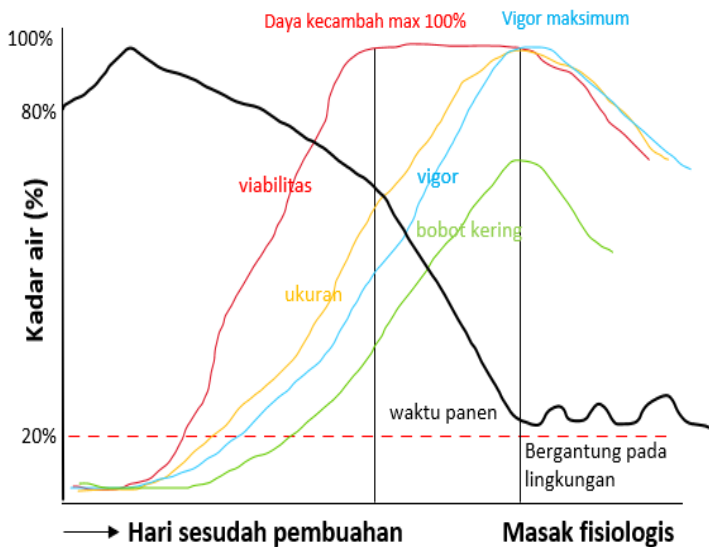
4. Bobot Kering Biji

Bobot kering biji berkaitan erat dengan cadangan makanan (*endosperm*) yang dihasilkan selama proses metabolisme berlangsung. Bahan kering biji yang tersimpan dalam endosperm terdiri dari 3 senyawa utama yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Cadangan makanan (*endosperm*) ini berperan sangat penting pada masa perkecambahan karena menjadi sumber energi pada awal biji berkecambah.

Bobot kering berkorelasi positif dengan viabilitas dan vigor biji atau benih, semakin tinggi bobot kering biji maka viabilitas dan vigornya juga semakin tinggi. Bobot kering akan meningkat seiring bertambahnya umur biji, dan mencapai titik optimal saat mencapai masak fisiologis. Jika telah mencapai masak fisiologis biji tersebut tidak dipanen, maka bobot kering dapat menurun hingga 15-25%.

5. Ukuran biji

Ukuran biji juga berkaitan langsung dengan bobot kering biji, viabilitas, dan vigor biji atau benih. Semakin tinggi bobot kering maka ukuran biji, viabilitas dan vigor juga akan semakin tinggi. Jika digambarkan dalam sebuah grafik, kelima aspek di atas sebagai penentu kualitas biji dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 10. 1 Perubahan kondisi biji selama prose pemasakan biji (setelah pembuahan-masak fisiologis)

Sumber : (Kamil, 1979)

Berdasarkan kelima aspek diatas, bias disimpulkan bahwa untuk mendapat biji dengan mutu yang tinggi sebagai bahan perbanyakkan generatif maka biji harus mencapai masak fisiologis, karena pada kondisi tersebut biji telah mencapai viabilitas dan vigor optimal. Hal tersebut dapat menjadi indikator awal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman di lapanga yang baik.

C. Perbanyak Tanaman secara Vegetatif

Perbanyak tanaman secara vegetatif (aseksual) merupakan pembiakan tanaman secara tidak kawin tanpa terjadi peleburan sel gamet jantan dan betina (pembuahan), sehingga tanaman yang dihasilkan tidak mengalami perubahan genetik. Jadi, keturunan memiliki sifat yang sama (identik) dengan tetuanya, lebih dikenal dengan istilah klon. Perbanyak ini dapat dilakukan menggunakan bagian-bagian tanaman yaitu akar, batang, cabang, dan daun (Santoso, 2019).

Walaupun dalam perbanyak ini tidak terjadi pembuahan pada tetuanya, tiap sel yang digunakan sebagai bahan perbanyak mampu tumbuh dan berkembang menjadi tanaman baru yang normal karena mengandung gen. kemampuan ini dinamakan dengan istilah *totipotensi*, yaitu kemampuan suatu sel untuk tumbuh dan berkembang menjadi organisme yang lengkap. Perbanyak vegetatif pada tanaman dapat terjadi secara alami maupun buatan oleh manusia.

1. Perbanyak Vegetatif Alami Tanaman

Beberapa perbanyak vegetatif tanaman secara alami pada tanaman yaitu :

a. Umbi lapis

Umbi lapis adalah modifikasi dari daun yang tumbuh dalam tanah menyerupai kulit yang berlapis. Pada lapisan tersebut terdapat bakal tunas yang akan tumbuh menjadi tunas dan tanaman baru. Tanaman yang dapat diperbanyak dengan umbi lapis adalah bawang putih, bawang merah, bawang bombai, bunga tulip, bunga bakung, bunga lili, eceng gondok.



Gambar 10. 2 Umbi Lapis pada Bawang Merah
Sumber : google.com

b. Umbi akar

Umbi akar adalah modifikasi dari akar yang tumbuh membesar di dalam tanah yang berisi cadangan makanan hasil fotosintesis. Tanaman yang diperbanyak dengan umbi akar yaitu bengkoang, wortel, lobak dan singkong.



Gambar 10. 3 Umbi Akar pada Wortel
Sumber : google.com

c. Umbi batang

Umbi batang adalah batang tanaman yang mengalami pembengkakan di dalam tanah karena berisi cadangan makanan

(pati). Umbi batang terbentuk karena modifikasi dari batang tanaman, dapat membentuk geragih (*stolon*) dan rimpang (*rhizome*) yang dapat dijadikan sebagai bahan perbanyakan. Contoh tanamannya adalah talas, kentang, ubi jalar dan rimpang-rimpangan (jaeh, kunyit, temulawak, kencur).



Gambar 10. 4 *Stolon* pada Kentang

Sumber : google.com



Gambar 10. 5 *Rhizome* pada Jahe

Sumber : google.com

d. Tunas

Tunas berasal dari jaringan meristem yang dapat tumbuh pada ujung batang, ruas-ruas batang, dan ketiak daun. Terdapat pula

tunas yang tumbuh di bagian atas daun, dinamakan tunas adventif. Tunas menempel pada tanaman induk hingga matang, kemudian akan memisah dan berkembang menjadi tanaman baru. Beberapa tanaman memiliki tunas yaitu bamboo, tebu, sukun, dan pisang.



Gambar 10. 6 Tunas pada Ruas Tebu

Sumber : google.com



Gambar 10. 7 Tunas Adventif pada Cocor Bebek

Sumber : google.com

e. Spora

Spora adalah sel yang berperan sebagai alat perkembangbiakan pada beberapa tanaman seperti paku, jamur, alga dan lumut. Spora terbentuk di dalam kota spora yang dinamakan sporangium. sporangium biasanya terletak pada bawah daun.



Gambar 10.8 *Sporangium* pada Tanaman Paku

Sumber : google.com

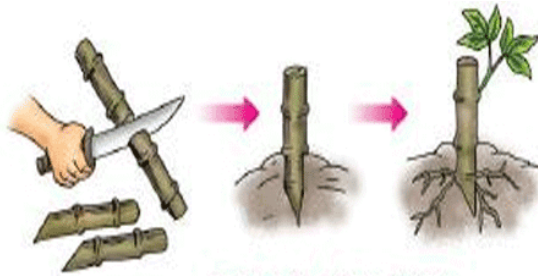
2. Perbanyakan Vegetatif Buatan Tanaman

Perbanyakan vegetatif buatan adalah upaya perbanyakan yang dilakukan dengan melibatkan campur tangan manusia guna memenuhi kebutuhannya. Beberapa teknik perbanyakan vegetatif yang biasa dilakukan secara buatan adalah :

a. Stek

Stek merupakan salah satu upaya perbanyakan tanaman secara vegetatif yang dilakukan dengan memisahkan organ vegetatifnya (daun, batang, akar) dari pohon tetuanya. Secara botani *stek* berarti bagian akar, batang, dan daun yang dipotong *dari* tanaman tetuanya guna menghasilkan tanaman baru dengan memacu pembentukan akar dan tunas pada kondisi lingkungan optimum. Berdasarkan bahannya, stek dapat dikelompokkan menjadi stek batang, stek daun, stek akar. Beberapa tanaman yang bias

diperbanyak dengan cara stek yaitu ubi kayu, manga, jambu, apel, teh, stroberi, mawar, krisan, dahlia.

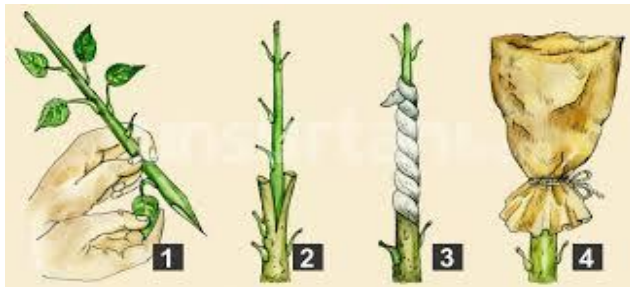


Gambar 10. 9 Stek Batang pada Ubi Kayu

Sumber : google.com

b. Sambung (*Grafting*)

Perbanyakan dengan metode sambung adalah teknik perbanyakan tanaman buatan dengan menggabungkan batang bawah dengan batang atas (*entress*) tanaman yang sejenis. Tujuan sambung adalah untuk menggabungkan sifat-sifat unggul dari dua tanaman sejenis untuk menghasilkan tanaman baru yang lebih unggul. Sumber batang bawah dianjurkan memiliki sifat unggul berupa perakaran yang kuat dan kokoh. Sedangkan untuk sumber batang atas memiliki keunggulan produktivitas yang tinggi dan tahan serangan hama dan penyakit tanaman (HPT). Teknik perbanyakan sambung dibagi menjadi dua, yaitu sambung samping (*Side grafting*) dan sambung pucuk (Limbongan, 2015).



Gambar 10. 10 Sambung Pucuk

Sumber : google.com

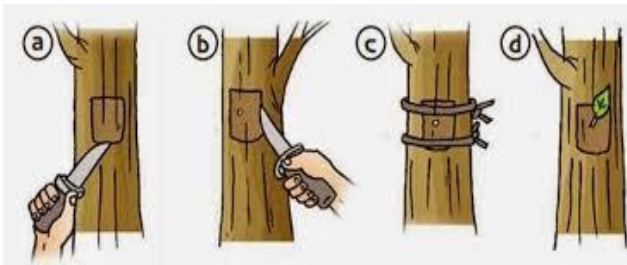


Gambar 10. 11 Sambung Samping

Sumber : google.com

c. Okulasi (*Budding*)

Okulasi atau penempelan adalah teknik perbanyakan vegetatif dengan cara menempelkan mata tunas suatu tanaman (*entress*) ke kulit tanaman lain (batang bawah). Mata tunas ini kemudian akan tumbuh dan berkembang menjadi tanaman baru. Prinsip dasarnya hamper sama dengan sambung (*grafting*), terdapat sumber batang bawah dianjurkan memiliki sifat unggul berupa perakaran yang kuat dan kokoh dan sumber batang atas memiliki keunggulan produktivitas yang tinggi dan tahan serangan hama dan penyakit tanaman (HPT). Tujuan sambung adalah untuk menggabungkan sifat-sifat unggul dari dua tanaman sejenis untuk menghasilkan tanaman baru yang lebih unggul (Rahman, 2023).



