

SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN UNTUK **KETAHANAN PANGAN**



Gina Fauzia, Andreas Sitanggang, Ujianhati Zega,
Hendra Alfi, Adnan Sofyan, Endang Warih Minarni,
Fitri Krismiratsih, Supriyo Imran, Nurhapsa, Nenny
Wahyuni, Ria Indriani, Ira Wahyuni

SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN UNTUK KETAHANAN PANGAN

**Gina Fauzia
Andreas Sitanggang
Ujianhati Zega
Hendra Alfi
Adnan Sofyan
Endang Warih Minarni
Fitri Krismiratsih
Supriyo Imran
Nurhapsa
Nenny Wahyuni
Ria Indriani
Ira Wahyuni**



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN UNTUK KETAHANAN PANGAN

Penulis :

Gina Fauzia
Andreas Sitanggang
Ujianhati Zega
Hendra Alfi
Adnan Sofyan
Endang Warih Minarni
Fitri Krismiratsih
Supriyo Imran
Nurhapsa
Nenny Wahyuni
Ria Indriani
Ira Wahyuni

ISBN : 978-634-7526-66-3

Editor : Afridon, ST, M.Si

Penyunting : Akhirul Desman, ST

Desain Sampul dan Tata Letak : Namira Ummi Khalsum. YB, S.Psi

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Anggota IKAPI No. 034/SBA/2023

Redaksi :

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji
Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.heipublishing.com
Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, Maret 2026

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Sistem Pertanian Berkelanjutan Untuk Ketahanan Pangan dapat diselesaikan. Buku referensi ini bahasan tentang Pendahuluan Pertanian Berkelanjutan, Konsep Ketahanan Pangan, Prinsip dan Pilar Pertanian Berkelanjutan, Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan, Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan, Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu, Sistem Pertanian Organik dan Ramah Lingkungan, Integrasi Tanaman dan Peternakan, Peran Teknologi dan Inovasi Pertanian, Sosial Ekonomi Pertanian Berkelanjutan, Sistem Pangan Lokal dan Rantai Pasok Berkelanjutan, Kebijakan dan Tata Kelola Pertanian Berkelanjuta.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Maret 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN PERTANIAN BERKELANJUTAN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Konsep dan Definisi Pertanian Berkelanjutan.....	4
1.3 Ketahanan Pangan sebagai Tujuan Pembangunan.....	5
1.4 Urgensi Penerapan Pertanian Berkelanjutan dalam Konteks Ketahanan Pangan.....	9
1.5 Keterkaitan Tujuan Pembangunan dengan Ketahanan Pangan.....	13
DAFTAR PUSTAKA.....	17
BAB 2 KONSEP KETAHANAN PANGAN	19
2.1 Pendahuluan.....	19
2.2 Definisi dan Evolusi Konsep Ketahanan Pangan..	20
2.2.1 Definisi Ketahanan Pangan.....	20
2.2.2 Evolusi Konsep Ketahanan Pangan	22
2.2.3 Ketahanan Pangan, Kedaulatan Pangan, dan Keamanan Pangan.....	23
2.3 Pilar Ketahanan Pangan.....	23
2.3.1 Ketersediaan Pangan	24
2.3.2 Akses Pangan	24
2.3.3 Pemanfaatan Pangan.....	25
2.3.4 Stabilitas Pangan.....	25
2.4 Dimensi Ketahanan Pangan	26
2.4.1 Dimensi Ekonomi	26
2.4.2 Dimensi Sosial	27
2.4.3 Dimensi Lingkungan	28

2.4.4 Dimensi Kelembagaan	28
2.5 Ketahanan Pangan dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan	29
2.5.1 Ketahanan Pangan dan SDGs.....	30
2.5.2 Peran Sistem Pertanian Berkelanjutan	31
2.5.3 Keseimbangan Produktivitas dan Keberlanjutan	31
2.6 Tantangan Utama Ketahanan Pangan	32
2.7 Arah Strategi Penguatan Ketahanan Pangan	34
DAFTAR PUSTAKA	36
BAB 3 PRINSIP DAN PILAR PERTANIAN BERKELANJUTAN.....	41
3.1 Pendahuluan.....	41
3.2 Konsep Dasar Pertanian Berkelanjutan.....	45
3.3 Karakteristik Sistem Pertanian Berkelanjutan	48
3.4 Pilar Pertanian Berkelanjutan.....	53
DAFTAR PUSTAKA	59
BAB 4 SISTEM PRODUKSI TANAMAN BERKELANJUTAN.....	65
4.1 Pendahuluan.....	65
4.2 Konsep Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan.....	66
4.2.1 Pengertian dan Definisi Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan.....	66
4.2.2 Tujuan dan Manfaat Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan.....	67
4.2.3 Perbedaan Sistem Produksi Tanaman Konvensional dan Berkelanjutan.....	68
4.3 Komponen Utama Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan.....	69
4.3.1 Pengelolaan Benih dan Varietas Tanaman	69
4.3.2 Pola Tanam dan Rotasi Tanaman.....	69

4.3.3 Pemupukan Berimbang dan Ramah Lingkungan.....	70
4.3.4 Pengelolaan Air dalam Produksi Tanaman....	71
4.3.5 Konservasi Keanekaragaman Hayati Agroekosistem	72
4.4 Praktik Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan	73
4.4.1 Pertanian Konservasi.....	73
4.4.2 Sistem Tanam Tumpangsari dan Polikultur...	74
4.4.3 Pemanfaatan Pupuk Organik dan Pupuk Hayati	75
4.4.4 Penggunaan Mulsa dan Tanaman Penutup Tanah.....	75
4.4.5 Penerapan Pertanian Presisi	76
4.5 Kontribusi Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan terhadap Ketahanan Pangan.....	77
4.5.1 Stabilitas Produksi dan Produktivitas Tanaman.....	77
4.5.2 Peningkatan Kualitas dan Keamanan Pangan	78
4.5.3 Ketahanan Sistem Produksi terhadap Perubahan Iklim.....	78
4.6 Tantangan dan Peluang Pengembangan Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan di Indonesia.....	79
4.6.1 Tantangan Teknis dan Lingkungan.....	79
4.6.2 Tantangan Sosial dan Ekonomi.....	80
4.6.3 Peluang Pengembangan dan Dukungan Kebijakan.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	83

BAB 5 PENGELOLAAN TANAH DAN AIR

BERKELANJUTAN.....	87
5.1 Konsep Dasar Tanah, Air, Dan Pembangunan Berkelanjutan.....	87
5.1.1 Tanah dan Air sebagai Sumber Daya Alam Strategis.....	87
5.1.2 Siklus Hidrologi dan Dinamika Air di Lahan..	88
5.2 Degradasi Tanah Dan Air Serta Dampak Lingkungan	90
5.2.1 Bentuk dan Proses Degradasi Tanah	90
5.2.2 Degradasi Sumber Daya Air.....	91
5.2.3 Faktor Penyebab Degradasi Tanah dan Air...	92
5.2.4 Dampak Degradasi terhadap Lingkungan dan Kehidupan Manusia	93
5.3 Strategi Dan Teknik Pengelolaan Tanah Dan Air Berkelanjutan.....	93
5.3.1 Prinsip Dasar Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan	93
5.3.2 Teknik Konservasi Tanah	96
5.3.3 Pengelolaan Air di Lahan Pertanian dan Non-Pertanian	97
5.3.4 Pengelolaan Kesuburan Tanah Berkelanjutan	98
5.4 Implementasi, Kebijakan, Dan Arah Masa Depan Pengelolaan Tanah Dan Air.....	99
5.4.1 Implementasi Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan	99
5.4.2 Peran Teknologi dan Inovasi	99
5.4.3 Kebijakan, Kelembagaan, dan Partisipasi Masyarakat.....	100
5.4.4 Tantangan Global dan Arah Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan	100

DAFTAR PUSTAKA.....	102
BAB 6 PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT TERPADU	107
6.1 Konsep Ketahanan Pangan dan Tantangan Global.....	107
6.2 Prinsip Dasar Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu (PHPT).....	111
6.2.1 Sejarah dan Perkembangan Konsep PHPT	111
6.2.2 Ambang Ekonomi dan Pengambilan Keputusan.....	113
6.2.3 Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu Sebagai pendekatan sistem	115
6.3 Ekologi Hama dan Penyakit Tanaman.....	117
6.3.1 Interaksi tanaman–hama–patogen–lingkungan.....	117
6.3.2 Dinamika Populasi Hama dan Penyakit	118
6.4 Komponen PHPT dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan.....	121
6.4.1 Penggunaan Varietas Tahan	121
6.4.2 Teknik Budidaya	121
6.4.3 Pengendalian Fisik Dan Mekanik.....	122
6.4.4 Pengendalian Hayati	122
6.4.5 Pengendalian Kimiawi	123
BAB 7 SISTEM PERTANIAN ORGANIK DAN RAMAH LINGKUNGAN	127
7.1 Pendahuluan.....	127
7.2 Pengertian dan Ruang Lingkup Sistem Pertanian Organik.....	128
7.3 Prinsip Dasar Pertanian Organik dan Ramah Lingkungan.....	129
7.4 Praktik Utama dan Dampak Pertanian Organik...	133
7.5 Tantangan Pengembangan Sistem Pertanian Organik dan Ramah Lingkungan.....	135

7.6 Perkembangan Pertanian Organik di Indonesia..	138
DAFTAR PUSTAKA	140
BAB 8 INTEGRASI TANAMAN DAN PETERNAKAN	141
8.1 Pendahuluan.....	141
8.2 Konsep Farming System.....	142
8.3 Konsep Sistem Integrasi Tanaman-Ternak.....	144
8.4 <i>Integrated Crop–Livestock Systems</i> (ICLS)	146
8.5 Penutup	149
DAFTAR PUSTAKA	151
BAB 9 PERAN TEKNOLOGI DAN INOVASI	
PERTANIAN	155
9.1 Pendahuluan.....	155
9.2 Definisi dan Ruang Lingkup Teknologi Pertanian.....	156
9.3 Peran Teknologi Pertanian	158
9.4 Inovasi Pertanian.....	161
DAFTAR PUSTAKA	162
BAB 10 SOSIAL EKONOMI PERTANIAN	
BERKELANJUTAN.....	163
10.1 Pendahuluan	163
10.2 Dimensi Sosial Pertanian Berkelanjutan.....	165
10.2.1 Modal Sosial.....	165
10.2.2 Demografi Petani	166
10.2.3 Inklusi Gender.....	168
10.3 Dimensi Ekonomi Pertanian Berkelanjutan.....	169
10.3.1 Ekonomi Pertanian Konvensional Vs Berkelanjutan.....	170
10.3.2 Konsep <i>Low-External-Input Technology</i> (LEIT)	174
10.3.3 Investasi pada Modal Alam	179
DAFTAR PUSTAKA	182

BAB 11 SISTEM PANGAN LOKAL DAN RANTAI PASOK BERKELANJUTAN	185
11.1 Pendahuluan	185
11.2 Sistem Pangan Lokal	187
11.3 Rantai Pasok Berkelanjutan.....	188
11.3.1 Rantai Pasok	188
11.3.2 Rantai Pasok Berkelanjutan.....	190
11.4 Penutup.....	192
DAFTAR PUSTAKA.....	194
BAB 12 KEBIJAKAN DAN TATA KELOLA PERTANIAN BERKELANJUTAN	197
12.1 Pertanian Berkelanjutan	197
12.1.1 Pilar Lingkungan	198
12.1.2 Pilar Ekonomi dan Agribisnis.....	199
12.1.3 Pilar Sosial dan Kelembagaan	200
12.1.4 Pilar Teknologi dan Masa Depan	201
12.2 Kebijakan Pertanian Berkelanjutan.....	202
12.2.1 Dari Revolusi Hijau ke Pertanian Berkelanjutan	202
12.2.2 Penyelarasan Kebijakan Nasional dengan SDGs.....	203
12.2.3 Instrumen Hukum dan Regulasi Perlindungan LP2B.....	204
12.3 Kebijakan Insentif Ekonomi dan Pembiayaan Agribisnis.....	205
12.3.1 Kebijakan Subsidi berbasis Kinerja Lingkungan	205
12.3.2 <i>Green Financing</i> dan Kredit KUR Pertanian	206
12.3.3 Kebijakan Harga Dasar dan Perlindungan Risiko melalui Asuransi Pertanian	208
12.4 Standar, Sertifikasi, dan Pengawasan Mutu	209
12.4.1 Implementasi Indo-GAP.....	209

12.4.2 Tata Kelola Sertifikasi Produk Organik dan Labeling Keberlanjutan	210
12.4.3 Sistem Monitoring dan Evaluasi Dampak Lingkungan dalam Usahatani	212
12.5 Strategi Penguatan Tata Kelola Pertanian	213
12.5.1 Digitalisasi Tata Kelola Pertanian (<i>E-Agriculture</i>)	213
12.5.2 Kebijakan Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian	214
12.5.3 Peningkatan Kapasitas SDM Pertanian	214
DAFTAR PUSTAKA	216
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 7.1. Luas Area Beberapa Komoditas Organik Di Indonesia 2019-2022.....	138
Tabel 7.2. Produksi Beras Organik Tahun 2019-2022..	139
Tabel 10.1. Profil Demografi Petani di Indonesia	167
Table 10.2. Kovensional Vs Berkelanjutan	171
Tabel 10.3. Perbandingan LEIT vs. Pertanian Intensif Konvensional.....	175

DAFTAR GAMBAR

Gambar 9.1. Ruang Lingkup Teknologi Pertanian	158
Gambar 9.2. Peran Teknologi Pertanian.....	160
Gambar 10.1. Sayuran Organik	173
Gambar 10.2. Sustainable Vs Traditional	177

BAB 1

PENDAHULUAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

1.1 Pendahuluan

Pertanian merupakan fondasi utama kehidupan manusia. Sejak peradaban awal, sektor ini menjadi penyedia pangan, sumber mata pencaharian, dan sekaligus penopang stabilitas sosial dan ekonomi. Sektor pertanian berkaitan dengan ketahanan pangan karena peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun akan membutuhkan pangan yang mengakibatkan kebutuhan pangan akan meningkat baik secara kuantitas dan kualitas. Disisi lain, sektor pertanian sebagai penyedia utama pangan menghadapi berbagai tantangan serius, seperti keterbatasan lahan produktif, degradasi sumber daya alam, perubahan iklim, serta ketergantungan yang tinggi terhadap input kimia dan energi fosil. Fenomena tersebut mengindikasikan Sektor Pertanian akan berkaitan dengan Ketahanan Pangan

Ketahanan Pangan merupakan salah satu isu strategis yang menjadi perhatian utama dalam pembangunan global dan nasional. beberapa fenomena yang ada saat ini akan menimbulkan kekhawatiran terhadap kemampuan sistem pertanian dalam menjamin ketersediaan pangan secara berkelanjutan (Keraf M, dkk n.d.). Selama beberapa dekade terakhir, sistem pertanian konvensional yang berorientasi pada peningkatan produksi semata telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pencapaian swasembada pangan di

berbagai negara. Namun, pendekatan tersebut juga menimbulkan dampak negatif dalam jangka panjang, antara lain penurunan kesuburan tanah, pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan, serta berkurangnya keanekaragaman hayati. Selain itu, sistem pertanian yang tidak ramah lingkungan cenderung meningkatkan kerentanan petani terhadap fluktuasi iklim dan harga input, sehingga berimplikasi pada ketidakstabilan pendapatan dan kesejahteraan petani.

Perubahan iklim semakin memperberat tantangan sektor pertanian. Fenomena cuaca ekstrem, pergeseran pola musim, kekeringan, dan banjir telah berdampak langsung terhadap produktivitas pertanian dan stabilitas pasokan pangan. Dalam konteks ini, sistem pertanian yang bergantung pada eksploitasi sumber daya alam tanpa mempertimbangkan daya dukung lingkungan tidak lagi relevan untuk menjawab tantangan ketahanan pangan masa depan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang mampu menjaga keseimbangan antara peningkatan produksi pangan, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat pertanian

Pertanian berkelanjutan muncul sebagai paradigma alternatif dan solusi strategis yang menekankan pada pengelolaan sumber daya pertanian secara bijaksana dan berorientasi jangka panjang. Sistem ini tidak hanya bertujuan untuk menghasilkan pangan yang cukup dan berkualitas, tetapi juga menjaga keberlanjutan ekosistem, meningkatkan ketahanan petani terhadap risiko lingkungan dan ekonomi, serta memperkuat ketahanan pangan secara menyeluruh. Pertanian berkelanjutan mengintegrasikan aspek ekologis, ekonomi, dan sosial dalam satu kerangka pembangunan yang saling terkait (Sudjana et al., n.d.)

Menurut (Tim FAO, 2025) ketahanan pangan tercapai ketika seluruh masyarakat memiliki akses fisik, sosial dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan hidup aktif dan sehat. Ketahanan pangan tidak hanya berbicara tentang ketersediaan produksi, tetapi juga menyangkut distribusi, aksesibilitas, stabilitas pasokan serta kualitas gizi pangan itu sendiri. Sehingga, sistem pertanian yang hanya berorientasi pada peningkatan produksi tanpa memperhatikan keberlanjutan lingkungan tidak lagi memadai untuk menjawab tantangan global saat ini (Ardi, 2025)

Dalam kerangka pembangunan global, sistem pertanian berkelanjutan juga sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) terutama pada tujuan kedua (Zero Hunger) yang menekankan pada penghapusan kelaparan , penguatan ketahanan pangan, peningkatan kualitas gizi, serta pengembangan praktik pertanian yang berkelanjutan sRenstra Kementan 2020-2024, RI-2, 2021, n.d.). Oleh karena itu, penguatan sistem pertanian berkelanjutan bukan lagi sekadar alternatif kebijakan, melainkan suatu keharusan strategis guna menjamin ketersediaan pangan yang memadai dan bermutu bagi generasi masa kini maupun generasi yang akan datang (Mattalitti et al., n.d.)

Dalam perspektif ketahanan pangan, implementasi sistem pertanian berkelanjutan memegang peranan krusial karena dapat memastikan pasokan pangan yang konsisten, aman dikonsumsi, dan dapat diakses oleh masyarakat, baik saat ini maupun di masa depan (Admin Magister Agribisnis Pascasarjana, 2020; Charles et al., n.d.). Penerapan berbagai strategi seperti penganekaragaman komoditas, pelestarian sumber daya tanah dan air, penggunaan teknologi yang ramah lingkungan, serta penguatan kapasitas dan kelembagaan

petani menjadi langkah penting untuk membangun fondasi sistem pangan yang resilien dan berkeadilan. Dengan demikian, kajian mendalam mengenai sistem pertanian berkelanjutan sebagai upaya strategis dalam memperkuat ketahanan pangan menjadi sangat relevan dan penting untuk dibahas secara menyeluruh dalam buku ini.

1.2 Konsep dan Definisi Pertanian Berkelanjutan

Food and Agriculture Organization (FAO) mendefenisikan pertanian berkelanjutan sebagai pengelolaan dan konservasi sumber daya alam serta orientasi perubahan teknologi dan kelembagaan sedemikian rupa sehingga menjamin pemenuhan kebutuhan manusia secara berkelanjutan bagi generasi sekarang dan mendatang. Sistem ini menjaga kelestarian tanah, air dan sumber daya genetik tanaman maupun hewan tidak merusak lingkungan, (Building a Common Vision for Sustainable Food and Agriculture Principles and Approaches, n.d.) layak secara ekonomi dan dapat diterima secara sosial.

Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press. menjelaskan pertanian berkelanjutan sebagai sistem produksi pangan yang menerapkan prinsip-prinsip ekologi dalam desain dan pengelolaan agroekosistem sehingga mampu mempertahankan produktivitas dalam jangka panjang tanpa merusak lingkungan.

Bagi negara agraris seperti Indonesia, penerapan sistem pertanian berkelanjutan memiliki arti strategis. Selain untuk menjaga produktivitas lahan dan ketahanan pangan nasional, pendekatan ini juga berperan dalam mengurangi kemiskinan pedesaan, meningkatkan daya saing produk pertanian, serta memperkuat kemandirian petani. Transformasi menuju pertanian berkelanjutan memerlukan dukungan kebijakan,

inovasi teknologi, pendidikan, serta partisipasi aktif seluruh pemangku kepentingan. Hal ini juga sejalan dalam kerangka Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) terkait tujuan ke dua (zero hunger), dimana pertanian berkelanjutan dipahami sebagai praktik produksi pangan yang meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani, menjaga ekosistem, memperkuat kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim serta meningkatkan kualitas tanah (Org, n.d.)

Pertanian berkelanjutan memiliki tiga pilar utama yaitu (a) keberlanjutan ekologis dengan menjaga kelestarian tanah, air dan biodiversitas, (b) keberlanjutan ekonomi yang layak dan menguntungkan bagi petani, serta (c) keberlanjutan sosial yang adil, inklusif dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

1.3 Ketahanan Pangan sebagai Tujuan Pembangunan

Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi setiap individu baik dari sisi jumlah, mutu, keamanan dan aksesibilitasnya. Hal ini memungkinkan setiap orang hidup sehat, aktif dan produktif. (Tim FAO, 2025), yang menyatakan bahwa ketahanan pangan tercapai ketika *"semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan pangan dan preferensi makan mereka guna menjalani kehidupan yang aktif dan sehat."*

Indonesia menegaskan ketahanan pangan dalam Undang-undang Nomor 18 Tahun 2012 yang menyatakan bahwa ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau (Persetujuan Bersama, n.d.)

Ketahanan pangan memiliki 4 dimensi utama yaitu : (a) Ketersediaan yang mengacu pada tersedianya pangan dalam jumlah yang cukup melalui produksi domestik, cadangan pangan dan impor, (b) Akses yang berkaitan dengan kemampuan individu atau rumah tangga untuk memperoleh pangan, baik melalui pendapatan, distribusi dan bantuan sosial, (c) Pemanfaatan yang menyangkut cara tubuh memanfaatkan pangan yang dikonsumsi termasuk kualitas gizi, sanitasi, kesehatan dan pengetahuan tentang pola makan, (d) stabilitas yang menunjukkan keberlanjutan dari ketiga dimensi sebelumnya sepanjang waktu, tanpa terganggu oleh krisis ekonomi, bencana alam atau konflik.

Pembangunan merupakan proses perubahan yang direncanakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dalam berbagai aspek kehidupan, baik ekonomi, sosial, politik maupun budaya secara berkelanjutan (Todaro & Smith. Stephen C, 2015). Pembangunan merupakan multidimensi yang melibatkan perubahan besar yang arahnya ada pertumbuhan dari sisi ekonomi, sosial ataupun lingkungan. sementara (Seers, 1969) menjelaskan bahwa pembangunan harusnya diukur dari kemampuan negara dalam mengurangi masalah masalah yang menyebabkan pembangunan tidak terjadi yaitu kemiskinan, pengangguran dan ketimpangan.

Pembangunan juga diarahkan pada kebebasan masyarakat untuk memilih kehidupan yang mereka nilai berharga sehingga pembangunan merupakan proses perluasan nyata yang dinikmati oleh masyarakat (Sen, A, 1999 n.d.), World Development Report, 2000/2001: Attacking Poverty, 2001) menjelaskan bahwa pembangunan sebagai upaya pengurangan kemiskinan dan peningkatan kesejahteraan melalui pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

Tujuan pembangunan utama pembangunan itu sendiri meliputi:

1. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat

Kesejahteraan masyarakat erat kaitannya pada taraf hidup seseorang. Hal ini terkait pada peningkatan pendapatan, akses terhadap pekerjaan, pendidikan, layanan kesehatan dan perumahan yang layak.

2. Mengurangi Kemiskinan dan Ketimpangan

kemiskinan merupakan salah satu fenomena yang terjadi di suatu negara. Bagaimana negara dapat mengurangi kemiskinan dan memastikan masyarakatnya berada pada kehidupan yang layak. sehingga menekan angka kemiskinan dan mengurangi kesenjangan sosial dan ekonomi antar wilayah dan antara kelompok masyarakat harus menjadi point utama dalam pembangunan suatu negara.

3. Meningkatkan Kualitas Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia salah satu penggerak dalam pembangunan suatu wilayah. Pengembangan daerah/wilayah tidak hanya membutuhkan modal berupa uang tetapi orang-orang yang menjadi pemeran, pelaku dan penggerak dalam rencana pengembangan tersebut maka kualitas manusia sangat diperlukan.

Pembangunan seyogyanya diarahkan pada peningkatan kualitas manusia yang dilakukan tidak hanya pada segi pendidikan akan tetapi kesehatan, pemenuhan gizi sehingga tercipta masyarakat yang produktif dan mampu berdaya saing. Konsep ini juga sejalan dengan gagasan pembangunan manusia yang dicetus oleh Amartya Sen dimana pembangunan pada sumber daya manusia lebih menekankan pada pembangunan yang memperluas kebebasan dan kemampuan manusia tersebut.

4. Mewujudkan Pertumbuhan Ekonomi yang Berkelanjutan
Pertumbuhan ekonomi berkaitan dengan pendapatan nasional maka pertumbuhan ekonomi diperlukan agar dapat meningkatkan pendapatan nasional dan juga membuka lapangan pekerjaan. Disisi lain keberlanjutan dari pertumbuhan ekonomi juga penting untuk diperhatikan. hal ini berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam secara terus menerus sehingga perlu memperhatikan keberlanjutan lingkungan agar sumber daya alam yang ada dapat tetap dinikmati oleh generasi mendatang.
5. Menciptakan Stabilitas Sosial dan Politik
Kondisi sosial yang harmonis, stabil, aman dan demokratis menjadi salah satu tujuan dari pembangunan sehingga masyarakat dapat hidup bermasyarakat dalam ketertiban dan keadilan.
6. Menjamin Keberlanjutan Lingkungan
Pembangunan yang berkelanjutan (sustainable Development) merupakan konteks modern yang diarahkan pada pembangunan suatu wilayah/negara. sebagaimana yang dirumuskan dalam laporan World Commission on Environment and Development melalui (Komisi Brundtland, 1987) pembangunan yang berkelanjutan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Sehingga dalam pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan perlu diperhatikan untuk jangka panjang.
7. Mencapai Tujuan Global
Secara global, tujuan pembangunan dirumuskan dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)* oleh United Nations, yang mencakup 17 tujuan seperti penghapusan

kemiskinan, ketahanan pangan, kesehatan, pendidikan berkualitas, dan perlindungan lingkungan.

Tujuan pembangunan pada hakikatnya adalah meningkatkan kualitas hidup manusia secara adil, merata, dan berkelanjutan. Pembangunan tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga pada penguatan aspek sosial, peningkatan kapasitas manusia, perlindungan lingkungan, serta terciptanya kesejahteraan yang dapat dinikmati oleh generasi sekarang dan generasi yang akan datang.

1.4 Urgensi Penerapan Pertanian Berkelanjutan dalam Konteks Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan konsep multidimensi yang mencakup ketersediaan, akses, stabilitas, dan pemanfaatan pangan yang layak secara berkelanjutan (FAO, 1996). Dalam era tekanan global terhadap sumber daya alam dan perubahan iklim, ketahanan pangan kini menghadapi tantangan struktural yang semakin kompleks. Peningkatan populasi dunia yang diproyeksikan mencapai hampir 10 miliar pada tahun 2050 akan menuntut peningkatan produksi pangan global sebesar sekitar 100 % dari tingkat saat ini hanya untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dasar (FAO; Tillman, 2011) suatu keadaan yang hanya bisa dicapai melalui adopsi praktik pertanian yang berkelanjutan, efisien, dan tangguh terhadap gangguan lingkungan.(Panggabean et al., 2024)

Pertanian berkelanjutan, menurut definisi pembangunan berkelanjutan, merupakan pendekatan yang menyeimbangkan output ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial agar kemampuan memenuhi kebutuhan generasi sekarang tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang. Penerapan prinsip-prinsip ini menjadi sangat

penting mengingat keterbatasan lahan subur dan meningkatnya degradasi sumber daya alam akibat praktik intensifikasi yang tidak terkelola. Di Indonesia, laju alih fungsi lahan pertanian ke penggunaan nonpertanian diperkirakan mencapai hingga 100.000 hektare per tahun, mengurangi basis produktif lahan sawah yang menjadi sumber 95 % produksi pangan pokok nasional (Shiddieqy, 2024)

Secara empiris, data terbaru menunjukkan bahwa praktik pertanian berkelanjutan belum tersebar secara luas di Indonesia. Survei ekonomi pertanian tahun 2025 mengindikasikan bahwa sekitar 66,49 % lahan pertanian nasional belum memenuhi kriteria keberlanjutan, sedangkan hanya 33,51 % yang terkategori berkelanjutan dalam hal produktivitas lahan, ketahanan sistem, dan aspek lingkungan serta sosial. Hal ini menandakan adanya kebutuhan mendesak untuk inovasi teknis dan kelembagaan dalam mendukung transisi praktik pertanian berkelanjutan (Talattov et al., n.d.).

Selain itu, realitas struktural pertanian Indonesia memperlihatkan ketergantungan yang tinggi pada produksi tanaman pangan di wilayah-wilayah tertentu. Misalnya, lebih dari separuh produksi padi nasional terkonsentrasi di Pulau Jawa dan sebagian wilayah Sumatra, sehingga gangguan iklim atau bencana di wilayah sentra dapat berdampak luas pada pasokan pangan nasional. Data Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat produksi padi nasional pada Oktober 2025 mencapai sekitar 4,72 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) dari luas panen sekitar 0,86 juta hektare, menunjukkan pentingnya stabilitas musim tanam dan kesiapan input pertanian seperti pupuk untuk menjamin produktivitas (Satria, 2025).

Konteks ini diperkuat oleh dinamika kebijakan nasional: anggaran negara untuk ketahanan pangan dalam RAPBN 2026 mencapai sekitar Rp164,4 triliun, termasuk subsidi pupuk lebih

dari 9,62 juta ton serta alokasi untuk stabilisasi stok dan harga beras. Alokasi anggaran tersebut tidak hanya mencerminkan urgensi produksi pangan, tetapi juga kebutuhan untuk memperkuat sistem distribusi, cadangan pangan, dan proteksi sosial agar ketahanan pangan dapat tercapai secara berkelanjutan.

Secara teori, pengintegrasian praktik pertanian berkelanjutan pada sistem produksi pangan nasional bukan sekadar reformasi teknis, tetapi juga strategi adaptif terhadap risiko perubahan iklim, volatilitas harga komoditas, dan keterbatasan sumber daya alam. Intelegibilitas antara dimensi ekologis, ekonomi, dan sosial dalam perumusan kebijakan dan implementasi di lapangan menjadi prasyarat agar tujuan ketahanan pangan dapat dicapai tidak hanya dalam jangka pendek, tetapi juga berkelanjutan dalam jangka Panjang (Ramadhani & Safira, 2025).

Dengan demikian, urgensi penerapan pertanian berkelanjutan terletak pada kebutuhan untuk:

1. Mempertahankan dan meningkatkan produktivitas lahan secara efisien;

Pertanian berkelanjutan bertujuan menjaga produktivitas dalam jangka panjang tanpa merusak sumber daya dasar seperti tanah, air dan keanekaragaman hayati. Sistem pertanian yang konvensional bergantung pada input kimia yang tinggi secara kontinyu sering meningkatkan hasil dalam jangka pendek, tetapi dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi tanah, penurunan kesuburan, erosi dan ketergantungan pada pupuk dan pestisida yang bersifat kimia.

Pendekatan berkelanjutan yang dimaksud disini membantu menjaga struktur dan kesuburan tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi dan mengurangi

kehilangan akibat degradasi lahan. Menurut FAO, keberlanjutan produktivitas pertanian sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pangan global tanpa memperluas lahan pertanian secara masif yang dapat merusak ekosistem alami (*Developmentasfreedomsiribookreview*, n.d.). Selain itu menegaskan bahwa praktik pengellaan lahan berkelanjutan dapat meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi emisi gas rumah kaca.

2. Melindungi dan memulihkan kualitas lingkungan hidup;
Penyumbang utama degradasi lingkungan melalui deforestasi, pencemaran air , serta emisi gas rumah kaca adalah salah satunya dari sektor pertanian. Pertanian berkelanjutan berupaya dalam meminimalkan dampak tersebut
3. Memastikan stabilitas dan akses pangan untuk seluruh lapisan masyarakat;
Stabilitas dan akses pangan merupakan bagian dari konsep ketahanan pangan dimana menurut (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023; Tim FAO, 2025) terdiri 4 pilar yaitu ketersediaan, akses, pemanfaatan dan stabilitas. oleh karena itu pertanian berkelanjutan berperan dalam menjaga ke empat pilar diatas.
4. Mengembangkan sistem produksi yang tangguh terhadap gangguan eksternal seperti perubahan iklim dan bencana alam.
Perubahan iklim berdampak langsung pada sektor pertanian. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang paling rentan terhadap perubahan iklim sekaligus berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca

Pendekatan ini merupakan fondasi analitis dan praktis dalam sistem pertanian modern yang dapat mendukung

ketahanan pangan nasional secara berkelanjutan yang menjadi sebuah tantangan utama bagi negara agraris seperti Indonesia di abad ke-21.

1.5 Keterkaitan Tujuan Pembangunan dengan Ketahanan Pangan

Pada penjelasan dibagian subbab sebelumnya bahwa pembangunan pada hakikatnya bertujuan meningkatkan kualitas hidup manusia secara berkelanjutan disamping mengurangi kemiskinan, pengangguran dan kehidupan yang adil dan sejahtera. Sementara itu, ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya kebutuhan pangan yang cukup, aman, bergizi, dan terjangkau bagi seluruh masyarakat.

Menurut ("The State of Food Security and Nutrition in the World 2023," 2023), ketahanan pangan tercapai ketika semua orang memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup untuk hidup sehat dan produktif. Dalam konteks global, ketahanan pangan secara eksplisit menjadi bagian dari agenda pembangunan melalui SDG 2 (*Zero Hunger*) yang dicanangkan oleh United Nations. Dengan demikian, ketahanan pangan bukan hanya sektor pertanian semata tetapi merupakan indikator utama keberhasilan Pembangunan.

Hubungan sistematis antara tujuan Pembangunan dan ketahanan pangan adalah sebagai berikut:

1. Pembangunan untuk pengentasan kemiskinan (akses pangan)

Kemiskinan merupakan salah satu masalah yang dihadapi oleh suatu negara. Tujuan dari Pembangunan adalah salah satunya mengurangi Tingkat kemiskinan. Kemiskinan disini berkaitan dengan keterbatasan akses terhadap pangan.

Pendapatan yang rendah akan mengakibatkan daya beli juga akan rendah sehingga akan terjadi rawan pangan.

sebaliknya jika pendapatan seseorang/rumah tangga meningkat maka akan berdampak pada akses pangan yang juga meningkat. Artinya bahwa Pembangunan ekonomi yang inklusif akan memperkuat dimensi akses dalam ketahanan pangan. sehingga dapat disimpulkan bahwa Pembangunan untuk pengentaskan kemiskinan akan berkaitan pada akses pangan

2. Pembangunan Kesehatan

Tujuan Pembangunan lainnya adalah peningkatan derajat Kesehatan masyarakat. Seberapa mudah masyarakat dapat memanfaatkan pangan untuk mencukupi Kesehatan dan seberapa banyak dapat memanfaatkan pangan untuk mencukupi Kesehatan masyarakat.

Ketahanan pangan bukan hanya soal kuantitas pangan tetapi juga kualitas, sanitasi dan pola konsumsi. Masyarakat yang sehat mampu memanfaatkan pangan. secara optimal sebaliknya masyarakat yang kekurangan gizi seperti stunting, malnutrisi akan mengakibatkan kegagalan dalam Pembangunan di sektor Kesehatan dan pangan.

Angka menunjukkan bahwa terjadi penurunan stunting di Indonesia. Angka prevalensi nasional berhasil ditekan hingga 19,8% pada tahun 2024 sesuai hasil Survei Status Gizi Indonesia 2024. Capaian ini merupakan hasil intervensi yang dilakukan selama 5 tahun terakhir, dimana prevalensi stunting menurun secara bertahap dari 27,7% pada tahun 2019. Angka ini menunjukkan Upaya peningkatan kualitas Kesehatan anak dan SDM di Indonesia berjalan sesuai target dan perencanaan (Humas BKPK, 2025)

3. Pembangunan Pendidikan

Pendidikan merupakan salah satu aspek yang utama dalam peningkatan kualitas sumber daya manusia. Pembangunan Pendidikan diarahkan pada bagaimana individu dapat

meningkatkan pengetahuan gizi, kemampuan mengelola usahatani dan inovasi pertanian.

Konsep Pembangunan manusia yang dikemukakan oleh Amartya Sen menekankan bahwa Pembangunan harus memperluas kemampuan manusia. Petani yang terdidika akan lebih adaptif dalam menerima teknologi dan perubahan yang terjadi seperti iklim sehingga akan mendukung dimensi ketersediaan pangan. Sebaliknya petani yang tidak terdidik akan sulit dalam menerima teknologi dan perubahan alam yang akan mempengaruhi mereka dalam ketersediaan pangan. Ketersediaan pangan akan mempengaruhi pola konsumsi seseorang yang juga akan mengganggu produktivitas seseorang.

4. Pembangunan Pertanian

sektor pertanian adalah fondasi utama dalam ketahanan pangan. Negara Indonesia yang dianugerahkan sebagai negara agrarasi yang memiliki ribuan potensi sumber daya alam dalam sektor pertanian. Tujuan Pembangunan ekonomi nasional mencakup peningkatan produksi, modernisasi pertanian dan peningkatan pendapatan petani.

Produksi yang stabil dan berkelanjutan menjamin dimensi ketersediaan pangan dalam jangka panjang. oleh karena itu diperlukan pengelolaan yang tepat untuk menjamin ketersediaan sektor pertanian untuk jangka panjang.

5. Pembangunan Berkelanjutan Stabilitas Pangan

Menurut (Komisi Brundtland, 1987), Pembangunan berkelanjutan harus memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan generasi yang akan datang. Hal ini berkaitan dengan lingkungan dimana Pembangunan yang tidak memperhatikan lingkungan akan mengakibatkan degradasi tanah, krisis air dan perubahan iklim. Oleh

karena itu diperlukan Pembangunan yang berkelanjutan lingkungan akan memperkuat dimensi stabilitas dalam ketahanan pangan.

Ketahanan pangan dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan Pembangunan karena (1) menunjukkan Tingkat kesejahteraan masyarakat, (2) menggambarkan distribusi ekonomi yang adil, (3) mencerminkan kualitas sumber daya manusia, (4) menjadi faktor stabilitas social dan politik. Jika suatu negara dengan ketahanan pangan yang kuat maka akan cenderung memiliki Pembangunan yang stabil dan berkelanjutan. Selain itu ketahanan pangan merupakan tujuan pembangunan yang fundamental karena berkaitan langsung dengan kelangsungan hidup, kualitas sumber daya manusia, serta stabilitas ekonomi dan sosial suatu negara. Sebagai bagian dari agenda pembangunan nasional dan global, ketahanan pangan menuntut kebijakan yang komprehensif, berkelanjutan, dan berkeadilan agar kebutuhan pangan generasi sekarang dan mendatang dapat terpenuhi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Building a common vision for sustainable food and agriculture Principles and Approaches. (n.d.).
- Charles, H., Godfray, J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (n.d.). *Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People*. Retrieved www.sciencemag.org
- Westhoek H, Ingram J dkk, 2016. Food Systems and Natural Resources. Internasional Resources Panel. UNESCO
- Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2021. Renstra Kementan, 2020-2024 Revisi 2 26 Agsutus 2021 (n.d.).
- Keraf Marianus M.B, Haryono Bambang S, Wanusmawatie I, (2022). Pendekatan Pembangunan Berkelanjutan Dalam Perencanaan Pembangunan Desa (studi di Kecamatan Alok Kabupaten Sikka). Jurnal Administrasi Publik (JAP), Vol 5 No 7 Hal 435-441.
- Komisi Brundtland. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Mattalitti, M. I., Hos, J., Moita, S., Upe, A., & Kariuki, C. N. (n.d.). Sustainable Agriculture Development and Food Security: A Systematic Review. In *Indonesian Annual Conference Series* (Vol. 3).
- Org, S. U. (n.d.). Transforming Our World The 2030 Agenda For Sustainable Development United Nations Transforming Our World; The 2030 Agenda for Sustainable Development
- Panggabean, R., Chalidah. Sri N, Karina, G., & Haniy, S. U. (2024, April). Membangun Ketahanan Pangan Indonesia 2030. *WRI Indonesia*.
- Persetujuan Bersama, D. (n.d.). Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia.
- Seers, D. (1969). The Meaning of Development.

- Sudjana, H. B., Agroteknologi, T. E., Pertanian, F., & Abstrak, U. (n.d.). Pertanian berkelanjutan Berbasis Kesehatan tanah dalam mendukung Ketahanan Pangan.
- Talattov, A., Nur'aeni, A., Hasbi, M., Kevin, G., & Simarmata, J. (n.d.). Monitoring Issue of Food, Energy and Sustainable Development Satu Tahun Kabinet Merah Putih: Menguji Janji Swasembada Pangan dan Energi Center of Food, Energy and Sustainable Development (CFESD).
- The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. (2023). In The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO; <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Tim FAO. (2025). Sustainable Food and Agriculture. Food And Agriculture Organization of United Nations.
- Todaro, M. P., & Smith. Stephen C. (2015). Pembangunan Ekonomi (D. Bernadi, S. Saat, & W. Hardani, Eds.; 9th ed., Vol. 1). Erlangga.
- Magister Agribisnis Pascasarjana. (2020, October). Prinsip Pertanian Berkelanjutan. Magister Agribisnis Pascara Sarjana Universitas Medan Area .
- Shiddieqy, M. I. (2024, October). Lahan dan Produktivitas Pertanian. *Kompas.Id*.
- Ardi. (2025, January). *Pentingnya Pertanian Berkelanjutan untuk Masa Depan Pangan Indonesia*. Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
- Humas BKKP. (2025, September). Potret Stunting di Indoensia. Kemenkes BKKP.
- Ramadhani, D. R., & Safira, N. (2025, September). Ketahanan Pangan Indonesia: Dari Kecukupan Menuju Kedaulatan. Kementrian Keuangan RI.
- Satria, D. (2025, December). Ketika Bencana Menguji Ketahanan Pangan: Peran Pupuk Menjaga Sawah Pascabencana Sumatra. Ruzka Indonesia.Id.

BAB 2

KONSEP KETAHANAN PANGAN

2.1 Pendahuluan

Ketahanan pangan merupakan salah satu isu fundamental dalam pembangunan pertanian dan pembangunan berkelanjutan karena berkaitan langsung dengan pemenuhan kebutuhan dasar manusia, kualitas sumber daya manusia, serta stabilitas sosial dan ekonomi. Dalam konteks pembangunan pertanian berkelanjutan, pertanian tidak lagi dipahami semata-mata sebagai kegiatan produksi pangan, melainkan sebagai bagian dari sistem yang lebih luas yang mencakup aspek lingkungan, sosial, ekonomi, dan kelembagaan (Saputro *et al.*, 2024). Oleh karena itu, ketahanan pangan menjadi indikator strategis untuk menilai keberhasilan sistem pertanian dan kebijakan pembangunan.

Dalam kerangka pembangunan berkelanjutan, ketahanan pangan tidak hanya dimaknai sebagai kecukupan pangan pada satu periode tertentu, tetapi sebagai kemampuan sistem pangan untuk menyediakan pangan yang cukup, aman, bergizi, dan terjangkau secara konsisten dari waktu ke waktu. Tantangan seperti perubahan iklim, degradasi sumber daya alam, pertumbuhan penduduk, dan dinamika ekonomi global menuntut sistem pertanian yang adaptif dan tangguh (Nubatonis *et al.*, 2025). Dengan demikian, pertanian berkelanjutan memiliki peran sentral dalam menjamin ketahanan pangan jangka panjang.

Bab ini membahas konsep ketahanan pangan secara komprehensif, mencakup definisi, evolusi pemikiran, pilar

utama, dimensi lintas sektor, serta keterkaitannya dengan pembangunan berkelanjutan. Pembahasan ini dimaksudkan sebagai landasan konseptual yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menganalisis sistem pertanian berkelanjutan dan kebijakan pangan di berbagai konteks wilayah.

2.2 Definisi dan Evolusi Konsep Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan konsep yang terus mengalami perkembangan seiring dengan perubahan tantangan pembangunan dan transformasi sistem pangan global. Pada tahap awal, ketahanan pangan lebih banyak dipahami melalui perspektif ketersediaan pangan nasional, terutama kemampuan suatu negara dalam memproduksi atau menyediakan pangan dalam jumlah yang cukup. Seiring waktu, pendekatan ini dinilai belum memadai untuk menjelaskan kompleksitas permasalahan pangan yang terjadi di tingkat rumah tangga dan individu.

Perkembangan pemikiran selanjutnya memperluas cakupan ketahanan pangan dengan memasukkan aspek akses, pemanfaatan, dan keberlanjutan. Pemahaman ini menempatkan produksi, distribusi, dan konsumsi pangan dalam satu kerangka sistem yang saling terkait. Oleh karena itu, pemahaman yang jelas mengenai definisi dan evolusi konsep ketahanan pangan menjadi penting sebagai dasar analisis sistem pertanian berkelanjutan.

2.2.1 Definisi Ketahanan Pangan

Berbagai lembaga internasional dan nasional telah merumuskan definisi ketahanan pangan dengan penekanan yang berbeda namun saling melengkapi. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (Food and Agriculture Organization/FAO)

mendefinisikan ketahanan pangan sebagai kondisi ketika semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik, sosial, dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan gizi serta preferensi pangan guna hidup aktif dan sehat (Heryadi *et al.*, 2025). Definisi ini menegaskan bahwa ketahanan pangan bersifat multidimensi dan berkelanjutan.

World Food Summit menempatkan ketahanan pangan sebagai bagian dari hak dasar manusia atas pangan, sehingga negara memiliki tanggung jawab untuk menjamin terpenuhinya kebutuhan pangan masyarakat secara adil dan berkelanjutan (Widyastuti, Arenawati and Prafitri, 2021). Di tingkat nasional, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan merumuskan ketahanan pangan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi negara hingga perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, aman, bermutu, bergizi, merata, dan terjangkau, serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat (Republik Indonesia, 2012).

Sintesis dari berbagai definisi tersebut menunjukkan bahwa ketahanan pangan mencakup empat unsur utama, yaitu ketersediaan pangan, akses pangan, pemanfaatan pangan, dan stabilitas pemenuhannya dari waktu ke waktu. Keempat unsur ini menegaskan bahwa ketahanan pangan merupakan hasil kinerja sistem pangan secara menyeluruh, bukan hanya capaian produksi pertanian.

Implikasi definisi ini terhadap sistem pertanian sangat jelas. Sistem pertanian tidak cukup hanya berorientasi pada peningkatan hasil produksi, tetapi juga harus menjamin keberlanjutan sumber daya alam, kesejahteraan pelaku pertanian, serta distribusi dan pemanfaatan pangan yang adil dan berkualitas. Dengan demikian, sistem pertanian

berkelanjutan menjadi prasyarat utama dalam mendukung ketahanan pangan jangka panjang.

2.2.2 Evolusi Konsep Ketahanan Pangan

Perkembangan konsep ketahanan pangan dapat ditelusuri melalui pergeseran pendekatan dalam kebijakan dan kajian pangan. Pada tahap awal, ketahanan pangan lebih banyak dipahami melalui pendekatan produksi, dengan fokus pada peningkatan hasil pertanian sebagai solusi utama pemenuhan kebutuhan pangan. Pendekatan ini berangkat dari asumsi bahwa ketersediaan pangan yang cukup secara agregat akan secara otomatis menjamin terpenuhinya kebutuhan pangan masyarakat.

Pengalaman berbagai krisis pangan menunjukkan bahwa asumsi tersebut tidak selalu berlaku. Ketimpangan distribusi, keterbatasan daya beli, serta masalah kualitas dan keamanan pangan menyebabkan kerawanan pangan tetap terjadi meskipun produksi meningkat (Nurhayati *et al.*, 2024). Kondisi ini mendorong pergeseran pemahaman ketahanan pangan menuju pendekatan sistem pangan, yang memandang ketahanan pangan sebagai hasil interaksi antara produksi, distribusi, akses, dan pemanfaatan pangan.

Dalam perkembangan selanjutnya, meningkatnya tekanan terhadap sumber daya alam dan munculnya tantangan global, seperti perubahan iklim dan volatilitas pasar, memperkuat perhatian terhadap aspek keberlanjutan dan resiliensi. Ketahanan pangan tidak lagi hanya diukur dari kemampuan memenuhi kebutuhan pangan saat ini, tetapi juga dari kemampuan sistem pangan untuk bertahan, beradaptasi, dan pulih dari berbagai gangguan. Dalam konteks ini, sistem pertanian berkelanjutan dipandang sebagai fondasi penting dalam membangun sistem pangan yang tangguh.

2.2.3 Ketahanan Pangan, Kedaulatan Pangan, dan Keamanan Pangan

Dalam literatur kebijakan dan akademik, istilah ketahanan pangan, kedaulatan pangan, dan keamanan pangan sering digunakan secara bergantian, meskipun ketiganya memiliki fokus dan implikasi yang berbeda. Ketahanan pangan menekankan pada hasil yang ingin dicapai, yaitu terpenuhinya kebutuhan pangan masyarakat secara berkelanjutan melalui ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan.

Kedaulatan pangan menitikberatkan pada hak masyarakat dan negara untuk menentukan sistem pangan secara mandiri, termasuk pilihan produksi, distribusi, dan konsumsi yang sesuai dengan kondisi lokal, budaya, dan kepentingan nasional (Sugeng, Rohman and Putri, 2021). Konsep ini menekankan kontrol dan pengambilan keputusan atas sistem pangan.

Sementara itu, keamanan pangan berfokus pada aspek mutu dan keamanan pangan, yaitu memastikan pangan bebas dari kontaminasi biologis, kimia, maupun fisik sehingga aman dikonsumsi (Yulianti *et al.*, 2022). Perbedaan fokus ini menunjukkan bahwa ketiga konsep tersebut saling melengkapi dalam membangun sistem pangan yang berkelanjutan.

2.3 Pilar Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan umumnya dianalisis melalui empat pilar utama, yaitu ketersediaan pangan, akses pangan, pemanfaatan pangan, dan stabilitas pangan. Pilar-pilar ini berfungsi sebagai kerangka konseptual untuk mengevaluasi kinerja sistem pangan secara menyeluruh, bukan sebagai langkah teknis atau indikator operasional semata.

Keempat pilar tersebut saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan. Ketersediaan pangan yang memadai tidak akan

menghasilkan ketahanan pangan apabila akses masyarakat terhadap pangan terbatas. Demikian pula, pemanfaatan pangan yang optimal memerlukan ketersediaan dan akses yang memadai. Dengan menggunakan pilar-pilar ini, analisis sistem pertanian berkelanjutan dapat dilakukan secara komprehensif, mencakup aspek produksi, distribusi, konsumsi, dan ketahanan terhadap risiko.

2.3.1 Ketersediaan Pangan

Ketersediaan pangan merujuk pada jumlah pangan yang tersedia bagi masyarakat, baik yang berasal dari produksi domestik, impor, maupun cadangan pangan (Islam, 2025). Dalam perspektif pertanian berkelanjutan, ketersediaan pangan tidak hanya diukur dari volume produksi, tetapi juga dari kemampuan sistem pertanian dalam mempertahankan produktivitas jangka panjang tanpa merusak sumber daya alam.

Praktik pertanian yang menjaga kesuburan tanah, efisiensi penggunaan air, dan keanekaragaman hayati berperan penting dalam menjamin keberlanjutan produksi pangan. Selain itu, keberadaan cadangan pangan berfungsi sebagai penyangga terhadap fluktuasi produksi akibat perubahan iklim, bencana alam, atau gangguan pasar (Lassa *et al.*, 2018). Dengan demikian, ketersediaan pangan dalam kerangka keberlanjutan menekankan keseimbangan antara produktivitas dan kelestarian sumber daya.

2.3.2 Akses Pangan

Akses pangan mengacu pada kemampuan individu atau rumah tangga untuk memperoleh pangan yang cukup, aman, dan bergizi secara fisik dan ekonomi (Liu *et al.*, 2025). Pilar ini menyoroti peran pendapatan, harga pangan, infrastruktur

distribusi, dan mekanisme pasar dalam menentukan tingkat ketahanan pangan masyarakat.

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, akses pangan juga berkaitan dengan pemerataan hasil pertanian dan penguatan rantai pasok lokal. Sistem pertanian yang efisien dan inklusif dapat meningkatkan produksi sekaligus memperbaiki distribusi pangan, sehingga kelompok rentan tetap memiliki akses terhadap pangan yang layak.

2.3.3 Pemanfaatan Pangan

Pemanfaatan pangan berkaitan dengan cara pangan dikonsumsi dan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan gizi dan kesehatan (Hussain *et al.*, 2025). Pilar ini mencakup aspek kualitas, keamanan, dan nilai gizi pangan, karena ketersediaan dan akses saja tidak menjamin terpenuhinya kebutuhan gizi masyarakat.

Dalam sistem pertanian berkelanjutan, pemanfaatan pangan terkait dengan kualitas hasil produksi, praktik pascapanen, serta pengolahan dan penyimpanan pangan yang efisien dan ramah lingkungan (Rizzo, 2025). Pemanfaatan pangan yang baik memastikan bahwa pangan yang tersedia benar-benar berkontribusi terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

2.3.4 Stabilitas Pangan

Stabilitas pangan merujuk pada kemampuan sistem pangan untuk mempertahankan ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan secara konsisten dari waktu ke waktu. Pilar ini menekankan resiliensi sistem pangan terhadap gangguan, seperti perubahan iklim, fluktuasi harga, bencana alam, dan guncangan sosial-ekonomi (Trasca *et al.*, 2025).

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, stabilitas pangan berkaitan dengan kemampuan sistem produksi untuk menjaga tingkat hasil secara berkelanjutan, berfungsinya sistem distribusi pangan, serta keberadaan cadangan pangan dan mekanisme pasar yang mendukung kontinuitas pasokan (Huang *et al.*, 2025). Sistem pertanian yang berkelanjutan diharapkan mampu meminimalkan risiko ketidakstabilan pasokan pangan melalui pengelolaan sumber daya yang efisien dan adaptif.

2.4 Dimensi Ketahanan Pangan

Selain dianalisis melalui empat pilar utama, ketahanan pangan juga dapat dipahami melalui dimensi lintas sektor yang memberikan perspektif yang lebih holistik terhadap sistem pangan. Dimensi ini mencakup aspek ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan (Crossland *et al.*, 2025), yang berperan dalam membentuk kemampuan masyarakat dan sistem pangan dalam memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan.

Pendekatan dimensi memungkinkan analisis ketahanan pangan tidak hanya berfokus pada hasil akhir berupa ketersediaan pangan, tetapi juga pada faktor-faktor struktural yang memengaruhi produksi, distribusi, pemanfaatan sumber daya, serta perumusan dan implementasi kebijakan. Dengan demikian, dimensi ketahanan pangan membantu menjelaskan interaksi antara berbagai komponen sistem pangan yang menentukan keberlanjutan pemenuhan pangan masyarakat.

2.4.1 Dimensi Ekonomi

Dimensi ekonomi menekankan keterkaitan antara ketahanan pangan, keberlanjutan pendapatan, dan kinerja sistem pasar pangan. Faktor-faktor ekonomi yang

memengaruhi ketahanan pangan meliputi tingkat pendapatan rumah tangga, harga pangan, akses terhadap modal dan teknologi, serta efisiensi rantai pasok pangan (Timmer, 2000). Faktor-faktor tersebut menentukan kemampuan masyarakat dalam memperoleh pangan yang cukup dan terjangkau secara berkelanjutan.

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, dimensi ekonomi berkaitan dengan kemampuan sistem pertanian untuk menyeimbangkan produktivitas, profitabilitas, dan stabilitas pasar. Sistem pangan yang kuat secara ekonomi mampu meredam fluktuasi harga, mendukung distribusi pangan yang lebih merata, serta menjaga daya beli masyarakat. Ketahanan pangan tidak hanya ditentukan oleh jumlah pangan yang diproduksi, tetapi juga oleh stabilitas ekonomi yang memastikan pangan dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat (Putri *et al.*, 2024).

2.4.2 Dimensi Sosial

Dimensi sosial menekankan aspek keadilan dalam akses pangan serta perlindungan terhadap kelompok rentan, seperti anak-anak, ibu hamil, lansia, dan masyarakat berpendapatan rendah. Ketahanan pangan dalam dimensi ini tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan pangan, tetapi juga dengan kemampuan masyarakat untuk memperoleh pangan secara adil, tanpa diskriminasi sosial, geografis, maupun ekonomi (Yusriadi, 2025).

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, dimensi sosial mencakup pemberdayaan petani, partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan, serta pemerataan manfaat sistem pangan. Evaluasi dimensi ini memungkinkan penilaian mengenai sejauh mana sistem pertanian mampu menjamin akses pangan yang inklusif, memperkuat kapasitas sosial

komunitas, dan mengurangi kerentanan kelompok marginal terhadap risiko krisis pangan. Dengan demikian, ketahanan pangan yang berkelanjutan tidak hanya menekankan aspek produktivitas, tetapi juga kesejahteraan dan keadilan sosial.

2.4.3 Dimensi Lingkungan

Dimensi lingkungan menekankan peran daya dukung ekosistem pertanian dalam menjamin ketahanan pangan jangka panjang. Sistem pangan yang bergantung pada sumber daya alam perlu mempertimbangkan kondisi dan keberlanjutan unsur-unsur ekosistem, seperti kesehatan tanah, ketersediaan air, keanekaragaman hayati, serta keseimbangan ekologi (Efendi *et al.*, 2025). Gangguan terhadap ekosistem berpotensi menurunkan produktivitas pangan dan meningkatkan kerentanan stabilitas pasokan pangan.

Dalam perspektif pertanian berkelanjutan, dimensi lingkungan berkaitan dengan penerapan praktik yang menjaga kelestarian sumber daya alam sekaligus mempertahankan kapasitas produksi pangan. Evaluasi dimensi ini memungkinkan analisis mengenai ketahanan sistem pangan terhadap tekanan lingkungan, termasuk degradasi lahan, perubahan iklim, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Dengan demikian, ketahanan pangan yang berkelanjutan hanya dapat dicapai apabila sistem pertanian mampu memelihara kapasitas ekosistem sebagai fondasi produksi pangan dalam jangka panjang.

2.4.4 Dimensi Kelembagaan

Dimensi kelembagaan menekankan peran tata kelola dan koordinasi kebijakan pangan dalam mendukung ketahanan pangan. Sistem pangan yang tangguh memerlukan kerangka regulasi, kelembagaan, serta mekanisme koordinasi

yang efektif antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat. Tanpa dukungan kelembagaan yang kuat, upaya peningkatan ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan cenderung tidak berjalan secara optimal (Hasan and Daryanto, 2024).

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, dimensi kelembagaan mencakup perencanaan dan pelaksanaan kebijakan, pengawasan distribusi pangan, dukungan terhadap riset dan teknologi, serta penguatan kapasitas organisasi petani (Usman, Tahir and Nurhapsa, 2025; Elizabeth, 2019). Evaluasi dimensi ini memungkinkan penilaian mengenai kualitas pengelolaan sistem pangan, tingkat koordinasi antarinstansi, serta peran kebijakan dalam mendorong keberlanjutan produksi dan pemerataan akses pangan. Dengan demikian, ketahanan pangan tidak hanya ditentukan oleh aspek produksi dan distribusi, tetapi juga oleh kekuatan lembaga dan efektivitas tata kelola.

2.5 Ketahanan Pangan dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan

Ketahanan pangan merupakan komponen penting dalam pembangunan berkelanjutan karena menjadi dasar bagi kesehatan masyarakat, produktivitas ekonomi, dan stabilitas sosial. Dalam kerangka ini, ketahanan pangan tidak dipahami sebagai tujuan yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari sistem yang saling terkait antara produksi pertanian, pengelolaan sumber daya alam, distribusi pangan, kesejahteraan sosial, dan tata kelola. Pendekatan pembangunan berkelanjutan menekankan bahwa sistem pertanian harus mampu memenuhi kebutuhan pangan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya (Saputro *et al.*, 2024).

Integrasi konseptual antara ketahanan pangan dan pembangunan berkelanjutan menegaskan pentingnya interaksi antara pilar dan dimensi ketahanan pangan yang telah dibahas sebelumnya, yaitu ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas pangan, serta dimensi ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan. Dengan kerangka ini, ketahanan pangan dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai keberhasilan sistem pertanian berkelanjutan sekaligus sebagai tolok ukur pencapaian tujuan pembangunan yang lebih luas.

2.5.1 Ketahanan Pangan dan SDGs

Dalam konteks global, ketahanan pangan memiliki keterkaitan yang erat dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Tujuan 2: *Zero Hunger*, yang menekankan pemenuhan akses terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi bagi seluruh penduduk sepanjang tahun (Sari *et al.*, 2025). Pencapaian tujuan ini tidak berdiri sendiri, karena ketahanan pangan juga berkontribusi terhadap tujuan pembangunan lainnya, seperti pengentasan kemiskinan (SDG 1), peningkatan kesehatan dan kesejahteraan (SDG 3), peningkatan kualitas pendidikan (SDG 4), serta pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (SDG 12–15).

Pemahaman terhadap keterkaitan tersebut memungkinkan ketahanan pangan dianalisis sebagai bagian dari upaya pembangunan yang bersifat integratif. Dalam kerangka ini, pertanian berkelanjutan dipandang sebagai mekanisme utama yang mendukung pencapaian tujuan pembangunan global. Evaluasi ketahanan pangan melalui perspektif SDGs memberikan pendekatan yang lebih holistik, sehingga strategi yang dirumuskan tidak hanya berfokus pada peningkatan produksi pangan, tetapi juga memperhatikan

keadilan sosial, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan ekonomi jangka panjang (Hiywotu, 2025).

2.5.2 Peran Sistem Pertanian Berkelanjutan

Ketahanan pangan tidak dapat dipisahkan dari keberadaan sistem pertanian yang berkelanjutan, karena produksi pangan bergantung pada kelestarian sumber daya alam, kesejahteraan petani, serta efisiensi sistem distribusi. Sistem pertanian berkelanjutan menekankan keseimbangan antara produktivitas, perlindungan lingkungan, dan aspek sosial-ekonomi, sehingga ketersediaan pangan dapat terjaga baik dari segi jumlah maupun mutu serta dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat (Sayani *et al.*, 2024).

Dalam kerangka ini, ketahanan pangan dipandang sebagai hasil dari integrasi praktik pertanian yang efisien, ramah lingkungan, dan inklusif. Pertanian berkelanjutan mendukung ketersediaan pangan melalui diversifikasi tanaman dan pemanfaatan sumber daya lokal, memperkuat akses pangan melalui penguatan rantai pasok, serta mendorong pemanfaatan pangan yang sehat dan bergizi (Mihrete and Mihretu, 2025). Dengan demikian, ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan memiliki hubungan yang saling menguatkan, di mana sistem pertanian yang tangguh mendukung ketahanan pangan, sementara tuntutan ketahanan pangan mendorong penerapan praktik pertanian yang berkelanjutan.

2.5.3 Keseimbangan Produktivitas dan Keberlanjutan

Salah satu tantangan utama dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah menjaga keseimbangan antara peningkatan produktivitas pangan dan keberlanjutan ekosistem serta kondisi sosial ekonomi. Upaya peningkatan

produksi pangan sering kali bergantung pada penggunaan input yang intensif atau praktik yang berpotensi menimbulkan degradasi lingkungan, sementara penerapan praktik ramah lingkungan dalam beberapa kasus dikaitkan dengan tingkat produktivitas yang lebih rendah (Touch *et al.*, 2025). Kondisi ini menunjukkan adanya *trade-off* konseptual yang perlu dikelola agar ketahanan pangan tetap terjaga tanpa mengurangi kapasitas jangka panjang sistem pertanian.

Pendekatan konseptual menekankan bahwa keseimbangan tersebut dapat dicapai melalui integrasi teknologi, diversifikasi produksi, pengelolaan sumber daya yang efisien, serta dukungan kebijakan yang tepat (Islam, 2025). Dengan pendekatan ini, sistem pertanian tidak hanya berorientasi pada peningkatan output jangka pendek, tetapi juga pada keberlanjutan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Evaluasi terhadap *trade-off* antara produktivitas dan keberlanjutan menjadi penting untuk memastikan bahwa ketahanan pangan dapat dicapai secara berkelanjutan dan memiliki ketahanan terhadap guncangan dalam jangka panjang.

2.6 Tantangan Utama Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan menghadapi berbagai tantangan struktural yang kompleks dan saling terkait. Tantangan-tantangan ini tidak berdiri sendiri, melainkan saling memengaruhi dalam membentuk kinerja sistem pangan secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap tantangan ketahanan pangan menjadi penting untuk menganalisis sistem pertanian berkelanjutan secara realistis dan komprehensif.

Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman global utama terhadap ketahanan pangan. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu, serta meningkatnya frekuensi dan

intensitas kejadian cuaca ekstrem memengaruhi ketersediaan pangan melalui penurunan hasil tanaman, percepatan degradasi tanah, dan gangguan distribusi pangan (Bopushev, Tokobaev and Sultakeev, 2025; Elkhalfi *et al.*, 2025). Dampak ini meningkatkan ketidakpastian produksi pangan dan memperbesar risiko gangguan pasokan.

Selain faktor lingkungan, tekanan pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan pertanian turut menambah kompleksitas tantangan ketahanan pangan. Pertumbuhan penduduk meningkatkan permintaan pangan, sementara konversi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman atau industri mengurangi luas lahan produktif (Molotoks, Smith and Dawson, 2021). Kondisi ini menciptakan ketegangan antara kebutuhan pemenuhan pangan jangka pendek dan upaya konservasi sumber daya alam dalam jangka panjang.

Dari sisi ekonomi dan politik, ketergantungan terhadap impor pangan menjadi tantangan yang signifikan. Ketergantungan yang tinggi membuat sistem pangan rentan terhadap fluktuasi harga internasional, perubahan kebijakan perdagangan global, serta gangguan rantai pasok lintas negara (Shobur *et al.*, 2025; Veninga and Ihle, 2018). Kerentanan ini dapat mengancam stabilitas pangan nasional dan meningkatkan risiko ketidakamanan pangan pada tingkat rumah tangga.

Tantangan ketahanan pangan juga mencakup dimensi sosial, khususnya kemiskinan dan ketimpangan akses terhadap pangan. Kelompok masyarakat berpendapatan rendah serta penduduk di wilayah terpencil sering menghadapi keterbatasan akses terhadap pangan yang cukup dan bergizi, meskipun ketersediaan pangan secara nasional relatif memadai (Martínez-Martínez, Gil-Vasquez and Romero-González, 2023). Secara keseluruhan, berbagai tantangan ini menunjukkan

bahwa ketahanan pangan bukan sekadar persoalan produksi, melainkan hasil interaksi faktor lingkungan, ekonomi, sosial, dan kelembagaan yang memerlukan pendekatan analitis yang terpadu.

2.7 Arah Strategi Penguatan Ketahanan Pangan

Penguatan ketahanan pangan memerlukan pendekatan strategis yang bersifat terintegrasi dengan menggabungkan aspek produksi, distribusi, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Strategi dalam konteks ini dipahami sebagai kerangka arah konseptual, bukan sebagai panduan operasional, sehingga berfungsi sebagai landasan analitis bagi pengembangan sistem pertanian berkelanjutan.