Gambar 10. 12 Sambung Samping

Sumber : google.com

d. Kultur Jaringan

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, teknik perbanyakan vegetatif tanaman pun mengalami perkembangan. Salah satunya adalah teknik kultur jaringan, yang merupakan teknik isolasi bagian tanaman seperti sel, protoplasma, jaringan, dan organ yang ditumbuhkan pada kondisi terkontrol (*in vitro*) bagian-bagian tersebut kemudian akan memperbanyak diri dan bergenerasi menjadi tanaman baru yang utuh. Perbanyakan dengan kultur jaringan mampu menghasilkan bibit dalam jumlah yang besar dengan tetua yang sedikit dan waktu relative singkat.

Bibit tanaman hasil kultur jaringanakan ditumbuhkan pada media buatan steril yang dilakukan di laboratorium. Prinsip dasar kultur jaringan adalah memperbanyak tanaman menggunakan bagian vegetatif tanaman (akar, batang, daun) pada media buatan yang dilakukan secara steril dan terkontrol (Basri, 2016).



Gambar 10. 13 Perbanyakan kultur Jaringan di Laboratorium

Sumber : google.com

3. Perbandingan Perbanyakan Generatif dan Vegetatif

ASPEK	GENERATIF	VEGETATIF
1. Peralatan	Persiapan alat relative tidak ada/ sangat sedikit. Cukup siapkan alat untuk memelihara tanaman induk	Peralatan lebih spesifik dan banyak tergantung metode perbanyakan vegetative
2. Persiapan bahan	Persiapan bahan tanam hanya berupa tanaman induk	Persiapan bahan utama lebih banyak, seperti batang bawah (<i>rootstock</i>) dan batang entress (<i>entress</i>)
3. Biaya	Biaya relative murah	Biaya relative mahal karena butuh peralatan khusus
4. Cara perbanyakan	Teknik pelaksanaannya mudah	Teknik pelaksanaan lebih spesifik dan butuh keahlian (<i>skill</i>) khusus
5. Tingkat keberhasilan	Tingkat keberhasilan tinggi (bisa mencapai 100%). Biasa dilakukan untuk tanaman berbuah dan berbiji yang sulit diperbanyak secara vegetatif	Tingkat keberhasilan relative susah
6. Sistem perakaran	Perakaran intensif dan kuat, sering dijadikan batang bawah untuk perbanyakan vegetatif	Sistem perakaran terbatas/ kurang intensif sehingga mudah tumbang

7. sifat keturunan	Menghasilkan populasi seragam dengan induknya, dari segi ukuran dan genetik	Tidak selalu menghasilkan populasi tanaman yang seragam
--------------------	---	---

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, A.H.H. (2016) 'Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyak Tanaman Bebas Virus', *Agrica Ekstensi*, 10(1), pp. 64–73.
- Copeland, L. and McDonald, M.B. (2001) 'Principles of Seed Science and Technology', in *Kluwer Academic Publisher*.
- Kamil, J. (1979) 'Teknologi Benih', in *Angkasa Raya*. Padang: Angkasa Raya.
- Limbongan, J. dan L.Y. (2015) *Memperbanyak Tanaman secara vegetatif (Grafting dan Okulasi)*, UKI Toraja Press. Available at: http://sciotea.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-gene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.
- Nurwiati, W. and Budiman, C. (2023) 'Uji Cepat Vigor Benih Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) dengan Metode Radicle Emergence', *Buletin Agrohorti*, 11(2), pp. 260–265. Available at: <https://doi.org/10.29244/agrob.v11i2.47140>.
- Rahman, F.A. (2023) *Okulasi Pembiakan Vegetatif Tanaman*.
- Santoso, B.B. (2019) 'Buku Pembiakan Vegetatif dalam Hortikultura', in, pp. 1689–1699.
- Setiawan, R. et al. (2021) *Teknologi Produksi Benih, Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Available at: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.
- Wahyuni, A. et al. (2021) 'Teknologi dan Produksi Benih', in *Yayasan Kita Menulis*. Medan.

BAB 11

TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN

Oleh: Prof. Dr. Ir. Sulandjari, M.S

A. Pendahuluan

Budidaya tanaman adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menumbuhkan dan mengelola tanaman secara sistematis, mulai dari persiapan lahan, pemilihan bibit, penanaman, hingga pemeliharaan dan panen, guna memperoleh hasil yang maksimal. Tujuan utama budidaya tanaman adalah memenuhi kebutuhan manusia akan pangan, bahan baku industri, serta berbagai produk turunan yang berasal dari hasil pertanian. Kegiatan ini mencakup beragam jenis tanaman, baik tanaman pangan, hortikultura, hingga tanaman perkebunan, yang masing-masing memiliki teknik dan metode budidaya yang berbeda. Namun, dalam perjalanannya, budidaya tanaman menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, degradasi lahan, serangan hama dan penyakit, serta keterbatasan sumber daya air. Tantangan-tantangan ini mendorong perkembangan teknologi baru yang memungkinkan produksi tanaman menjadi lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Teknologi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari teknik pembenihan, pengelolaan tanah dan air, pemupukan, hingga pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, teknologi modern seperti hidroponik, akuaponik, serta penggunaan sensor, drone, dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) juga telah diterapkan untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dalam budidaya tanaman.

Budidaya tanaman memegang peranan yang sangat penting dalam sistem pertanian karena merupakan fondasi utama dalam penyediaan pangan dan bahan baku bagi industri. Tanaman pangan seperti padi, jagung, dan gandum menjadi sumber makanan pokok bagi sebagian besar populasi dunia. Sementara itu, tanaman hortikultura, seperti sayuran dan buah-buahan, menyuplai kebutuhan nutrisi penting bagi masyarakat. Di samping itu, tanaman perkebunan

seperti kopi, teh, kelapa sawit, dan karet berkontribusi besar pada perekonomian global karena menjadi komoditas utama di berbagai negara. Pertumbuhan sektor pertanian memberikan lapangan kerja bagi jutaan orang dan mendukung perkembangan industri lain yang terkait, seperti industri pupuk, pestisida, peralatan pertanian, dan pengolahan hasil panen. Selain itu, hasil dari budidaya tanaman yang diekspor dapat menjadi sumber pendapatan negara yang signifikan.

Budidaya tanaman yang maju dan berkelanjutan menjadi faktor kunci dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Dengan populasi dunia yang terus bertambah dan lahan pertanian yang semakin terbatas, teknologi dalam budidaya tanaman sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi agar kebutuhan pangan dapat terpenuhi secara berkelanjutan. Saat perubahan iklim dan kerusakan lingkungan menjadi isu global yang serius, teknologi budidaya tanaman juga harus memperhatikan aspek keberlanjutan. Praktik budidaya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin diperlukan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif dari aktivitas pertanian. Oleh karena itu, konsep pertanian berkelanjutan dan teknologi ramah lingkungan telah menjadi elemen penting dalam budidaya tanaman modern (Dorina,2013).

Bab ini memberikan acuan singkat mengenai teknologi budidaya tanaman, mulai dari dasar-dasar ilmu tanaman, teknik budidaya dan studi kasus budidaya di lahan marginal dengan harapan bermanfaat dalam budidaya suatu komoditi tanaman.

B. Dasar Ilmu Tanaman

Pengetahuan tentang dasar-dasar ilmu tanaman sangat penting dalam teknik budidaya tanaman karena menjadi landasan dalam memahami cara tanaman tumbuh, berkembang, dan berinteraksi dengan lingkungan. Setiap tanaman memiliki kebutuhan spesifik, seperti cahaya, air, nutrisi, suhu, dan pH tanah. Pengetahuan tentang fisiologi tanaman membantu mengidentifikasi kebutuhan tanaman untuk fotosintesis, respirasi, dan transportasi, sedangkan syarat tumbuh tanaman memungkinkan petani menyesuaikan lingkungan (misalnya,

menyediakan irigasi, pupuk, atau naungan). Dengan demikian, pertumbuhan optimal dapat dicapai (Sauvik,2024).

Dasar-dasar ilmu tanaman membantu mengidentifikasi tahapan siklus hidup tanaman, sehingga teknik budidaya dapat disesuaikan. Memberikan nutrisi pada saat tanaman memasuki tahap pertumbuhan vegetatif ataupun generatif. Mengatur waktu tanam sesuai dengan musim yang cocok untuk pembungaan dan pembuahan. Pemahaman ini dapat memastikan hasil panen yang maksimal. Tanaman sering menghadapi berbagai masalah, seperti: kekurangan nutrisi (klorosis, nekrosis), gangguan lingkungan (layu karena kekurangan air, kerusakan akibat suhu ekstrem), penyakit atau serangan hama. Dengan memahami anatomi dan fisiologi tanaman, petani dapat mendiagnosis penyebab masalah dengan cepat dan memberikan solusi tepat, seperti pengendalian hama, pemupukan, atau perbaikan teknik irigasi.

Pengetahuan dasar ilmu tanaman membantu dalam memilih varietas tanaman yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan melakukan pemuliaan tanaman untuk meningkatkan produktivitas, daya tahan terhadap hama, atau adaptasi terhadap lingkungan. Budidaya tanaman yang didasarkan pada ilmu pengetahuan membantu mengurangi penggunaan bahan kimia yang berlebihan, meningkatkan efisiensi sumber daya, seperti air dan pupuk selain itu akan menjaga kesuburan tanah untuk keberlanjutan (Caterina et al. 2012)

Beberapa cara dasar ilmu tanaman membantu meningkatkan efisiensi dalam sistem budidaya modern yang bertujuan untuk menghasilkan produk maksimal dengan meminimalkan penggunaan sumber daya seperti air, tanah, energi, dan pupuk antara lain dengan pengelolaan sumber daya yang cerdas. Irigasi efisien dan pemupukan yang tepat, penggunaan bibit unggul dan pola tanam yang terintegrasi merupakan usaha dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

C. Teknik Budidaya Tanaman

1. Pemilihan lokasi dan persiapan lahan

a. Pemilihan lokasi

Pemilihan lokasi berdasarkan syarat geografis mencakup analisis ketinggian, topografi, intensitas matahari, iklim, jenis tanah, dan ketersediaan air. Syarat tersebut menunjukkan bagaimana tanaman yang berbeda memerlukan kondisi geografis tertentu untuk tumbuh optimal. Dengan memahami syarat geografis ini, petani dapat memaksimalkan produktivitas lahan dan mengurangi risiko kegagalan panen (Sharma, 2004).

Topografi memengaruhi drainase air, resiko erosi, dan paparan sinar matahari. Sebagai contoh, lahan datar, cocok untuk persawahan, air irigasi dapat dengan mudah menggenang di lahan datar. Lahan miring/perbukitan cocok untuk teh, kopi dan kakao, karena drainase air yang baik di lahan miring mencegah tanaman mengalami pembusukan akar akibat kelebihan air. Lahan curam cocok bagi sistem *terracing* (terasering) untuk tanaman umbi-umbian atau hortikultura. Terasering mencegah erosi tanah dan memungkinkan air terserap lebih baik.

b. Persiapan lahan

Kesesuaian lahan adalah langkah utama dalam proses budidaya tanaman. Lahan harus dipilih sesuai dengan kebutuhan tanaman. Lahan yang dipilih harus memiliki tanah yang subur dan memiliki air serta cahaya yang baik. Beberapa komoditi tanaman mempunyai syarat tumbuh tertentu tergantung pada jenis tanamannya. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan adalah ketinggian tempat, iklim, analisis tanah dan air (jenis tanah dan ketersediaan air

Persiapan lahan bertujuan menciptakan kondisi ideal bagi tanaman untuk tumbuh. Pengolahan tanah dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi, dan membuang gulma atau sisa-sisa tanaman sebelumnya. Pengolahan tanah dapat memakai peralatan tradisional ataupun

mekanisasi bertujuan mencampur bahan organik dengan tanah dan mempersiapkan media tanam yang optimal. Sedangkan pengolahan tanah konversasi TOT (tanpa olah tanah) dengan tujuan menghemat waktu, tenaga kerja dan biaya. Namun sistem ini memerlukan herbisida baik organik maupun anorganik untuk pengendalian gulma (Triplett and Warren, 2008.)

c. Analisis Tanah dan Air

Pengetahuan tentang struktur dan tekstur tanah, penting untuk menentukan komoditi tanaman yang akan dibudidayakan. Tanah lempung berpasir sering ideal karena mampu mengalirkan air dengan baik sekaligus menahan kelembapan tanah.

Sebagian besar tanaman memerlukan pH netral (6,0-7,5). Tanah asam dapat diperbaiki dengan kapur, sedangkan tanah basa dapat dinetralkan dengan belerang. Kandungan bahan organik sebagai indikator kesuburan tanah dan kandungan unsur hara. Kualitas dan ketersediaan air memastikan waktu dan jenis tanaman (Nobili, 2013)

2. Pemilihan bibit

Pemilihan bibit adalah langkah awal yang sangat penting karena menentukan potensi hasil panen. Bibit yang baik memastikan tanaman tumbuh sehat, tahan penyakit, dan menghasilkan produk berkualitas tinggi (Kondratenko, 2017).

a. Kriteria Bibit yang Baik

- 1) Viabilitas Tinggi
Bibit mampu berkecambah dengan cepat dan seragam.
- 2) Bebas dari Penyakit dan Hama
Bibit tidak terkontaminasi patogen yang dapat menghambat pertumbuhan.
- 3) Adaptasi Lingkungan
Bibit harus sesuai dengan kondisi iklim, tanah, dan ketinggian lokasi budidaya.

- 4) Sumber Terpercaya
Bibit berasal dari penjual atau penyedia yang memiliki reputasi baik.

b. Bibit Unggul

Bibit unggul adalah bibit yang telah melalui seleksi atau rekayasa genetik untuk memiliki keunggulan tertentu antara lain

- 1) Produktivitas Tinggi
- 2) Memiliki ketahanan terhadap penyakit
- 3) Memiliki ketahanan terhadap stres lingkungan
- 4) Kualitas hasil panen tinggi

c. Teknik Pemilihan dan Persiapan Bibit

- 1) Pilih benih bersertifikat untuk menjamin kualitas dan keaslian varietas.
- 2) Uji Kecambah dengan merendam benih dalam air untuk melihat daya kecambahnya; benih yang tenggelam umumnya lebih baik.
- 3) Jika menggunakan bibit vegetatif seperti stek atau cangkok, pastikan bahan tanam bebas hama dan penyakit.
- 4) Jika menggunakan bibit vegetatif seperti stek atau cangkok, pastikan bahan tanam bebas hama dan penyakit.

3. Tanam dan Jarak Tanam

Dalam proses penanaman, banyak faktor yang perlu diperhatikan, namun yang paling penting adalah waktu dan jarak tanam. Di daerah tropis menjadikan faktor yang menentukan waktu tanam bukanlah suhu luar, namun ketersediaan air. Pada musim hujan; air berlebihan; dan tanah-tanah sawah tidak banyak tanaman yang baik ditanam kecuali padi. Musim hujan yang terjadi pada tanah kering akan meningkatkan suplai air dalam tanah, tetapi cuaca lembap dan intensitas matahari sedikit sehingga banyak serangan penyakit. Pada musim kemarau, ancaman serangan hama lebih meningkat, di samping terlalu sedikitnya suplai air, kemarau juga bahkan menyebabkan kekeringan berkepanjangan sehingga menyebabkan tanaman gagal total. Sehingga dalam penentuan waktu penanaman, perlu memperhatikan syarat dan karakteristik yang ideal bagi masing

masing tanaman yang akan dibudidayakan. Karena tanaman memiliki kebutuhan yang berbeda beda, apabila pemilihan waktu tanam sudah tepat, hal yang perlu diperhatikan adalah jarak tanam. Jarak tanam mempengaruhi populasi tanaman dan keefisiensi penggunaan cahaya, air dan unsur hara sehingga akan berpengaruh pada produksi yang dihasilkan.

Pengaturan jarak tanam terbagi menjadi beberapa macam yaitu: baris tunggal (single row), baris rangkap (double row), bujur sangkar (on the square), sama segala penjuru (equidistant) atau hexagonal, jajar legowo pada tanaman padi dan sebagainya. Tajuk tanaman, perakaran serta kondisi tanah menentukan jarak tanam antar tanaman. Apabila tajuk dan persebaran akar tanaman luas dan besar, maka jarak tanam juga harus lebih lebar agar tidak terjadi kompetisi kebutuhan hidup dan dapat tumbuh dengan optimal. Apabila tajuk tanaman kecil, maka tidak perlu jarak tanam yang jauh. Jika dilihat dari tingkat kesuburan, tingkat kesuburan tanah yang tinggi memerlukan jarak tanam yang lebih lebar dibanding tanah yang kekurangan unsur hara, hal itu karena tanaman akan tumbuh secara optimal karena kandungan hara dalam tanah lebih banyak. Arah barisan dapat digunakan untuk menentukan cahaya secara efisien. Tanaman yang ditanam dengan arah barisan Timur-Barat menggunakan cahaya lebih efisien daripada dengan arah barisan Utara-Selatan. Dalam banyak keadaan, penggunaan arah barisan ditentukan oleh arah lereng atau teras teras. Di lereng yang tidak berteras, arah barisan sering sejajar lereng atau tegak lurus teras. Dengan lereng yang landai tidak berteras dianjurkan bertanam menurut sistem kontur, barisan-barisan tidak perlu lurus, dapat berkelok kelok sesuai keadaan bukit (Nazrul et al, 2013).

D. Pemeliharaan Tanaman

1. Pemupukan dan Nutrisi Tanaman

a. Jenis Pupuk dan teknik pemupukan yang efektif

Pupuk adalah sumber nutrisi tambahan bagi tanaman yang diberikan untuk memastikan tanaman mendapatkan unsur hara

yang cukup. Pupuk dapat dibedakan berdasarkan sumbernya dan bentuknya:

- 1) Pupuk organik
Berasal dari bahan-bahan alami seperti kompos, pupuk kandang, pupuk hijau, dan pupuk hayati. Pupuk organik berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah.
- 2) Pupuk anorganik (kimia)
Diproduksi secara industri dan mengandung nutrisi tertentu dalam konsentrasi tinggi. Contohnya adalah urea (kaya nitrogen), TSP (fosfor), dan KCl (kalium). Pupuk kimia memberikan nutrisi dengan cepat dan efektif.
- 3) Pupuk cair dan padat
Pupuk cair dapat langsung diserap oleh tanaman melalui daun atau akar dan cocok untuk pemberian cepat. Pupuk padat umumnya ditebarkan di permukaan tanah atau diaduk ke dalam tanah.

b. Teknik pemupukan

Pemupukan yang baik akan memastikan nutrisi diserap dengan efisien dan mengurangi risiko kehilangan unsur hara. Teknik-teknik pemupukan yang umum digunakan dalam budidaya tanaman:

- 1) Pemupukan dasar
Pemupukan yang dilakukan sebelum atau pada saat tanam. Pupuk dasar umumnya berupa pupuk organik atau pupuk yang kaya fosfor dan kalium untuk mendorong pertumbuhan awal akar.
- 2) Pemupukan susulan
Dilakukan setelah tanaman tumbuh untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif. Pemupukan susulan biasanya berisi nitrogen untuk mendukung pertumbuhan daun dan batang.
- 3) Pemupukan daun (*Foliar Fertilization*)
Pemberian pupuk dalam bentuk larutan yang disemprotkan

ke daun. Teknik ini efektif untuk memberikan nutrisi mikro atau ketika tanaman mengalami defisiensi nutrisi.

- 4) Pemupukan akar
Mengaplikasikan pupuk langsung ke tanah di sekitar akar tanaman untuk memastikan nutrisi mudah diserap oleh akar.
 - 5) Teknik fertigasi
Penggabungan pemupukan dengan irigasi, di mana larutan pupuk dialirkan melalui sistem irigasi tetes. Teknik ini efisien dalam penggunaan air dan pupuk, serta mengurangi risiko pemborosan nutrisi.
- c. Waktu dan frekuensi pemupukan tergantung pada jenis tanaman, tahap pertumbuhan, dan kebutuhan nutrisi spesifiknya.
- 1) Pemupukan Awal
Diberikan saat penanaman atau sesaat setelah bibit dipindahkan untuk mendukung pembentukan akar.
 - 2) Pemupukan Pertumbuhan
Dilakukan pada fase vegetatif untuk mendukung pertumbuhan daun, batang, dan cabang.
 - 3) Pemupukan Pembungan dan Pemuahan
Biasanya mengandung fosfor dan kalium yang membantu proses pembungan dan pemuahan.

Frekuensi pemupukan juga bergantung pada karakteristik tanah. Tanah dengan daya ikat nutrisi yang rendah mungkin membutuhkan pemupukan lebih sering, sementara tanah dengan daya ikat tinggi bisa diberikan pupuk dalam jumlah lebih besar tetapi lebih jarang.

d. Pengelolaan dan Penyeimbangan Nutrisi Tanaman

Pengelolaan nutrisi bertujuan untuk menjaga keseimbangan unsur hara dalam tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Langkah-langkah yang dapat diambil:

- 1) Analisis tanah
Melakukan analisis tanah secara rutin untuk mengetahui

kandungan hara dan menyesuaikan dosis pupuk yang akan diberikan.

- 2) Rotasi Pupuk
Mengatur penggunaan pupuk organik dan anorganik agar tanah tetap subur dan tidak tergantung pada pupuk kimia.
- 3) Penambahan Bahan Organik
Penggunaan kompos atau pupuk hijau membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan nutrisi.
- 4) Penggunaan Pupuk Hayati
Pupuk hayati mengandung mikroorganisme yang dapat membantu menguraikan bahan organik dan memfasilitasi penyerapan hara oleh tanaman, seperti *Rhizobium* untuk membantu penyerapan nitrogen.

Kelebihan atau kekurangan nutrisi tertentu dapat memengaruhi kesehatan tanaman. Beberapa tanda-tanda umum. Defisiensi nitrogen, daun menguning, terutama pada daun tua. Defisiensi fosfor, daun bawah berwarna keunguan, tanaman tumbuh kerdil. Defisiensi kalium, tepi daun menguning atau terbakar, terutama pada daun tua. Toksisitas nitrogen, daun terlihat sangat hijau tua dan tanaman tumbuh terlalu cepat, yang membuat tanaman rentan terhadap penyakit. Mengatasi defisiensi atau toksisitas nutrisi memerlukan pengaturan dosis pupuk yang sesuai dan memilih pupuk dengan kandungan hara yang tepat.