Diversifikasi pangan dan pemanfaatan sumber daya lokal merupakan salah satu arah strategis penting dalam memperkuat ketahanan pangan. Diversifikasi tidak hanya merujuk pada variasi jenis tanaman, tetapi juga mencakup pemanfaatan lahan marginal, pengembangan varietas lokal, serta pelestarian dan pemanfaatan pengetahuan tradisional. Pendekatan ini berkontribusi pada peningkatan ketersediaan pangan, pengurangan ketergantungan terhadap impor, dan penguatan resiliensi sistem pangan terhadap berbagai guncangan.

Penguatan sistem pertanian berkelanjutan menjadi arah strategis berikutnya dengan menekankan integrasi praktik yang mampu menjaga produktivitas sekaligus keberlanjutan ekosistem. Dalam kerangka ini, keseimbangan antara peningkatan produksi, konservasi sumber daya alam, dan kesejahteraan sosial-ekonomi petani menjadi prinsip utama. Pendekatan tersebut memungkinkan ketahanan pangan dicapai dalam jangka panjang, tidak hanya untuk memenuhi

kebutuhan generasi saat ini, tetapi juga untuk mendukung ketahanan pangan generasi mendatang.

Peran kebijakan dan kelembagaan berfungsi sebagai faktor pendukung utama dalam penguatan ketahanan pangan. Kebijakan yang konsisten serta kelembagaan yang kuat diperlukan untuk memastikan koordinasi, kelancaran distribusi, keamanan pangan, dan pemerataan manfaat sistem pangan. Tanpa kerangka kelembagaan yang efektif, upaya penguatan ketahanan pangan berpotensi terhambat oleh ketidakseimbangan antara produksi, distribusi, dan konsumsi pangan.

Selain itu, sinergi antara aspek teknologi, sosial, dan ekonomi menjadi kunci dalam memperkuat ketahanan pangan secara menyeluruh. Inovasi teknologi berperan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi, penguatan aspek sosial mendorong partisipasi masyarakat serta pemerataan akses, sementara integrasi ekonomi mendukung stabilitas pasar dan pendapatan petani. Pendekatan terpadu ini memungkinkan perumusan arah strategi ketahanan pangan yang komprehensif, adaptif, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bopushev, S., Tokobaev, N. and Sultakeev, K. (2025) "The Impact of Climate Change on Food Security: Evidence from Panel Data Analysis in Central Asia," *Studies in Agricultural Economics*, 127(1), pp. 44–52. Available at: <https://doi.org/10.7896/j.2994>.
- Crossland, M. *et al.* (2025) "Measuring the holistic performance of food and agricultural systems: a systematic review," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, p. 1472109. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1472109>.
- Efendi, E. *et al.* (2025) *Keberlanjutan Pertanian Tantangan dan Solusi*. 1st ed. Medan: PT. Media Penerbit Indonesia. Available at: <http://repository.mediapenerbitindonesia.com/498/>.
- Elizabeth, R. (2019) "Peningkatan Partisipasi Petani, Pemberdayaan Kelembagaan dan Kearifan Lokal Mendukung Ketahanan Pangan Berkelanjutan," *Agricore: Jurnal Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 4(2), pp. 48–61. Available at: <https://doi.org/10.24198/agricore.v4i2.26509>.
- Elkhalfi, O. *et al.* (2025) "The impact of climate change on food security in the Middle East and North Africa: Challenges and adaptation strategies," *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, p. 101963. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101963>.
- Hasan, Z. and Daryanto, H. (2024) "Food Security Governance: Bibliometric Mapping and Comparative Policy Lessons for Indonesia," *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 12(6), pp. 2793–2808. Available at: <https://doi.org/10.37641/jimkes.v12i6.4055>.

- Heryadi, D.Y. *et al.* (2025) *Sosial Ekonomi Pertanian*. 1st ed. Edited by R. Risal. Padang: HEI Publishing Indonesia. Available at: <https://repository.unja.ac.id/86546/>.
- Hiywotu, A.M. (2025) "Agroecology and Sustainable Food Systems Advancing sustainable agriculture for goal 2: zero hunger - a comprehensive overview of practices, policies, and technologies," *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 49(7), pp. 1027–1055. Available at: <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2451344>.
- Huang, I.Y. *et al.* (2025) "Resilience of food supply systems to sudden shocks: A global review and narrative synthesis," *Global Food Security*, 44, p. 100842. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100842>.
- Hussain, M.A. *et al.* (2025) "Sustainable Food Security and Nutritional Challenges," *Sustainability*, 17(3), p. 874. Available at: <https://doi.org/10.3390/su17030874>.
- Islam, S. (2025) "Agriculture, food security, and sustainability: a review," *Exploration of Foods and Foodomics*, 3, p. 101082. Available at: <https://doi.org/10.37349/eff.2025.101082>.
- Lassa, J.A. *et al.* (2018) "Revisiting Emergency Food Reserve Policy and Practice under Disaster and Extreme Climate Events," *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(1), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0200-y>.
- Liu, B. *et al.* (2025) "A systematic review of food accessibility in the food supply chains," *Supply Chain Analytics*, 11, p. 100149. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100149>.
- Martínez-Martínez, O.A., Gil-Vasquez, K. and Romero-González, M.B. (2023) "Food insecurity and levels of

- marginalization: food accessibility, consumption and concern in Mexico," *International Journal for Equity in Health*, 22(1), p. 178. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12939-023-01977-5>.
- Mihrete, T.B. and Mihretu, F.B. (2025) "Crop Diversification for Ensuring Sustainable Agriculture, Risk Management and Food Security," *Global Challenges*, 9(2), p. 2400267. Available at: <https://doi.org/10.1002/gch2.202400267>.
- Molotoks, A., Smith, P. and Dawson, T.P. (2021) "Impacts of land use, population, and climate change on global food security," *Food and Energy Security*, 10(1), p. e261. Available at: <https://doi.org/10.1002/fes3.261>.
- Nubatonis, L.M. *et al.* (2025) *Strategi Pembangunan Pertanian*. 1st ed. Edited by J.J.S. Dethan. Sukoharjo: Tahta Media Group. Available at: <https://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/1707>.
- Nurhayati *et al.* (2024) *Ekonomi Pertanian dan Pangan: Isu-isu Terkini*. 1st ed. Edited by A. Karim. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Putri, A. *et al.* (2024) *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan dalam Perspektif Sosial, Ekonomi dan Politik*. 1st ed. Edited by Yonariza and M. Noer. Padang: Andalas University Press. Available at: <http://repo.unand.ac.id/51886/>.
- Republik Indonesia (2012) *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan*. Indonesia: Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 18. Available at: <https://badanpangan.go.id/blog/post/undang-undang-republik-indonesia-nomor-18-tahun-2012-tentang-pangan>.

- Rizzo, V. (2025) "Sustainable Postharvest Innovations for Fruits and Vegetables: A Comprehensive Review," *Foods*, 14(24), p. 4334. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods14244334>.
- Saputro, W.A. *et al.* (2024) *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. 1st ed. Edited by L. Muhandi. Padang: HEI Publishing Indonesia. Available at: <https://repository.unsri.ac.id/175382/>.
- Sari, S.N. *et al.* (2025) *Pertanian Berkelanjutan*. 1st ed. Edited by R. Risal. Padang: HEI Publishing Indonesia.
- Sayani *et al.* (2024) *Agroteknologi Berkelanjutan Menuju Pertanian yang Ramah Lingkungan*. 1st ed. Medan: PT. Media Penerbit Indonesia. Available at: <http://repository.mediapenerbitindonesia.com/309/>.
- Shobur, M. *et al.* (2025) "Enhancing food security through import volume optimization and supply chain communication models: A case study of East Java's rice sector," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(1), p. 100462. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100462>.
- Sugeng, Rohman, A.N. and Putri, E.A. (2021) *Kedaulatan Pangan dalam Perspektif Hukum dan Keamanan Manusia*. 1st ed. Sleman: Bintang Pustaka Madani. Available at: <https://repository.ubharajaya.ac.id/13402/>.
- Timmer, P.C. (2000) "The macro dimensions of food security: economic growth, equitable distribution, and food price stability," *Food Policy*, 25(3), pp. 283–295. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(00\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(00)00007-5).
- Touch, V. *et al.* (2025) "Reshaping agricultural production systems: Trade-offs and implications for sustainable intensification and environment management," *Agricultural Systems*, 230, p. 104484. Available at:

<https://doi.org/10.1016/j.agry.2025.104484>.

- Trasca, T.I. *et al.* (2025) "Sustainable Food Security in Romania and Neighboring Countries—Trends, Challenges, and Solutions," *Foods*, 14(8), p. 1309. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods14081309>.
- Usman, Tahir, R. and Nurhapsa (2025) "Literature Review: The Role of Agricultural Institutions in Supporting Food Security and Sustainable Agricultural Development," in I.S. Nurahman (ed.) *Proceeding of International Seminar on Agricultural Conservation and Cultural Heritage*. Ciamis: Faculty of Agriculture Galuh University, pp. 13–23. Available at: <https://ojs.unigal.ac.id/index.php/proceedinginternationalseminar/article/view/5075>.
- Veninga, W. and Ihle, R. (2018) "Import vulnerability in the Middle East: effects of the Arab spring on Egyptian wheat trade," *Food Security*, 10, pp. 183–194. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0755-2>.
- Widyastuti, Y., Arenawati and Prafitri, N. (2021) *Ketahanan Pangan Berbasis Role of Household Structure di Desa Sindangsari Kabupaten Serang*. 1st ed. Serang: CV. AA Rizky. Available at: <https://eprints.untirta.ac.id/8517/>.
- Yulianti, R. *et al.* (2022) *Keamanan dan Ketahanan Pangan*. 1st ed. Edited by N. Sulung. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi. Available at: <https://repository.stikespersadanabire.ac.id/library/325>.
- Yusriadi (2025) "Sustaining food security through social capital in agroforestry: a qualitative study from North Luwu, Indonesia," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, p. 1580017. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1580017>.

BAB 3

PRINSIP DAN PILAR PERTANIAN BERKELANJUTAN

3.1 Pendahuluan

Pertanian berkelanjutan telah berkembang menjadi paradigma utama dalam menjawab berbagai tantangan global yang semakin kompleks, terutama yang berkaitan dengan ketahanan pangan, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim. Dalam beberapa dekade terakhir, sistem pertanian konvensional yang berorientasi pada peningkatan produksi semata terbukti menimbulkan berbagai konsekuensi ekologis, seperti penurunan kualitas tanah, pencemaran air, hilangnya keanekaragaman hayati, serta peningkatan emisi gas rumah kaca. Kondisi ini menuntut adanya transformasi menuju sistem pertanian yang tidak hanya produktif, tetapi juga mampu menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan kesejahteraan sosial. Oleh karena itu, pertanian berkelanjutan hadir sebagai pendekatan yang bertujuan membudidayakan pangan dengan cara yang mampu memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Pendekatan ini bersifat multifaset dan telah diadopsi secara luas dalam berbagai konteks global (Adedibu, 2023;; Zhang et al., 2020).

Secara konseptual, pertanian berkelanjutan dibangun di atas integrasi tiga dimensi utama, yaitu kesehatan ekologis, kelayakan ekonomi, dan kesetaraan sosial. Ketiga dimensi ini tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan dan

membentuk fondasi konseptual yang sering disebut sebagai prinsip dan pilar pertanian berkelanjutan. Prinsip-prinsip ini menjadi pedoman dalam perencanaan, pengelolaan, dan evaluasi sistem pertanian agar tetap seimbang antara produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat. Dengan demikian, pembahasan mengenai prinsip dan pilar pertanian berkelanjutan tidak dapat dilepaskan dari upaya memahami hubungan timbal balik antara sistem ekologis, struktur ekonomi pertanian, serta dinamika sosial yang melingkupinya.

Pilar pertama, yaitu integritas ekologis, menekankan pentingnya menjaga dan meningkatkan kesehatan ekosistem sebagai dasar keberlanjutan sistem pertanian. Ekosistem pertanian merupakan sistem yang kompleks, di mana interaksi antara tanah, air, tanaman, hewan, dan organisme mikro memainkan peran penting dalam menentukan produktivitas dan stabilitas jangka panjang. Praktik pertanian berkelanjutan berupaya melindungi kualitas tanah melalui pengelolaan bahan organik, rotasi tanaman, pengurangan penggunaan bahan kimia sintetis, serta penerapan teknik konservasi tanah dan air. Selain itu, pelestarian sumber daya air dilakukan melalui efisiensi irigasi dan pengelolaan limpasan untuk mencegah pencemaran.

Keanekaragaman hayati menjadi elemen kunci dalam integritas ekologis. Penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati tanah sangat penting untuk menjamin kelangsungan hidup dan produktivitas jangka panjang sistem pertanian. Komunitas biologis di dalam tanah berperan dalam proses-proses vital seperti siklus nutrisi, dekomposisi bahan organik, pembentukan struktur tanah, serta pengendalian hama dan penyakit secara alami (Pulleman et al., 2022; Eisenhauer et al., 2024). Dengan menjaga keragaman

organisme tanah, sistem pertanian menjadi lebih resilien terhadap gangguan eksternal, termasuk perubahan iklim dan serangan organisme pengganggu tanaman. Oleh karena itu, integritas ekologis bukan sekadar pelengkap, melainkan fondasi utama yang memastikan keberlanjutan fungsi ekosistem dalam jangka panjang.

Pilar kedua adalah kelayakan ekonomi. Keberlanjutan tidak dapat dicapai apabila praktik pertanian yang diterapkan justru melemahkan kondisi ekonomi petani. Oleh sebab itu, sistem pertanian berkelanjutan harus mampu memberikan keuntungan yang layak serta menjamin stabilitas pendapatan bagi pelaku usaha tani. Kelayakan ekonomi mencakup efisiensi penggunaan input, diversifikasi usaha, akses terhadap pasar, serta kemampuan adaptasi terhadap dinamika harga dan permintaan. Pendekatan ini menekankan bahwa praktik ramah lingkungan harus berjalan seiring dengan produktivitas dan profitabilitas.

Dalam konteks ini, dukungan kelembagaan dan kebijakan menjadi sangat penting. Layanan penyuluhan pertanian, misalnya, berperan strategis dalam menjembatani kesenjangan antara hasil penelitian dan praktik di lapangan. Melalui penyuluhan, petani memperoleh akses terhadap informasi, teknologi, dan metode budidaya yang lebih berkelanjutan tanpa harus mengorbankan produktivitas atau meningkatkan biaya secara signifikan (Shahmohammadloo et al., 2021). Dengan adanya transfer pengetahuan yang efektif, petani dapat mengadopsi inovasi seperti pengelolaan hama terpadu, penggunaan pupuk organik, atau sistem agroforestri yang tidak hanya menjaga lingkungan, tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi usaha tani. Dengan demikian, kelayakan ekonomi menjadi prasyarat penting agar praktik

berkelanjutan dapat diimplementasikan secara luas dan konsisten.

Pilar ketiga adalah kesetaraan sosial. Pertanian berkelanjutan tidak hanya berbicara tentang produksi dan lingkungan, tetapi juga tentang keadilan dalam distribusi sumber daya, akses terhadap peluang, serta partisipasi dalam pengambilan keputusan. Kesetaraan sosial menuntut agar manfaat dari praktik pertanian berkelanjutan dapat dirasakan oleh seluruh pelaku sistem pertanian, termasuk petani kecil, perempuan, dan komunitas yang selama ini terpinggirkan. Tanpa dimensi sosial yang inklusif, transformasi menuju keberlanjutan berisiko memperlebar kesenjangan dan menciptakan ketidakadilan baru.

Pendekatan inklusif dalam pertanian berkelanjutan mendorong keterlibatan aktif masyarakat dalam perencanaan dan pelaksanaan program. Pendidikan, pelatihan, serta akses terhadap sumber daya seperti lahan, kredit, dan teknologi menjadi aspek penting dalam memastikan bahwa kelompok rentan dapat berpartisipasi secara setara. Berbagai studi menegaskan bahwa dukungan terhadap petani kecil melalui penyediaan sumber daya dan peningkatan kapasitas dapat memperkuat ketahanan sistem pangan sekaligus meningkatkan kesejahteraan komunitas pedesaan (Jaworski et al., 2023). Dengan demikian, kesetaraan sosial menjadi elemen yang memperkuat kohesi dan stabilitas sistem pertanian dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, prinsip dan pilar pertanian berkelanjutan integritas ekologis, kelayakan ekonomi, dan kesetaraan sosial mewakili pendekatan yang holistik dan terintegrasi. Ketiganya membentuk kerangka kerja yang memungkinkan sistem pertanian beradaptasi terhadap tekanan global sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan

kesejahteraan manusia. Integrasi ketiga pilar ini menunjukkan bahwa keberlanjutan bukan sekadar konsep lingkungan, melainkan paradigma pembangunan yang menyeluruh.

Melalui pemahaman mendalam terhadap prinsip dan pilar tersebut, diharapkan para pemangku kepentingan mulai dari petani, akademisi, pembuat kebijakan, hingga masyarakat luas dapat mengembangkan strategi yang seimbang antara kebutuhan produksi pangan dan pelestarian lingkungan serta pentingnya transformasi sistem pangan global menuju model yang lebih resilien, adil, dan berkelanjutan (Adedibu, 2023). Dengan demikian, pembahasan mengenai prinsip dan pilar pertanian berkelanjutan menjadi landasan penting dalam membangun sistem pertanian masa depan yang tangguh dan berkeadilan bagi generasi kini dan mendatang

3.2 Konsep Dasar Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan pada dasarnya dapat dipahami sebagai sistem pertanian yang menyeimbangkan tiga dimensi utama, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan (Sajib, 2021). Artinya, kegiatan pertanian tidak hanya berorientasi pada hasil panen dan keuntungan semata, tetapi juga mempertimbangkan dampaknya terhadap masyarakat serta kelestarian alam. Dalam praktiknya, pertanian berkelanjutan berupaya memastikan bahwa lahan, air, dan sumber daya lainnya tetap produktif dalam jangka panjang. Dengan pendekatan ini, petani tidak hanya memenuhi kebutuhan hari ini, tetapi juga menjaga agar generasi mendatang tetap dapat memanfaatkan sumber daya yang sama.

Pertanian berkelanjutan mencakup pengelolaan sumber daya secara efisien serta pemanfaatan teknologi yang sesuai untuk menghasilkan produksi yang cukup tanpa merusak kemampuan alam untuk pulih (Geng et al., 1990). Pengelolaan

yang efisien ini bisa berupa penggunaan air secara hemat, pemupukan yang tepat guna, atau pengendalian hama yang tidak merusak ekosistem. Teknologi yang digunakan pun tidak harus selalu canggih, tetapi harus relevan dan sesuai dengan kondisi lokal. Prinsip utamanya adalah bagaimana meningkatkan produktivitas tanpa menimbulkan kerusakan jangka panjang pada lingkungan. Namun demikian, konsep pertanian berkelanjutan sering kali dianggap memiliki makna yang luas dan terkadang berbeda-beda menurut sudut pandang masing-masing pihak. Pentingnya merumuskan prinsip-prinsip dasar yang jelas agar konsep ini tidak menjadi sekadar istilah yang ambigu (Trigo et al., 2021). Dengan adanya prinsip yang jelas, petani, pembuat kebijakan, dan pelaku usaha dapat memiliki pedoman yang sama dalam menerapkan praktik berkelanjutan. Kejelasan ini penting agar tujuan keberlanjutan benar-benar tercapai dan tidak hanya menjadi slogan.

Salah satu tantangan utama dalam penerapan pertanian berkelanjutan adalah adanya perbedaan pandangan antara upaya meningkatkan produksi dan menjaga kelestarian lingkungan. Di satu sisi, kebutuhan pangan terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Di sisi lain, praktik yang terlalu intensif dapat merusak tanah, mencemari air, dan mengurangi keanekaragaman hayati. Contohnya adalah penggunaan bioteknologi yang dinilai mampu meningkatkan hasil dan efisiensi produksi, tetapi juga menimbulkan perdebatan di kalangan pendukung pertanian berkelanjutan (Ervin et al., 2010). Sebagian pihak melihatnya sebagai solusi, sementara yang lain khawatir terhadap dampak jangka panjangnya.

Dalam menjembatani berbagai perbedaan tersebut, diperlukan pendekatan yang menempatkan kriteria keberlanjutan sebagai dasar dalam setiap proyek atau

kebijakan pertanian. Penggunaan kriteria keberlanjutan dapat membantu mengatasi persoalan kompleks yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya (Pelt, 1994). Dengan kata lain, setiap keputusan dalam sistem pertanian sebaiknya mempertimbangkan dampak ekonomi, sosial, dan lingkungan secara bersamaan. Melalui pendekatan yang terukur dan berimbang inilah pertanian berkelanjutan dapat diterapkan secara nyata, bukan hanya sebagai konsep, tetapi sebagai praktik yang memberi manfaat jangka panjang bagi manusia dan alam.

Sejak pertama kali diperkenalkan, konsep pertanian berkelanjutan telah mengalami perkembangan yang cukup besar. Pada tahap awal, perhatian utama lebih banyak tertuju pada bagaimana meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga agar lahan tetap dapat digunakan dalam jangka pendek. Fokusnya masih berkisar pada efisiensi produksi dan upaya mencegah penurunan hasil panen akibat degradasi sumber daya (Hildén et al., 2012). Pada masa itu, keberlanjutan sering dimaknai sebatas menjaga agar sistem pertanian tetap berjalan tanpa mengalami kerusakan yang terlalu cepat. Dimensi sosial dan ekonomi belum dibahas secara mendalam seperti sekarang.

Seiring berjalannya waktu, pemahaman tentang pertanian berkelanjutan menjadi semakin luas. Diskusi tidak lagi terbatas pada persoalan hasil panen dan kelestarian lahan, tetapi juga mencakup aspek sosial dan ekonomi, seperti kesejahteraan petani, keadilan dalam distribusi manfaat, serta keberlanjutan komunitas pedesaan. Keberlanjutan dalam kebijakan pertanian berkembang pesat dengan memasukkan berbagai elemen baru yang sebelumnya kurang mendapat perhatian. Hal ini menunjukkan bahwa keberlanjutan tidak bisa dipisahkan dari konteks sosial dan kebijakan yang

melingkupinya. Selain itu, pendekatan terhadap keberlanjutan juga menjadi lebih sistematis. Berbagai metode penilaian mulai digunakan untuk membantu pengambilan keputusan, salah satunya melalui analisis multicriteria dalam proyek pertanian (Pelt, 1994; Trigo et al., 2021). Pendekatan ini memungkinkan penilaian yang lebih menyeluruh terhadap berbagai tujuan yang sering kali saling bertentangan, seperti peningkatan produksi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan ekonomi. Dengan cara ini, prinsip-prinsip keberlanjutan tidak hanya menjadi konsep teoritis, tetapi benar-benar diintegrasikan ke dalam praktik pertanian, baik dalam sistem produksi tanaman maupun peternakan.

3.3 Karakteristik Sistem Pertanian Berkelanjutan

Karakteristik sistem pertanian berkelanjutan dapat dilihat dari cara sistem tersebut dikelola secara menyeluruh dengan mempertimbangkan keseimbangan antara produktivitas, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Sistem ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil panen, tetapi juga menekankan efisiensi penggunaan sumber daya seperti tanah, air, energi, dan input produksi lainnya agar tetap tersedia dalam jangka panjang. Pertanian berkelanjutan juga ditandai dengan upaya menjaga kesuburan tanah, melindungi keanekaragaman hayati, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis, serta mendorong praktik yang adaptif terhadap perubahan iklim. Selain itu, sistem ini memperhatikan aspek ekonomi melalui usaha tani yang layak dan menguntungkan, sekaligus memastikan adanya keadilan dan partisipasi sosial dalam pengelolaannya. Dengan demikian, karakteristik pertanian berkelanjutan mencerminkan pendekatan yang terpadu, berjangka panjang, dan responsif

terhadap tantangan lingkungan maupun kebutuhan masyarakat.

1. Pengelolaan Lingkungan

Pertanian berkelanjutan mengutamakan kesehatan lingkungan dengan menerapkan praktik yang meminimalisir dampak negatif terhadap ekosistem. Teknik seperti pertanian organik, rotasi tanaman, agroforestri, dan pengelolaan hama terpadu (IPM) sangat penting dalam mengurangi input kimia dan melestarikan keanekaragaman hayati (Duan et al. 2021) ;Polcyn et al. 2023). Penggunaan prinsip ekologis secara sistematis dalam pertanian tidak hanya meningkatkan kesehatan tanah tetapi juga meningkatkan konservasi air dan mengurangi emisi karbon yang terkait dengan praktik pertanian (Thành et al., 2015 ;Girsang, 2023).

2. Kelayakan Ekonomi

Dimensi ekonomi pertanian berkelanjutan berfokus pada profitabilitas sambil mempromosikan perdagangan yang adil dan kesetaraan ekonomi. Dengan mendorong partisipasi petani kecil dan akses ke pasar, pertanian berkelanjutan meningkatkan mata pencaharian petani dan mendorong pemberdayaan ekonomi masyarakat pedesaan (Jeffrey et al. 2013). Adopsi teknologi dan praktik inovatif, seperti sistem pendukung keputusan untuk agribisnis, selanjutnya berkontribusi pada keberlanjutan dengan mengoptimalkan pengelolaan sumber daya dan meningkatkan produktivitas (Girsang, 2023).

3. Kesetaraan Sosial dan Pengembangan Masyarakat

Pertanian berkelanjutan menekankan pentingnya dimensi sosial, terutama melalui pengenalan modal sosial, yang mencakup hubungan dan jaringan yang memfasilitasi kerja sama antar petani (Khalid Ruslan 2023). Pertanian yang didukung masyarakat (CSA) dan sistem pangan lokal

mencerminkan komitmen terhadap keadilan sosial dengan meningkatkan kedaulatan pangan dan memberdayakan kelompok yang terpinggirkan, seperti petani queer dan produsen skala kecil (Leslie (2017).

4. Integrasi dan Inovasi Teknologi

Peran teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan semakin penting dan tidak bisa diabaikan. Berbagai inovasi seperti pertanian presisi, penggunaan analisis data, serta peralatan pertanian yang lebih ramah lingkungan membantu petani mengelola lahan secara lebih efisien dan tepat sasaran (Girsang, 2023). Melalui teknologi ini, petani dapat mengetahui kebutuhan tanaman secara lebih akurat, seperti jumlah air, pupuk, atau pestisida yang diperlukan, sehingga penggunaan input menjadi lebih hemat dan dampak terhadap lingkungan dapat dikurangi. Selain itu, penerapan analisis multikriteria juga membantu dalam mengevaluasi dan menyempurnakan praktik pertanian agar tetap sejalan dengan tujuan keberlanjutan, baik dari sisi ekonomi, sosial, maupun lingkungan (Duan et al., 2021). Dengan dukungan teknologi yang tepat, pertanian berkelanjutan dapat diterapkan secara lebih efektif dan terukur.

5. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim menimbulkan risiko yang serius terhadap ketahanan pangan, sehingga praktik pertanian berkelanjutan semakin diarahkan pada upaya meningkatkan ketahanan dan kemampuan adaptasi sistem pertanian. Upaya ini dilakukan, antara lain, melalui pengembangan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan, suhu ekstrem, maupun serangan hama dan penyakit yang dipicu oleh perubahan iklim (Ciancaleoni & Negri, 2020; Thutupalli, nd). Selain itu,

strategi konservasi air seperti penggunaan irigasi hemat air, penampungan air hujan, dan pengelolaan kelembapan tanah juga menjadi bagian penting dalam menjaga stabilitas produksi di tengah kondisi cuaca yang tidak menentu. Di banyak daerah, petani juga mulai menggabungkan pengetahuan ekologi tradisional dengan praktik pertanian modern untuk menghadapi tantangan ini secara lebih bijaksana dan kontekstual (Dahlan et al., 2017). Perpaduan antara kearifan lokal dan inovasi ilmiah tersebut membantu menciptakan sistem pertanian yang lebih tangguh dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

6. Kerangka Kebijakan dan Standar

Pembentukan kerangka kebijakan dan standar keberlanjutan memegang peranan penting dalam mengarahkan praktik pertanian agar selaras dengan prinsip-prinsip berkelanjutan. Regulasi dan standar tidak hanya berfungsi sebagai pedoman teknis, tetapi juga sebagai instrumen pengawasan dan pengendalian agar kegiatan pertanian tetap memperhatikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Melalui kebijakan yang jelas dan terukur, pemerintah dapat mendorong penerapan praktik ramah lingkungan, efisiensi sumber daya, serta perlindungan terhadap petani dan konsumen.

Salah satu contoh pengembangan standar keberlanjutan adalah Rezim Standar Tripartit (TSR) di Amerika Serikat, yang menunjukkan bagaimana standar dapat dirumuskan secara kolaboratif dengan melibatkan berbagai pihak. Pendekatan ini mempertemukan unsur pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat sipil dalam merancang pedoman pertanian berkelanjutan. Namun, dalam praktiknya, proses penyusunan dan penerapan standar tersebut sering kali diwarnai perbedaan

kepentingan, baik dari kalangan agribisnis (Hatanaka et al., 2011) maupun pembuat kebijakan (Đokić, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa kerangka kebijakan dan standar keberlanjutan bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga berkaitan erat dengan dinamika politik dan kepentingan ekonomi di sektor pertanian.

Dengan demikian Karakteristik sistem pertanian berkelanjutan mencerminkan pendekatan yang menyeluruh dengan mengintegrasikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial secara seimbang. Sistem ini tidak hanya bertujuan menjaga produktivitas lahan dalam jangka panjang, tetapi juga memastikan keberlanjutan sumber daya alam, kelayakan usaha tani, serta kesejahteraan masyarakat yang terlibat di dalamnya. Dengan mengedepankan efisiensi penggunaan sumber daya, perlindungan ekosistem, dan keadilan sosial, pertanian berkelanjutan berupaya membangun sistem pangan yang tangguh dan adaptif terhadap berbagai tantangan, termasuk perubahan iklim dan dinamika pasar.

Pada masa yang akan datang penguatan kolaborasi antara petani, masyarakat, akademisi, pelaku usaha, dan pembuat kebijakan menjadi kunci dalam memperluas penerapan praktik pertanian berkelanjutan. Sinergi antar pemangku kepentingan akan mempercepat penyebaran inovasi, memperkuat dukungan kebijakan, serta meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap praktik yang lebih ramah lingkungan. Dengan kerja sama yang solid dan komitmen bersama, pertanian berkelanjutan tidak hanya menjadi konsep, tetapi dapat diwujudkan sebagai fondasi utama dalam membangun sistem pangan yang berkelanjutan dan berkeadilan di masa depan.

3.4 Pilar Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan kini semakin diakui sebagai pendekatan yang penting dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan tanpa mengabaikan kelestarian lingkungan dan keadilan sosial. Konsep ini umumnya dijelaskan melalui tiga pilar yang saling berkaitan, yaitu keberlanjutan ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan keberlanjutan sosial. Ketiga pilar tersebut tidak dapat dipisahkan, karena keberhasilan satu aspek sangat bergantung pada dukungan aspek lainnya.

Ke tiga pilar ini bertujuan untuk memperjelas hubungan dan keterkaitan di antara ketiganya, sekaligus menunjukkan bahwa praktik pertanian berkelanjutan bukanlah konsep yang sederhana. Di dalamnya terdapat berbagai pertimbangan dan tantangan yang perlu dikelola secara seimbang. Dengan memahami kompleksitas tersebut, kita dapat melihat bahwa keberlanjutan dalam pertanian bukan hanya soal menjaga alam, tetapi juga memastikan usaha tani tetap menguntungkan dan masyarakat yang terlibat di dalamnya memperoleh manfaat yang adil.

1. Pilar Ekonomi

Aspek ekonomi dalam pertanian berkelanjutan menekankan praktik yang tidak hanya memberikan keuntungan bagi petani, tetapi juga mendukung kelangsungan ekonomi di pedesaan. Praktik ekonomi yang berkelanjutan harus mampu mengatasi masalah kekurangan gizi dan mendorong pembangunan yang inklusif, sambil menyesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lokal (Khuzaimah et al., 2021). Dengan demikian, keberlanjutan ekonomi tidak hanya soal profit semata, tetapi juga tentang bagaimana ekonomi dapat mendukung kesejahteraan masyarakat secara luas.

Beberapa perusahaan besar, seperti Unilever, telah menerapkan program Corporate Social Responsibility (CSR) untuk menciptakan peluang ekonomi sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Michael et al., 2019). Pendekatan ini menunjukkan bahwa perusahaan dapat berkontribusi pada pembangunan ekonomi yang lebih berkelanjutan tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Dengan kata lain, tanggung jawab sosial dan lingkungan menjadi bagian penting dari strategi ekonomi perusahaan. Konsep triple bottom line menekankan bahwa profitabilitas ekonomi harus berjalan beriringan dengan pengelolaan lingkungan dan keadilan sosial. Ketiga dimensi ini saling terkait, sehingga keberhasilan di satu bidang tidak boleh merugikan dua bidang lainnya (Michael et al., 2019; Hereu-Morales & Valderrama, 2022). Pendekatan ini membantu memastikan bahwa pertumbuhan ekonomi dapat dicapai secara seimbang, adil, dan berkelanjutan.

Praktik korporasi juga menunjukkan bahwa tanggung jawab sosial bukan sekadar strategi pemasaran, tetapi bagian penting dari ekonomi yang berkelanjutan. Contohnya, di sektor pertambangan, perusahaan harus membantu masyarakat lokal untuk mencapai kesejahteraan ekonomi dan sosial (Prabowo et al., 2024). Inisiatif CSR ini memperlihatkan bagaimana pertumbuhan ekonomi dapat dilakukan bersamaan dengan pengembangan masyarakat dan pelestarian lingkungan, sehingga menunjukkan keterkaitan yang erat antara pilar ekonomi dan pilar keberlanjutan lainnya.