Pemupukan yang berkelanjutan adalah pemupukan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan tanaman saat ini tetapi juga menjaga kesuburan tanah untuk masa depan. Pengurangan pupuk kimia berlebih, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dengan meningkatkan penggunaan pupuk organik. Pertanian Organik, menggunakan pupuk alami dan menghindari penggunaan bahan kimia untuk menjaga kualitas tanah dan kesehatan lingkungan. Pemanfaatan Limbah Organik, penggunaan limbah pertanian sebagai bahan baku pupuk organik, seperti jerami, dedaunan, dan kompos, untuk menjaga sirkulasi nutrisi di lahan (Menzel, 2005).

E. Teknologi Pengendalian Hama, Penyakit dan Gulma

1. Pengendalian hama dan penyakit

Hama didefinisikan sebagai organisme yang tidak asing lagi pada budidaya tanaman karena dapat menyerang tanaman secara langsung maupun tidak langsung sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut. Gangguan atau serangan hama dapat terjadi kapan dan dimana saja mulai dari masih benih, pembibitan, pemanenan, hingga di gudang penyimpanan. Beberapa hama yang mengganggu tanaman contohnya wereng, tikus, lalat buah, dan kutu. Selain hama tanaman, penyakit juga sering dijumpai saat proses budidaya. Tanaman yang terserang penyakit dapat mengakibatkan penurunan kualitas tanaman sebab daya tahan tubuh tanaman dipengaruhi. Pada dasarnya, penyakit tanaman disebabkan oleh virus, bakteri dan jamur. Pengendalian hama dan penyakit menjadi lebih efektif dengan menggunakan inovasi teknologi yang ramah lingkungan dan minim penggunaan bahan kimia. Pestisida biologis dan mikroba pemangsa, menggunakan mikroorganisme atau bahan alami sebagai pengendali hama. Misalnya, jamur entomopatogen atau bakteri pemangsa hama yang disemprotkan ke tanaman. Feromon dan jaring Insektisida untuk mengendalikan hama spesifik tanpa merusak tanaman lain. Jaring insektisida juga dapat digunakan sebagai penghalang fisik terhadap hama.

Pengendalian hama, penyakit, terpadu adalah strategi yang menggunakan kombinasi teknik untuk mengelola organisme pengganggu tanaman dengan menekan populasi mereka hingga tingkat yang tidak merugikan secara ekonomi. Suatu pendekatan holistik yang bertujuan untuk mengelola populasi hama, penyakit, dalam suatu ekosistem pertanian dengan cara yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan ekonomis. Pendekatan ini menggabungkan berbagai metode pengendalian yang saling melengkapi.

Tujuan utama:

- a. Meminimalkan kerusakan tanaman.
- b. Meningkatkan hasil panen.

- c. Mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, manusia, dan makhluk hidup lain.
- d. Mencegah resistensi hama, penyakit, terhadap metode pengendalian tertentu.

Pengendalian terpadu mengacu pada beberapa prinsip utama, antara lain:

- a. Pemantauan (*Monitoring*)
Mengamati populasi hama, penyakit, dan gulma secara berkala untuk mengetahui tingkat infestasi.
- b. Ambang Ekonomi
Mengambil tindakan pengendalian hanya jika populasi organisme pengganggu mencapai tingkat yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi.
- c. Pengendalian Multimetode
Mengombinasikan metode pengendalian yang berbeda untuk efektivitas yang lebih tinggi dan dampak lingkungan yang lebih kecil.

2. Pengendalian Gulma

Gulma merupakan tumbuhan yang merugikan manusia. Apapun jenis tumbuhannya, apabila keberadaannya tidak dikehendaki karena merugikan manusia, maka tumbuhan tersebut dapat dikelompokkan sebagai gulma. Gulma dapat menyebabkan penurunan hasil pada budidaya pertanian karena menjadi penyebab terjadinya kompetisi antara tanaman-gulma dalam memperebutkan unsur hara, cahaya, dan udara. Oleh karena itu, keberadaan gulma harus dikendalikan (Gurpreet S. and S.Menon,2024). Dalam praktik budidaya tanaman, pengkombinasian berbagai metode pengendalian lazim dilakukan antara lain:

- a. Prefentif
Pengendalian preventif/pencegahan dilakukan sebagai langkah pencegahan penyebaran gulma sebelum tumbuh di lahan budidaya, melalui beberapa cara antara lain membentuk lembaga karantina tumbuhan dan sertifikasi benih. Menyeleksi biji gulma pada benih yang akan ditanam. Menghindari penggunaan pupuk

kandang yang belum matang, karena dikhawatirkan masih banyaknya biji-biji gulma yang terbawa bersama pakan ternak. Membersihkan gulma pada pinggir saluran irigasi untuk menghindari penyebaran biji gulma yang telah masak.

- b. Secara Mekanis
Dengan mencabut atau mencangkul gulma secara langsung
- c. Secara Kimia
Menggunakan herbisida dengan dosis dan cara yang tepat agar tidak merusak lingkungan.
- d. Pengendalian secara kultur teknik
Pengendalian gulma secara kultur teknik dengan menerapkan upaya-upaya untuk memanipulasi lingkungan atau ekologi yang dapat menekan pertumbuhan gulma. Upaya-upaya manipulasi ekologi tersebut antara lain menanam varietas tanaman yang memiliki daya saing tinggi, misalnya pertumbuhan cepat, pembentukan anakan cepat dan banyak, dan kanopi cepat menutup permukaan lahan. Rotasi tanaman untuk mencegah dominasi gulma tertentu disuatu areal. Pengaturan jarak tanam yang optimum untuk tanaman. Penggenangan lahan pada budidaya padi sawah

F. Panen dan Pasca Panen

1. Panen

Panen adalah tindakan mengeluarkan tanaman dari tempat tumbuhnya dan memindahkannya ke lokasi yang lebih aman untuk diproses, dikonsumsi, atau disimpan. Beberapa tanaman umbi-umbian dan buah pohon dapat dibiarkan di ladang atau kebun dan dipanen sesuai kebutuhan, tetapi sebagian besar tanaman mencapai periode kualitas maksimum, yaitu matang atau matang dan akan rusak jika dibiarkan terkena unsur-unsur alam. Sementara faktor utama yang menentukan waktu panen adalah kematangan tanaman, faktor-faktor lain seperti cuaca, ketersediaan peralatan panen, pemetik, fasilitas pengemasan dan penyimpanan, dan transportasi merupakan pertimbangan penting. Memanen tanaman pada tahap kematangan

yang tepat meminimalkan kerugian di ladang, dengan demikian, meningkatkan total hasil panen. Akibatnya, untuk mendapatkan manfaat maksimal dari tanaman, panen harus dilakukan pada waktu yang tepat.

Tahapan panen harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan hasil maksimal tanpa merusak kualitas produk. Faktor penting dalam kegiatan panen antara lain, menentukan saat panen supaya hasil memiliki kualitas terbaik. Misalnya, tanaman padi dipanen ketika bulir sudah matang penuh, sementara sayuran daun sebaiknya dipanen sebelum terlalu tua. Cara Panen, menggunakan alat atau teknik yang tepat (misalnya, gunting panen, sabit, atau tangan) agar hasil tidak rusak. Faktor Lingkungan, panen sebaiknya dilakukan pada pagi hari atau cuaca cerah untuk mengurangi risiko kerusakan akibat suhu tinggi atau kelembapan (Hussin,2021)

2. Pasca panen

Pasca panen adalah aktivitas untuk menaikkan kualitas hasil pertanian, untuk itu bermacam perlakuan diberikan pada komoditas pertanian setelah panen hingga komoditas sampai di tangan konsumen. Pasca panen meliputi semua kegiatan setelah panen, mulai dari penanganan hasil hingga siap dikonsumsi atau dipasarkan. Penanganan pasca panen bertujuan untuk menjaga kualitas, mengurangi kerusakan, dan memperpanjang umur simpan. Tahapan dalam Pasca Panen antara lain, pembersihan, penyortiran dan grading, penyimpanan dan pengemasan

G. Teknik Budidaya Tanaman pada Tanah Marginal

Budidaya tanaman pada tanah marginal membutuhkan pendekatan khusus karena tanah ini sering kali memiliki keterbatasan seperti tingkat kesuburan rendah, keasaman atau alkalinitas tinggi, drainase buruk, atau kandungan garam yang tinggi (Suwardi, 2019 dan Werner et al. 2018). Beberapa teknik budidaya yang dapat diterapkan antara lain :

1. Pemilihan Jenis Tanaman

Pilih tanaman yang adaptif terhadap kondisi tanah marginal, seperti:

- a. Tanah masam untuk kelapa sawit, padi gogo, singkong, jagung.
- b. Tanah salin untuk tanaman mangrove, padi toleran salinitas, tanaman halofit.
- c. Tanah berpasir untuk melon, semangka, kacang tanah, kelapa.
- d. Tanah berkapur untuk sorgum, jambu mete, kedelai.

2. Perbaiki Tanah

- a. Penambahan bahan organik menggunakan pupuk kandang, kompos, atau biochar untuk meningkatkan kesuburan dan struktur tanah.
- b. Pengapuran, untuk tanah masam, dengan menambahkan kapur pertanian (dolomit atau kalsit) guna meningkatkan pH tanah.
- c. Penggunaan gypsum, untuk tanah salin atau sodik, gypsum dapat membantu mengurangi kadar natrium di tanah.
- d. Penggunaan pupuk hijau dengan tanaman seperti kacang-kacangan dapat meningkatkan kandungan nitrogen tanah.

3. Irigasi dan Drainase

- a. Irigasi terkontrol
Penting untuk tanah dengan kandungan garam tinggi agar garam dapat terlarut dan tidak menumpuk di permukaan tanah.
- b. Pembuatan saluran drainase
Berguna untuk tanah yang cenderung tergenang atau memiliki kandungan air tinggi.

4. Pengelolaan Tanaman

- a. Penggunaan varietas unggul
Pilih bibit yang tahan terhadap kondisi marginal.
- b. Rotasi tanaman
Mencegah kelelahan tanah dan membantu memperbaiki kesuburan.
- c. Penanaman berjenjang
Pada tanah berbukit, terasering dapat mencegah erosi.

5. Teknologi Pendukung

- a. Mikroorganisme tanah
Aplikasi mikroba seperti mikoriza atau bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi.
- b. Teknik konservasi tanah dan air
Mulsa, windbreaks, atau agroforestri dapat membantu menjaga kelembapan dan struktur tanah.

6. Pemantauan dan Evaluasi

- a. Analisis tanah secara berkala untuk memantau perubahan kondisi tanah setelah diterapkan perlakuan.
- b. Perbaikan berkelanjutan sesuai hasil evaluasi dan kebutuhan tanaman.

Dengan penerapan teknik-teknik tersebut, produktivitas tanaman di tanah marginal dapat meningkat, sehingga mendukung keberlanjutan usaha pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Caterina B., E. Santilli ,Ilaria G. (2012). Cultivation Techniques. <https://www.researchgate.net/publication/235734378>.
- Dorina Podar ,2013. Plant Growth and Cultivation. Methods in molecular biology (Clifton, N.J.).10.1007/978-1-62703-152-3_2 · Source: PubMed.
- Gurpreet S. and S.Menon, (2024) Integrated Weed Management: A Comprehensive Review of Conventional, Non-Conventional, and Emerging Strategies for Sustainable Agriculture Journal of Advances in Biology &Biotechnology. July. DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i81130.
- Hussin, (2021). Harvesting and Post-Harvest under OrganicnFarming <https://www.researchgate.net/publication/349695064>
- Kondratenko Serhii. (2017). Efficient methods of selection and growing seeds of vegetable and vine crops. <https://www.researchgate.net/publication/329361929>. DOI: 10.31073/agrovisnyk201703-06.
- Menzel. C.M. (2005). Plant nutrition and fertilizing <https://www.researchgate.net/publication/287718075>.
- Nobili M. D. (2013). Soil Conditions and Plant Growth. <https://www.researchgate.net/publication/260025089>. DOI: 10.1002/9781118337295.
- Nazrui I,I Hossain,Sarkar. (2013). Effect of Planting Time and Spacing on Growth and Yield of Cabbage <https://www.researchgate.net/publication/278572906>.
- Souvik Barman, (2024). Physiological aspects of plant growth and crop improvements. <https://www.researchgate.net/publication/384735912>.
- Sharma S. (2004). Selection of site for horticultural crops, planning, importance, component and establishment. <https://www.researchgate.net/publication/385084923>.
- Suwardi, (2019). Utilization and Improvement of Marginal Soils for Agricultural Development in Indonesia. IOP Conf. Series: Earth

- and Environmental Science 383 (2019)012047
doi:10.1088/1755-1315/383/1/012047
- Triplett G. B. and A D. Warren. (2008). No-Tillage Crop Production: A Revolution in Agriculture. Agronomy Journal · May. DOI: 10.2134/agronj2007.0005c.
- Werner G., F. Repmann, S. Galatsidas, D. Vlachaki, N. Gounaris, W. Baumgarten, C. Volkmann, D. Keramitzis, F. Kiourtsis, and D. Freese. (2018). Assessment and quantification of marginal lands for biomass production in Europe using soil-quality indicators. SOIL, 4, 267–290.

BAB 12

POLA DIVERSIFIKASI TANAMAN

Oleh: Novi Yulanda Sari, M.Sc

Pertanian merupakan salah satu sektor penting dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Kegiatan pertanian tidak terlepas dari pengaruh berbagai faktor, seperti faktor perubahan iklim global, penurunan kualitas tanah, tingginya alih fungsi lahan ke sektor lain dan berkurangnya laju pembentukan lahan pertanian baru, serta keberlanjutan sumber daya alam dan sumber daya manusia. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu suatu pendekatan demi keberlanjutan pertanian melalui pola diversifikasi tanaman.

A. Pengertian Diversifikasi Tanaman

Diversifikasi tanaman merupakan praktik usaha pertanian yang dilakukan dengan menanam berbagai jenis tanaman pada suatu lahan pertanian atau dalam satu sistem pertanian dalam waktu tertentu sehingga tidak hanya menghasilkan satu jenis tanaman namun juga meningkatkan hasil pertanian. Diversifikasi tanaman juga dapat didefinisikan sebagai penganekaragaman jenis tanaman ke dalam sistem pertanaman yang ada melalui penggantian komoditas bernilai rendah dengan komoditas bernilai tinggi (biasanya buah dan sayuran untuk pasar ekspor), integrasi tanaman dan ternak (pertanian campuran), integrasi tanaman dan pohon (*agroforestry*) atau memproduksi tanaman komersial seperti kopi dan mete. Diversifikasi tanaman merupakan praktik pertanian yang paling layak secara ekologis, biaya lebih rendah dan meminimalisir resiko ketidakpastian terutama pada petani kecil (Pratiwi, 2021).

Prinsip sederhana diversifikasi tanaman adalah meningkatnya produktivitas, keberlanjutan usaha pertanian, dan ketahanan sistem pertanian melalui penanaman berbagai jenis tanaman dalam satu area tertentu yang produktif dan ramah lingkungan.

Diversifikasi pertanian memiliki beberapa prinsip utama, diantaranya yaitu:

1. Keanekaragaman jenis tanaman dalam satu areal pertanian, mencakup beberapa aspek, seperti keragaman spesies tanaman, keragaman varietas dalam spesies tanaman, dan keragaman genetik dalam spesies tanaman. Hal ini dapat membantu mengurangi risiko kerugian panen akibat serangan hama dan penyakit, atau kegagalan panen pada satu jenis tanaman tertentu akibat kondisi cuaca ekstrem.
2. Pemanfaatan sumber daya secara optimal atau efisien, seperti pemanfaatan sumber daya tanah dan air menjadi lebih efisien. Beberapa tanaman dapat saling mendukung, seperti tanaman yang memerlukan naungan tumbuh bersama tanaman yang menghasilkan bayangan, atau tanaman penambat nitrogen membantu memperkaya unsur nitrogen tanah untuk tanaman lainnya.
3. Peningkatan kesuburan tanah dan produktifitas lahan, dapat dilakukan melalui pengkombinasian tanaman tertentu dengan tanaman leguminosa yang mampu memperbaiki nitrogen tanah sehingga dapat membantu mempertahankan atau meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, menanam beberapa jenis tanaman yang memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda secara bersamaan juga dapat membantu memaksimalkan penggunaan sumber daya alam seperti air, tanah dan cahaya matahari.
4. Pola tanam yang beragam, dapat membantu mengurangi resiko serangan hama dan penyakit serta meningkatkan keseimbangan ekosistem lahan. Pola tanam yang digunakan dapat berupa pola tumpangsari, rotasi tanaman, atau agroforestry. Diversifikasi juga dapat mengurangi ketergantungan pada tanaman tunggal (monokultur), sehingga fleksibilitas ekonomi dan ekosistem tetap terjaga karena petani memiliki lebih dari satu sumber pendapatan.
5. Adaptasi terhadap perubahan iklim, pola diversifikasi tanaman lebih tahan terhadap perubahan iklim dibandingkan monokultur,

- karena keragamannya meningkatkan kemampuan ekosistem pertanian untuk menghadapi stres lingkungan.
6. Ketahanan ekonomi petani, melalui menciptakan beberapa sumber pendapatan bagi petani melalui penganekaragaman jenis tanaman sehingga dapat mengurangi risiko kerugian finansial jika satu jenis tanaman gagal panen.
 7. Pengendalian hama dan penyakit secara alami karena tidak ada satu tanaman yang mendominasi dan menjadi tempat berkembang biak hama dan penyakit.
 8. Pelestarian keanekaragaman hayati di lingkungan pertanian. Diversifikasi tanaman dapat membantu menyeimbangkan ekosistem dan menjaga keanekaragaman hayati termasuk mikroorganisme tanah, serangga penyerbuk, burung serta musuh alami hama.
 9. Mendukung ketahanan pangan lokal, diversifikasi tanaman dapat membantu pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat yang lebih beragam dan sehat.

B. Tantangan Pengembangan Pola Diversifikasi Tanaman

Diversifikasi tanaman merupakan solusi dari sistem pertanian yang telah dikembangkan sebelumnya baik sistem konvensional maupun program pertanian revolusi hijau yang berdampak pada ketergantungan petani terhadap penggunaan input kimia seperti pupuk kimia dan pestisida yang merusak keseimbangan ekosistem lingkungan (Pratiwi, 2021). Selain itu, gagalnya program revolusi hijau juga berakibat pada meningkatnya kemiskinan petani kecil di pedesaan negara-negara berkembang (Alkire, *et al.*, 2015). Pada sistem pertanian yang semakin kompleks, diversifikasi tanaman merupakan solusi bagi petani kecil di negara berkembang dalam mempertahankan keanekaragaman tanaman untuk menghindari kegagalan dalam memperhitungkan faktor ekonomi serta menjaga kestabilan *supply chain* kebutuhan pokok.

Pola diversifikasi tanaman memiliki peluang dan tantangan tersendiri terutama bagi petani kecil. Berbagai faktor perlu dipertimbangkan secara rasional dan dinamis termasuk faktor perubahan kondisi lingkungan akibat iklim global dan kegiatan budidaya serta meningkatnya permintaan pasar akan komoditas tertentu yang berdampak pada peningkatan produksi dan penghasilan petani (Rusastra, *et al*, 2022).

Berikut beberapa tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan pola diversifikasi tanaman untuk keberlanjutan usaha pertanian (Rusastra, *et al*, 2022); Pratiwi (2015); Bellon *et al.*, 2015); Wahyuningsih (2008) dan Budhi (2010): 1) Teknologi pertanian yang semakin maju namun penggunaannya masih belum merata dan masih terpusat di daerah yang sistem irigasinya teratur; 2) Tidak sesuainya sistem pengolahan dengan sumber daya manusianya; 3) Kurangnya pengetahuan dan keterampilan petani akan kemajuan ilmu dan teknologi pertanian serta minimnya pelatihan yang didapatkan petani terkait teknik pengelolaan berbagai jenis tanaman dengan kebutuhan yang berbeda; 4) Terbatasnya ketersediaan modal, akses kredit oleh petani, dan kelayakan serta kemampuan petani dalam menggunakan dan memanfaatkan dana kredit; 5) Terbatas dan tidak stabilnya pasar sehingga petani kesulitan dalam menjual dan mendistribusikan produk-produk pertanian yang dihasilkan; 6) Faktor lingkungan dan iklim yang meliputi tanah, ketinggian tempat, suhu dan ketersediaan air irigasi. Syarat tumbuh masing-masing tanaman yang berbeda dan rendahnya kualitas tanah membutuhkan input lebih untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman; 7) Serangan hama dan penyakit yang bersifat kronis dan potensial, beberapa tanaman tambahan dapat menarik jenis hama atau penyakit baru yang sebelumnya tidak ada di wilayah tersebut sehingga untuk menanganinya butuh pendekatan pengelolaan hama yang lebih rumit dan kompleks; 8) Terbatasnya ketersediaan dan akses petani dalam mendapatkan berbagai jenis dan varietas bahan tanam yang sesuai dengan agroekosistem dan toleran terhadap hama dan penyakit pengganggu serta terbatasnya ketersediaan bantuan pupuk; 9) Rendahnya kemampuan masyarakat dalam mengadopsi teknologi dan pengembangannya untuk meningkatkan taraf hidup karena masih

kentalnya sosial budaya dan kurang terbukanya terhadap informasi baru; 10) Masih terbatasnya kebijakan, dukungan dan kurangnya insentif pemerintah terkait diversifikasi tanaman. Kebijakan ini merupakan titik awal bagi petani untuk mendorong inovasi pertanian dan mengembangkan keanekaragaman tanaman guna meningkatkan kesejahteraan mereka. Kebijakan yang ada saat ini masih berfokus pada pengembangan padi untuk mewujudkan swasembada; dan 11) Terbatasnya ketersediaan akses informasi dan peran kelembagaan yang berpengaruh pada keputusan petani dalam menjalankan praktik diversifikasi tanaman.