2. Pilar Lingkungan

Dari perspektif lingkungan, pertanian berkelanjutan menekankan praktik yang melindungi ekosistem,

mencegah polusi, dan meningkatkan keanekaragaman hayati. Tujuannya adalah agar kegiatan pertanian tetap produktif sekaligus tidak merusak alam. Hal ini mencakup pengelolaan tanah dan air, pengendalian hama alami, serta penerapan teknik yang ramah lingkungan dalam seluruh tahap produksi.

Beberapa inovasi teknologi juga mendukung tujuan ini. Mwaijande (2024) mencontohkan penggunaan teknologi pengeringan matahari untuk tanaman sebagai metode berkelanjutan yang dapat mengurangi kerugian pasca panen. Selain meningkatkan efisiensi produksi, teknologi ini juga membantu menjaga kualitas lingkungan dan mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem. Integrasi teknologi semacam ini menegaskan bahwa pertimbangan lingkungan harus menjadi bagian penting dari kebijakan dan praktik pertanian.

Konsep ekonomi hijau turut memperkuat pilar lingkungan dengan menunjukkan bahwa praktik ramah lingkungan tidak hanya bermanfaat bagi alam, tetapi juga mendukung sektor ekonomi dan sosial (Sova et al., 2023). Dengan kata lain, perlindungan ekosistem dapat berjalan seiring dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat dan profitabilitas usaha, jika dikelola dengan bijaksana.

Meski demikian, penerapan praktik berkelanjutan sering menghadapi tantangan, terutama ketika keuntungan ekonomi diprioritaskan di atas kelestarian lingkungan. Perdebatan ini terlihat dalam diskusi global mengenai penerapan keberlanjutan dalam sistem ekonomi kapitalis, di mana fokus pada laba jangka pendek terkadang menyebabkan degradasi lingkungan (Hereu-Morales & Valderrama, 2022). Oleh karena itu,

menyeimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan menjadi kunci agar pertanian benar-benar berkelanjutan.

3. Pilar Sosial

Dimensi sosial dalam pertanian berkelanjutan menekankan pentingnya meningkatkan kesejahteraan masyarakat, memastikan kesetaraan, dan memperkuat hubungan sosial di komunitas pertanian. Praktik pertanian yang sehat tidak hanya meningkatkan hasil ekonomi, tetapi juga memperbaiki kondisi sosial masyarakat yang terlibat, sehingga manfaat dari pertanian berkelanjutan dapat dirasakan secara merata.

Program inklusif yang dirancang untuk memberdayakan kelompok marjinal, termasuk individu penyandang disabilitas, melalui berbagai inisiatif pertanian berkelanjutan (Ramadhan 2025). Pendekatan seperti ini menunjukkan bahwa keberlanjutan sosial harus melibatkan upaya nyata untuk mengurangi ketidaksetaraan dan membuka kesempatan bagi semua anggota masyarakat untuk ikut serta.

Selain itu, gerakan sosial dan pertimbangan budaya memiliki peran penting dalam membentuk sistem pertanian yang tangguh. Faktor sosial ini tidak hanya mempengaruhi cara masyarakat bekerja sama, tetapi juga menentukan bagaimana praktik pertanian diterima dan diterapkan di lapangan (Sena et al., 2017). Integrasi pengetahuan tradisional dengan praktik pertanian modern menjadi contoh nyata bagaimana dimensi sosial dapat memperkuat keberlanjutan. Dengan melibatkan masyarakat lokal dan menghargai konteks budaya mereka, pertanian berkelanjutan dapat berjalan lebih efektif, karena semua pihak ikut berperan dalam menjaga keseimbangan

antara hasil produksi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan.

Dengan demikian Interaksi antara pilar ekonomi, lingkungan, dan sosial menunjukkan bahwa pertanian berkelanjutan tidak dapat berhasil jika salah satu aspek diutamakan dengan mengorbankan yang lain. Misalnya, insentif ekonomi yang hanya fokus pada keuntungan jangka pendek tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan atau kesejahteraan masyarakat dapat menimbulkan kerusakan ekosistem dan mengurangi kualitas hidup masyarakat dalam jangka panjang. Membangun masyarakat yang berkelanjutan membutuhkan evaluasi menyeluruh terhadap bagaimana ketiga pilar ini memengaruhi kebijakan dan praktik pertanian. Mengabaikan salah satu pilar sering kali menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan (Almashhour et al., 2023).

Salah satu pendekatan untuk menjaga keseimbangan ini adalah penerapan prinsip triple bottom line, di mana kelayakan ekonomi, kesehatan lingkungan, dan kesetaraan sosial diperlakukan sebagai tujuan yang saling terkait dan sama pentingnya (Naidu & Ramani, 2023; Almashhour et al., 2023). Pendekatan ini membantu memastikan bahwa pertanian tetap produktif dan menguntungkan, tetapi juga ramah lingkungan dan adil bagi masyarakat. Seiring dengan meningkatnya komitmen komunitas global terhadap Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), pemahaman tentang keterkaitan pilar-pilar ini menjadi semakin penting.

Dengan mengakui bahwa ekonomi, lingkungan, dan sosial saling memengaruhi, pembuat kebijakan dapat merancang strategi yang lebih efektif untuk mendorong

pertanian berkelanjutan. Semua pilar secara bersamaan bukan hanya pilihan, tetapi menjadi kunci agar sistem pertanian dapat berkembang secara stabil dan bertahan lama. Pendekatan holistik ini membantu menciptakan praktik pertanian yang produktif, adil, dan ramah lingkungan sekaligus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedibu, p. (2023). Ecological problems of agriculture: impacts and sustainable solutions..
<https://doi.org/10.14293/pr2199.000145.v1>
- Adedibu, p. (2023). Ecological problems of agriculture: impacts and sustainable solutions..
<https://doi.org/10.14293/pr2199.000145.v1>
- Almashhour, r., alqahtani, m., & ndiaye, m. (2023). Highway transportation, health, and social equity: a delphi-anp approach to sustainable transport planning. Sustainability, 15(22), 16084.
<https://doi.org/10.3390/su152216084>
- Ciancaleoni, s. And negri, v. (2020). A method for obtaining flexible broccoli varieties for sustainable agriculture. BMC genetics, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12863-020-00846-2>
- Dahlan, m., nurhayati, h., & mugnisjah, w. (2017). Identifying the characteristic of sundaparahiyangan landscape for a model of sustainable agricultural landscape. IOP conference series earth and environmental science, 91, 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/91/1/012016>
- Đokić, m. (2019). Sustainable agricultural and rural development in the European Union. Economics of sustainable development, 3(1), 29-43.
<https://doi.org/10.5937/esd1901029q>
- Duan, s., wibowo, s., & chong, j. (2021). A multicriteria analysis approach for evaluating the performance of agriculture decision support systems for sustainable agribusiness. Mathematics, 9(8), 884.
<https://doi.org/10.3390/math9080884>

- Eisenhauer, n., frank, k., weigelt, a., bartkowski, b., beugnon, r., liebal, k., ... & quaas, j. (2024). A belowground perspective on the nexus between biodiversity change, climate change, and human well-being. *Journal of sustainable agriculture and environment*, 3(2). <https://doi.org/10.1002/sae2.12108>
- Ervin, d., glenna, l., & jussaume, r. (2010). Are biotechnology and sustainable agriculture compatible?. *Renewable agriculture and food systems*, 25(2), 143-157. <https://doi.org/10.1017/s1742170510000189>
- Geng, s., hess, c., & auburn, j. (1990). Sustainable agricultural systems: concepts and definitions. *Journal of agronomy and crop science*, 165(2-3), 73-85. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.1990.tb00837.x>
- Girsang, c. (2023). The role of information technology in improving resource management efficiency in sustainable agriculture. *Jurnal minfo polgan*, 12(2), 1698-1712. <https://doi.org/10.33395/jmp.v12i2.12959>
- Hatanaka, m., konefal, j., & constance, d. (2011). A tripartite standards regime analysis of the contested development of a sustainable agriculture standard. *Agriculture and human values*, 29(1), 65-78. <https://doi.org/10.1007/s10460-011-9329-7>
- Hereu-morales, j. And valderrama, c. (2022). Towards a sustainability-based society: an analysis of fundamental values from the perspective of economics and philosophy. *Sustainability*, 14(14), 8722. <https://doi.org/10.3390/su14148722>
- Hildén, m., jokinen, p., & aakkula, j. (2012). The sustainability of agriculture in a northern industrialized country—from controlling nature to rural development. *Sustainability*, 4(12), 3387-3403. <https://doi.org/10.3390/su4123387>

- Jaworski, c., krzywoszynska, a., leake, j., & dicks, l. (2023). Sustainable soil management in the united kingdom: a survey of current practices and how they relate to the principles of regenerative agriculture. *Soil use and management*, 40(1). <https://doi.org/10.1111/sum.12908>
- Jeffrey, l., bahaman, a., jegak, u., & hayrol, a. (2013). Towards developing a framework on acceptance of sustainable agriculture among contract farming entrepreneurs. *African journal of business management*, 5(20), 8110-8116. <https://doi.org/10.5897/ajbm11.034>
- Khuzaimah, u., baliwati, y., & tanzihah, i. (2021). Peranan pilar tujuan pembangunan berkelanjutan terhadap penanganan gizi kurang di provinsi jawa barat (the role of pillar sustainable development goals relate to tackling undernutrition in west java province). *Amerta nutrition*, 5(3), 196. <https://doi.org/10.20473/amnt.v5i3.2021.196-210>
- Leslie, i. (2017). Queer farmers: sexuality and the transition to sustainable agriculture. *Rural sociology*, 82(4), 747-771. <https://doi.org/10.1111/ruso.12153>
- Michael, r., raharjo, s., & resnawaty, r. (2019). Program csr yayasan unilever indonesia berdasarkan teori triple bottom line. *Focus jurnal pekerjaan sosial*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.24198/focus.v2i1.23116>
- Mwaijande, f. (2024). Social life cycle assessment of solar dryer house for postharvest loss management technology in tanzania. *African journal of empirical research*, 5(2), 1-9. <https://doi.org/10.51867/ajernet.5.2.1>
- Naidu, t. And ramani, s. (2023). Transforming global health professions education for sustainability. *Medical education*, 58(1), 129-135. <https://doi.org/10.1111/medu.15149>

- Pelt, m. (1994). Sustain ability—oriented appraisal of agricultural projects. *Journal of international development*, 6(1), 57-78. <https://doi.org/10.1002/jid.3380060106>
- Polcyn, j., stratan, a., & lopotenco, v. (2023). Sustainable agriculture's contribution to quality of life. *Sustainability*, 15(23), 16415. <https://doi.org/10.3390/su152316415>
- Prabowo, m., malik, z., & srisusilawati, p. (2024). Implementasi hukum islam tentang tanggung jawab sosial perusahaan di lingkungan pt timah persero tbk. *Bandung conference series sharia economic law*, 4(2), 557-565. <https://doi.org/10.29313/bcssel.v4i2.14150>
- Pulleman, m., boer, w., giller, k., & kuyper, t. (2022). Soil biodiversity and nature-mimicry in agriculture; the power of metaphor?. *Outlook on agriculture*, 51(1), 75-90. <https://doi.org/10.1177/00307270221080180>
- Ramadan, a. (2025). Pemberdayaan difabel melalui café inklusi program csr berbagi rasa dan cerita pertamina patra niaga fuel terminal bandung. *Responsive*, 8(3), 550-557. <https://doi.org/10.24198/responsive.v8i3.66927>
- Ruslan, m. And khalid, h. (2023). Unpacking social capital as a determinant of sustainable agriculture adoption: a literature review. *International journal of academic research in business and social sciences*, 13(6). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v13-i6/16903>
- Sajib, s. (2021). Bangladesh... <https://doi.org/10.31219/osf.io/kmsrd>
- Sena, a., matos, f., mesquita, r., & machado, d. (2017). Abordagem grassroots e resistência: atualizando a concepção de desenvolvimento sustentável. *Cadernos ebape br*, 15(3), 651-666. <https://doi.org/10.1590/1679-395152097>

- Shahmohamadloo, r., williams, d., fraser, e., & sibley, p. (2021). The sustainable agriculture imperative: a perspective on the need for an agrosystem approach to meet the united nations sustainable development goals by 2030. *Integrated environmental assessment and management*, 18(5), 1199-1205. <https://doi.org/10.1002/ieam.4558>
- Sova, a., rožman, m., & vide, r. (2023). Are orientations of national culture and the development of the green economy interrelated?. *Balkans journal of emerging trends in social sciences*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.31410/balkans.jetss.2023.6.1.1-13>
- Thành, n., sukprasert, p., & yapwattanaphun, c. (2015). Farmers' sustainable agriculture perception in the vietnam uplands: the case of banana farmers in quang tri province. *Research journal of applied sciences engineering and technology*, 10(8), 960-967. <https://doi.org/10.19026/rjaset.10.2453>
- Thutupalli, v. Technology paradigm shifts in agriculture: drivers of sustainability and catch up.. <https://doi.org/10.26481/dis.20151104vt>
- Trigo, a., marta-costa, a., & fragoso, r. (2021). Principles of sustainable agriculture: defining standardized reference points. *Sustainability*, 13(8), 4086. <https://doi.org/10.3390/su13084086>
- Zhang, j., heijden, m., zhang, f., & bender, s. (2020). Soil biodiversity and crop diversification are vital components of healthy soils and agricultural sustainability. *Frontiers of agricultural science and engineering*, 7(3), 236. <https://doi.org/10.15302/j-fase-2020336>

BAB 4

SISTEM PRODUKSI TANAMAN BERKELANJUTAN

4.1 Pendahuluan

Sistem produksi tanaman merupakan komponen penting dalam pembangunan pertanian karena berperan dalam penyediaan bahan pangan bagi masyarakat. Selama beberapa dekade terakhir, pengembangan sistem produksi tanaman banyak diarahkan pada peningkatan hasil melalui intensifikasi, misalnya penggunaan pupuk kimia, pestisida sintetis, dan pengolahan tanah secara intensif. Pendekatan ini umumnya meningkatkan produktivitas jangka pendek, namun dalam jangka panjang dapat menimbulkan permasalahan seperti degradasi lahan, penurunan kesuburan tanah, pencemaran lingkungan, serta meningkatnya biaya produksi.

Selain itu, sistem produksi tanaman menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, alih fungsi lahan, dan keterbatasan sumber daya alam memengaruhi kemampuan sektor pertanian dalam menjaga stabilitas produksi pangan. Pendekatan produksi tanaman berkelanjutan menekankan pengelolaan sumber daya secara efisien, kelestarian lingkungan, serta aspek sosial dan ekonomi pelaku usaha tani. Sistem ini tidak hanya berfokus pada hasil produksi, tetapi juga pada kemampuan pertanian untuk mempertahankan fungsi produksinya dalam jangka panjang. Bab ini membahas konsep dasar, komponen utama,

praktik, serta kontribusi sistem produksi tanaman berkelanjutan terhadap ketahanan pangan di Indonesia.

4.2 Konsep Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan

4.2.1 Pengertian dan Definisi Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan

Sistem produksi tanaman merupakan kesatuan proses yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengelolaan kegiatan budi daya tanaman untuk menghasilkan produk pertanian. Sistem ini melibatkan berbagai komponen, seperti benih, tanah, air, unsur hara, tenaga kerja, dan teknologi, yang saling berinteraksi dalam suatu agroekosistem. Interaksi antar komponen tersebut memengaruhi produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, dan keberlanjutan proses produksi. Konsep keberlanjutan menekankan kemampuan sistem untuk mempertahankan fungsi produksinya dalam jangka panjang tanpa menurunkan kualitas lingkungan dan sumber daya alam (Terán-Samaniego *et al.*, 2025). Dengan demikian, sistem produksi tanaman berkelanjutan tidak hanya berfokus pada hasil panen, tetapi juga memperhitungkan dampak kegiatan produksi terhadap kondisi ekologi dan aspek sosial yang menyertainya.

Secara konseptual, sistem produksi tanaman berkelanjutan memiliki tiga dimensi utama: ekologis, ekonomi, dan sosial (Szczepanek, Piotrowska-Długosz and Konopka, 2021). Dimensi ekologis mencakup upaya menjaga kelestarian sumber daya alam, kualitas lingkungan, dan keseimbangan ekosistem pertanian. Dimensi ekonomi menekankan kelayakan dan efisiensi usaha tani agar sistem produksi dapat dipertahankan secara finansial. Sementara dimensi sosial berkaitan dengan kesejahteraan petani, keberlanjutan mata

pencapaian, dan keterkaitan sistem produksi dengan masyarakat pedesaan. Ketiga dimensi tersebut saling terkait dan harus dipertimbangkan secara terpadu dalam pengembangan sistem produksi tanaman yang berkelanjutan.

4.2.2 Tujuan dan Manfaat Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan

Penerapan sistem produksi tanaman berkelanjutan diarahkan untuk mendukung ketersediaan pangan dalam jangka panjang melalui pengelolaan sistem produksi yang mempertahankan kapasitas produktif lahan. Berbeda dengan pendekatan produksi yang menekankan peningkatan hasil dalam jangka pendek, sistem ini fokus pada pemeliharaan fungsi produksi agar berlangsung secara berkesinambungan. Selain itu, pendekatan berkelanjutan menekankan efisiensi pemanfaatan sumber daya pertanian, seperti tanah, air, dan unsur hara, melalui penyesuaian teknologi dan praktik budi daya dengan kondisi agroekosistem setempat (Al-Shammary *et al.*, 2024). Upaya ini dapat mengurangi pemborosan input, menekan biaya produksi, dan menurunkan ketergantungan terhadap input eksternal, meskipun keberhasilannya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pengelolaan di tingkat lapangan.

Dari perspektif lingkungan, sistem produksi tanaman berkelanjutan mendukung pelestarian agroekosistem, termasuk kesuburan tanah, kualitas air, dan keanekaragaman hayati, sehingga mengurangi risiko degradasi sumber daya alam. Pada tingkat usahatani, sistem ini membantu menjaga stabilitas produksi dan mengelola risiko usaha tani, yang pada gilirannya dapat berimplikasi pada keberlanjutan pendapatan dan kesejahteraan petani. Dengan demikian, penerapan sistem produksi tanaman berkelanjutan memberikan manfaat yang

mencakup aspek produktivitas, lingkungan, dan sosial-ekonomi secara terpadu.

4.2.3 Perbedaan Sistem Produksi Tanaman Konvensional dan Berkelanjutan

Sistem produksi tanaman konvensional umumnya ditandai oleh penggunaan input kimia secara intensif, pengolahan tanah yang masif, dan penerapan monokultur dalam skala luas. Pendekatan ini berorientasi pada peningkatan hasil tanaman dalam jangka pendek dengan fokus pada produktivitas tinggi. Namun, bila tidak disertai praktik pengelolaan yang memadai, sistem konvensional berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan dan sumber daya alam, termasuk degradasi lahan dan penurunan kesuburan tanah (Sayani *et al.*, 2024).

Sebaliknya, sistem produksi tanaman berkelanjutan menekankan pengelolaan agroekosistem secara terpadu dengan memanfaatkan proses alami dan memperhatikan interaksi antara komponen biotik dan abiotik. Pendekatan ini mendorong diversifikasi tanaman, penggunaan input yang ramah lingkungan, dan efisiensi sumber daya. Sistem berkelanjutan bertujuan mempertahankan fungsi ekosistem sekaligus menjaga kapasitas lahan dalam mendukung produksi jangka panjang (Dietrich *et al.*, 2025). Dengan demikian, sistem ini menyediakan alternatif perencanaan dan pengelolaan produksi tanaman yang mempertimbangkan keberlanjutan sumber daya serta stabilitas hasil produksi dalam jangka menengah hingga panjang.

4.3 Komponen Utama Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan

4.3.1 Pengelolaan Benih dan Varietas Tanaman

Pengelolaan benih dan pemilihan varietas merupakan komponen utama dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan. Benih yang bermutu tinggi berperan penting dalam mendukung keberhasilan budi daya, produktivitas, dan stabilitas hasil panen (Ojdowska *et al.*, 2025). Dalam kerangka keberlanjutan, pengelolaan benih tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil, tetapi juga mempertimbangkan kemampuan tanaman beradaptasi terhadap kondisi lingkungan serta kontribusinya terhadap kelestarian agroekosistem.

Pemilihan varietas yang sesuai dengan kondisi agroekologi setempat dapat meningkatkan respons terhadap praktik pemupukan, toleransi terhadap hama dan penyakit, serta ketahanan terhadap stres lingkungan seperti kekeringan, genangan, atau salinitas. Varietas lokal yang adaptif juga berperan dalam menjaga keanekaragaman genetik dan ketahanan tanaman (Babalola *et al.*, 2025). Benih bermutu mendukung pertumbuhan tanaman yang seragam dan optimal, serta efisiensi penggunaan input produksi seperti pupuk dan air. Dengan demikian, pemilihan dan pengelolaan benih yang tepat menjadi dasar strategi pengembangan sistem produksi tanaman berkelanjutan.

4.3.2 Pola Tanam dan Rotasi Tanaman

Pola tanam dan rotasi tanaman merupakan komponen penting dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan karena berperan dalam menjaga kesuburan tanah, mengelola hama dan penyakit, serta mendukung stabilitas produktivitas. Pola tanam mengacu pada susunan tanaman di lahan tertentu,

sedangkan rotasi tanaman mencakup pergiliran jenis tanaman pada lahan yang sama secara periodik. Sistem monokultur, yang menanam satu jenis tanaman secara terus-menerus, relatif mudah dikelola dan dapat memberikan hasil tinggi dalam jangka pendek, namun dapat menyebabkan penurunan kesuburan tanah, meningkatnya tekanan hama dan penyakit, serta tantangan dalam mempertahankan keberlanjutan produksi (Belete and Yadete, 2023).

Sebaliknya, sistem polikultur atau tumpangsari yang menanam beberapa jenis tanaman secara bersamaan meningkatkan efisiensi pemanfaatan cahaya, air, dan unsur hara, serta mendukung keseimbangan ekosistem dan pengendalian populasi hama dan penyakit. Rotasi tanaman membantu mempertahankan kesuburan tanah, mengurangi akumulasi nutrisi tertentu, dan memutus siklus hama serta patogen (Al-Musawi, Vona and Kulmány, 2025); misalnya, pergiliran tanaman sereal dengan legum dapat meningkatkan kandungan nitrogen tanah secara alami. Penerapan pola tanam yang beragam dan rotasi yang sesuai mencerminkan integrasi prinsip ekologis, ekonomi, dan sosial dalam sistem produksi tanaman, serta memperkuat kapasitas lahan untuk mendukung produksi secara berkelanjutan.

4.3.3 Pemupukan Berimbang dan Ramah Lingkungan

Pemupukan merupakan komponen penting dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan karena memengaruhi pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas hasil panen. Dalam konteks keberlanjutan, pemupukan menekankan pemberian hara yang seimbang dan ramah lingkungan, dengan tujuan tidak hanya mendukung hasil tanaman tetapi juga mempertahankan kesuburan tanah, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta meningkatkan efisiensi

penggunaan sumber daya. Strategi ini memperhitungkan kebutuhan tanaman dan kapasitas lahan, mencakup hara makro maupun mikro, serta disesuaikan dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan, dan kondisi agroekosistem setempat.

Integrasi pupuk organik dan anorganik menjadi salah satu praktik utama dalam sistem berkelanjutan. Pupuk organik, seperti kompos, pupuk kandang, dan pupuk hijau, berperan dalam memperbaiki kesuburan dan struktur tanah, meningkatkan daya tahan tanah terhadap kekeringan, serta mendukung keberagaman mikroorganisme (Xu, Li and Li, 2025). Pupuk anorganik digunakan untuk memenuhi kebutuhan hara spesifik yang tidak tercukupi oleh pupuk organik. Efisiensi pemanfaatan hara dicapai melalui analisis tanah, pemupukan sesuai fase pertumbuhan, dan aplikasi presisi, sehingga tanaman menyerap hara secara optimal, penggunaan pupuk lebih efisien, dan risiko pencemaran lingkungan berkurang. Dengan demikian, pemupukan berimbang dan ramah lingkungan mendukung produktivitas tanaman, kelestarian tanah, serta kemampuan sistem produksi tanaman untuk mempertahankan fungsi produksinya dalam jangka panjang.

4.3.4 Pengelolaan Air dalam Produksi Tanaman

Air merupakan faktor penting dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan karena memengaruhi pertumbuhan tanaman, produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, dan ketahanan agroekosistem terhadap tekanan lingkungan, termasuk perubahan iklim (Chartzoulakis and Bertaki, 2015). Pengelolaan air dilakukan secara efisien dan terencana untuk mendukung stabilitas produksi sekaligus mempertahankan fungsi sumber daya air. Efisiensi penggunaan air irigasi dapat dicapai melalui teknik yang sesuai, seperti irigasi tetes,

sprinkler, atau sistem berbasis sensor kelembapan tanah, serta penjadwalan irigasi yang disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman, sehingga kebutuhan tanaman terpenuhi dan kehilangan air dapat diminimalkan.

Adaptasi terhadap variabilitas iklim juga menjadi bagian penting dari pengelolaan air. Strategi ini mencakup penggunaan varietas toleran kekeringan, penanaman yang disesuaikan dengan musim hujan, dan penerapan teknologi konservasi air, seperti mulsa dan penampungan air hujan. Ketersediaan air yang memadai mendukung proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis, pertumbuhan vegetatif, pembentukan bunga, dan pembentukan biji, yang pada gilirannya berdampak pada stabilitas produksi. Integrasi pengelolaan air dengan praktik budi daya lainnya berperan dalam mempertahankan fungsi ekologi, efisiensi sumber daya, dan keberlanjutan sistem produksi tanaman dalam jangka menengah hingga panjang.

4.3.5 Konservasi Keanekaragaman Hayati Agroekosistem

Keanekaragaman hayati (biodiversitas) merupakan salah satu pilar dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan. Biodiversitas mencakup varietas tanaman, mikroorganisme tanah, serangga, dan organisme lain yang berinteraksi dalam agroekosistem. Kehadiran berbagai spesies ini berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem, mendukung produktivitas tanaman, serta meningkatkan kemampuan sistem pertanian menghadapi tekanan lingkungan, termasuk perubahan iklim (Bach *et al.*, 2020).

Biodiversitas mendukung fungsi ekosistem yang berkontribusi pada produksi tanaman. Mikroba tanah membantu dekomposisi bahan organik, fiksasi nitrogen, dan ketersediaan hara, sedangkan serangga penyerbuk dan

predator alami berperan dalam pengendalian populasi hama dan peningkatan hasil panen (Chen *et al.*, 2024; Katumo *et al.*, 2022; Boldorini *et al.*, 2024). Strategi konservasi seperti tanaman penutup tanah, legum, atau *intercropping* dapat menjaga kesuburan tanah, mencegah erosi, menyediakan habitat bagi organisme bermanfaat, dan mendiversifikasi fungsi ekologi lahan. Dengan pengelolaan keanekaragaman hayati yang tepat, agroekosistem menjadi lebih resisten terhadap gangguan biotik maupun abiotik, sehingga mendukung efisiensi, resiliensi, dan kapasitas lahan dalam menopang produksi pangan jangka panjang.

4.4 Praktik Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan

4.4.1 Pertanian Konservasi

Pertanian konservasi merupakan praktik utama dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan yang menekankan pelestarian tanah, air, dan energi sekaligus menjaga produktivitas tanaman. Pendekatan ini bertujuan menciptakan sistem produksi yang efisien, ramah lingkungan, dan tangguh terhadap tekanan ekologis, termasuk perubahan iklim. Prinsip utama meliputi pengolahan tanah minimal, penutupan tanah dengan mulsa atau tanaman penutup, serta rotasi atau tumpangsari tanaman (Cordeau, 2024).

Pengolahan tanah minimal mengurangi erosi, menjaga struktur tanah, dan melindungi mikroba yang berperan dalam siklus nutrisi. Penutupan tanah dengan mulsa atau tanaman penutup mencegah erosi, menjaga kelembapan, mengendalikan gulma, dan menambah bahan organik. Rotasi dan diversifikasi tanaman membantu memperbaiki kesuburan tanah, mengurangi siklus hama dan penyakit, serta meningkatkan efisiensi penggunaan cahaya, air, dan unsur

hara. Praktik pertanian konservasi mendukung peningkatan kualitas tanah, aktivitas mikroba, dan produktivitas lahan secara berkelanjutan, sehingga berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya alam, ketahanan pangan, dan kesejahteraan petani (Praharaj *et al.*, 2025).

4.4.2 Sistem Tanam Tumpangsari dan Polikultur

Sistem tanam tumpangsari dan polikultur menekankan diversifikasi tanaman pada satu lahan, berbeda dengan monokultur yang hanya menanam satu jenis tanaman. Dengan menanam beberapa jenis tanaman secara bersamaan atau bergantian, sistem ini memanfaatkan cahaya, air, dan nutrisi secara lebih efisien, sekaligus memperkuat ketahanan ekosistem dan stabilitas produksi (Mihrete and Mihretu, 2025). Praktik ini juga melibatkan tanaman penutup tanah dan tanaman sela untuk meningkatkan keanekaragaman biologis lahan. Jenis-jenis tumpangsari yang umum meliputi tumpangsari antar baris (*row intercropping*), tumpangsari campuran (*mixed cropping*), dan tumpangsari vertikal (*relay intercropping*), disesuaikan dengan karakteristik tanaman dan kondisi lahan (Moreira *et al.*, 2024).

Sistem polikultur dan tumpangsari mendukung interaksi ekologi yang lebih baik, menyediakan habitat bagi predator alami hama, dan meningkatkan kesehatan serta kesuburan tanah, misalnya melalui tanaman legum yang menambat nitrogen. Keunggulannya terlihat pada efisiensi lahan, peningkatan hasil, dan pengurangan risiko gagal panen akibat hama, penyakit, atau kondisi iklim ekstrem. Secara ekonomi, diversifikasi tanaman dapat meningkatkan pendapatan petani dan menyediakan pangan yang lebih beragam bagi masyarakat. Dari perspektif ekologi, praktik ini memperkuat ketahanan agroekosistem, menjaga keseimbangan hama dan

predator, serta mendukung keberlanjutan sistem produksi tanaman secara keseluruhan.

4.4.3 Pemanfaatan Pupuk Organik dan Pupuk Hayati

Pemupukan merupakan komponen penting dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan karena memengaruhi kesuburan tanah, pertumbuhan, dan produktivitas tanaman. Berbeda dengan pupuk kimia sintetis, pupuk organik dan pupuk hayati menawarkan pendekatan ramah lingkungan yang mendukung kesehatan agroekosistem serta efisiensi penggunaan sumber daya. Pupuk organik berasal dari sisa tanaman, kotoran ternak, kompos, dan limbah pertanian, yang tidak hanya menyediakan nutrisi tetapi juga meningkatkan kandungan bahan organik, struktur tanah, dan kemampuan tanah menahan air (Boru, 2025).

Pupuk hayati atau *biofertilizer* mengandung mikroorganisme menguntungkan, seperti bakteri fiksasi nitrogen dan mikoriza, yang membantu meningkatkan ketersediaan hara, dan menekan populasi patogen (Zhang *et al.*, 2025). Peran mikroorganisme tanah sangat vital dalam mendukung siklus nutrisi, kesuburan, dan daya tahan tanaman terhadap stres lingkungan. Integrasi pupuk organik dan hayati menciptakan tanah yang sehat dan produktif, mengurangi ketergantungan pada input kimia, serta mendukung keberlanjutan dan keseimbangan ekologi sistem produksi tanaman.

4.4.4 Penggunaan Mulsa dan Tanaman Penutup Tanah

Penggunaan mulsa dan tanaman penutup tanah merupakan praktik penting dalam sistem produksi tanaman berkelanjutan karena berperan dalam menjaga kualitas tanah, menekan pertumbuhan gulma, meningkatkan efisiensi air, dan

mendukung keseimbangan ekosistem. Mulsa yang menutupi permukaan tanah membantu mengurangi penguapan dan menstabilkan suhu tanah. Jika mulsa bersifat organik, dekomposisinya juga menambah bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, dan mendukung aktivitas mikroba yang penting bagi kesuburan tanah (El-Beltagi *et al.*, 2022).

Tanaman penutup tanah, seperti legum dan kacang-kacangan, ditanam antara musim tanam utama untuk melindungi tanah dari erosi, memperbaiki struktur dan porositas tanah, meningkatkan infiltrasi air, serta menyediakan habitat bagi mikroorganisme tanah dan serangga yang bermanfaat. Selain itu, legum juga menambat nitrogen secara biologis, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk nitrogen sintetis (Palmero *et al.*, 2022). Dampak gabungan mulsa dan tanaman penutup tanah terlihat pada peningkatan kelembapan dan kesuburan tanah secara berkelanjutan, mendukung siklus nutrisi, aktivitas mikroba, dan kesehatan agroekosistem, serta memperkuat produktivitas tanaman. Praktik ini menjadi strategi integral untuk efisiensi penggunaan lahan, ketahanan lingkungan, dan keberlanjutan produksi pangan jangka panjang.

4.4.5 Penerapan Pertanian Presisi

Pertanian presisi merupakan pendekatan pengelolaan pertanian yang memanfaatkan teknologi untuk mendukung pengambilan keputusan berdasarkan kondisi aktual lahan dan tanaman. Pendekatan ini menekankan penyesuaian penggunaan input produksi, seperti air, pupuk, dan pestisida, sesuai dengan kebutuhan spesifik pada bagian lahan tertentu. Hal ini didasarkan pada adanya variasi karakteristik lahan pertanian, termasuk kesuburan tanah, kelembapan, kondisi iklim mikro, serta distribusi hama dan penyakit, yang

menyebabkan respons tanaman terhadap pengelolaan tidak selalu seragam.