C. Beberapa Pola Diversifikasi Tanaman serta Implementasinya

1. Polikultur (Tumpang Sari)

Polikultur (tumpang sari) merupakan penanaman dua atau lebih jenis tanaman yang berbeda pada hamparan lahan yang sama (Permanasari & Kasatono 2012), ditanam berselang-seling dengan jarak tanam yang teratur pada waktu yang relatif sama atau berbeda (Prasetyo, *et al.*, 2009). Pengaturan barisan tanaman pada pola polikultur sangat penting dilakukan karena ketika lahan ditanami lebih dari satu jenis tanaman maka akan terjadi interaksi dari jenis tanaman yang ada. Interaksi tersebut bisa saling menguntungkan (*cooperation*) ataupun saling menghambat (*competition*) (Nuryati, *et al.*, 2019). Selain itu, pemilihan jenis tanaman yang akan ditanam juga perlu diperhatikan agar pertumbuhan dan perkembangan tanaman bisa optimal. Tanaman yang berbeda akan memiliki sistem perakaran dan kebutuhan akan air, kelembapan, unsur hara, sinar matahari dan cara pengendalian hama dan penyakit yang juga berbeda. Tanaman yang ditumpangsarikan sebaiknya juga mempunyai umur dan periode pertumbuhan yang tidak sama. Berikut beberapa contoh aplikatif jenis tanaman yang ditanam secara polikultur (tumpang sari):

- a. Kombinasi jagung dan kacang tanah untuk memanfaatkan lahan secara optimal. Kacang-kacangan juga membantu menambah nitrogen ke tanah.

- b. Menanam cabai di antara barisan jagung atau padi untuk mengurangi serangan hama.
- c. Tumpang sari kelapa dengan tanaman hortikultura (terong, tomat, cabai dan bawang merah)
- d. Kombinasi tanaman sayuran seperti tomat, selada, dan bawang di satu lahan.



Gambar 12. 1 Tumpang Sari Cabe dan Tomat

Sumber: (Nasution, *et al.*, 2022)



Gambar 12. 2 Tumpang sari tanaman kelapa sawit fase TBM dengan terong dan cabe rawit

Sumber: (Nasution, *et al.*, 2022)

Diversifikasi tanaman melalui pola tumpang sari sangat menguntungkan petani terutama yang lahan pertaniannya relatif sempit sehingga penggunaan sumber lahan menjadi optimal, mengurangi kerugian akibat kegagalan panen dan serangan hama atau

penyakit serta meningkatkan pendapatan petani. Melalui sistem tumpang sari, petani bisa melakukan panen lebih dari satu kali dalam setahun atau periode panen yang lebih panjang daripada sistem monokultur dengan hasil yang berlipat. Kerusakan sumber daya lahan juga bisa dikurangi karena berkurangnya tingkat erosi tanah, kelestarian lingkungan hidup tetap terjaga dan adanya diversifikasi spesies dan varietas juga melindungi tanaman profilastis (Prasetyo, 2013; Suwandi *et al.*, 2003).

2. Agroforestry (Wanatani)

Agroforestry merupakan suatu bentuk pemanfaatan lahan secara terpadu dengan melibatkan berbagai unsur kehutanan dan pertanian (Mokoginta, 2018). *Agroforestry* juga dapat diartikan sebagai pengelolaan lahan pertanian yang berasaskan kelestarian lingkungan sebagai upaya untuk meningkatkan hasil lahan secara keseluruhan melalui pengkombinasian produksi tanaman berkayu dan kehutanan yang bernilai ekonomi tinggi (seperti mahoni, kakao, kelapa, mahoni, jati, cengkeh dan kopi) atau bernilai ekonomi rendah namun sangat penting untuk lingkungan (seperti kaliandra, dadap dan lamtoro) dengan tanaman pertanian baik dan/atau ternak secara bersamaan pada unit yang sama (Suryani & Dariah, 2012). Penerapan sistem *agroforestry* harus memperhatikan dan mempertimbangkan kondisi lingkungan fisik, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat yang terlibat (Perhutani, 2022).

Melalui sistem *agroforestry*, diharapkan dapat meningkatkan intensitas panen sehingga kesejahteraan petani meningkat dan tingkat kemiskinan berkurang, mengatasi masalah krisis lingkungan hidup serta menjaga keberlanjutan dan konservasi sumber daya alam. Dengan melibatkan berbagai kombinasi pohon dan tanaman lain dan pengoptimalan penggunaan lahan yang berkelanjutan, *agroforestry* menjamin keamanan pangan dan pelestarian lingkungan, meningkatkan produktivitas, mendiversifikasi sumber pendapatan, mitigasi dampak perubahan iklim, dan berkontribusi pada konservasi keanekaragaman hayati, sehingga menjadi model yang menjanjikan untuk produksi dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan (Purba, 2023).

Meskipun *agroforestry* merupakan sistem pertanian yang kompleks, namun *agroforestry* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem pertanian lain. Keunggulan tersebut diantaranya yaitu: 1) Produktifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur dan kegagalan panen pada satu jenis tanaman dapat ditutupi oleh keberhasilan jenis tanaman lainnya; 2) Diversitas (keberagaman) yang tinggi melalui pengkombinasian dua komponen atau lebih pada lahan pertanian sehingga kerugian secara ekonomi akibat fluktuasi harga dapat diminimalisir dan menghindarkan kegagalan panen secara aspek ekologi; 3) Peningkatan kemandirian petani melalui diversifikasi yang tinggi dalam sistem *agroforestry*. Petani diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pokoknya masing-masing dan mengurangi ketergantungan terhadap produk/*input* dari luar seperti pupuk dan pestisida; dan 4) menjamin stabilitas dan keberlanjutan usaha pertanian dengan adanya hasil panen yang seimbang dan menguntungkan sepanjang petani mengusahakan lahannya sebagai lahan pertanian (Suryani & Dariah, 2012).

3. Penanaman Tanaman Penutup Tanah (*Cover Crops*)

Tanaman penutup tanah merupakan tanaman komersial maupun non komersial yang ditanam sebagai tambahan pada tanaman utama. Tanaman ini sengaja ditanam dan dipelihara sehingga dapat menutupi tanah yang telah ditanami dengan tanaman utama dan dapat melindungi tanah selama pergantian musim tanam.

Pemilihan tanaman penutup tanah untuk tujuan diversifikasi tanaman perlu mempertimbangkan beberapa hal, yakni penambahan nitrogen (N) ke dalam tanah, meningkatkan bahan organik tanah, mengurangi erosi, mengendalikan gulma, mengelola nutrisi atau menjaga kelembaban tanah. Tanaman penutup tanah dapat berupa:

a. Polong-polongan (kacang-kacangan)

Kacang-kacangan merupakan tanaman yang kaya akan nitrogen. Sistem perakaran tunggang yang kuat juga membantu mengurangi kepadatan tanah saat tanaman tumbuh besar. Beberapa tanaman jenis polong-polongan yang sering dibudidayakan petani diantaranya yaitu alfalfa, semanggi, buncis,

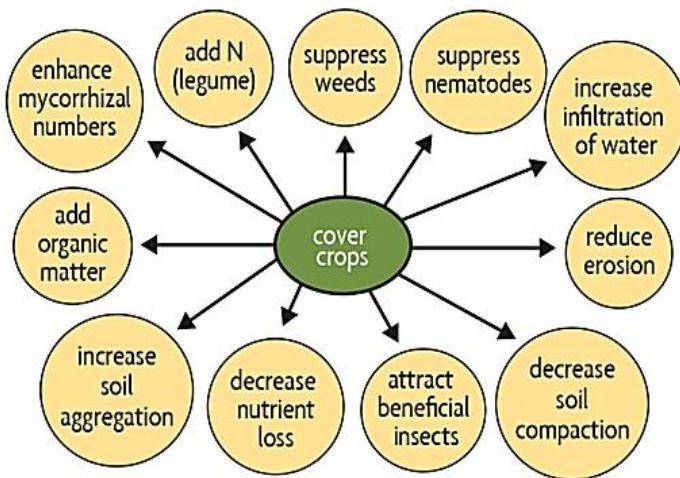
kacang tunggak, kacang vetch berbulu, dan kacang fava serta kacang arab. Tanaman kacang-kacangan dapat mengikat N sebanyak 50-150 pon/ha, tergantung kondisi pertumbuhan tanaman (Clark, 2015). Adanya kemampuan fiksasi N oleh kacang-kacangan dapat mengurangi penggunaan pupuk nitrogen. Kacang-kacangan juga membantu mencegah erosi, mendukung serangga dan penyerbuk yang bermanfaat, dan dapat meningkatkan jumlah bahan organik dalam tanah, meskipun tidak sebanyak rumput.

- b. Tanaman non kacang-kacangan, seperti serealia (gandum hitam, gandum, jelai, oat), rumput hijau (rumput gandum tahunan), dan spesies berdaun lebar (gandum hitam, bunga matahari, sawi, dan kubis) juga mampu menyerap nitrogen tanah, menekan pertumbuhan gulma, mengendalikan laju erosi dan biomasnya dapat dijadikan sebagai pupuk hijau atau tambahan bahan organik tanah. Tanaman non kacang-kacangan dapat menyerap N sebanyak 30-50 pon N/ha. Apabila budidaya tanaman utama menggunakan pupuk kandang, maka tanaman non kacang-kacangan dapat menyerap hingga 150 pon/ha (Clark, 2015).

Hasil kajian menunjukkan bahwa tanaman penutup berupa rumput, kacang-kacangan, dan kubis dapat meningkatkan hasil panen jagung secara signifikan di lahan kering tanpa irigasi. Hasil panen jagung meningkat 10% lebih baik daripada menanam secara monokultur. Uji coba selanjutnya juga dilakukan pada tanaman monokultur dan campuran tanaman penutup termasuk bunga matahari, kedelai, dan lobak, dan terlihat bahwa tanaman yang dicampur dengan tanaman penutup memiliki hasil terbaik. Selain lebih hemat air karena campuran tanaman penutup menggunakan air jauh lebih sedikit daripada monokultur, penambahan tanaman penutup tanah juga menghasilkan rasio karbon terhadap nitrogen (C:N) yang rendah dan potensi fiksasi nitrogen yang tinggi (Clark, 2015).

Rata-rata hasil panen kedelai juga meningkat sebesar 12 % dan hasil panen jagung meningkat 10 % pada musim kering. Selain itu, penambahan tanaman penutup juga membantu petani menghemat biaya produksi pupuk dan/atau herbisida sebesar masing-masing 41

% untuk biaya herbisida dan pupuk pada kedelai, penghematan biaya herbisida sebesar 39 % dan biaya pupuk sebesar 49 % untuk tanaman jagung, penghematan biaya herbisida sebesar 32% dan biaya pupuk sebesar 43 % pada gandum menghemat biaya herbisida 71 % dan 53 % biaya pupuk untuk tanaman kapas (Magdoff & Ef, 2021).



Gambar 12. 3 Berbagai cara tanaman penutup (*cover crops*) meningkatkan Kesehatan tanah
Sumber: (Magdoff & Ef, 2021)

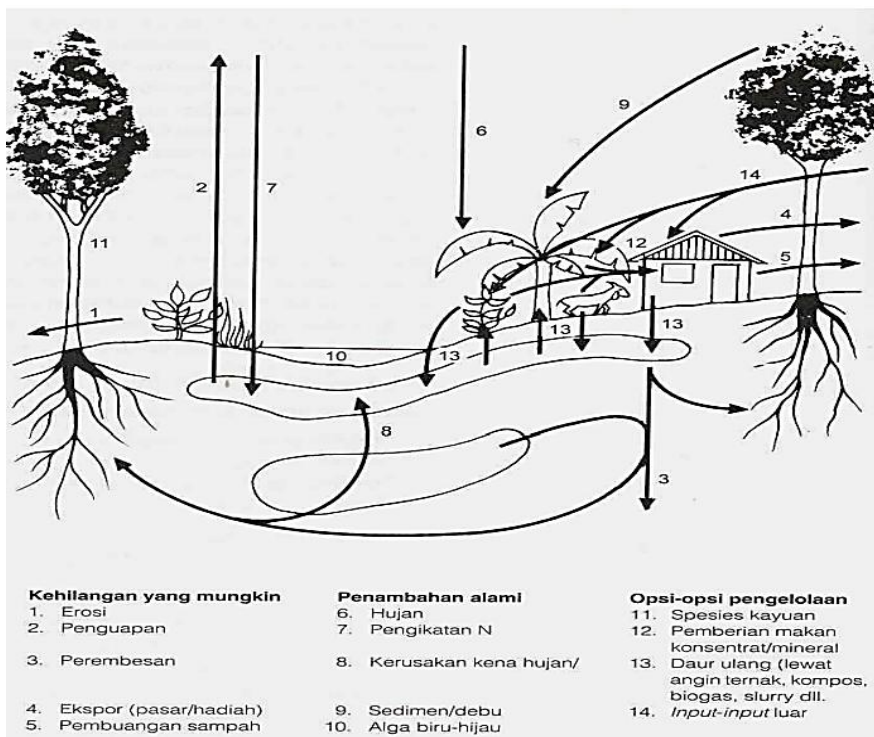
Selain meningkatkan hasil panen, penanaman *cover crop* juga dapat mencegah pencucian unsur hara terutama nitrat, meningkatkan jumlah nitrogen tanah, meningkatkan kelembapan tanah, meningkatkan kesuburan tanah dan kualitas tanah, meningkatkan retensi air, mengelola gulma, hama, dan penyakit, menyediakan habitat bagi organisme yang bermanfaat; dan meningkatkan keberadaan jamur mikoriza untuk tanaman berikutnya serta meningkatkan keanekaragaman hayati dan satwa liar asli. Residu tanaman penutup tanah tahunan biasanya rendah kandungan lignin dan tinggi nitrogen sehingga lebih cepat terurai di dalam tanah. Tanaman penutup juga dapat digunakan untuk pakan ternak.

4. Integrasi Tanaman dan Ternak

Sistem integrasi tanaman ternak atau sering dikenal dengan sistem pertanian terpadu atau *crop livestock sistem* (CLS) merupakan bentuk praktik pertanian yang telah dikembangkan sejak zaman dahulu. Perpaduan tanaman dan ternak dalam suatu usahatani merupakan terobosan untuk menciptakan sistem pertanian berkelanjutan melalui peningkatan produksi ternak dan tanaman dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan melalui penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien. Integrasi tanaman ternak adalah solusi usaha tani akibat semakin berkurangnya lahan pertanian akibat alih fungsi lahan yang tidak terkendali akibat pertambahan jumlah penduduk. Potensi sumber daya alam dapat termanfaatkan secara optimal dalam waktu yang bersamaan dengan luas lahan yang terbatas (Oktabriana, *et al.*, 2023).

Sistem integrasi tanaman ternak memiliki karakteristik utama berupa sinergisme atau keterkaitan yang saling menguntungkan antara tanaman dan ternak (Gambar 12.4). Limbah pertanian seperti jerami padi, limbah jagung, kacang-kacangan dan limbah pertanian lainnya bisa dijadikan sebagai pakan ternak dan kotoran ternak bisa dijadikan sebagai pupuk organik untuk tanaman sehingga akan mengurangi penggunaan pupuk an-organik. Semua limbah pertanian yang dihasilkan diharapkan termanfaatkan secara optimal tanpa tersisa menjadi sampah (Oktabriana, *et al.*, 2023).

Penggunaan limbah pertanian sebagai pakan ternak merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan pakan dengan ketersediaan hingga 33,3% sehingga petani berpeluang meningkatkan jumlah ternak peliharaannya dan lebih hemat tenaga kerja untuk mencari rumput sebesar 5,26 - 6,38 % dari total biaya usaha ternak (Kariyasa, 2005). Selain bisa mengurangi biaya untuk pembelian pupuk kimia sebesar 8,8 % dari total biaya usahatani, penggunaan pupuk kandang yang dihasilkan dari integrasi tanaman ternak juga mampu meningkatkan produksi tanaman padi 6,9 - 8,8 % lebih tinggi dibandingkan usaha padi yang dikelola secara parsial (Kariyasa & Pasandaran, 2004).



Gambar 12. 4 Keterkaitan dan daur unsur hara pada sistem integrasi tanaman-ternak

Sumber: (Kariyasa, 2005)

Perpaduan sistem pertanian tanaman ternak memiliki banyak keuntungan diantaranya: 1) Menjamin keberlanjutan usaha tani melalui diversifikasi pertanian, 2) Menghasilkan limbah seminimal mungkin sehingga ramah lingkungan, 3) Meningkatkan produksi dan produktifitas usaha pertanian melalui penggunaan bahan organik, 4) Meningkatkan pendapatan petani dan menstabilkan perekonomian petani melalui peningkatan produksi, 5) Meminimalkan resiko kegagalan usaha tani, dan 6) Menjaga kelestarian ekologi melalui pemanfaatan input internal secara optimal dan mengurangi penggunaan input eksternal (Devendra, 2007; Oktabriana, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Alkire, S., Kanagaratnam, U., & Suppa, N. (2015). The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2019. University of Oxford, Oxford Department of International Development. OPHI MPI Methodological Note 47.
- Bellon, M. R., Gotor, E., & Caracciolo, F. (2015). Conserving landraces and improving livelihoods: how to assess the success of on farm. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(2), 167-182.
- Budhi, G. S. (2010). Dilema kebijakan dan tantangan pengembangan diversifikasi usahatani tanaman pangan. *Analisis Kebijakan Pertanian*. Vol. 3 No. 3 September 2010. Hal. 241-258.
- Clark, A. (2015). *Cover crops for sustainable crop rotation*. www.SARE.org/Topic-Rooms.
- Devendra, C. (2007). Perspectives on animal production systems in Asia. *Livestock Sci.* 106(1):1-18. doi:10.1016/j.livsci.2006.05.005.
- Magdoff, F & Es, H. V. (2021). *Building soils for better crops*. SARE Outreach. 410 page.
- Oktabriana, G., Umami, I. M., Syofiani, R., Sumbari, C., Sari, N. Y., Apriyani, D., Polii, M. G. M., Idris, N., Sorel, D., Suhadi, Rahmawati, & Sundari, U. Y. (2023). *Sistem Pertanian Terpadu*. CV. Gita Lentera. Padang.
- Kariyasa K. (2003). Hasil Laporan Pra Survei Kelembagaan Usaha Tanaman-Ternak Terpadu dalam Sistem dan Usaha Agribisnis. Proyek PAATP. Jakarta.
- Kariyasa, K. (2005). Sistem integrasi tanaman-ternak dalam perspektif reorientasi kebijakan subsidi pupuk dan peningkatan pendapatan petani. *Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian*. Vol. 3 No. 1, Maret 2005: 68-80.
- Nasution, Z. P., Farrassati, R., & Sutarta, E. S. (2022). Analisis tumpang sari hortikultura pada fase tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (tbm) serta dampaknya terhadap kesuburan tanah di Kecamatan Tandun, Rokan Hulu, Riau. *Jurnal Ekonomi*

- Pertanian dan Agribisnis (JEPA). Volume 6, Nomor 2 (2022): 642-656.
- Nuryati, R., Sulistyowati, I., Setiawan, I. & Noor, I. N. (2019). Keragaman pola tanam polikultur Perkebunan rakyat sebagai kearifan local di Kabupaten Tasikmalaya. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Agribisnis II. Universitas Galuh.
- Perhutani. (2002). Petunjuk Pelaksanaan Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat di Unit I Jawa Tengah. Semarang: Biro Pembinaan Sumberdaya Hutan.
- Permanasari I, Kastono D. (2012). Pertumbuhan Tumpang sari Jagung dan Kedelai Pada Perbedaan Waktu Tanam Dan Pemangkasan Jagung. Jurnal Agroteknologi. 3(1): 13–20.
- Prasetyo, Sukardjo E, I., & Pujiwati H. (2009). Produktivitas Lahan dan NKL pada Tumpang Sari Jarak Pagar dengan Tanaman Pangan. Jurnal Akta Agrosia. 12(1): 51–55.
- Pratiwi, K. E. (2021). Keputusan diversifikasi tanaman untuk mengejar Pembangunan pertanian di Indonesia. Jurnal Litbang Sukowati, Vol. 5, No. 1, November 2021, Hal. 63-77.
- Purba, Z. T. (2023). Agroforestry: Meningkatkan produktifitas, keberlanjutan dan Pendapatan petani melalui integrasi pertanian dan kehutanan.
- Rusastra, I. W., Saliem, H. P., Supriati & Saptana. (2016). Prospek pengembangan pola tanam dan diversifikasi tanaman pangan di Indonesia. Forum Penelitian Agro Ekonomi. <https://www.researchgate.net/publication/320589685>.
- Suryani, E. & Dariah, A. (2012). Peningkatan produktivitas tanah melalui sistem agroforestry. Jurnal Sumberdaya Lahan. Vol 6 No. 2 Desember 2012.
- Suwandi, R., Rosliani, N., Sumarni & Setiawati, W. (2003). Interaksi Tanaman pada Sistem Tumpang sari Tomat dan Cabai di Dataran Tinggi. Jurnal Hortikultura. 13(4): 244–250.
- Wahyuningsih, S. (2008). Diversifikasi pertanian menuju pertanian Tangguh dalam upaya memantapkan struktur ekonomi pedesaan. MEDIAGRO Vol. 4 No. 1, Hal. 1-11.

BIOGRAFI PENULIS



Dr. Nining Haerani, S.P., M.P

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan
Universitas Muslim Maros

Penulis saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan Universitas Muslim Maros. Menyelesaikan studi S1, S2 dan S3 di Universitas Hasanuddin. Saat ini juga menjabat sebagai pengurus Perhimpunan Agronomi Indonesia (PERAGI) Komda Sulsel. Mendalami riset di bidang budidaya tanaman pangan dan hortikultura, nutrisi tanaman, perbenihan serta bioteknologi pertanian. Beberapa analisis telah dilakukan dan dipublikasikan diantaranya yang paling fenomenal adalah yang dimuat pada Jurnal Biodiversitas "Isolation and characterization of N-fixing and IAA producing rhizobacteria from two rice field agro-ecosystems in South Sulawesi, Indonesia."

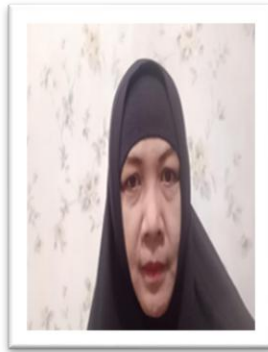
Mengampu mata kuliah Budidaya Tanaman Hortikultura, Teknologi Produksi Tanaman, Ilmu dan Teknologi Benih, Teknologi Produksi dan Mutu Benih, Mikrobiologi Pertanian, Biologi Pertanian, Botani Tanaman, Ilmu Gulma dan Pengelolaannya. Selama ini terlibat

aktif pada berbagai kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat di Kabupaten Maros.