Penerapan pertanian presisi melibatkan pengumpulan dan pemanfaatan data melalui teknologi seperti sensor, sistem penentuan posisi global (GPS), wahana udara nirawak (*drone*), dan citra satelit (Padhiary *et al.*, 2024). Data tersebut digunakan untuk menggambarkan variasi kondisi lahan secara spasial dan temporal, sehingga pengelolaan dapat dilakukan secara lebih terarah. Pendekatan ini berpotensi membantu meningkatkan efisiensi penggunaan input dan mendukung pengelolaan lahan yang lebih adaptif, terutama ketika dikombinasikan dengan praktik pertanian berkelanjutan, dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan teknis dan kondisi penerapan di lapangan.

4.5 Kontribusi Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan terhadap Ketahanan Pangan

4.5.1 Stabilitas Produksi dan Produktivitas Tanaman

Stabilitas produksi dan produktivitas tanaman penting dalam sistem produksi berkelanjutan karena berkaitan dengan kemampuan lahan menopang produksi secara berulang. Faktor ini dipengaruhi oleh kondisi biofisik lahan, termasuk kualitas tanah, ketersediaan air, dan interaksi antara tanaman dengan lingkungannya. Pengelolaan lahan yang memperhatikan variasi kondisi tersebut menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan produksi.

Pertanian konservasi merupakan salah satu pendekatan yang menekankan pemeliharaan sumber daya lahan melalui pengolahan tanah minimal, penutupan tanah dengan residu, serta rotasi atau diversifikasi tanaman (Sadiq *et al.*, 2025). Praktik ini membantu menjaga struktur tanah, mengurangi kehilangan air dan tanah, serta menekan gangguan biotik,

sehingga mendukung produktivitas tanaman yang relatif stabil. Dampaknya dapat berbeda antar lokasi, namun secara umum pertanian konservasi berpotensi mendukung konsistensi hasil dan keberlanjutan produksi jangka menengah hingga panjang.

4.5.2 Peningkatan Kualitas dan Keamanan Pangan

Sistem produksi tanaman berkelanjutan menekankan kualitas dan keamanan pangan, selain kuantitas. Praktik budi daya berkelanjutan bertujuan menghasilkan produk dengan kandungan gizi yang terjaga serta risiko kontaminan berbahaya yang lebih rendah melalui pengelolaan input yang tepat dan terkontrol (Sayani *et al.*, 2024). Pendekatan ini mencakup pemilihan varietas unggul yang relatif tahan hama, rotasi tanaman, serta pengelolaan hara yang sesuai kondisi lahan. Dengan pengelolaan yang terencana, sistem ini mendukung produk pangan yang aman, sehat, dan konsisten.

Pengendalian residu bahan kimia menjadi fokus utama keamanan pangan. Sistem ini mendorong penggunaan pupuk, pestisida, dan herbisida secara tepat, termasuk alternatif organik atau hayati, misalnya pupuk organik, *biofertilizer*, atau pestisida hayati. Teknologi pertanian presisi membantu menyesuaikan dosis input sesuai kebutuhan tanaman, sehingga risiko akumulasi residu berkurang (Ruder *et al.*, 2026). Dengan demikian, sistem produksi berkelanjutan mendukung mutu pangan yang lebih konsisten dan aman, sekaligus berkontribusi terhadap ketahanan pangan melalui ketersediaan produk yang stabil dan berkualitas.

4.5.3 Ketahanan Sistem Produksi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim menjadi tantangan bagi produksi tanaman karena fluktuasi suhu, curah hujan, kekeringan, banjir, dan kejadian ekstrem dapat memengaruhi pertumbuhan dan

hasil tanaman. Strategi adaptasi menjadi penting, misalnya penggunaan varietas toleran kekeringan atau genangan, penyesuaian waktu tanam, pengelolaan tanah dan air yang efisien, serta diversifikasi tanaman. Praktik adaptasi ini membantu mempertahankan produktivitas lahan dalam kondisi iklim yang berubah-ubah.

Selain adaptasi, mitigasi perubahan iklim juga penting. Pengelolaan tanah dan tanaman melalui konservasi, pupuk organik, residu tanaman, dan integrasi tanaman-pohon atau ternak dapat menurunkan emisi gas rumah kaca sekaligus meningkatkan penyerapan karbon. Keberagaman tanaman dan integrasi agroekosistem mendukung ketahanan sistem terhadap tekanan lingkungan, menurunkan risiko gagal panen, dan mempertahankan produktivitas pada tingkat relatif stabil (Li *et al.*, 2019). Dengan pendekatan ini, sistem produksi tanaman dapat lebih tangguh terhadap kondisi iklim ekstrem sambil tetap mempertahankan keberlanjutan sumber daya alam.

4.6 Tantangan dan Peluang Pengembangan Sistem Produksi Tanaman Berkelanjutan di Indonesia

4.6.1 Tantangan Teknis dan Lingkungan

Pengembangan sistem produksi tanaman berkelanjutan di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan teknis dan lingkungan yang beragam. Degradasi lahan, termasuk erosi, penurunan kesuburan, salinisasi, serta pencemaran akibat penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan, menjadi faktor utama yang memengaruhi produktivitas dan keberlanjutan lahan. Praktik monokultur dan pengolahan tanah intensif juga berkontribusi terhadap penurunan kandungan bahan organik serta aktivitas mikroorganisme penting,

sehingga kapasitas lahan untuk menopang produksi tanaman secara berkelanjutan dapat terganggu (Liang *et al.*, 2025).

Selain itu, keterbatasan sumber daya air, curah hujan yang tidak merata, musim kemarau panjang, dan alih fungsi lahan menambah tekanan lingkungan bagi sistem produksi tanaman. Tekanan ini diperparah oleh fluktuasi suhu, hujan ekstrem, dan risiko bencana alam. Menghadapi kondisi tersebut, strategi adaptasi menjadi penting, misalnya melalui diversifikasi tanaman, tumpangsari, konservasi tanah dan air, serta penggunaan varietas toleran kekeringan. Keberhasilan implementasi sistem produksi berkelanjutan di Indonesia sangat bergantung pada kemampuan menyesuaikan praktik budi daya dengan kondisi lokal, sambil memanfaatkan teknologi, inovasi agronomi, dan praktik konservasi secara terpadu.

4.6.2 Tantangan Sosial dan Ekonomi

Pengembangan sistem produksi tanaman berkelanjutan di Indonesia juga menghadapi berbagai tantangan sosial dan ekonomi yang berkaitan dengan kapasitas petani, struktur pasar, dan dukungan kelembagaan. Salah satu hambatan utama adalah adopsi teknologi. Meskipun praktik seperti pertanian presisi, pupuk hayati, tumpangsari, dan konservasi tanah terbukti dapat mendukung keberlanjutan produksi, banyak petani mengalami kesulitan dalam penerapannya karena keterbatasan pengetahuan, modal, pengalaman, serta adanya risiko usaha. Faktor ini diperparah oleh terbatasnya akses terhadap pelatihan, penyuluhan, dan pendampingan teknis.

Selain itu, akses terhadap input dan pasar menjadi tantangan tambahan. Petani sering menghadapi kesulitan memperoleh benih unggul, pupuk organik atau hayati, alat

pertanian, dan teknologi irigasi, sehingga praktik berkelanjutan sulit dioptimalkan. Akses pasar yang terbatas atau fluktuatif juga dapat menurunkan insentif ekonomi untuk menerapkan praktik baru. Faktor sosial dan budaya, seperti kepemilikan lahan yang terfragmentasi, terbatasnya organisasi kelompok tani, serta akses yang rendah terhadap kredit dan lembaga keuangan, turut memengaruhi kemampuan petani dalam menerapkan sistem produksi berkelanjutan. Oleh karena itu, pengembangan sistem produksi tanaman berkelanjutan memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup peningkatan kapasitas petani, penyediaan input yang memadai, penguatan kelembagaan, dan perbaikan akses pasar agar praktik pertanian berkelanjutan dapat diterapkan secara lebih efektif dan produktif.

4.6.3 Peluang Pengembangan dan Dukungan Kebijakan

Sistem produksi tanaman berkelanjutan di Indonesia menawarkan berbagai peluang untuk meningkatkan ketahanan pangan dan efisiensi produksi. Inovasi teknologi pertanian, termasuk pertanian presisi, sensor tanah, drone pemantau lahan, pupuk hayati, serta sistem irigasi yang lebih efisien, dapat mendukung pengelolaan lahan yang lebih tepat dan optimal. Pengembangan varietas unggul yang adaptif terhadap kondisi lingkungan lokal, serta teknologi pengolahan pasca panen, juga membuka peluang untuk meningkatkan nilai tambah produk dan daya saing di pasar.

Peran pemerintah dan kelembagaan pendukung menjadi faktor penting dalam mendorong adopsi praktik berkelanjutan. Kebijakan seperti subsidi input ramah lingkungan, program pelatihan dan penyuluhan, penguatan kelompok tani, serta penyediaan fasilitas riset dan teknologi dapat menciptakan lingkungan yang kondusif bagi petani.

Dukungan kelembagaan yang memadai juga memungkinkan pengembangan model pertanian berbasis pasar dan komunitas, misalnya agribisnis berkelanjutan, pertanian organik bersertifikasi, atau rantai pasok lokal yang lebih efisien. Dengan memanfaatkan peluang tersebut, pengembangan sistem produksi tanaman berkelanjutan dapat lebih terarah, produktif, dan adaptif, sekaligus mendukung keberlanjutan sumber daya alam dan kesejahteraan petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Musawi, Z.K., Vona, V. and Kulmány, I.M. (2025) "Utilizing Different Crop Rotation Systems for Agricultural and Environmental Sustainability: A Review," *Agronomy*, 15(8), p. 1966. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy15081966>.
- Al-Shammary, A.A.G. *et al.* (2024) "Optimizing sustainable agriculture: A comprehensive review of agronomic practices and their impacts on soil attributes," *Journal of Environmental Management*, 364, p. 121487. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121487>.
- Babalola, K.O. *et al.* (2025) "Genetic diversity and climate change adaptation in wheat: a systematic review of landraces, composite cross populations, and evolutionary populations," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, p. 1504922. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1504922>.
- Bach, E.M. *et al.* (2020) "Soil Biodiversity Integrates Solutions for a Sustainable Future," *Sustainability*, 12(7), p. 2662. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12072662>.
- Belete, T. and Yadete, E. (2023) "Effect of Mono Cropping on Soil Health and Fertility Management for Sustainable Agriculture Practices: A Review," *Journal of Plant Sciences*, 11(6), pp. 192–197. Available at: <https://doi.org/10.11648/j.jps.20231106.13>.
- Boldorini, G.X. *et al.* (2024) "Predators control pests and increase yield across crop types and climates: a meta-analysis," *Proceedings of the Royal Society B*, 291(2018), p. 20232522. Available at: <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.2522>.
- Boru, M. (2025) "Review of Organic Fertilizer and Its Role in Organic Farming," *International Journal of Energy and Environmental Science*, 10(2), pp. 31–37. Available at:

<https://doi.org/10.11648/j.ijees.20251002.11>.

- Chartzoulakis, K. and Bertaki, M. (2015) "Sustainable water management in agriculture under climate change," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, pp. 88–98. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>.
- Chen, Q. *et al.* (2024) "Soil Microorganisms: Their Role in Enhancing Crop Nutrition and Health," *Diversity*, 16(12), p. 734. Available at: <https://doi.org/10.3390/d16120734>.
- Cordeau, S. (2024) "Moving conservation agriculture from principles to a performance-based production system," *Renewable Agriculture and Food Systems*, 39(e12), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1742170524000048>.
- Dietrich, A.S. *et al.* (2025) "Changing the understanding of crop production: Integrating ecosystem services into the production function," *Ecological Economics*, 230, p. 108526. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108526>.
- El-Beltagi, H.S. *et al.* (2022) "Mulching as a Sustainable Water and Soil Saving Practice in Agriculture : A Review," *Agronomy*, 12(8), p. 1881. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881>.
- Katumo, D.M. *et al.* (2022) "Plant Diversity Pollinator diversity benefits natural and agricultural ecosystems, environmental health, and human welfare," *Plant Diversity*, 44(5), pp. 429–435. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2022.01.005>.
- Li, J. *et al.* (2019) "Diversifying crop rotation improves system robustness," *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0584-0>.
- Liang, X. *et al.* (2025) "Integrated Management Practices Foster Soil Health, Productivity, and Agroecosystem Resilience," *Agronomy*, 15(8), p. 1816. Available at:

- <https://doi.org/10.3390/agronomy15081816>.
- Mihrete, T.B. and Mihretu, F.B. (2025) "Crop Diversification for Ensuring Sustainable Agriculture, Risk Management and Food Security," *Global Challenges*, 9(2), p. 2400267. Available at: <https://doi.org/10.1002/gch2.202400267>.
- Moreira, B. *et al.* (2024) "Intercropping Systems: An Opportunity for Environment Conservation within Nut Production," *Agriculture*, 14(7), p. 1149. Available at: <https://doi.org/10.3390/agriculture14071149>.
- Ojdowska, P. *et al.* (2025) "Certified Seed Use Enhances Yield Stability in Cereal Production Under Temperate Climate Conditions," *Agronomy*, 15(8), p. 1886. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy15081886>.
- Padhiary, M. *et al.* (2024) "Smart Agricultural Technology Enhancing precision agriculture: A comprehensive review of machine learning and AI vision applications in all-terrain vehicle for farm automation," *Smart Agricultural Technology*, 8, p. 100483. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100483>.
- Palmero, F. *et al.* (2022) "A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes," *European Journal of Agronomy*, 136, p. 126514. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126514>.
- Praharaj, S. *et al.* (2025) "Regional Sustainability Conservation agriculture for sustainable food system: Current insights and emerging perspectives," *Regional Sustainability*, 6(5), p. 100264. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100264>.
- Ruder, S.-L. *et al.* (2026) "Reviewing the evidence on precision agriculture and environmental sustainability," *npj Sustainable Agriculture*, 4, p. 9. Available at: <https://doi.org/10.1038/s44264-026-00128-x>.
- Sadiq, F.K. *et al.* (2025) "Conservation Agriculture for Sustainable

Soil Health Management: A Review of Impacts, Benefits and Future Directions," *Soil Systems*, 9(3), p. 103. Available at: <https://doi.org/10.3390/soilsystems9030103>.

Sayani *et al.* (2024) *Agroteknologi Berkelanjutan Menuju Pertanian yang Ramah Lingkungan*. 1st ed. Medan: PT. Media Penerbit Indonesia. Available at: <http://repository.mediapenerbitindonesia.com/309/>.

Szczepanek, M., Piotrowska-Długosz, A. and Konopka, I. (2021) "Sustainable Crop Production Protects the Quality of Soil and Plant Raw Materials," *Agronomy*, 11(6), p. 1178. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061178>.

Terán-Samaniego, K. *et al.* (2025) "Agroecology and Sustainable Agriculture: Conceptual Challenges and Opportunities—A Systematic Literature Review," *Sustainability*, 17(5), p. 1805. Available at: <https://doi.org/10.3390/su17051805>.

Xu, J., Li, Y. and Li, L. (2025) "A Comprehensive Review of the Effects of Organic Amendments on Soil Health and Fertility: Mechanisms, Greenhouse Gas Emissions, and Implications for Sustainable Agriculture," *Agronomy*, 15(12), p. 2705. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy15122705>.

Zhang, X. *et al.* (2025) "Biofertilizers Enhance Soil Fertility and Crop Yields Through Microbial Community Modulation," *Agronomy*, 15(7), p. 1572. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy15071572>.

BAB 5

PENGELOLAAN TANAH DAN AIR BERKELANJUTAN

5.1 Konsep Dasar Tanah, Air, Dan Pembangunan Berkelanjutan

5.1.1 Tanah dan Air sebagai Sumber Daya Alam Strategis

Tanah dan air merupakan komponen fundamental dari sistem lingkungan bumi yang menopang keseluruhan kehidupan dan aktivitas manusia. Tanah berfungsi sebagai media tumbuh bagi tanaman, penyimpan air dan nutrisi, serta habitat berbagai organisme yang berkontribusi terhadap siklus biogeokimia global. Air, di sisi lain, adalah unsur yang tak terpisahkan dari proses biologis, geologis, dan antropogenik dan menjadi sumber utama bagi kebutuhan domestik, industri, dan produksi pangan. Dalam konteks ketahanan pangan dan pembangunan berkelanjutan, kualitas dan ketersediaan tanah serta air menjadi indikator utama keberhasilan pembangunan agrikultur dan ekosistem secara umum. Studi global menunjukkan bahwa pengelolaan yang holistik terhadap sumber daya tanah dan air mampu mendukung ketahanan pangan sekaligus menjaga fungsi ekosistem secara efektif di tengah tantangan perubahan iklim dan tekanan demografis (Vorotyntseva et al., 2025).

Namun, tekanan terhadap kedua sumber daya ini terus meningkat. Perubahan penggunaan lahan, pertanian intensif, urbanisasi, dan perubahan iklim mempercepat degradasi tanah serta mengubah ketersediaan dan kualitas air. Kerusakan fisik

tanah seperti pemadatan, serta degradasi kimia dan biologis, secara langsung memengaruhi kapasitas tanah untuk menyimpan dan menyediakan air bagi tanaman dan organisme lain. Demikian pula, ketersediaan air tawar semakin berkurang sebagai akibat dari eksploitasi berlebih, pencemaran, dan gangguan siklus hidrologi, yang dapat melemahkan suplai air untuk kehidupan manusia dan alam. (Al-Shammmary et al., 2024).

5.1.2 Siklus Hidrologi dan Dinamika Air di Lahan

Siklus hidrologi adalah proses global yang menggambarkan pergerakan air antara atmosfer, permukaan tanah, dan bawah tanah. Proses ini mencakup evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, aliran permukaan, dan pengisian kembali air tanah. Dinamika air yang terus-menerus ini memastikan ketersediaan air tawar di berbagai ekosistem serta mendukung kehidupan tanaman, hewan, dan manusia. Pemahaman yang mendalam terhadap siklus ini sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan, karena mengarahkan bagaimana air bergerak melalui landscape dan bagaimana manusia dapat memanfaatkan serta melindungi sumber air tersebut (Zhang et al., 2024).

Interaksi antara tanah dan air sangat erat: infiltrasi dan infiltrasinya dipengaruhi oleh struktur dan kondisi fisik tanah, sedangkan limpasan permukaan berhubungan dengan kemiringan lahan dan tingkat kepadatan vegetasi. Tanpa pengelolaan yang tepat, gangguan pada siklus hidrologi seperti erosi, pengurungan air tanah, atau degradasi lahan dapat mengakibatkan bencana hidrologi seperti banjir atau kekeringan. Juga perlu dipahami bahwa perubahan iklim mempercepat variabilitas curah hujan dan proses hidrologi

lainnya, mempertegas kebutuhan akan strategi adaptif dan mitigatif dalam pengelolaan air berkelanjutan (Luo et al., 2023).

Proses evapotranspirasi memegang peranan sentral dalam siklus hidrologi karena mengembalikan air dari permukaan tanah dan vegetasi ke atmosfer. Evapotranspirasi memediasi hubungan energi dan air di batas permukaan bumi, sekaligus mempengaruhi ketersediaan air untuk tanaman dan aliran sungai. Studi global menunjukkan bahwa evapotranspirasi menyumbang bagian besar dari neraca air tanah dan memengaruhi variabilitas kelembaban tanah di banyak wilayah. Selain itu, interaksi antara kondisi atmosfer dan kelembaban tanah menjadi faktor utama dalam menentukan respon hidrologi terhadap perubahan iklim, khususnya dalam situasi kekeringan dan extreme weather events (Yi et al., 2024)..

Pemahaman dinamika air juga harus dilihat dalam konteks hubungan antara air permukaan dan air bawah tanah. Perkolasi air dari lapisan tanah atas ke zona tak jenuh dan kemudian ke akuifer merupakan proses penting dalam recharge (pengisian kembali) air tanah. Kecepatan perkolasi ini dipengaruhi oleh kondisi tanah, struktur pori, dan keadaan kelembaban awal tanah, serta dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal seperti curah hujan intensitas tinggi atau perubahan penggunaan lahan. Proses ini relevan dalam perencanaan pengelolaan air berbasis daerah aliran sungai (*watershed management*), yang mempertimbangkan keseimbangan antara penggunaan air oleh vegetasi, pemanfaatan untuk kebutuhan manusia, serta konservasi sumber daya air itu sendiri (Mondal & Mishra, 2024).

Secara keseluruhan, siklus hidrologi dan dinamika air di lahan merupakan landasan konseptual dalam pengelolaan tanah dan air berkelanjutan. Pemahaman yang mendalam tentang proses-proses ini mendukung strategi adaptif terhadap perubahan iklim dan tekanan antropogenik terhadap

sistem air tanah dan permukaan. Integrasi data observasi jangka panjang dengan model dinamis memungkinkan pengembangan kebijakan serta praktik konservasi yang bertujuan menjaga ketersediaan dan kualitas air di landscape pertanian dan ekosistem lain secara berkelanjutan.

5.2 Degradasi Tanah Dan Air Serta Dampak Lingkungan

5.2.1 Bentuk dan Proses Degradasi Tanah

Degradasi tanah merupakan perubahan buruk dalam sifat fisik, kimia, dan biologis tanah yang mengakibatkan penurunan produktivitas dan fungsi ekosistem. Secara biophysik, degradasi tanah mencakup erosi, pemadatan, dan kehilangan bahan organik yang mengurangi kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi. Erosi tanah baik akibat angin maupun air yang mengangkut lapisan atas tanah (topsoil) yang paling subur, mengakibatkan penurunan kesuburan dan struktur tanah yang rapuh. Proses ini dipercepat oleh aktivitas antropogenik seperti pertanian intensif, penggembalaan berlebih, dan deforestasi yang meningkatkan kerentanan lahan terhadap aliran permukaan dan pelepasan partikel tanah. Kerusakan biologis juga terjadi ketika habitat mikroba tanah terganggu, yang berdampak negatif pada siklus nutrisi dan pembentukan struktur tanah yang sehat. Analisis integratif atas penyebab dan proses degradasi tanah menunjukkan interaksi kompleks antara praktik pengelolaan lahan dan tekanan lingkungan yang mempercepat degradasi ini secara global (Kopittke et al., 2025).

Selain erosi, salinisasi dan asidifikasi tanah merupakan aspek penting degradasi tanah terutama di daerah pertanian yang intensif. Peningkatan salinitas akibat irigasi air yang tinggi tanpa drainase yang memadai menyebabkan akumulasi garam di horizon akar, menghambat pertumbuhan tanaman dan

mengubah struktur tanah. Asidifikasi tanah, sering kali akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat mengubah pH tanah dan mengurangi ketersediaan nutrisi penting. Proses kontaminasi oleh logam berat dan bahan kimia juga merusak fungsi biogeokimia tanah serta kesehatan organisme yang hidup di dalamnya. Akumulasi kontaminan ini bukan hanya mempercepat degradasi tanah tetapi juga menciptakan tantangan besar bagi rehabilitasi tanah dan pemulihan produktivitasnya (Ghisman et al., 2025).

5.2.2 Degradasi Sumber Daya Air

Degradasi sumber daya air terjadi ketika kualitas atau kuantitas air menurun secara signifikan sebagai akibat dari pencemaran dan perubahan penggunaan lahan. Air permukaan dan air tanah dapat tercemar oleh limpasan pertanian yang membawa nutrisi seperti nitrat dan fosfat, pestisida, serta limbah industri yang mengandung bahan berbahaya. Akibatnya, perairan mengalami eutrofikasi, pertumbuhan alga berlebih, dan penurunan oksigen terlarut yang merugikan organisme akuatik dan stabilitas ekosistem. Polutan selain itu dapat menyebar melalui aliran air bawah tanah, menjadikan pencemaran tidak hanya masalah lokal tetapi berdampak regional pada ketersediaan air bersih untuk kebutuhan manusia dan ekosistem.

Kajian kuantitatif terhadap kualitas air sungai menunjukkan hubungan yang kuat antara perubahan penggunaan lahan seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian atau urbanisasi dengan penurunan kualitas air di wilayah aliran sungai. Peningkatan sedimentasi dari erosi tanah juga memperburuk kondisi air dengan meningkatkan kekeruhan, yang berdampak pada habitat ikan dan organisme lain, serta menciptakan beban tambahan pada sistem

pengolahan air minum. Pergeseran pola hidrologi akibat perubahan iklim, termasuk peningkatan intensitas hujan ekstrim, memperburuk degradasi air dengan mempercepat limpasan permukaan dan mengurangi infiltrasi yang berkontribusi terhadap penurunan cadangan air tanah (Zhang et al., 2025).

5.2.3 Faktor Penyebab Degradasi Tanah dan Air

Faktor penyebab degradasi tanah dan air tidak terlepas dari interaksi antara aktivitas manusia dan tekanan lingkungan. Perubahan penggunaan lahan termasuk deforestasi, urbanisasi, dan perluasan lahan pertanian merupakan pendorong utama degradasi karena mengubah struktur permukaan tanah, mengurangi vegetasi penutup, dan meningkatkan aliran limpasan. Alih fungsi lahan dari vegetasi alami menjadi pertanian intensif meningkatkan erosi dan permukaan run-off yang membawa sedimen ke badan air di bawahnya.

Selain itu, praktek pertanian yang tidak berkelanjutan seperti pemupukan berlebihan, irigasi tidak terkelola, dan pemrosesan tanah yang intensif mengurangi bahan organik tanah dan menyebabkan penurunan kualitas fisik dan kimia tanah. Faktor iklim seperti variabilitas curah hujan dan kejadian cuaca ekstrem juga mempercepat degradasi melalui erosi air yang meningkat dan kekeringan yang mempercepat retak serta pemadatan tanah, yang secara keseluruhan merusak kemampuan tanah untuk menyimpan air. Faktor antropogenik yang lain, termasuk polusi industri dan limbah domestik yang dibuang tanpa pengolahan layak, menjadi pendorong pencemaran air yang memperburuk kualitas sumber daya air (Gay et al., 2025).

5.2.4 Dampak Degradasi terhadap Lingkungan dan Kehidupan Manusia

Dampak degradasi tanah dan air mencakup konsekuensi ekologis, sosial, dan ekonomi. Secara ekologis, degradasi tanah mengurangi keanekaragaman hayati melalui hilangnya habitat mikroba serta organisme yang bergantung pada kondisi tanah yang sehat, serta memecah siklus nutrisi penting untuk produktivitas ekosistem. Degradasi air, melalui eutrofikasi dan pencemaran, berdampak pada populasi ikan dan organisme akuatik, sehingga menurunkan keanekaragaman dan layanan ekosistem perairan (Ejiohuo et al., 2024).

Dari sudut pandang sosial dan ekonomi, menurunnya kualitas tanah dan air memiliki efek negatif pada ketahanan pangan dan kesehatan manusia. Penurunan kesuburan tanah mengurangi hasil pertanian, mengancam keamanan pangan dan pendapatan petani, sementara air yang tercemar meningkatkan risiko penyakit bawaan air. Ketersediaan air bersih yang menurun juga memengaruhi sanitasi dan kesejahteraan masyarakat, terutama di daerah pedesaan dan berkembang. Dampak tersebut menuntut pendekatan pengelolaan terpadu untuk memitigasi degradasi sekaligus meningkatkan ketahanan sistem sosial-ekologi secara keseluruhan.

5.3 Strategi Dan Teknik Pengelolaan Tanah Dan Air Berkelanjutan

5.3.1 Prinsip Dasar Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan

Prinsip dasar pengelolaan tanah dan air berkelanjutan berakar pada pemahaman bahwa kedua sumber daya ini saling terkait dan harus dipelihara untuk menghasilkan layanan ekosistem jangka panjang. Pendekatan berkelanjutan

menekankan efisiensi penggunaan, konservasi, dan rehabilitasi kondisi tanah dan air dengan tujuan menjaga fungsi ekologis sekaligus mendukung produksi pertanian. Dalam kerangka ini, pengelolaan harus didasarkan pada data ilmiah yang komprehensif, sensitivitas terhadap kondisi lokal, serta adaptasi terhadap perubahan lingkungan seperti iklim global. Pendekatan tersebut mendukung praktik yang meminimalkan dampak negatif terhadap kualitas tanah dan air, sekaligus mempertahankan produktivitasnya dalam jangka panjang.

Selanjutnya, prinsip pengelolaan berkelanjutan juga mencakup partisipasi pemangku kepentingan mulai dari petani, pemerintah, hingga komunitas lokal sebagai bagian dari proses pengambilan keputusan. Pendekatan partisipatif ini penting untuk memastikan bahwa strategi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan lapangan sekaligus mempertimbangkan aspek sosial ekonomi masyarakat. Integrasi antara ilmu pengetahuan, praktik lapangan, dan kebijakan publik menjadi pilar utama untuk mewujudkan sistem pengelolaan tanah dan air yang tahan terhadap tekanan lingkungan dan antropogenik. Selaras dengan hal ini, Wadoux dan McBratney (2023) menunjukkan bahwa partisipasi komunitas dalam penelitian dan pengelolaan tanah memperkuat keterlibatan pemangku kepentingan lokal dalam setiap tahap proyek, dari identifikasi masalah hingga evaluasi hasil, sehingga memperkuat relevansi dan keberlanjutan intervensi di lapangan.

Selain itu, Roque et al. (2022) menekankan bahwa pendekatan partisipatif dalam penelitian dan pengelolaan sumber daya air yang mencakup metode seperti *participatory action research* dan *stakeholder research* bukan hanya meningkatkan akurasi pengetahuan lokal, tetapi juga mendemokratisasi proses pengambilan keputusan serta memperluas kapasitas masyarakat untuk berkolaborasi dalam

solusi yang berkelanjutan. Pendekatan semacam ini membantu membangun kepemilikan kolektif terhadap program, sehingga respon terhadap tantangan seperti perubahan iklim dan degradasi sumber daya menjadi lebih adaptif dan efektif.

Di tingkat kebijakan dan kelembagaan, pendekatan partisipatif juga mendorong terciptanya *governance structures* yang lebih inklusif. Lieres et al. (2025) dalam kajian mereka mengenai manajemen sumber daya alam menunjukkan bahwa kepemimpinan partisipatif memperkuat koordinasi antara pemerintah, organisasi lokal, dan komunitas, sehingga kebijakan yang dirumuskan lebih responsif terhadap kebutuhan setempat serta meningkatkan legitimasi keputusan lingkungan yang diambil secara kolektif. Pendekatan ini juga melibatkan masyarakat dalam perumusan aturan pengelolaan, pemantauan pelaksanaan, dan evaluasi hasil kebijakan, yang pada gilirannya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas kelembagaan.

Aspek sosial ekonomi juga sangat dipengaruhi oleh keterlibatan masyarakat sejak awal perencanaan program pengelolaan tanah dan air. Inisiatif pengelolaan air yang melibatkan dialog langsung dengan komunitas lokal meningkatkan kesadaran lingkungan, mendorong inovasi lokal, dan menciptakan peluang ekonomi berbasis sumber daya lokal seperti pengembangan sistem irigasi komunitas atau usaha konservasi yang memberi manfaat langsung bagi kesejahteraan masyarakat.

Arah masa depan pengelolaan tanah dan air bahkan lebih menekankan pada produksi ilmu pengetahuan antara ilmuwan, pembuat kebijakan, dan masyarakat. Model manajemen partisipatif yang efektif memadukan pengetahuan ilmiah dan lokal melalui forum kolaboratif serta teknologi digital, sehingga memungkinkan monitoring berkelanjutan, pengambilan

keputusan adaptif, dan pengembangan solusi berbasis bukti yang inklusif serta adil bagi semua pemangku kepentingan. Pendekatan ini dipandang sebagai kunci untuk meningkatkan *resiliensi sosial-ekologis* terhadap perubahan global dan tekanan antropogenik di masa depan.

5.3.2 Teknik Konservasi Tanah

Konservasi tanah mencakup berbagai teknik yang dirancang untuk mengurangi erosi, mempertahankan struktur tanah, dan memperbaiki infiltrasi air. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah konservasi in-situ seperti mulsa, penutup tanah, dan rotasi tanaman penyusun struktur tanah yang kuat. Ahluwalia et al. (2025) menyatakan bahwa teknik in-situ berkontribusi pada peningkatan ketersediaan air tanah serta kesehatan tanah secara keseluruhan, yang menjadi faktor penting dalam ketahanan sistem produksi pangan. Selain itu teknik vegetatif yang efektif adalah penggunaan penutup tanah seperti rumput, legum penutup tanah, dan tanaman penahan yang mampu mengurangi kecepatan aliran permukaan dan melindungi permukaan tanah dari dampak langsung hujan. Penutup vegetatif meningkatkan infiltrasi serta menambah bahan organik tanah melalui residu tanaman yang terurai, sehingga memperbaiki struktur dan kesehatan tanah secara keseluruhan. Penerapan teknik ini harus memperhatikan kondisi fisik lahan dan pola curah hujan agar hasilnya optimal (Altobelli et al., 2020).

Selain teknik vegetatif, konservasi mekanik seperti terasering, guludan kontur, dan saluran pengendali limpasan memainkan peran penting terutama pada lahan miring. Struktur ini membantu mengurangi kecepatan aliran permukaan dan meningkatkan peluang infiltrasi air ke dalam tanah, sehingga mengurangi kehilangan tanah dan

mempertahankan nutrisi penting. Implementasi teknik mekanik harus disesuaikan dengan topografi dan kondisi tanah setempat agar efektif dan berkelanjutan.

5.3.3 Pengelolaan Air di Lahan Pertanian dan Non-Pertanian

Pengelolaan air yang berkelanjutan membutuhkan strategi yang mempertimbangkan karakteristik hidrologi setempat dan kebutuhan penggunaan lahan. Di lahan pertanian, irigasi efisien seperti irigasi tetes atau irigasi presisi memungkinkan suplai air yang optimal tanpa pemborosan, sehingga mengurangi risiko salinisasi tanah akibat penggunaan air berlebihan. Selain itu, pemanenan air hujan melalui struktur penampungan sederhana dapat meningkatkan ketersediaan air pada musim kemarau sekaligus mengurangi tekanan terhadap sumur dan sistem air bawah tanah. Teknik ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan air terutama di daerah dengan curah hujan musiman. Sayl et al. (2026) menunjukkan bahwa penggunaan metode seperti pemanenan air hujan dan pengelolaan sumber air alternatif dapat membantu mengatasi tekanan kekeringan serta meningkatkan produktivitas pertanian tanpa over-eksploitasi air tanah.

Di luar konteks pertanian, pengelolaan air di lahan non-pertanian seperti area urban dan hutan juga memerlukan pendekatan yang menekankan penurunan limpasan permukaan dan peningkatan infiltrasi. Misalnya, penggunaan permukaan pervious di area urban membantu mengurangi limpasan cepat yang dapat menyebabkan banjir, serta meningkatkan pengisian kembali air tanah atau pembangunan struktur resapan di kawasan urban dapat mengurangi risiko banjir dan merangsang pengisian ulang akuifer, sehingga mendukung ketersediaan air bawah tanah yang penting bagi

ekosistem dan pasokan air minum manusia. Pendekatan ini semakin penting di tengah tekanan urbanisasi dan perubahan iklim yang mempercepat kejadian ekstrem hujan.

5.3.4 Pengelolaan Kesuburan Tanah Berkelanjutan

Pengelolaan kesuburan tanah yang berkelanjutan mencakup penyediaan nutrisi yang seimbang untuk tanaman tanpa merusak struktur atau kesehatan tanah. Salah satu strategi utama adalah penggunaan pupuk organik dan amandemen tanah berbasis bahan organik seperti kompos dan pupuk hijau. Bahan organik meningkatkan kandungan karbon tanah yang berperan penting dalam menjaga struktur tanah, meningkatkan kemampuan menahan air, dan menyediakan nutrisi secara bertahap melalui dekomposisi mikroba. Pendekatan ini membantu meminimalkan dampak negatif dari penggunaan pupuk kimia berlebihan yang dapat menyebabkan pencemaran air dan degradasi kimia tanah.

Selain itu, adopsi praktik pertanian terpadu seperti rotasi tanaman dan penggunaan legum pengikat nitrogen dapat meningkatkan kesuburan tanah sekaligus mengurangi ketergantungan pada input kimia luar. Rotasi tanaman membantu memutus siklus penyakit tanah, meningkatkan keragaman mikroba, dan memperbaiki kesuburan melalui pengikatan nitrogen secara alami. Pendekatan ini, bila dipadukan dengan monitoring nutrisi berbasis teknologi digital, memungkinkan optimasi input sesuai kebutuhan tanaman, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan (Abebe et al., 2022)

5.4 Implementasi, Kebijakan, Dan Arah Masa Depan Pengelolaan Tanah Dan Air

5.4.1 Implementasi Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan

Implementasi pengelolaan tanah dan air berkelanjutan di lapangan mensyaratkan pendekatan terpadu yang menggabungkan teknik konservasi, monitoring berkelanjutan, dan partisipasi komunitas. Dharmawan et al. (2023) dalam kajiannya terhadap program konservasi tanah dan air di Indonesia menunjukkan bahwa teknik konservasi vegetatif dan mekanik yang dikombinasikan dengan keterlibatan masyarakat lokal dapat meningkatkan infiltrasi air tanah, memperkuat struktur tanah, serta menurunkan laju erosi pada lanskap pertanian.

Keberhasilan implementasi juga sering memerlukan koordinasi lintas sektor dan sinkronisasi rencana wilayah. Basuki et al. (2022) menekankan bahwa program pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) yang efektif membutuhkan integrasi antara perencanaan lingkungan, kebijakan lahan, dan strategi adaptasi iklim termasuk kesiapsiagaan terhadap banjir dan kekeringan yang dilakukan secara lintas kelembagaan dan stakeholder.

5.4.2 Peran Teknologi dan Inovasi

Inovasi teknologi memainkan peran kunci dalam penguatan pengelolaan tanah dan air yang berkelanjutan, terutama melalui pemantauan real-time, pengambilan keputusan berbasis data, dan efisiensi penggunaan sumber daya. Das dan Mishra (2025) mengulas bagaimana teknologi cerdas seperti *Internet of Things* (IoT), sensor digital, dan sistem informasi geografis (GIS) dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya air. Teknologi ini memungkinkan

pemantauan kualitas dan kuantitas air secara real-time dan mendukung perencanaan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, inovasi digital juga membantu mengoptimalkan irigasi dan konservasi tanah melalui penerapan *precision agriculture* yang menggabungkan data tanah, cuaca, dan kebutuhan tanaman untuk menghitung suplai air dan nutrisi secara efisien.

5.4.3 Kebijakan, Kelembagaan, dan Partisipasi Masyarakat

Kerangka kebijakan yang kuat dan struktur kelembagaan yang efektif menjadi fondasi penting bagi pengelolaan tanah dan air berkelanjutan. Das dan Mishra (2025) mencatat bahwa kebijakan pengelolaan air yang holistik termasuk penyusunan rencana tata guna lahan yang mempertimbangkan keterkaitan tanah dan air membantu mengarahkan implementasi di tingkat lokal hingga nasional.

Partisipasi masyarakat tidak hanya meningkatkan legitimasi kebijakan tetapi juga memperkuat penerapan lokal dan adaptasi konteks sosial. Lema (2025) menekankan pentingnya kepemilikan komunitas dalam pengelolaan air melalui model partisipatif yang melibatkan kelompok petani dan pengguna air untuk meningkatkan akses air yang adil dan berkelanjutan.

5.4.4 Tantangan Global dan Arah Pengelolaan Tanah dan Air Berkelanjutan

Tantangan global dalam pengelolaan tanah dan air berkelanjutan mencakup tekanan perubahan iklim, pertumbuhan populasi, dan kebutuhan air yang meningkat untuk pertanian dan industri. Biswas (2025) dalam kajiannya mengenai kelangkaan air menyoroti kebutuhan untuk mengembangkan strategi adaptasi seperti sistem irigasi hemat

air, konservasi tanah, dan perubahan pola tanam agar lebih resilient terhadap fluktuasi sumber daya air.

Selain itu, laporan global seperti *UN World Water Development Report* (2026) menegaskan bahwa intervensi masa depan harus mencakup integrasi pendekatan antara manajemen permukaan dan bawah tanah, peningkatan kapasitas kelembagaan, serta penyelarasan antara perencanaan nasional dan sub-nasional untuk mencapai tujuan SDG 6 (Air Bersih dan Sanitasi) dan SDG 15 (Ekosistem Darat).

DAFTAR PUSTAKA

- Abebe, T. G., Tamtam, M. R., Abebe, A. A., Abtemariam, K. A., Shigut, T. G., Dejen, Y. A., & Haile, E. G. 2022. Growing use and impacts of chemical fertilizers and assessing alternative organic fertilizer sources in Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 4738416.
- Ahluwalia, S., Kaur, N., & Kumari, A. 2025. In-situ Soil and Water Conservation for Sustainable Agriculture. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(3), 126-135.
- Al-Shammary, A. A. G., Al-Shihmani, L. S. S., Fernández-Gálvez, J., & Caballero-Calvo, A. 2024. Optimizing sustainable agriculture: A comprehensive review of agronomic practices and their impacts on soil attributes. *Journal of environmental management*, 364, 121487.
- Altobelli, F., Vargas, R., Corti, G., Dazzi, C., Montanarella, L., Monteleone, A., ... & Benedetti, A. 2020. Improving soil and water conservation and ecosystem services by sustainable soil management practices: From a global to an Italian soil partnership. *Italian Journal of Agronomy*, 15(4), 1765.
- Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., ... & Simarmata, D. P. 2022. Improvement of integrated watershed management in Indonesia for mitigation and adaptation to climate change: A review. *Sustainability*, 14(16), 9997.
- Biswas, A., Sarkar, S., Das, S., Dutta, S., Choudhury, M. R., Giri, A., ... & Paul, D. 2025. Water scarcity: A global hindrance to sustainable development and agricultural production—A critical review of the impacts and adaptation strategies. *Cambridge Prisms: Water*, 3, e4.

- Das, A., & Mishra, S. 2025. Smart and sustainable water management: Policy, technology, and innovation pathways for resource resilience. *Green Technology, Resilience, and Sustainability*, 5(1), 1-26.
- Dharmawan, I. W. S., Pratiwi, Siregar, C. A., Narendra, B. H., Undaharta, N. K. E., Sitepu, B. S., ... & Sari, N. 2023. Implementation of soil and water conservation in Indonesia and its impacts on biodiversity, hydrology, soil erosion and microclimate. *Applied Sciences*, 13(13), 7648.
- Ejiohuo, O., Onyeaka, H., Akinsemolu, A., Nwabor, O. F., Siyanbola, K. F., Tamasiga, P., & Al-Sharify, Z. T. 2024. Ensuring water purity: Mitigating environmental risks and safeguarding human health. *Water Biology and Security*, 100341.
- Gay, E. T., Martin, K. L., & Caldwell, P. V. 2025. Projected land use changes will cause water quality degradation at drinking water intakes across a regional watershed. *PLOS Water*, 4(4), e0000313.
- Ghisman, V., Muresan, A. C., Bogatu, N. L., Herbei, E. E., & Buruiana, D. L. 2025. Recent advances in the remediation of degraded and contaminated soils: A review of sustainable and applied strategies. *Agronomy*, 15(8), 1920.
- Kopittke, P. M., Harper, S. M., Asio, L. G., Asio, V. B., Batalon, J. T., Batuigas, A. M. T., ... & Sanchez, P. B. 2025. Soil degradation: An integrated model of the causes and drivers. *International Soil and Water Conservation Research*.
- Lema, M. W. 2025. Sustaining Rural Livelihoods Through Participatory Water Governance: A Review of Community-Driven Water Resource Management

- Models in East and Central Africa. *Environmental Quality Management*, 34(3), e70023.
- Luo, Z., Fan, J., Shao, M. A., Hu, W., Yang, Q., & Zhang, S. 2023. Soil water dynamics and groundwater evolutions of check dams under natural rainfall reduction in semi-arid areas. *Journal of Hydrology*, 617, 129099.
- Mondal, S., & Mishra, A. 2024. Quantifying the precipitation, evapotranspiration, and soil moisture network's interaction over global land surface hydrological cycle. *Water Resources Research*, 60(2), e2023WR034861.
- Roque, A., Wutich, A., Quimby, B., Porter, S., Zheng, M., Hossain, M. J., & Brewis, A. 2022. Participatory approaches in water research: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 9(2), e1577.
- Sayl, K. N., Yaman, N., Abdulhameed, I. M., & Khalaf, H. H. 2026. Sustainable Water Management for Agriculture to Mitigate Climate Change Effects. *Water Resources Management*, 40(3), 100.
- von Lieres, J. S., Sretha, A. M., Kumar, M. N., Velayudhan, N. K., Devidas, A. R., & Ramesh, M. V. 2025. Promoting water-sustainability: A participatory co-design approach for addressing water-supply challenges in urban Kerala, India. *Journal of Urban Management*.
- Vorotyntseva, L., Panarin, R., Kucher, A., Tsybul'ska, J., Krupin, V., Zawalińska, K., ... & Broyaka, A. 2025. Sustainable management of agricultural soil and water resources: current trends and challenges from global and Ukrainian perspectives. *Environmental Sciences Europe*, 37(1), 165.
- Wadoux, A. M. C., & McBratney, A. B. 2023. Participatory approaches for soil research and management: A literature-based synthesis. *Soil Security*, 10, 100085.

- Yi, K., Senay, G. B., Fisher, J. B., Wang, L., Suvočarev, K., Chu, H., ... & Baldocchi, D. 2024. Challenges and future directions in quantifying terrestrial evapotranspiration. *Water Resources Research*, 60(10), e2024WR037622.
- Zhang, K., Chen, H., Ma, N., Shang, S., Wang, Y., Xu, Q., & Zhu, G. 2024. A global dataset of terrestrial evapotranspiration and soil moisture dynamics from 1982 to 2020. *Scientific Data*, 11(1), 445.
- Zhang, X., Yu, B., Xin, Z., Cong, M., & Zhang, C. (2025). Spatial–temporal variations of river water quality under human-induced land use changes in large river basins. *Scientific Reports*, 15(1), 36955.

BAB 6

PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT TERPADU

6.1 Konsep Ketahanan Pangan dan Tantangan Global

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan, ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan individu, yang tercermin dari ketersediaan pangan yang cukup, baik dari segi jumlah maupun kualitas, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau, serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, atau budaya masyarakat, sehingga memungkinkan setiap orang hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan. Menurut definisi ini, ketahanan pangan adalah tugas bersama yang melibatkan negara, masyarakat, dan pelaku usaha untuk memastikan hak dasar atas pangan dipenuhi.

Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), ketahanan pangan terdiri dari empat pilar utama: ketersediaan pangan (*availability*), akses pangan (*access*), pemanfaatan pangan (*utilization*), dan stabilitas pangan (*stability*).

Pilar ketersediaan pangan berkaitan dengan kemampuan suatu wilayah atau negara untuk menyediakan pasokan pangan yang cukup melalui produksi dalam negeri, pengelolaan stok pangan, dan pengembangan sistem distribusi dan perdagangan yang efektif. Pilar akses pangan menekankan pada kemampuan setiap individu dan rumah tangga untuk

mendapatkan makanan yang tersedia secara fisik dan finansial. Tingkat pendapatan, harga pangan, infrastruktur distribusi, dan kebijakan pemerintah untuk menjaga keterjangkauan pangan sangat memengaruhi akses pangan. Pilar pemanfaatan pangan mencakup cara tubuh mengonsumsi dan memanfaatkan makanan, termasuk keamanan pangan, kecukupan dan keseimbangan gizi, pola konsumsi, dan kondisi kesehatan dan sanitasi. Menurut *World Health Organization* (WHO), status gizi dan kualitas sumber daya manusia dipengaruhi oleh pemanfaatan pangan yang baik. Sementara itu, pilar stabilitas pangan mengacu pada kemampuan sistem pangan untuk memastikan ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan secara konsisten, termasuk dalam menghadapi berbagai gangguan dan risiko. Perubahan iklim, bencana alam, fluktuasi harga pangan, dan serangan hama dan penyakit tanaman adalah beberapa contoh gangguan tersebut. Oleh karena itu, untuk meningkatkan ketahanan pangan dan mencapai kemandirian pangan yang berkelanjutan, strategi penting dalam kebijakan pangan nasional adalah membangun sistem pertanian berkelanjutan yang mencakup pengendalian hama dan penyakit terpadu.

Organisme pengganggu tanaman (OPT) merupakan salah satu faktor utama yang dapat menurunkan produksi pangan, baik dari segi kuantitas maupun kualitas hasil panen. Serangan OPT dapat terjadi sejak fase persemaian hingga pascapanen, sehingga berpotensi menyebabkan kehilangan hasil yang besar. Gangguan ini menjadi serius dalam konteks ketahanan pangan, karena dapat memengaruhi ketersediaan bahan pangan, stabilitas harga, dan pendapatan petani.

Salah satu OPT yang sering menjadi penyebab utama kerusakan tanaman pangan adalah hama tanaman. Contohnya, wereng batang cokelat (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi

dapat menghisap cairan tanaman dan menularkan virus kerdil hampa maupun kerdil rumput. Serangan berat wereng batang coklat di beberapa sentra padi di Indonesia dapat menyebabkan gejala "*hopperburn*" yang mengakibatkan tanaman mengering dan gagal panen.

Selain hama, penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur, bakteri, dan virus juga menjadi masalah yang serius. Penyakit blas yang disebabkan oleh jamur *Magnaporthe oryzae* pada padi, misalnya, dapat menyerang daun, batang, hingga malai. Penyakit ini sering muncul pada kondisi kelembapan tinggi dan pemupukan nitrogen berlebihan, dan dapat menurunkan hasil gabah secara drastis jika tidak dikendalikan dengan baik.

Pada tanaman pangan lain seperti jagung, tanaman jagung yang terinfeksi *Peronosclerospora* spp menunjukkan daun berwarna pucat, pertumbuhan terhambat, dan tidak membentuk tongkol. Penyakit tersebut terkenal dengan nama penyakit bulai. Di beberapa daerah, serangan bulai dapat menyebabkan puso, terutama jika benih yang digunakan tidak tahan penyakit dan pengelolaan lahan kurang baik.

Perubahan iklim, intensifikasi pertanian, dan penggunaan pestisida yang tidak bijak sangat memengaruhi serangan hama dan penyakit tanaman. Ancaman akibat hama dan penyakit cenderung semakin kompleks. Pola curah hujan dan suhu yang berubah dapat mempercepat siklus hidup hama atau meningkatkan virulensi patogen. Oleh karena itu, pengelolaan hama dan penyakit secara terpadu, seperti penggunaan varietas tahan, praktik budidaya yang baik dan, pengendalian hayati menjadi kunci untuk menjaga keberlanjutan produksi pangan.

Perubahan iklim mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap dinamika OPT, mulai dari hama, penyakit, sampai

gulma. Keseimbangan agroekosistem akan berubah dengan kejadian cuaca yang ekstrem seperti: kenaikan suhu dan perubahan pola curah hujan. OPT yang sebelumnya terkendali dapat tiba-tiba menjadi dominan, sementara sistem budidaya dan kalender tanam yang lama menjadi tidak sesuai. Hal tersebut berdampak bukan hanya ke intensitas serangan, tapi juga ke waktu kemunculan OPT, sebaran wilayah, dan tingkat kerusakan yang ditimbulkan.

Laju metabolisme dan siklus hidup serangga hama menjadi lebih cepat dengan adanya peningkatan suhu udara yang berakibat pada meningkatnya jumlah generasi per tahun (voltinisme) dan populasi berkembang lebih cepat. Contohnya, wereng batang cokelat (*Nilaparvata lugens*) pada padi tumbuh dan berkembangbiak lebih banyak di tempat yang suhunya lebih tinggi, dan menyebabkan serangan lebih awal serta lebih parah. Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung juga mampu beradaptasi di berbagai wilayah agroklimat.

OPT penyebab penyakit tanaman, terutama patogen jamur dan bakteri, sangat dipengaruhi oleh perubahan pola curah hujan. Meningkatnya hujan dan kelembapan menciptakan lingkungan yang ideal bagi patogen untuk berkembang dan menyebar. Sebagai contoh, pada musim hujan yang tidak menentu, penyakit blas (*Pyricularia oryzae*) pada padi dan hawar daun bakteri semakin sering muncul. Sebaliknya, musim kemarau yang panjang dapat menyebabkan peningkatan kasus penyakit tular tanah tertentu yang dapat bertahan di lingkungan kering.

Perubahan iklim juga memengaruhi bagaimana OPT berinteraksi dengan musuh alaminya. Pengendalian alami dapat terganggu jika tidak ada sinkronitas antara kemunculan hama dan musuh alaminya. Misalnya, hama dapat lolos dari

tekanan alami karena kenaikan suhu dan dapat mempercepat pertumbuhannya daripada musuh alaminya. Beberapa parasitoid telur wereng dilaporkan kurang efektif dalam sistem pertanian padi dalam kondisi suhu tinggi dan rendah.

Perubahan iklim juga mendorong penyebaran OPT ke wilayah baru, termasuk dataran tinggi yang dulunya aman. Suhu yang lebih hangat, misalnya, telah meningkatkan populasi lalat buah (*Bactrocera* spp.) dan beberapa patogen tular vektor. Kondisi ini menuntut strategi pengelolaan OPT yang lebih adaptif, seperti penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) berbasis iklim, pemanfaatan agens hayati, serta penyesuaian varietas dan waktu tanam agar lebih dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim.

6.2 Prinsip Dasar Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu (PHPT)

6.2.1 Sejarah dan Perkembangan Konsep PHPT

Konsep PHPT muncul sebagai tanggapan atas kegagalan metode pengendalian tunggal, terutama tergantung pada pestisida kimia yang berlebihan, yang menghasilkan resistensi hama, resurgensi, dan pencemaran lingkungan. PHPT bermula dari keyakinan bahwa agroekosistem adalah sistem yang kompleks di mana berbagai interaksi terjadi antara tanaman, organisme pengganggu, musuh alami, dan faktor lingkungan. Oleh karena itu, pengendalian OPT harus terintegrasi, berkelanjutan, dan berbasis ekologi daripada secara parsial.

Penggunaan pestisida sintetis meningkat pesat setelah Perang Dunia II pada tahun 1950–1960-an. Keberhasilan jangka pendek pestisida seperti DDT diikuti oleh masalah serius, seperti resistensi serangga hama dan kematian organisme non-target. Pada titik ini, para ahli mulai menyadari betapa pentingnya musuh alami untuk menekan populasi hama secara

alami. Penemuan ini membawa konsep pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan.

Perkenalan konsep *Integrated Control* oleh Stern, Smith, van den Bosch, dan Hagen pada tahun 1959 merupakan tonggak penting dalam perkembangan PHPT. Konsep ini menekankan penggunaan pengendalian kimia dan biologis secara selektif untuk menjaga populasi hama tetap di bawah tingkat yang merugikan secara ekonomi. Ini adalah dasar dari konsep ambang ekonomi (*economic threshold*) dan ambang luka ekonomi (*economic injury level*), yang digunakan untuk membuat keputusan dalam PHPT.

Konsep *Integrated Pest Control* (IPC), juga dikenal sebagai Pengendalian Hama Terpadu (PHT), menjadi lebih kompleks pada tahun 1970-an. Metode ini tidak hanya menggabungkan teknik pengendalian, tetapi juga mengutamakan pencegahan dengan menggunakan metode budidaya yang tepat, varietas tahan, rotasi tanaman, dan manipulasi habitat. Pada tahap ini, pengendalian kimia dianggap sebagai alternatif terakhir dan digunakan secara logis berdasarkan temuan lapangan.

PHT semakin berkembang dengan meningkatnya kesadaran terhadap masalah kesehatan manusia dan lingkungan di seluruh dunia,. Buku *Silent Spring* oleh Rachel Carson yang diterbitkan pada tahun 1962 menjadi pemicu penting untuk mempelajari efek buruk pestisida. Buku ini memperluas penerimaan PHPT di seluruh dunia dengan mendorong perubahan paradigma dari pengendalian hama berbasis kimia menuju pengelolaan agroekosistem yang berkelanjutan yang dikenal dengan Pengelolaan Hama Terpadu (*Integrated Pest Management*).

Pada akhir 1980-an hingga 1990-an, konsep PHPT mulai digunakan secara luas di Indonesia, terutama dalam sistem budidaya padi. Program Pengelolaan Hama Terpadu (PHT)

yang dicanangkan oleh pemerintah menekankan pengamatan rutin, pelestarian musuh alami, dan penggunaan pestisida secara bijaksana. Penurunan jumlah ledakan wereng batang coklat dan peningkatan kesadaran petani tentang pentingnya ekologi pertanian menunjukkan bahwa program ini berhasil.

Memasuki abad ke-21, konsep PHPT menjadi lebih luas dengan masuknya pendekatan bioteknologi, seperti pemanfaatan agens hayati, pestisida nabati, dan feromon, serta teknik pengendalian berbasis perilaku hama. Selain itu, teknologi informasi dan sistem peringatan dini berbasis iklim mulai digunakan untuk memprediksi dinamika OPT. Saat ini, PHPT fokus tidak hanya pada pengendalian, tetapi juga pada pengurangan risiko dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

PHPT modern berkembang menjadi strategi pengelolaan OPT yang fleksibel, inklusif, dan berkelanjutan. Pendekatan ini menempatkan petani sebagai pengambil keputusan utama dengan dukungan kebijakan, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang tepat, PHPT tetap relevan sebagai kerangka kerja utama untuk menjaga produktivitas tanaman sekaligus melindungi lingkungan dan kesehatan manusia meskipun tantangan pertanian global terus meningkat.

6.2.2 Ambang Ekonomi dan Pengambilan Keputusan

Ambang ekonomi adalah tingkat kerusakan tanaman atau populasi hama yang akan menyebabkan kerugian ekonomi yang lebih besar daripada biaya pengendaliannya. Dengan kata lain, ambang ekonomi menjadi peringatan bagi petani dan pengelola agroekosistem untuk mulai bertindak sebelum kerugian benar-benar terjadi.

Ambang ekonomi (AE), juga dikenal sebagai *economic injury level (EIL)* berbeda dengan ambang luka ekonomi (ALE). AE ditetapkan lebih rendah sebagai batas aman untuk

melakukan tindakan pengendalian agar populasi hama tidak mencapai ALE. Jadi, AE bersifat preventif.

Beberapa faktor, seperti jenis tanaman, fase pertumbuhan tanaman, jenis dan biologi hama, harga hasil panen, biaya pengendalian, dan efektivitas metode pengendalian, memengaruhi nilai AE. Nilai AE dapat meningkat atau menurun jika salah satu faktor tersebut berubah.

Keputusan dalam PHT didasarkan pada AE. Keputusan tentang pengendalian tergantung pada apakah hama ada atau tidak; yang lebih penting adalah apakah populasinya sudah cukup besar untuk menyebabkan kerugian ekonomi. Metode ini menghindari penggunaan pestisida yang tidak perlu.

Pada tanaman padi, AE wereng cokelat misalnya ditetapkan sekitar 10 ekor per rumpun pada fase vegetatif. Jika hasil pengamatan lapang menunjukkan populasi masih di bawah angka tersebut, tindakan pengendalian belum diperlukan karena kerugian yang ditimbulkan masih lebih kecil dibanding biaya pengendalian.

Pada fase vegetatif, populasi wereng cokelat telah melewati ambang ekonomi jika jumlah mereka mencapai 12 ekor per rumpun. Petani harus membuat pilihan pengendalian seperti meningkatkan musuh alami, mengatur jarak tanam, atau menggunakan insektisida selektif jika diperlukan dalam situasi ini.

Jenis tindakan yang dipilih juga dipengaruhi oleh ambang ekonomi. Pengendalian non-kimia, seperti penggunaan musuh alami, refugia berbunga, atau jamur entomopatogen, dapat diprioritaskan pada populasi hama yang hampir mencapai ambang ekonomi. Jika metode lain tidak berhasil, pestisida kimia menjadi alternatif terakhir.

Sebagai contoh, ambang ekonomi hama thrips pada tanaman cabai biasanya sekitar 3 hingga 5 ekor per daun muda.

Jika populasi diamati di bawah angka ini, pengendalian dengan insektisida kimia belum perlu dilakukan. Namun, jika populasi meningkat dan menyebabkan daun keriting dan penurunan kualitas buah, pengendalian kimiawi dengan insektisida sintetis harus dilakukan.

Ambang ekonomi perlu diterapkan untuk mendorong pertanian berkelanjutan karena mengurangi penggunaan pestisida, menekan biaya produksi, menjaga keseimbangan ekosistem, serta mengurangi risiko resistensi hama. Sehingga keputusan yang diambil tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga ramah lingkungan.

Ambang ekonomi adalah alat penting untuk membuat keputusan tentang pengendalian hama yang tepat berdasarkan data lapangan. Petani dapat mengetahui dan menerapkan ambang ekonomi untuk mengetahui kapan harus melakukan pengendalian, teknik apa yang harus digunakan, dan seberapa banyak pengendalian yang diperlukan. Metode ini memastikan bahwa tindakan pengendalian dilakukan dengan cara, waktu dan tujuan yang tepat.

6.2.3 Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu sebagai Pendekatan Sistem

Pengendalian Hama Terpadu merupakan pendekatan sistem yang memandang agroekosistem sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi antara tanaman, hama, musuh alami, lingkungan, dan manusia. Dalam PHPT, hama tidak dianggap sebagai makhluk yang harus dimusnahkan; sebaliknya, mereka merupakan bagian dari ekosistem yang populasinya harus dikelola agar populasinya dapat bertahan di bawah ambang ekonomi.

PHPT sebagai sebuah sistem, terdiri atas berbagai komponen yang saling memengaruhi, yaitu tanaman inang,

populasi hama, musuh alami, faktor abiotik (iklim, tanah, air), serta praktik budidaya. Adanya perubahan pada satu komponen, misalnya penggunaan pestisida, dapat berdampak pada komponen lain seperti penurunan populasi musuh alami dan ledakan hama sekunder.

Dalam PHPT pendekatan sistem menekankan pada pengambilan keputusan berbasis pengamatan agroekosistem secara menyeluruh, bukan tindakan reaktif. Pengendalian diputuskan berdasarkan hasil pengamatan populasi hama, keberadaan musuh alami, fase pertumbuhan tanaman, dan nilai ambang ekonomi. Sehingga, tindakan pengendalian yang diambil bersifat rasional, kontekstual, dan adaptif.

Metode pengendalian dalam PHT diintegrasikan secara harmonis, meliputi pengendalian kultur teknis, mekanis, biologis, dan kimia. Penggunaan pestisida kimia tidak dilarang, tetapi ditempatkan sebagai pilihan terakhir dan digunakan secara selektif agar tidak merusak keseimbangan sistem agroekosistem.

Penerapan PHPT pada pertanaman padi, sebagai pendekatan sistem dapat dilakukan melalui penggunaan varietas tahan, tanam serempak, pengaturan jarak tanam, pelestarian musuh alami dengan refugia berbunga, serta pengamatan rutin populasi wereng dan predatornya. Jika populasi wereng masih di bawah ambang ekonomi dan musuh alami seperti predator dan parasitoid melimpah, pengendalian kimia tidak diperlukan. Pendekatan sistem dalam PHPT menghasilkan pengendalian hama yang efektif, efisien, dan berkelanjutan. Selain menekan kerugian secara ekonomis, PHPT dapat menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi penggunaan dan ketergantungan terhadap pestisida, serta meningkatkan kestabilan agroekosistem terhadap gangguan hama di masa depan.

6.3 Ekologi Hama dan Penyakit Tanaman

6.3.1 Interaksi Tanaman–hama–patogen–lingkungan

Agroekosistem adalah sistem yang kompleks, tersusun atas interaksi antara tanaman sebagai inang, hama sebagai herbivor, patogen penyebab penyakit, serta faktor lingkungan. Komponen tersebut saling memengaruhi secara dinamis, sehingga perubahan pada satu komponen dapat memengaruhi respons berantai pada komponen lainnya. Interaksi antar komponen tersebut menjadi dasar dalam pengelolaan tanaman secara berkelanjutan.

Tanaman merupakan sumber nutrisi bagi hama, sementara hama melalui aktivitas makan dan perusakan jaringan akan memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Jenis hama, stadia perkembangan, serta ketahanan tanaman akan menentukan tingkat kerusakan tanaman. Tanaman umumnya menjadi lebih rentan terhadap infeksi patogen ketika mengalami stres akibat serangan hama

Jaringan tanaman banyak dimanfaatkan oleh patogen tanaman, seperti jamur, bakteri, dan virus sebagai tempat tumbuh dan berkembang. Infeksi patogen sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman. Tanaman yang lemah karena kekurangan hara, cekaman air, atau luka mekanis lebih mudah terinfeksi dan menunjukkan gejala penyakit yang lebih parah dibandingkan tanaman yang sehat.

Hama dapat menjadi vektor patogen penyebab penyakit tanaman. Aktivitas makan serangga dapat menimbulkan luka dan menjadi jalan masuk bagi patogen penyebab penyakit tanaman, sementara beberapa hama berfungsi sebagai vektor yang secara aktif menularkan patogen. Contohnya, wereng batang cokelat pada padi berperan sebagai vektor virus kerdil rumput dan kerdil hampa.

Faktor lingkungan sangat memengaruhi dinamika interaksi antara tanaman, hama, dan patogen. Kelembapan tinggi dan suhu optimal dapat mempercepat perkembangan patogen jamur, sementara kondisi kering dapat menekan penyakit tertentu tetapi justru menguntungkan beberapa jenis hama. Kondisi pemupukan nitrogen berlebih pada pertanaman padi, dapat meningkatkan kandungan nutrisi daun, sehingga populasi wereng cokelat meningkat. Serangan wereng batang cokelat menyebabkan tanaman stres dan mempermudah penularan virus kerdil. Pada saat yang sama, kondisi lingkungan lembap mempercepat perkembangan penyakit blast, sehingga kerusakan tanaman menjadi semakin parah.

Interaksi kompleks antara tanaman, hama, patogen, dan lingkungan memerlukan pendekatan pengelolaan yang terpadu. Pengendalian satu komponen saja tanpa memperhatikan komponen lain dapat menimbulkan masalah baru, seperti ledakan hama sekunder atau peningkatan penyakit tanaman. Pemahaman interaksi tanaman–hama–patogen–lingkungan merupakan landasan utama dalam penerapan pengendalian hama dan penyakit terpadu. Produktivitas tanaman dapat ditingkatkan secara berkelanjutan tanpa merusak stabilitas agroekosistem dengan mengelola lingkungan budidaya, memperkuat ketahanan tanaman, serta menekan hama dan patogen secara seimbang.

6.3.2 Dinamika Populasi Hama dan Penyakit

Dinamika populasi hama dan penyakit mengacu pada perubahan jumlah, struktur, dan distribusi organisme pengganggu tanaman (OPT) dari waktu ke waktu dan ruang. Dinamika populasi tidak bersifat statis, melainkan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara OPT inang, musuh alami, serta faktor lingkungan. Memahami dinamika populasi ini penting

karena tingkat populasi hama atau intensitas penyakit menentukan apakah suatu organisme masih berada di bawah ambang ekonomi atau telah menimbulkan kerugian yang besar pada produksi pertanian.

Dinamika populasi hama dan penyakit sangat dipengaruhi oleh faktor biotik. Pada hama serangga, laju reproduksi, tingkat kelangsungan hidup, kemampuan adaptasi, dan perilaku makan sangat memengaruhi kecepatan peningkatan populasi. Sementara itu, pada patogen tanaman seperti jamur, bakteri, dan virus, dinamika populasi dipengaruhi oleh kemampuan infeksi, virulensi, siklus hidup, serta ketersediaan inang yang rentan. Interaksi antarorganisme, termasuk kompetisi dan antagonisme mikroba, juga berperan dalam membatasi atau mempercepat perkembangan penyakit.