E-mail: nininghaerani06@gmail.com dan nining@umma.ac.id

=====000=====

BIODATA PENULIS



Dr. Rahmawati Ning Utami, S.Pd., M.Si

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian dan Kehutanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Jombang tanggal 23 April 1970. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat. Beliau menyelesaikan pendidikan Program Sarjana (S1) di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya Prodi Pendidikan Biologi, setelah itu menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta Prodi Biologi di bidang Taksonomi Tumbuhan, dan selanjutnya menyelesaikan Program Doktor (S3) di Universitas Hasanuddin Makasar Prodi Ilmu Pertanian konsentrasi di bidang Ilmu Tanaman. Buku yang telah ditulis dan diterbitkan oleh PT. Sonpedia Publishing adalah *Book Chapter* Pengantar Statistika, *Book Chapter* Nutrisi Ternak Dasar, *Book Chapter* Metodologi Penelitian, *Book Chapter* Metodologi *Research and Development*, dan *Book Chapter* Teknik *Penyusunan Instrumen Penelitian*, serta buku lain yang telah saya tulis dan diterbitkan oleh Get Press adalah *Konservasi Tanah dan Air*.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Siti Mardhika Sari, S.P., M.P

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
(UTP)

Penulis lahir di Sukoharjo tanggal 16 Oktober 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta (UTP). Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Pendidikan Magster S2 pada Jurusan Agronomi di Universitas Sebelas Maret. Penulis menekuni bidang agronomi dan bioteknologi. Penulis dapat dihubungi melalui email: mardhikasari.siti@gmail.com atau Whatsapp : 085642403389.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Anita, S.P., M.Agr

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknik Universitas Islam Majapahit

Penulis bernama lengkap Anita, SP.M.Agr lahir di Trenggalek pada tanggal 17 Januari 1992. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dengan jurusan Agribisnis. Penulis pernah bekerja di Balai besar Karantina Pertanian-UPT Kementerian Pertanian 2015-2018 dan 2018 sampai saat ini bekerja sebagai dosen di jurusan teknologi Hasil Pertanian Universitas Islam Majapahit Mojokerto.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Suratman Sudjud, S.P., M.P., I.P.M

Dosen Program Studi Agroteknologi dan Magister Ilmu Pertanian
Fakultas Pertanian dan Pascasarjana Universitas Khairun

Email: suratmansudjud@gmail.com.

Penulis lahir di Ternat 5 Januari 1976 anak dari Ayah Hasan Sudjud (Almarhum) dan Ibu Hj. Samira Ajudin. Menyelesaikan pendidikan SD hingga SMP di Ternate lulus tahun 1991. SMA Negeri 1 Ambon lulus tahun 1994. Studi program sarjana pada fakultas pertanian program studi hama dan penyakit Universitas Pattimura Ambon 1994 dan pada tahun 1999 pindah di Universitas Haluoleo Kendari pada program studi yang sama dan lulus pada tahun 2000. Menyelesaikan Program Magister (S2) tahun 2007 dan Doktor (S3) tahun 2013 di Universitas Brawijaya Malang. Menyelesaikan program profesi Insinyur tahun 2024 di Universitas Hasanuddin Makassar. Pada tahun 2002 diangkat sebagai staf pengajar pada Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate. Pengalaman kerja diawali sebagai sekretaris jurnal Cannarium Fakultas Pertanian Unkhair Ternate (2003-2004), Ketua program studi Agronomi Fakultas Pertanian (2004- 2005), Pembantu Dekan Bidang Akademik (2008-2010), Ketua Pusat Penjaminan Mutu Universitas Khairun (2013-

2018), Direkur Program Pascasarjana (2017-2018), Wakil Rektor Bidang Akademik (2018-2022), dan Ketua Lembaga Pengembangan Pendidikan dan Penjaminan Mutu (LP3M) Universitas Khairun (2022-2023). Aktif pada pusat kajian di Universitas Khairun dan Ketua Pusat Studi Pemberdayaan Masyarakat dan Sumberdaya Alam, serta organisasi profesi. Aktif sebagai pekerja sosial pada Lembaga Mitra Lingkungan (LML) Maluku Utara sejak tahun 2000 dan saat ini sebagai Direktur LML Maluku Utara (2013-sekarang). Aktif pada kegiatan analisis, pengabdian kepada masyarakat, pelatihan, seminar, dan lokakarya baik regional, nasional maupun internasional.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Yuliatry, S.P., M.P

Dosen Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan
Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Penulis lahir di Payakumbuh tanggal 09 Juli 1993. Penulis adalah Dosen tetap ASN pengangkatan 2022 pada Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Penulis menempuh pendidikan di SDN 11 Padang Tengah Payobada (2000-2006), SMP N 3 Payakumbuh (2006-2009) dan SMA N 2 Payakumbuh (2009-2012). Kemudian Penulis melanjutkan Studi di Universitas Andalas Tahun 2012 menyelesaikan pendidikan S1 Agroekoteknologi dan S2 Agronomi selama 5 Tahun dengan program Fast Track.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Yunus Arifien, M.Si

Dosen Universitas Nusa Bangsa, Bogor

Penulis lahir di Surakarta, 4 November 1961. Gelar Sarjana dari Institut Pertanian Bogor, Jurusan Ilmu Tanah (Konservasi Tanah) pada tahun 1984, Gelar Magister dari Institut Pertanian Bogor, Program Studi Tanah (Evaluasi Tanah) pada tahun 1994 dan Gelar Doktor dari Institut Pertanian Bogor Program Studi Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Perdesaan (PWD) pada tahun 2012. Sejak tahun 1987 mengajar di Universitas Nusa Bangsa mata kuliah Statistika, Kesuburan Tanah, dan Perencanaan Wilayah dan Perdesaan. Penulis juga merupakan sebagai tenaga ahli di beberapa konsultan dan Kementerian Pertanian, Kementerian Desa, Transmigrasi dan Daerah Tertinggal, Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Perindustrian, Kementerian Kehutanan, dan Badan Restorasi Gambut, dll. Beberapa buku yang ditulis antara lain Buku Peranan Land Reform Dalam Pembangunan Pertanian, Buku Pengelolaan Potensi Dan Sumber Daya Sawah, Buku Pertanian, Kehutanan Dan Kesejahteraan Petani, Buku Pengantar Ilmu Pertanian, Buku Analisis Dampak Lingkungan Hidup (AMDAL), Buku Paradigma Agribisnis, Buku Perencanaan Wilayah dan Perkotaan, Buku Pertanian Urban dan Buku Perencanaan dan Kebijakan Partanian.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Ince Raden, M.P

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Universitas Kutai Kartanegara Tenggarong

Penulis lahir di Poso tanggal 08 September 1967. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Kutai Kartanegara Tenggarong. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Tanaman di Universitas Tadulako Palu dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Tanaman di Universitas Padjadjaran Bandung dan S3 pada Jurusan Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang Agronomi dan Fisiologi.

Mata Kuliah yang diajarkan penulis diantaranya Fisiologi Tumbuhan, Nutrisi Tanaman, Dasar-dasar Agronomi, dan Budidaya Tanaman Hortikultur. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: inceraden@unikarta.ac.id.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Yopa Dwi Mutia, S.P., M.P

Dosen Program Studi Budi Daya Tanaman Hortikultura
Jurusan Budidaya Tanaman, Politeknik Pertanian Negeri
Payakumbuh

Penulis lahir di Padang Pariaman tanggal 14 Agustus 1996. Penulis menyelesaikan pendidikan magister di bidang Agronomi di Universitas Andalas pada tahun 2019, dengan fokus kajian pada invigorasi benih. Sebagai dosen, penulis aktif dalam kegiatan analisis dan pengabdian masyarakat. Beberapa tulisan penulis telah dipublikasikan pada jurnal terakreditasi nasional. Dengan semangat yang tinggi, penulis terus berkontribusi untuk mengembangkan ilmu agronomi melalui kolaborasi kajian dan penyusunan bahan ajar.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Friskia Hanatul Qolby, M.P

Dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan
Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Lahir di Payakumbuh, Sumatera Barat pada tanggal 24 November 1996. Penulis tercatat sebagai lulusan Sarjana Pertanian dari Universitas Andalas pada tahun 2019, dan menyelesaikan pendidikan Magister Pertanian dengan bidang kajian Agronomi pada tahun 2020 melalui program *Fasttrack* pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penulis merupakan anak dari pasangan Darliaspen (ayah) dan Itin Fetra (ibu). Saat ini penulis juga berkarir sebagai dosen pada Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail:
friskiahanatulqolby@gmail.com.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Sulandjari, M.S

Dosen Program Studi Agroteknologi.

Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta

Penulis lahir Yogyakarta 23 Maret 1952 di Yogyakarta Penulis adalah dosen tetap sampai dengan tahun 2022 dan dilanjutkan menjadi dosen tidak tetap sampai dengan sekarang pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agronomi dan melanjutkan S2 dan S3 pada Jurusan Ilmu-ilmu Pertanian di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis menekuni bidang Menulis Agroekologi dan Biofarmaka.

=====000=====

BIODATA PENULIS



Novi Yulanda Sari, M.Sc

Dosen Pengelolaan Perkebunan
Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Novi Yulanda Sari, gadis berdarah minang yang saat ini berdomisili di Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Mengabdikan dirinya untuk turut serta mencerdaskan generasi bangsa dan mencetak lulusan yang siap terjun ke dunia kerja di salah satu perguruan tinggi vokasi terbaik di Sumatera Barat tepatnya di Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Saat ini, alumni Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh (D4) dan Universitas Gadjah Mada (S2) ini aktif di berbagai kegiatan analisis dan pengabdian masyarakat, serta turut serta menorehkan ilmu yang dimilikinya dalam bentuk buku dengan judul “Sistem Pertanian Terpadu dan Dasar-dasar Fisiologi”.

=====000=====

Dasar AGRONOMI

Buku "Dasar Agronomi" mengupas tuntas prinsip-prinsip agronomi yang menjadi fondasi penting dalam ilmu pertanian. Agronomi berperan dalam memenuhi kebutuhan pangan, bahan baku, dan energi secara berkelanjutan. Buku ini dirancang untuk membantu pembaca memahami dasar-dasar agronomi, mulai dari pengelolaan tanah, teknik budidaya tanaman, hingga penerapan teknologi modern dalam praktik pertanian.

Berbagai topik penting seperti rotasi tanaman, pemupukan, pengelolaan air, dan konservasi tanah dibahas secara sistematis dan mudah dipahami, sehingga cocok untuk pelajar, mahasiswa, praktisi, maupun siapa saja yang ingin mendalami dunia agronomi. Selain memberikan teori, buku ini juga menghadirkan pendekatan praktis untuk membantu pembaca memahami bagaimana menerapkan ilmu agronomi secara efektif di lapangan.

Dengan gaya penulisan yang sederhana namun informatif, buku ini mengajak pembaca untuk berpikir kritis tentang tantangan dan peluang dalam dunia pertanian modern. "Dasar Agronomi" menjadi referensi yang relevan bagi siapa pun yang peduli terhadap keberlanjutan sektor pertanian dan ingin berkontribusi pada pengembangan praktik agronomi yang efisien, ramah lingkungan, dan adaptif terhadap perubahan zaman.



Lingkar Edukasi
Indonesia



✉ lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com

🌐 <https://www.lingkaredukasiindonesia.com>

📱 @Lingkar_Edukasi_Indonesia