Faktor abiotik seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan intensitas cahaya sangat menentukan fluktuasi populasi hama dan penyakit. Suhu memengaruhi laju metabolisme, perkembangan, dan reproduksi hama, sedangkan kelembapan dan curah hujan berperan besar dalam perkecambahan spora, penyebaran inokulum, serta keberhasilan infeksi patogen. Perubahan iklim dan anomali cuaca dapat menyebabkan ledakan populasi hama atau wabah penyakit di luar pola musiman yang biasanya terjadi.

Tanaman inang memiliki peran sentral dalam dinamika populasi hama dan penyakit. Ketersediaan inang yang melimpah dan seragam, seperti pada sistem monokultur, sering kali memicu peningkatan populasi hama dan patogen secara cepat. Sebaliknya, tanaman dengan ketahanan genetik, baik secara struktural maupun biokimia, dapat menekan perkembangan hama dan memperlambat siklus penyakit. Fase pertumbuhan tanaman juga menentukan tingkat kerentanan, di mana stadia tertentu sering lebih sensitif terhadap serangan.

Sebagai faktor pengendali alami populasi hama, musuh alami berperan penting. Keberadaan dan efektivitas musuh alami dapat menciptakan keseimbangan ekologis yang menjaga populasi hama tetap berada di bawah ambang ekonomi. Ketidakseimbangan ekologis akibat penggunaan pestisida yang tidak selektif, dapat memicu terjadinya resurgensi hama atau ledakan populasi sekunder.

Aktivitas manusia dalam praktik budidaya sangat memengaruhi dinamika populasi hama dan penyakit. Penggunaan varietas rentan, pola tanam yang tidak beragam, pemupukan berlebihan, serta aplikasi pestisida yang intensif dapat memengaruhi struktur komunitas organisme di agroekosistem. Tekanan seleksi akibat aplikasi pestisida juga dapat mendorong terjadinya evolusi resistensi pada hama dan patogen, sehingga dinamika populasinya menjadi semakin sulit dikendalikan.

Dinamika populasi hama dan penyakit bersifat spasial dan temporal. Secara spasial, penyebaran hama dan penyakit dipengaruhi oleh lanskap pertanian, jarak antarpertanaman, serta keberadaan habitat refugia. Secara temporal, populasi dapat berfluktuasi mengikuti musim tanam, kondisi iklim, dan ketersediaan inang. Pemahaman pola spasial-temporal ini penting untuk peramalan serangan dan penentuan waktu pengendalian yang tepat.

Pemahaman tentang dinamika populasi hama dan penyakit yang komprehensif dapat menjadi dasar penerapan PHT. Strategi pengelolaan dapat dirancang secara preventif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan dengan terlebih dahulu memahami faktor-faktor pengendali populasi dan interaksinya. Pendekatan ini selain dapat menekan kerugian hasil, juga dapat menjaga stabilitas agroekosistem dan keberlanjutan produksi pertanian jangka panjang.

6.4 Komponen PHPT dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan

Komponen PHPT dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah seperangkat pendekatan pengelolaan hama dan penyakit tanaman yang saling terintegrasi, meliputi penggunaan varietas tahan, penerapan teknik budidaya yang tepat, pengendalian fisik dan mekanik, pengendalian hayati, serta pengendalian kimiawi secara terbatas dan selektif. Setiap komponen PHT dipadukan untuk bekerja secara sinergis dalam menekan populasi organisme pengganggu tanaman hingga berada di bawah ambang ekonomi, dengan tetap menjaga keseimbangan agroekosistem, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta menjamin keberlanjutan produksi pertanian dalam jangka panjang.

6.4.1 Penggunaan Varietas Tahan

Penggunaan varietas tanaman yang tahan atau toleran terhadap hama dan penyakit adalah bagian penting dari pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHPT). Melalui mekanisme ketahanan morfologis, fisiologis, dan biokimia, varietas tahan dapat mengendalikan pertumbuhan organisme pengganggu tanaman. Penanaman varietas tahan, dapat mencegah populasi hama dan penyakit muncul sejak awal pertanaman. Beberapa contoh aplikasi penggunaan varietas padi tahan yaitu varietas padi tahan wereng batang cokelat dan penyakit blas, serta varietas tanaman hortikultura yang tahan terhadap penyakit layu bakteri.

6.4.2 Teknik Budidaya

Teknik budidaya merupakan upaya mengelola lingkungan tumbuh tanaman agar tidak menguntungkan bagi perkembangan hama dan penyakit. Praktik budidaya yang

mendukung PHPT meliputi rotasi tanaman, tanam serempak, pengaturan jarak tanam, sanitasi lahan, serta pemupukan yang berimbang. Rotasi tanaman bertujuan untuk memutus siklus hidup hama dan patogen spesifik inang, sedangkan sanitasi lahan melalui pembersihan sisa tanaman sakit dapat mengurangi sumber inokulum penyakit. Risiko serangan OPT dapat ditekan secara alami dengan teknik budidaya yang tepat,

6.4.3 Pengendalian Fisik dan Mekanik

Pengendalian fisik dan mekanik dapat mengurangi populasi hama atau sumber penyakit secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Pengambilan hama secara manual, pemangkasan dan pemusnahan bagian tanaman yang terserang, dan penggunaan alat bantu seperti perangkap dan penghalang fisik merupakan teknik pengendalian secara fisik dan mekanik yang banyak dilakukan. Contoh dari pengendalian fisik dan mekanik antara lain: pemasangan jaring pelindung tanaman, penggunaan perangkap feromon atau perangkap lampu untuk serangga hama, dan penggunaan serangga hama.

6.4.4 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati adalah pengendalian hama dan penyakit dengan memanfaatkan musuh alami dalam menekan populasi hama dan penyakit secara alami dan berkelanjutan. Musuh alami tersebut dapat berupa predator, parasitoid, entomopatogen maupun mikroorganisme antagonis. Contohnya adalah penggunaan parasitoid *Telenomus remus* untuk mengendalikan hama ulat grayak *Spodoptera frugiperda* pada tanaman jagung, aplikasi jamur entomopatogen *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium saksenae* untuk mengendalikan serangga hama, serta pemanfaatan *Trichoderma* spp. sebagai agens hayati untuk

menekan patogen tular tanah. Pengendalian hayati berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian.

6.4.5 Pengendalian Kimiawi

Dalam konsep PHPT, pengendalian kimiawi dilakukan secara terbatas dan selektif sebagai langkah terakhir ketika populasi hama atau intensitas penyakit telah melampaui ambang ekonomi. Agar pestisida tidak berdampak negatif pada lingkungan dan organisme non-target, penting untuk mematuhi prinsip tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, dan tepat cara aplikasi. Penggunaan insektisida selektif hanya pada fase kritis serangan atau penggunaan fungisida sesuai rekomendasi untuk menekan penyakit utama adalah dua contoh aplikasinya. Pengendalian kimiawi hanya digunakan sebagai pelengkap dalam sistem pertanian berkelanjutan, bukan sebagai metode utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip, N., Minarni, E. W., and Suroto, A. 2024. Uji Pemangsaan Kumbang Koksi (*Verania lienata*) Terhadap Hama Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*). Jurnal Agrin.1(1).
- Ciancio, A., and Mukerji, K. G. (Eds.). 2007. *General concepts in integrated pest and disease management*. Springer.
- Dara, S.K. 2019. The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1): 12; 1-9.
- Minarni, E.W., Nurtiati, and Istiqomah, D. 2022. Biological effects of indigenous entomopathogenic fungi and their application methods on *Spodoptera frugiperda*. Jurnal Perlindungan Tanaman. 26 (2): 107-118
- Minarni, E. W., Soesanto, L., Suyanto, A., and Rostaman. 2021. Molecular Identification of Three Entomopathogenic Fungi Infecting The Brown Plant Hopper Pest In Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 62.
- Minarni, E.W., Nurtiati, Wulansari, N.K., Mutala'liah, and Rostaman. 2026. Optimisation of *Lecanicillium saksenae*: Propagation on Various Agro-Waste Media for Future Bioinsecticide Development. *Journal of Natural Pesticide Research* 15, 100173
- Minarni, E. W., Suyanto, A., and Kartini, K. 2018. Potensi Parasitoid Telur salam Mengendalikan Wereng Batang Cokelat (*Nilaparvata lugens* Stal.) Pasca Ledakan Populasi di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(2), 132-142.
- Flint, M.L. and Bosch, RV. 1981. *Introduction to Integrated Pest Management*. Plenum Press. New York.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food security. *FAO Policy Brief Issue 2*. Rome: FAO; 2006.

- Mudjiono, G. 2013. *Pengelolaan Hama Terpadu: Konsep, Taktik, Strategi, Penyusunan Program PHT dan Implementasinya*. Universitas Brawijaya Press.
- NamdeoAiwale, H., Sarnobat, D.H. and Dhavale, M.C. 2025. *Integrated Pest and Disease Management IPDM. Plant Health and Disease Management: A Modern Approach*. Textify Publishers. Uttar Pradesh, India.
- Peshin, R., & Pimentel, D. (Eds.). 2014. *Integrated pest management: Experiences with implementation, global overview (Vol. 4)*. Springer.
- Republik Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 227. Jakarta: Sekretariat Negara; 2012.
- Untung, K. 2006. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Edisi Kedua. Gadjah Mada University. Yogyakarta

BAB 7

SISTEM PERTANIAN ORGANIK DAN RAMAH LINGKUNGAN

7.1 Pendahuluan

Pertanian merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia, yang menopang bahan pangan manusia, bahan baku industri dan sumber penghidupan. Namun, seiring berkembangnya zaman, cara masyarakat melakukan pengelolaan pertanian telah berubah. Berbagai revolusi teknologi pertanian berhasil meningkatkan produksi, namun disisi lain juga meninggalkan berbagai persoalan seperti tanah semakin menurun kesuburannya, pencemaran air dan lingkungan dari residu pupuk dan pestisida dan berkurangnya keanekaragaman hayati pada lahan budidaya pertanian. Namun saat ini masyarakat juga sudah menyadari bahwa perlunya menjaga keseimbangan antara produktivitas pertanian dan kelestarian lingkungan. Pertanian tidak lagi dipandang sebagai kegiatan panen yang optimal namun juga sebagai proses pengelolaan sumberdaya alam agar tetap dapat menopang kehidupan dalam jangka panjang. Hal inilah muncul pendekatan pertanian berkelanjutan salah satunya sistem pertanian organik dan ramah lingkungan.

Dalam sistem pertanian organik dan ramah lingkungan lahan pertanian tidak lagi dijadikan sebagai pabrik penghasil komoditas tertentu namun juga sebagai sebuah ekosistem hidup yang didalamnya terdapat interaksi antara tanah,

tanaman, mikroorganisme, hewan dan manusia supaya tercipta harmoni dalam agroekosistem.

7.2 Pengertian dan Ruang Lingkup Sistem Pertanian Organik

Pertanian organik adalah sistem manajemen budidaya tanaman yang bertujuan untuk meningkatkan dan mengembangkan kesehatan agroekosistem, yang mencakup keanekaragaman hayati, siklus biologis serta aktivitas biologi tanah. Dalam penerapannya, budidaya melalui sistem pertanian organik lebih mengutamakan pada pemanfaatan limbah budidaya yang sesuai dengan kondisi setempat atau lokal serta menghindari penggunaan bahan-bahan sintetis dalam memenuhi kebutuhan budidaya, dengan mengutamakan pendekatan budaya, biologi dan mekanis (Utami *et al.*, 2024). Pertanian organik merupakan pertanian yang bebas dari penambahan kimia sintetis yang akan merusak lingkungan dan kesehatan atau tanpa menggunakan pupuk dan pestisida kimia (Purwantini and Sunarsih, 2020).

Filosofi yang mendasari pertanian organik menurut (Sutanto, 2002) adalah memberikan nutrisi pada tanah, sehingga tanah kemudian menyediakan unsur hara bagi tanaman, bukan memberikan nutrisi langsung kepada tanaman. Melalui prinsip pengembalian, sistem ini berupaya mengembalikan berbagai bahan organik kedalam tanah, baik berupa sisa tanaman budidaya atau limbah organik dengan tujuan memberikan sumber nutrisi bagi tanaman.

Oleh karena itu, pertanian organik tidak hanya dimaknai sebagai praktik budidaya yang menghindari pupuk kimia dan pestisida sintetis, tetapi juga sebagai pendekatan sistematis dan menyeluruh dalam pengelolaan agroekosistem. Pendekatan ini menempatkan tanah dan lingkungan sebagai

fondasi utama, sehingga dalam proses budidayanya diarahkan mempertahankan dan meningkatkan tingkat kesuburan tanah, melestarikan keseimbangan ekosistem serta mendukung keberlanjutan pemanfaatan sumber daya alam. Tujuan akhir dari system ini adalah mampu menjamin terpenuhinya kebutuhan kebutuhan manusia saat ini tanpa mengorbankan generasi di masa depan.

Sejalan dengan itu, berkembang pula konsep pertanian ramah lingkungan yang bertujuan meminimalkan dampak negatif kegiatan pertanian terhadap lingkungan sekaligus tetap menjaga produktivitas dan kelayakan usaha tani. Pertanian ramah lingkungan dalam praktiknya memperhatikan pasokan unsur hara dengan menggunakan bahan organik, meminimalkan ketergantungan pada pupuk anorganik, memperbaiki jumlah biota tanah, pengendalian OPT (organisme pengganggu tanaman) dilakukan secara bijak dan penganeekaragaman tanaman budidaya dengan jangka panjang bertujuan pada pencapaian ketahanan pangan dengan memperhatikan keamanan pangan (Wihardjaka, 2018). Berbeda dengan pertanian organik yang memiliki standar yang lebih ketat, pertanian ramah lingkungan bersifat lebih fleksibel dan mudah diterapkan. Penerapan pertanian ramah lingkungan merupakan langkah awal yang menjembatani praktik pertanian konvensional menuju praktik pertanian yang lebih berkelanjutan.

7.3 Prinsip Dasar Pertanian Organik dan Ramah Lingkungan

Konsep pertanian organik mencakup pengertian dan prinsip yang berlaku baik di tingkat internasional maupun nasional. Secara internasional, penerapan merujuk pada pedoman dan standar yang ditetapkan oleh lembaga terkait

yaitu *International Federation of Organic Agriculture Movements* (IFOAM). Di Indonesia, konsep pertanian organik berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6729 2016 tentang Sistem Pertanian Organik. Dengan adanya rujukan tersebut, pertanian organik memiliki dasar konsep dan aturan sebagai pedoman dalam penerapannya.

Prinsip pertanian organik menurut IFOAM menjelaskan bahwa sistem pertanian organik didasarkan pada empat prinsip utama yaitu kesehatan, ekologi, keadilan dan kepedulian (Ifoam, 2005).

Prinsip kesehatan menegaskan bahwa pertanian organik harus memelihara dan menjaga kesehatan tanah, tanaman, hewan, manusia serta lingkungan sebagai satu kesatuan yang saling berkaitan. Pada prinsip ini kesehatan manusia dan masyarakat tidak dapat dipisahkan dari ekosistem yang baik. Tanah yang sehat akan menghasilkan tanaman yang sehat, kemudian mendukung kesehatan hewan dan pada akhirnya berdampak positif pada kesehatan manusia karena manusia menempati posisi sebagai pihak akhir yang menerima dan mengkonsumsi hasil dari seluruh produksi tersebut. Pertanian organik memiliki fungsi penting sepanjang rantai produksi pangan mulai dari proses penanaman hingga produk dikonsumsi. Melalui pendekatan ini, setiap tahapan diarahkan untuk melindungi keseimbangan lingkungan dan mendukung penanganan secara organik sehingga produk sampai pada konsumen.

Pertanian organik secara khusus bertujuan menghasilkan makanan berkualitas dan bergizi yang akan berkontribusi untuk menjaga kesehatan dan meningkatkan kesejahteraan sejak dini. Kesehatan dipahami sebagai kondisi yang utuh dan seimbang dalam sistem kehidupan, tidak hanya bebas dari penyakit namun juga kesejahteraan fisik, mental,

sosial, dan lingkungan. Daya tahan tubuh, ketahanan dan regenerasi adalah karakter utama kesehatan. Penerapannya dilaksanakan dengan pendekatan spesifik lokasi dimana dilakukan sesuai dengan kondisi setempat, karakter ekologi, budaya masyarakat serta skala usaha yang dijalankan. Penggunaan input produksi ditekankan melalui prinsip daur ulang, serta pengelolaan sumber energy secara efektif dan efisien guna mempertahankan sekaligus meningkatkan mutu lingkungan dan keberlanjutan sumberdaya alam. Sistem ini juga menjadi cerminan keseimbangan ekosistem dengan penerapan budidaya terpadu, pengembangan habitat alami, pelestarian keanekaragaman genetik dan biodiversitas pertanian.

Prinsip Keadilan, menunjukkan bahwa pertanian organik dibangun atas hubungan yang menjamin keadilan terkait lingkungan bersama dan kesempatan hidup. Pada prinsip ini menekankan bahwa pihak-pihak yang terlibat dalam pertanian organik harus menjalin hubungan antar manusia dengan cara memastikan keadilan di semua tingkatan dan bagi semua pihak mulai petani, pekerja, pengelola, distributor, pedagang dan konsumen dengan tujuan untuk menghasilkan pasokan pangan dan produk berkualitas baik dan dalam jumlah yang cukup.

Prinsip kepedulian menegaskan bahwa sistem pertanian organik harus dijalankan secara cermat dan penuh tanggung jawab guna menjadi kesehatan dan kesejahteraan generasi masa kini dengan cara menjaga kelestarian lingkungan. Penerapan prinsip ini tercermin dalam proses pengelolaan usahatani, pengembangan inovasi, hingga pemilihan teknologi yang akan diterapkan dalam praktik pertanian organik. Pada penerapannya selain menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi juga dipadukan dengan pengalaman di lapangan,

kearifan lokal dan pengetahuan tradisional yang berkembang di masyarakat supaya dapat memastikan sistem berjalan aman, sehat dan berwawasan lingkungan. Dalam hal ini, pertanian organik harus berupaya mencegah resiko besar dalam memilih teknologi yang tepat dan menghindari teknologi yang dampaknya sulit diprediksi, seperti rekayasa genetic. Setiap tindakan yang diambil sebaiknya mencerminkan nilai dan kebutuhan semua pihak yang akan terdampak serta dilakukan melalui proses yang terbuka dan melibatkan banyak pihak.

Prinsip pertanian organik di Indonesia merujuk pada Standar Nasional Indonesia: SNI 6729:2016, 2016 tentang Sistem Pertanian Organik, menjelaskan bahwa sistem produksi organik disusun berdasarkan standart yang spesifik, ketat dan terukur untuk membangun agroekosistem yang optimal serta berkelanjutan dari aspek sosial, ekonomi, ekologis dan etika. Ketentuan produk pangan organik memiliki karakteristik tersendiri dibandingkan dengan pertanian konvensional, dalam sistem organik proses produksi menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari identitas, pelabelan dan pengakuan produk organik. Dengan demikian, seluruh tahapan mulai dari budidaya, panen dan pasca panen harus memenuhi prinsip dan standart yang telah ditetapkan. Sistem pertanian organik tersebut dirancang untuk :

1. Mendorong pemeliharaan dan peningkatan keanekaragaman hayati secara menyeluruh pada suatu sistem usahatani
2. Mengoptimalkan aktivitas biologi tanah sebagai dasar keberlanjutan usahatani
3. Mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah dalam jangka panjang
4. Memanfaatkan dan mendaur ulang limbah tanaman dan ternak untuk mengembalikan unsur hara dalam tanah guna

mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang tidak terbarukan

5. Mengutamakan penggunaan sumber daya terbarukan dan lokal
6. Mengelola tanah, air dan udara secara bijaksana serta menekan berbagai bentuk pencemaran akibat kegiatan budidaya pertanian
7. Mengenal hasil pertanian melalui proses pengolahan yang tepat pada setiap tahapannya untuk menjaga integritas mutu produk, dan
8. Diterapkan melalui masa konversi pada suatu lahan dengan durasi yang ditentukan berdasarkan kondisi spesifik lokasi, sejarah penggunaan lahan dan komoditas tanaman atau ternak yang akan atau telah dibudidayakan.

7.4 Praktik Utama dan Dampak Pertanian Organik

Pertanian organik tidak hanya berupa konsep, tetapi juga diterapkan melalui berbagai praktik di lapangan. Praktik-praktik tersebut memberikan dampak terhadap produksi, lingkungan dan keberlanjutan sistem pertanian. Selain itu pertanian organik memenuhi banyak persyaratan yang dibutuhkan untuk mendukung strategi adaptasi yang berhasil. Menurut pendapat (Gamage *et al.*, 2023) menyatakan bahwa praktik utama dalam pertanian organik meliputi :

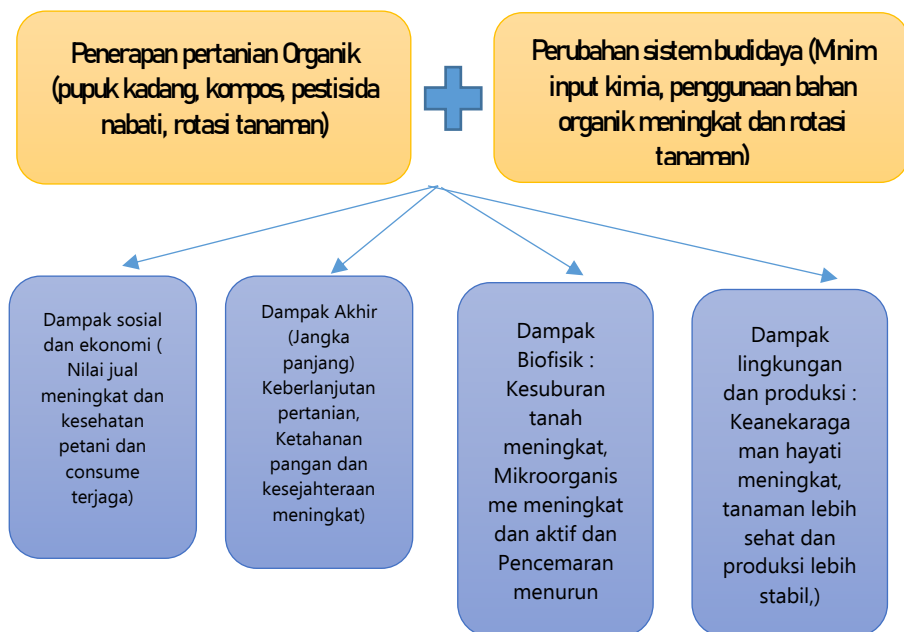
1. Rotasi Tanaman
2. Tanpa bahan kimia
3. Tanpa menggunakan produk bersumber GMO
4. Tidak menggunakan pupuk sintetis
5. Memanfaatkan sumberdaya Lokal
6. Menggunakan Pupuk Organik
7. Mengurangi penggunaan sumberdaya yang tidak terbarukan

8. Mengonsumsi air dengan lebih rendah
9. Peningkatan kandungan organik dalam tanah
10. Meningkatkan Kapasitas menahan air
11. Keanekaragaman hayati besar dari flora, fauna dan mikrobiologi
12. Mengurangi kehilangan tanah, dan
13. Penggunaan energy yang lebih rendah.

Pertanian organik memberikan solusi untuk berbagai permasalahan yang dihadapi dalam berbagai isu pertanian saat ini. Penerapan pertanian organik menghadirkan produk yang lebih sehat, mengelola keanekaragaman hayati, meningkatkan musuh alami, menjaga lingkungan tetap sehat sehingga akan memberikan dampak jangka pendek maupun panjang bagi manusia.

Dalam sisi lingkungan pertanian organik berperan dalam memperbaiki dan menjaga kesuburan tanah melalui peningkatan bahan organik tanah dan aktivitas mikroorganisme karena juga didukung oleh praktik tidak digunakannya pestisida kimia dan pupuk sintetis sehingga organisme menguntungkan dapat berkembang dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Dampak lanjut akan meningkatkan kesehatan manusia dan mutu pangan yang dihasilkan, karena produk yang dihasilkan lebih aman. Dari sisi sosial ekonomi penerapan pertanian organik akan meningkatkan kesejahteraan petani dan penguatan ekonomi lokal karena harga jual produk bisa lebih tinggi. Dengan rangkaian kegiatan pertanian organik ini dalam jangka panjang sistem ini akan berkontribusi pada pelestarian sumber daya alam, keberlanjutan usaha tani sehingga meningkatkan kesejahteraan petani.



Gambar 7.1. Alur Sebab–Akibat Penerapan Sistem Pertanian Organik

7.5 Tantangan Pengembangan Sistem Pertanian Organik dan Ramah Lingkungan

Pengembangan sistem pertanian organik tentu akan menghadapi berbagai tantangan yang bersifat kompleks dimana tantangan tersebut mencakup tantangan teknis, ekonomi, pemasaran dan kebijakan

1. Tantangan Teknis Produksi

Peralihan kegiatan budidaya dari sistem konvensional menuju pertanian organik bukan hanya mengganti jenis pupuk atau pestisida, melainkan mengubah secara keseluruhan pendekatan dalam pengelolaan agroekosistem. Perubahan tersebut mencakup pengelolaan kesuburan tanah dengan sistem penyediaan hara berbasis organik, pengendalian OPT yang dilakukan

melalui system preventif dan ekologis, manajemen penggunaan sumber air, hingga pengelolaan panen dan pascapanen. Kompleksitas penanganan pertanian organik yang mencakup on farm dan off farm seringkali membuat petani enggan beralih, meskipun dalam jangka panjang system ini berpotensi memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi daripada konvensional.

Pada awal penerapan, produktivitas tanaman yang dibudidayakan umumnya relatif lebih rendah dibandingkan sistem konvensional, proses adaptasi ini membutuhkan waktu lama terutama pada membangun kembali aktivitas mikroorganisme tanah, struktur tanah dan peningkatan ketersediaan hara.

2. Tantangan Ekonomi

Meskipun secara jangka panjang pertanian organik memberikan nilai tambah dan margin keuntungan yang lebih tinggi, pada awal penerapan pelaku usahatani sering menghadapi tantangan ekonomi karena pada awal transisi membutuhkan waktu, tenaga kerja dan pengelolaan yang lebih intensif, sementara hasil panen belum optimal dan biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional.

Selain itu, proses sertifikasi organik yang cukup rumit dan memerlukan biaya tambahan menjadi beban tersendiri bagi petani terutama petani kecil, kecuali dilakukan secara kelompok. Kondisi ini menyebabkan tidak semua petani tertarik dengan pertanian organik, meskipun prospek keuntungan jangka panjang cukup menjanjikan.

3. Tantangan Pemasaran

Pemasaran menjadi satu tantangan dalam pengembangan pertanian organik. Dengan harga yang relatif lebih mahal dengan target pasar terbatas pada konsumen menengah

keatas yang mengutamakan kualitas dan kesehatan. Jaringan distribusi produk ini memerlukan penanganan khusus untuk menjaga kualitas dan kepercayaan konsumen mulai dari proses produksi, penyimpanan, pengemasan hingga pelabelan. Rantai pasok harus tertata dengan baik sehingga dapat menjaga kepercayaan konsumen. Tantangan lain adalah rendahnya literasi konsumen, tidak semua konsumen memahami perbedaan produk bersertifikat dengan produk yang hanya mengklaim organik. Kondisi ini dapat memicu persaingan tidak sehat dan menekan harga di tingkat petani. Perlu adanya penguatan edukasi konsumen, kemitraan dan kelembagaan pemasaran untuk menjaga keberlanjutan produk

4. Tantangan Kebijakan

Meskipun pemerintah telah menunjukkan perhatian terhadap pertanian organik melalui berbagai kebijakan namun sampai saat ini kebijakan masih lebih banyak diberikan pada pertanian konvensional seperti subsidi pupuk anorganik dan bantuan sarana produksi berbasis anorganik. Perbedaan kebijakan dan prioritas pembangunan setiap daerah juga menjadi kendala pada implementasi program pertanian organik. Tantangan lainnya adalah program pendampingan dan pelatihan masih belum merata. Tanpa adanya dukungan kebijakan yang berpihak, kemudahan sertifikasi, dan penguatan pasar pertanian organik akan sulit berkembang secara luas dan berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu kebijakan yang konsisten, terarah dan terintegrasi supaya tercipta ekosistem pertanian organik yang berkelanjutan.

7.6 Perkembangan Pertanian Organik di Indonesia

Saat ini, kesadaran masyarakat terhadap risiko dan dampak negatif dari penggunaan bahan kimia sintetis dalam kegiatan budidaya pertanian semakin meningkat. Banyak masyarakat dan petani memahami bahwa residu pupuk dan pestisida berdampak pada kesehatan dan lingkungan. Salah satu produk dan sistem budidaya yang mendapat perhatian yaitu pertanian organik. Seiring meningkatnya kepedulian terhadap kesehatan dan kelestarian lingkungan masyarakat mulai melirik dan menerapkan pertanian organik. Perkembangan luas budidaya pertanian organik di Indonesia menunjukkan luasan yang stabil dimana luas area budidaya terluas adalah pada komoditas kopi dan kelapa untuk tanaman tahunan.

Tabel 7.1. Luas Area Beberapa Komoditas Organik Di Indonesia 2019-2022

Komoditas	Luas Area Organik Menurut Komoditas (ha)			
	2019	2020	2021	2022
beras	3.350	4.637	4.199	4.766
kelapa	20.993	21.028	21.176	21.542
pisang	56	57.4	65.9	57.7
Kopi	31.393	31.544	31.672	31.772
jeruk	15.52	17.35	3.2	7.2
Teh	162	165	179	178
Kakao	517	559	559	63
Aren	248	235	235	507
Rempah	4.948	5.028	5.041	4.860
Buah Tropis	1.416	1.454	1.368	1.092
Total	63.083	64.650	64.429	64.780

Sumber : (David and Alkausar, 2023) Statistik Pertanian Organik Indonesia, 2023 diolah

Komoditas padi merupakan produk organik terbesar di tanaman pangan yang tumbuh dan tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Sentra padi organik adalah pada Jawa tengah dengan produksi selama 2019-2022 adalah 99.622 ton kedua adalah jawa timur dengan produksi 19.138 ton dan jawa tengah dengan produksi 10.053 ton.

Tabel 7.2. Produksi Beras Organik Tahun 2019-2022

Provinsi	Tahun (ton)				Total
	2019	2020	2021	2022	
Jawa Tengah	23.437,60	29.349,70	21.172,80	25.662,60	99.622,70
Jawa Barat	1.188,50	3.029,80	2.933,80	2.901,60	10.053,70
Jawa Timur	2.331,00	5.602,70	5.376,30	5.828,80	19.138,80

Sumber : Statistik Pertanian Organik Indonesia, 2023 diolah

Komoditas yang dinilai potensial untuk diusahakan dalam pertanian organik karena permintaan pasar yang stabil dan nilai ekonomi tinggi antara lain :

1. Tanaman Pangan : Padi, jagung
2. Hortikultura : Sawi, bayam hijau, brokoli, kubis, tomat, selada, bayam jepang, buah mangga, salak, jeruk, edamame, okra
3. Rempah dan obat : Hampir semua jenis komoditas tanaman biofarmaka
4. Produk Ternak : Susu, daging, telur

Produk pertanian organik yang paling banyak kita temui saat ini adalah beras dan sayuran, namun bila dikelola dengan baik kegiatan usaha yang dilakukan dengan terobosan, kebijakan dan teknologi memiliki peluang untuk terus diusahakan pada komoditas-komoditas lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- David, W. and Alkausar, S. 2023. *Statistik Pertanian Organik Indonesia*. Jakarta: Universitas Bakri Press.
- Gamage, A. *et al.* 2023. 'Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture', *Farming System*, 1(1), p. 100005. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100005>.
- Ifoam .2005. IFOAM Basic Standards for Organic Production and Processing. Germany: IFOAM.
- Purwantini, T.B. and Sunarsih .2020. 'Pertanian Organik : Konsep , Kinerja , Prospek , dan Kendala', 37(2), pp. 127–142.
- Standar Nasional Indonesia: SNI 6729:2016 .2016. *Sistem Pertanian Organik*.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik Pemasyarakatan dan Pengembangannya. Yogyakarta: Kanisius.
- Utami, S.N.H. *et al.* 2024. Pertanian Organik-Solusi Pertanian Berkelanjutan Edisi Revisi. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Wihardjaka, A. 2018 'Penerapan Model Pertanian Ramah Lingkungan sebagai Jaminan Perbaikan Kuantitas dan Kualitas Hasil Tanaman Pangan', *Jurnal Pangan*, 27(2), pp. 155–164. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.33964/jp.v27i2.376>.

BAB 8

INTEGRASI TANAMAN DAN PETERNAKAN

8.1 Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, peningkatan kesejahteraan masyarakat, serta pembangunan ekonomi berkelanjutan (FAO, 2017; Tilman et al., 2011). Namun, sistem pertanian konvensional yang memisahkan usaha tanaman dan peternakan seringkali menghadapi berbagai tantangan, seperti tingginya biaya produksi, ketergantungan pada input eksternal (pupuk dan pakan), degradasi lahan, serta rendahnya efisiensi pemanfaatan sumber daya (FAO, 2010; Russelle et al., 2007). Dalam konteks tersebut, integrasi tanaman dan peternakan menjadi salah satu pendekatan yang relevan dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keseimbangan lingkungan (Herrero et al., 2010).

Integrasi tanaman dan peternakan merupakan sistem usaha tani terpadu yang mengombinasikan kegiatan budidaya tanaman dan pemeliharaan ternak dalam satu kesatuan manajemen (Sere & Steinfeld, 1996; Tarawali et al., 2011). Sistem ini memungkinkan terjadinya siklus tertutup (*closed-loop system*), di mana limbah atau hasil samping dari satu komponen dimanfaatkan sebagai input bagi komponen lainnya (Russelle et al., 2007). Contohnya, limbah pertanian seperti jerami dan hijauan dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sementara kotoran ternak diolah menjadi pupuk organik untuk

meningkatkan kesuburan tanah (Herrero et al., 2010). Dengan demikian, integrasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi sumber daya, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (FAO, 2010).

Selain aspek ekologis, integrasi tanaman dan peternakan juga memberikan manfaat ekonomi dan sosial. Diversifikasi usaha dapat meningkatkan pendapatan petani, mengurangi risiko kegagalan panen, serta membuka peluang kerja di tingkat pedesaan (Tarawali et al., 2011). Sistem ini juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan melalui pengurangan penggunaan pupuk kimia, peningkatan kandungan bahan organik tanah, serta perbaikan struktur tanah (Tilman et al., 2011; Russelle et al., 2007).

Melalui penerapan sistem integrasi tanaman dan peternakan yang tepat, diharapkan tercipta sistem pertanian yang produktif, efisien, ramah lingkungan, dan berdaya saing (Herrero et al., 2010). Oleh karena itu, pemahaman mengenai konsep, prinsip, serta manfaat integrasi tanaman dan peternakan menjadi penting untuk mendukung pengembangan pertanian berkelanjutan di masa depan (FAO, 2017).

8.2 Konsep Farming System

Sistem pertanian mengacu pada suatu tatanan khusus dari kegiatan usahatani (misalnya budidaya tanaman, peternakan, pengolahan hasil pertanian) yang dikelola berdasarkan kemampuan lingkungan fisik, biologis, dan sosioekonomis serta sesuai dengan tujuan, kemampuan, dan sumberdaya yang dimiliki petani (Shaner, *et.al.*, 2002; Imran et al., 2018).

Hardwood (2003), menjelaskan bahwa *farming system* adalah paduan dari proses biologis dan aktifitas pengelolaan

sumberdaya untuk memproduksi tanaman dan ternak. Gilbert dan Norman (2000), menjelaskan bahwa terdapat dua elemen utama yang sangat berpengaruh terhadap riset *farming system* yaitu manusia dan teknologi.

Integrasi tanaman dan peternakan adalah sistem usaha pertanian terpadu yang mengelola produksi tanaman dan ternak dalam satu kesatuan ruang, waktu, dan manajemen, sehingga terjadi hubungan timbal balik yang saling menguntungkan antara kedua komponen tersebut. Sistem ini berperan penting dalam penyediaan pupuk kandang bagi lahan pertanian, sehingga sering disebut sebagai sistem peternakan tanpa limbah. Hal ini karena limbah dari kegiatan peternakan dimanfaatkan sebagai pupuk, sementara sisa hasil pertanian digunakan sebagai pakan ternak. Penggabungan usaha ternak dan tanaman bertujuan untuk mengoptimalkan hasil produksi sekaligus meningkatkan kesuburan tanah. Hubungan antara tanaman dan ternak harus bersifat saling melengkapi, mendukung, dan menguntungkan, sehingga mampu meningkatkan efisiensi produksi serta memberikan keuntungan yang lebih besar bagi usaha pertanian (Imran et al., 2021).

Misalnya lahan yang ditanami jagung, sisa hasil panen biasanya menjadi limbah yang harus dibuang petani. Namun, jika di kawasan tersebut terdapat ternak ruminansia, sisa tanaman itu dapat dimanfaatkan sebagai pakan. Sebaliknya, kotoran ternak dapat digunakan sebagai pupuk untuk menyuburkan tanaman yang dibudidayakan, sehingga tercipta hubungan timbal balik yang saling menguntungkan (Saputra, 2000),

Konsep sistem pertanian terpadu juga dapat diterapkan pada lahan sempit maupun lahan luas. Pada lahan terbatas yang umumnya dimiliki petani kecil, sistem ini efektif

dikembangkan melalui intensifikasi lahan sehingga produksi dapat dimaksimalkan tanpa menyisakan limbah yang terbuang. Sementara itu, pada lahan yang lebih luas, sistem ini berpotensi menjadi strategi pengembangan agribisnis yang lebih menguntungkan. Melalui integrasi tersebut, pemanfaatan lahan menjadi lebih efisien, produksi lebih optimal, limbah dapat dimanfaatkan kembali, risiko fluktuasi harga pasar dapat ditekan melalui subsidi silang antar usaha, serta keberlanjutan produksi dapat terjaga (Imran et al., 2025)

Selain itu sistem ini merupakan bentuk penerapan usaha tani terpadu yang menggabungkan komoditas pertanian dengan kegiatan peternakan melalui pendekatan *low external input*. Pendekatan ini menekankan pemanfaatan sumber daya yang tersedia di dalam sistem pertanian itu sendiri, dengan meminimalkan penggunaan input produksi yang berasal dari luar sistem (Suharto, 2000 ; Prawiradiputra, 2009).

Integrasi antara tanaman dan ternak di Indonesia, sebagaimana juga terjadi di berbagai negara Asia Tenggara, terutama pada komoditas tanaman pangan dan ternak, telah lama diterapkan secara tradisional dan hingga kini tetap berlangsung serta mampu dipertahankan (FAO, 2001).

8.3 Konsep Sistem Integrasi Tanaman-Ternak

Integrasi tanaman dan ternak merupakan bagian dari sistem usaha tani yang mencakup berbagai subsistem, seperti rumah tangga petani, lahan, tanaman, ternak, dan komponen lainnya. Setiap subsistem tersebut saling terhubung dan bergantung satu sama lain dalam satu kesatuan sistem. Penerapan sistem integrasi ini bertujuan untuk mendukung serta memperkuat perekonomian petani kecil di wilayah pedesaan. (Amir and Knipscheer, 2004 ; Devendra, 2009). Penerapan sistem integrasi tanaman-ternak pada tanaman

pangan yang biasa dilakukan oleh petani integrasi adalah tanaman padi, selain itu tanaman jagung juga sering dipakai untuk diintegrasikan dengan ternak. Di samping tanaman pangan, tanaman hortikultura juga sering dipakai sebagai tanaman intergrasi, seperti berbagai jenis sayuran dan buah-buahan, misalnya nanas dan pisang. Pada sektor perkebunan, tanaman seperti tebu dan kelapa sawit juga berpotensi untuk dipadukan dengan kegiatan peternakan. (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2012 ; Imran et al., 2025)

Menurut Devendra (2009), terdapat delapan manfaat dari penerapan sistem integrasi tanaman dan ternak, yaitu:

1. Diversifikasi dalam pemanfaatan sumber daya produksi,
2. Penurunan risiko usaha,
3. Peningkatan efisiensi tenaga kerja,
4. Efisiensi penggunaan berbagai input produksi,
5. Berkurangnya ketergantungan pada energi kimia, biologis, serta input eksternal lainnya,
6. Terciptanya sistem ekologi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan karena minim polusi,
7. Peningkatan hasil produksi, dan
8. Penguatan keberlanjutan ekonomi rumah tangga petani.

Berbagai keuntungan tersebut muncul akibat adanya sinergi antar komponen usaha, sehingga hampir seluruh sumber daya dapat dimanfaatkan tanpa terbuang (*zero waste*). Dampaknya, beberapa produk dapat dihasilkan tanpa memerlukan biaya nyata tambahan dari petani atau peternak (*zero cost*). Dengan demikian, sistem integrasi tanaman–ternak berkontribusi dalam menekan risiko usaha.

Handayani (2009) menyatakan bahwa pelaksanaan program integrasi tanaman dan ternak menghadapi berbagai kendala, baik yang bersifat teknis maupun nonteknis.

Permasalahan nonteknis meliputi keterbatasan lahan dan modal yang dimiliki petani. Sementara itu, kendala teknis berkaitan dengan perilaku petani yang belum sepenuhnya menerapkan paket teknologi integrasi sesuai ketentuan. Selain persoalan lahan dan modal, keterbatasan tenaga kerja juga menjadi hambatan dalam penerapan sistem integrasi tanaman–ternak. Petani sering dihadapkan pada beragam aktivitas usaha sehingga dituntut mampu mengatur dan mengalokasikan tenaga kerja secara efisien, selain itu ketersediaan pasar baik untuk produk utama maupun produk sampingan juga menjadi faktor penting yang menentukan keberhasilan sistem integrasi tanaman–ternak (Imran, 2021). Lebih lanjut, Muslim (2006) menjelaskan bahwa suatu program integrasi tanaman–ternak belum dapat dianggap berhasil apabila belum menerapkan prinsip *zero waste*, yang erat kaitannya dengan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya.

8.4 *Integrated Crop–Livestock Systems (ICLS)*

Sistem Integrasi Tanaman–Pternakan (SITP) atau *Integrated Crop–Livestock Systems* (ICLS) dikembangkan sebagai pendekatan pengelolaan usahatani yang mengintegrasikan kegiatan budidaya tanaman dan peternakan dalam satu sistem yang saling mendukung. Dalam sistem ini, limbah atau residu tanaman dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak, sementara kotoran ternak diolah dan digunakan kembali sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman (FAO, 2010; Prasetyo & Widiyanto, 2016). Pola hubungan timbal balik ini memungkinkan terjadinya siklus hara yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Dari aspek lingkungan, SITP mendukung prinsip pertanian berkelanjutan dengan mengurangi limbah, meningkatkan

kandungan bahan organik tanah, memperbaiki siklus nutrisi, serta menekan degradasi lingkungan akibat sistem pertanian intensif yang bergantung pada input eksternal (Rahman et al., 2024 ; Ryschawy et al., 2023). Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga manfaat ekologis dalam jangka panjang.

Program Sistem Integrasi Tanaman–Peternakan (SITP) merupakan salah satu strategi alternatif untuk meningkatkan produksi padi, daging, dan susu sekaligus menaikkan pendapatan petani (Haryanto et al., 2002 ; Imran, 2020).

Badan Litbang Pertanian telah melakukan penelitian dan pengkajian terhadap SITP dengan menerapkan pendekatan *zero waste*. Konsep *zero waste* menekankan optimalisasi pemanfaatan sumber daya lokal, seperti penggunaan jerami sebagai pakan ternak serta pengolahan kotoran sapi menjadi pupuk organik. Upaya ini bertujuan untuk memperbaiki dan memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman, sehingga tidak ada limbah yang terbuang (Dirjen Bina Produksi Peternakan, 2002).

Penerapan SITP terbukti mampu meningkatkan efisiensi produksi dan menurunkan biaya usaha tani melalui pengurangan penggunaan pupuk kimia dan pakan komersial. Selain itu, integrasi tanaman dan ternak dapat meningkatkan produktivitas lahan serta memberikan sumber pendapatan yang lebih beragam bagi petani, sehingga berkontribusi terhadap penguatan ekonomi rumah tangga dan ketahanan pangan masyarakat perdesaan (Herrero et al., 2010; Utami dan Rangkuti, 2021).

Dalam Sistem Integrasi Padi–Ternak (SIPT) terdapat tiga komponen teknologi utama, yaitu: (a) teknologi budidaya ternak, (b) teknologi budidaya padi, dan (c) teknologi pengolahan jerami serta pembuatan kompos (Haryanto et al.,

2002). Tujuan utama penerapan SIPT adalah mendorong petani untuk mengoptimalkan usahanya, khususnya dalam menghasilkan kompos yang dapat meningkatkan efisiensi usaha tani. Agar ketiga komponen tersebut dapat berjalan secara terpadu dan saling mendukung, pengembangan SIPT dilakukan melalui pendekatan kelembagaan. Pendekatan ini diwujudkan dalam bentuk kerja sama antar kelompok peternak, meskipun kepemilikan lahan sawah dan ternak tetap berada pada masing-masing individu. Kerja sama tersebut mencakup kegiatan seperti pengumpulan jerami, penyediaan sarana produksi, hingga pemasaran hasil usaha.

Sistem Integrasi Tanaman–Ternak (SIPT) mulai dikaji secara sistematis sejak awal tahun 1980-an. Penelitian tersebut memperhatikan berbagai aspek keberlanjutan, meliputi ramah lingkungan (*environmentally friendly*), dapat diterima secara sosial (*socially acceptable*), layak secara ekonomi (*economically feasible*), serta didukung secara politis (*politically desirable*). Memasuki akhir dekade 1990-an, pengembangan SIPT mencapai tahap penting dengan semakin diintensifikannya integrasi padi dan sapi untuk menekan penggunaan input eksternal, yang dikenal dengan pendekatan LEISA (*low external input sustainable agriculture*). Melalui pendekatan LEISA, SIPT secara empiris terbukti mampu menciptakan peluang kerja berbasis usaha pertanian dengan memanfaatkan sumber daya lokal secara lebih efisien (Soeharto, 2000; Prawiradiputra, 2009).

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, penerapan Sistem Integrasi Tanaman–Peternakan masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan pengetahuan dan keterampilan petani, kebutuhan tenaga kerja yang relatif tinggi, keterbatasan akses terhadap teknologi, serta dukungan kelembagaan dan kebijakan yang belum optimal (FAO, 2001; Ryschawy et al., , 2023). Oleh karena itu, pengembangan SITP

memerlukan pendampingan berkelanjutan, inovasi teknologi yang sesuai kondisi lokal, serta sinergi antar pemangku kepentingan agar sistem ini dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan.

Tujuan utama SIPT adalah memproduksi kompos untuk meningkatkan efisiensi usaha tani, dengan dukungan kredit yang mudah diakses; hasil ternak seperti pedet atau sapi bakalan menjadi tambahan keuntungan tahunan. Pengembangannya dilakukan melalui pola kandang kelompok (DI Yogyakarta, Jawa Tengah, NTB) serta peningkatan keterampilan SDM agar usaha lebih profesional (Ismail dan Djajanegara, 2004).

Integrasi tanaman–ternak bersifat sinergis: kotoran ternak dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan limbah pertanian sebagai pakan. Limbah seperti jerami padi, jagung, dan kacang-kacangan membantu memenuhi kebutuhan pakan—terutama saat kemarau—hingga sekitar sepertiga kebutuhan hijauan, sekaligus menghemat tenaga kerja dan memungkinkan peningkatan skala usaha ternak (Kariyasa, 2003).

Keunggulan pemanfaatan limbah adalah meningkatkan ketersediaan pakan, terutama saat musim kemarau, serta mengurangi kebutuhan tenaga kerja untuk mencari rumput, sehingga petani dapat memperbesar skala pemeliharaan ternak.

8.5 Penutup

Integrasi tanaman–ternak merupakan pendekatan pertanian terpadu yang mampu menjawab tantangan efisiensi produksi, keberlanjutan lingkungan, dan peningkatan kesejahteraan petani. Melalui pemanfaatan hubungan timbal balik antara tanaman dan ternak, sistem ini menciptakan siklus produksi yang saling mendukung, di mana limbah satu

komponen menjadi sumber daya bagi komponen lainnya. Dengan demikian, integrasi tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga menekan biaya produksi serta mengurangi ketergantungan terhadap input eksternal.

Dari sisi ekologis, integrasi tanaman–ternak berkontribusi dalam memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta mengurangi pencemaran lingkungan. Sementara itu, dari aspek ekonomi dan sosial, sistem ini mendorong diversifikasi usaha, memperkuat ketahanan pangan keluarga, serta meningkatkan stabilitas pendapatan petani.

Oleh karena itu, penerapan sistem integrasi tanaman–ternak perlu terus didorong melalui dukungan kebijakan, penyuluhan, inovasi teknologi, dan penguatan kapasitas petani. Dengan pengelolaan yang baik, integrasi tanaman–ternak dapat menjadi model pertanian berkelanjutan yang produktif, ramah lingkungan, dan berdaya saing dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, P. dan H.C. Knipscheer. 2004. *Conducting on-farm Animal Research: Procedures and Economic Analysis*. Winrock International Institute for Agricultural Development and Internasional Development Research Center. Singapore National Printers Limited. 244 p
- Devendra, C. 2009. *Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia*. FAO Animal Production and Health Paper 106. FAO Rome. 143 p.
- Direktorat Jenderal Peternakan Departemen Pertanian. 2012. *Pedoman Teknis Integrasi Ternak Ruminansia-Tanaman*. Direktorat Budidaya Ternak Ruminansia Direktorat Jenderal Peternakan Departemen Pertanian, Jakarta.
- Dirjen Bina Produksi Peternakan, 2002. *Pengembangan Kawasan Agribisnis Berbasis Peternakan*, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). *Mixed crop–livestock farming: A review of traditional technologies based on literature and field experiences* (FAO Animal Production and Health Paper No. 152). FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *"Climate-smart" agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO.
- Handayani, S. 2009. *Model integrasi tanaman-ternak di Kabupaten Donggala provinsi Sulawesi Tengah: pendekatan optimalisasi program linier*. Tesis Magister

- Sains. Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Harwood, J.R. 2003. *Small Farm Development: Understanding and Improving Farming System The Humid Tropics*. Colorado: Wesville Press.
- Haryanto, B., I. Inounu, Arsana B, dan K. Dwiyanto, 2002. *Sistem Integrasi Padi-Ternak*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, J., Lynam, J., Parthasarathy Rao, P., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Seré, C., & Rosegrant, M. (2010). Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop–livestock systems. *Science*, 327(5967), 822–825. <https://doi.org/10.1126/science.1183725>
- Imran, S., A. R. Siregar, D.Rukmana and S. Nompoo. (2018). Characteristics Of Corn Farming Income With Integration System (Corn-Cattle) and Non-Integration In Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia. *International Journal of Information Research and Review*. Vol. 05, Issue, 11, pp.5868-5872.
- Imran, S. (2020). *Risiko Produksi pada Sistem Integrasi Tanaman Ternak*. Ideas Publishing. Gorontalo.
- Imran, S. (2021). *Aplikasi Goal Programming dalam Integrasi Tanaman Ternak*. Ideas Pubishing. Gorontalo.
- Imran, S, R. Indriani & M.Z. Hippy. (2025). Optimization of sustainable corn– cattle integration in Gorontalo Province using goal programming. *Open Agriculture*. 10; 1-14.

- Ismail, I. G. dan Djajanegara, A. 2004. *Kerangka Dasar Pengembangan SUT Tanaman Ternak* (Draft). Proyek PAATP, Jakarta.
- Gilbert, E., and D.W. Norman., 2000. *A General Overview of Farming System Research*. Reading in Farming System Research and Development. Westview Press.
- Kariyasa, K, 2003. *Hasil Laporan Pra Survei Kelembagaan Usaha Tanaman-Ternak Terpadu dalam Sistem dan Usaha Agribisnis*. Proyek PAATP, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Muslim, C. 2006. *Pengembangan Sistem Integrasi Padi-Ternak dalam Upaya Pencapaian Swasembada Daging di Indonesia*. Suatu Tinjauan Evaluasi. Analisis Kebijakan Pertanian, 4(3): 226-239.
- Prawiradiputra, B.R. 2009. *Masih Adakah Peluang Pengembangan Integrasi Tanaman dengan Ternak di Indonesia?*. Wartazoa, 19 (3): 143-149.
- Prasetyo, B., & Widiyanto. (2016). Potensi pemanfaatan limbah pada sistem integrasi tanaman-ternak untuk mendukung pertanian berkelanjutan. *Jurnal Inotek*, 20(1), 45-54.
- Rahman, K. M., Zhang, D., & Li, S. (2024). Pursuing circular economy through integrated crop-livestock systems: Opportunities and challenges for sustainable agriculture. *Cleaner Agriculture and Environment*, 8, Article 100115.
- Russelle, M. P., Entz, M. H., & Franzluebbers, A. J. (2007). Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agronomy Journal*, 99(2), 325-334. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0139>

- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., & Therond, O. (2023). The impact of integration level in crop–livestock systems on farm performance and sustainability. *Agroecosystems*, 5(2), 19.
- Saputra, R.U.H, 2000. *Pertanian Terpadu sebagai Pilar Kebangkitan Bangsa Indonesia*.
- Shaner, W.W., P.F. Philipp., and W.R. Schmehl., 2002. *Farming Systems Research and Development: guidelines for developing countries*. Boulder: Westview.
- Suharto. 2000. *Konsep Pertanian terpadu (integrated farming systems) Mewujudkan Keberhasilan dengan Kemandirian*. Prosiding Revitalisasi Keterpaduan Usaha Ternak dalam Sistem Usahatani.233 Solo, 6 Maret 2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor.
- Tarawali, S., Herrero, M., Descheemaeker, K., Grings, E., & Blümmel, M. (2011). Pathways for sustainable development of mixed crop–livestock systems: Taking a livestock and pro-poor approach. *Livestock Science*, 139(1–2), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.003>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Utami, S., & Rangkuti, K. (2021). Sistem pertanian terpadu tanaman ternak untuk peningkatan produktivitas lahan: A review. *AgriLand: Jurnal Ilmu Pertanian*, 9(1), 1–6.

BAB 9

PERAN TEKNOLOGI DAN INOVASI PERTANIAN

9.1 Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan sektor yang berperan strategis dalam perekonomian nasional ketahanan pangan, stabilitas sosial, dan penghidupan jutaan rumah tangga pedesaan. Namun di sisi lain, sektor pertanian juga menghadapi tantangan struktural yang semakin kompleks. Pertama, dampak dari perubahan iklim mengakibatkan meningkatnya ketidakpastian musim tanam, memperbesar risiko kegagalan panen akibat kekeringan/banjir sehingga berdampak pada menurunnya produktifitas tanaman di berbagai wilayah. Selain faktor iklim yang menyebabkan menurunnya produktifitas tanaman, juga dipengaruhi oleh penggunaan input (Nurhapsa, et.al, 2025).

Kedua, adanya tekanan sumberdaya seperti air, kondisi tanah, dan keanekaragaman hayati meningkat. Ketiga, tantangan ekonomi dimanabiaya input yang semakin meningkat akibat meningkatnya harga input, akses pembiayaan terbatas serta fluktuasi harga komoditi dan biaya logistik. Keempat, adanya tantangan sosial seperti melambatnya regenerasi petani sedangkan permintaan konsumen semakin meningkat dan menuntut mutu, keamanan pangan dan keterlacakan (*traceability*). Selain ke empat hal tersebut, dinamika pangan di Indonesia juga dipengaruhi oleh adanya perubahan luas panen dan produktifitas yang salah

satunya dipengaruhi oleh terjadinya alih fungsi lahan. Berdasarkan data BPS menunjukkan bahwa luas panen padi tahun 2024 sekitar 10,05 juta hektare dan mengalami penurunan dibanding tahun 2023.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan adanya teknologi dan inovasi untuk meningkatkan produktifitas dan efisiensi penggunaan input, menekan kehilangan hasil panen dan biaya pasca panen, memperkuat adaptasi iklim dan ketahanan sistem pangan, meningkatkan nilai tambah dan daya saing serta membangun pertanian yang lebih inklusif melalui akses informasi, layanan dan pasar. Organisasi pangan dunia, FAO (*Food and Agricultural Organisation*) menyoroti pentingnya otomasi pertanian sebagai bagian transformasi agrifood systems sekaligus menekankan perlunya kebijakan agar otomasi tidak memperlebar ketimpangan.

9.2 Definisi dan Ruang Lingkup Teknologi Pertanian

Teknologi pertanian adalah penerapan ilmu pengetahuan, teknik dan rekayasa dalam bidang pertanian yang tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi, produktifitas dan keberlanjutan pertanian. Teknologi tersebut mencakup serangkaian metode dan alat yang digunakan dalam setiap proses produksi mulai dari pra tanam sampai pada pasca panen (Jumiono et.al, 2025). Teknologi bukan hanya dipahami sebagai kumpulan alat dan mesin, tetapi juga berupa sistem informatif yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu seperti ilmu agroteknologi, rekayasa pertanian, ekologi, ekonomi pertanian dan teknologi informasi.

Konsep lain tentang teknologi pertanian menggambarkan tentang peralatan, materi genetik, teknik pertanian, termasuk input pertanian yang digunakan untuk

meningkatkan efektifitas usaha pertanian (Ruzzante et.al, 2021). Menurut Mosher, teknologi pertanian adalah cara bertani yang dapat meningkatkan produktifitas pertanian yaitu produktifitas tanah, modal dan tenaga kerja (Rochaeni, S. 2023).

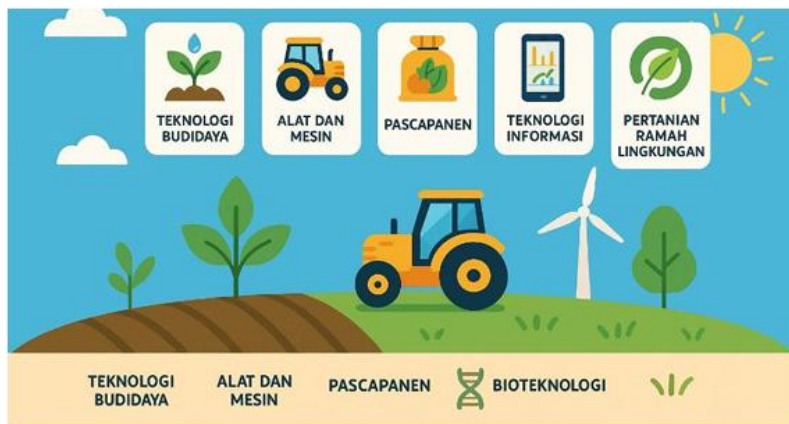
Beberapa contoh penerapan teknologi pertanian di era sekarang antara lain hidroponik, *green house*, kultur jaringan dan lain-lain. Keterbatasan lahan yang dimiliki oleh petani memerlukan teknologi yang mendukung petani untuk tetap melakukan kegiatan bercocok tanam.

Ruang lingkup teknologi pertanian cukup luas dan mencakup berbagai aspek dalam sistem pertanian. Ruang lingkup utama teknologi pertanian meliputi:

1. **Teknologi budidaya:** teknik pengolahan tanah, pembibitan, penanaman, irigasi, pemupukan serta pengendalian hama dan penyakit tanaman.
2. **Teknologi alat dan mesin pertanian:** mencakup penggunaan traktor, mesin tanam, mesin panen, dan alat pengolahan hasil untuk meningkatkan efisiensi kerja dan menurunkan biaya produksi.
3. **Teknologi pasca panen dan pengolahan hasil:** berupa metode penyimpanan, pengemasan, pengawetan dan pengolahan hasil pertanian untuk meningkatkan nilai tambah produk.
4. **Teknologi informasi dan komunikasi dalam pertanian:** penggunaan sistem berbasis data, aplikasi seluler, sistem pemantauan jarak jauh dan otomatisasi berbasis *Internet of Thing* (IoT).
5. **Teknologi bioteknologi dan genetika:** termasuk rekayasa genetika tanaman, pengembangan varitas unggul dan kultur jaringan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan tanaman.

6. Teknologi pertanian ramah lingkungan: mencakup pertanian organik, pengelolaan limbah pertanian serta penerapan prinsip konservasi sumberdaya alam.

Aspek-aspek ruang lingkup pertanian saling terkait satu sama lain sehingga tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya. Mulai aspek budidaya, peralatan dan mesin pertanian, pasca panen, teknologi informasi hingga pertanian ramah lingkungan. Pemahaman yang menyeluruh terhadap setiap bidang ini menjadi dasar penting untuk merancang solusi yang efisien, berdaya saing, dan berkelanjutan dalam pembangunan sektor pertanian. Ilustrasi keterkaitan aspek-aspek dalam ruang lingkup teknologi pertanian ditunjukkan pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1. Ruang lingkup teknologi pertanian
Sumber: Jumiono et.al, 2025)

9.3 Peran Teknologi Pertanian

Analisis tentang peranan teknologi baru dalam pembangunan pertanian kadang digunakan dua istilah lain yang sebenarnya berbeda meskipun dapat dianggap sama dan

sering dipertukarkan karena keduanya menunjukkan pada soal yang sama yaitu perubahan teknik dan inovasi.

Perubahan terjadi dan melanda dunia di era revolusi industri 4.0. Perubahan tersebut akan memberikan manfaat bagi kehidupan dunia karena kemudahan akses terhadap penemuan-penemuan yang terus diperbarui. Pada era tersebut dapat mengubah pekerjaan masyarakat menjadi lebih baik karena masyarakat dapat memperluas gerakannya. Salah satu aspek dari revolusi industri 4.0 adalah berkembangnya Internet atau *Internet of Things* (IoT). Kemajuan ini dicapai melalui penemuan teknologi baru di bidang sains, robotika, dan teknik. Teknologi yang dimaksud dalam konteks ini adalah nanoteknologi, 3D dan kecerdasan buatan (Febrianti et al, 2021). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa industrial revolution era 4.0 dapat mengubah kegiatan manusia menjadi lebih efektif dan efisien karena manusia dapat memperluas ruang gerakannya. Dengan kata lain, manusia menjadi lebih mudah melakukan mobilitas atau melakukan banyak kegiatan dalam satu waktu karena seluruh kegiatannya dapat dikontrol dari jarak jauh melalui pengaplikasian teknologi terbaru.

Peran teknologi di sektor pertanian sangat besar dalam menjawab persoalan-persoalan seperti rendahnya produktifitas, masih adanya ketergantungan pada tenaga kerja manusia, perubahan iklim dan terjadinya degradasi lahan. Adapun peran teknologi di sektor pertanian sangat strategis yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi dan produktifitas Dimana dengan penggunaan alat dan mesin pertanian memungkinkan proses budidaya menjadi lebih cepat, akurat dan hemat sumberdaya.
2. Menjamin kualitas hasil pertanian dengan adanya teknologi pasca panen dan system control mutu yang membantu

menjaga kualitas dan keamanan produk hingga sampai di tangan konsumen.

3. Mendukung keberlanjutan lingkungan dengan adanya inovasi seperti system irigasi hemat air, pertanian presisi, dan teknologi organik yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem.
4. Meningkatkan akses informasi dan pengambilan keputusan dengan adanya teknologi digital dalam bentuk aplikasi pertanian, sensor dan drone yang menyediakan data real time yang memudahkan petani dan pelaku dalam sektor pertanian menyusun perencanaan dan melakukan evaluasi kegiatan pertanian.

Jadi teknologi pertanian memiliki peran strategis dalam meningkatkan produktifitas, menjaga kualitas hasil, mendukung keberlanjutan lingkungan dan mempermudah dalam pengambilan keputusan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.2.



Gambar 9.2. Peran Teknologi Pertanian
(Sumber: Jumiono et.al, 2025),

9.4 Inovasi Pertanian

Inovasi pertanian adalah proses penciptaan/ penerapan gagasan baru yang memberi nilai tambah. Inovasi tidak selalu berupa alat yang canggih. Inovasi pertanian sangat berperan dalam peningkatan produktifitas pertanian. Inovasi dapat berupa inovasi produk (benih unggul, pupuk hayati, hasil olahan pangan), inovasi proses (metode budidaya hemat air, pengendalian hama terpadu, integrasi tanaman-ternak), inovasi pemasaran (e-commerce hasil pertanian, kemasan, branding), inovasi kelembagaan (koperasi moderen, kemitraan, layanan sewa alsintan, layanan drone berbasis komunitas).

Berbagai penelitian yang telah dilakukan tentang inovasi pertanian seperti penelitian yang dilakukan Fatchiya *et.al* (2016) tentang penerapan inovasi teknologi pertanian dan hubungannya dengan ketahanan pangan rumah tangga petani menyimpulkan bahwa sebagian besar petani di lahan sawah telah menerapkan inovasi teknologi berupa sistem jajar legowo secara intensif, dan petani di desa berlahan kering cukup intensif dalam menerapkan inovasisistem tumpang sari dan pengolahan hasil pertanian (*on farm*). Penerapan teknologi ini berkorelasi positif dengan kondisi ketahanan pangan rumah tangga petani, yaitu petani yang menerapkan inovasi teknologi lebih intensif memiliki tingkat ketahanan pangan yang lebih baik.

Inovasi penerapan inovasi irigasi tetes otomatis aquaponik berbasis IoT dilakukan untuk menguji kemampuan sistem tersebut bekerja sesuai dengan kegunaan dan fungsinya masing-masing serta memberikan umpan balik bagi petani dalam meningkatkan hasil pertanian (Risaldi, *et.al*, 2024). Selanjutnya hasil penelitian tentang penerapan inovasi teknologi IoT dengan jaringan nirkabel pada sistem irigasi tetes otomatis di lahan kering kepulauan menunjukkan bahwa penggunaan air cukup efisien serta terjadi peningkatan hasil panen (Kalvein, *et.al*, 2025).

DAFTAR PUSTAKA

- Febrianti, V.P., Tasya, A.P., Mamai, H., Odita, M.P., Lisa, A., Shaynen, F., Rida, O. K. 2021. Analisis Pengaruh Perkembangan Teknologi Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0 Terhadap Hasil produksi Padi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, Vol.6 (2): 54-60.
- Fatchiya, A., Sitti, A., Yatri, I. K. 2016. Penerapan Inovasi Teknologi Pertanian dan Hubungannya dengan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Petani. *Jurnal Penyuluhan*, Vol.12 (2): 190-197.
- Jumiono, A., M. Zainal, F, Lili, A, S., Sulkifli, Yayan, M, Syahril, A., Oktavianus, L, T. 2025. Buku Ajar Teknologi Pertanian. Cetakan Pertama. Penerbit. Green Pustaka Indonesia.
- Kalvein, R., Tomycho, O., Yeremias, M, P., Theodosius, L., Heavenly, I., A., B., Bernandus, Nixon, R., Agustinus, S. 2025. Implementasi Teknologi IoT dengan Jaringan Sensor Nirkabel pada Sistem Irigasi Tetes Otomatis di Lahan Kering Kepulauan. *Kacaneegara Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*. DOI: 10.28989/kacaneegara.v8i3.2741.
- Nurhapsa, Rahmawati, Sitti Nurani, S. 2025. Perubahan Iklim dan Dinamika Risiko Produksi Usahatani Sayuran di Kabupaten Enrekang: Kajian Adaptasi dan Mitigasi. Laporan Penelitian, Universitas Muhammadiyah Parepare.
- Ruzzante, S., Ricardo, L., Amy, B. 2021. Adoption Of Agricultural Technology In The Developing World: A Meta-Analysis Of The Empirical Literature. *Jurnal World Development* 146 (2021) 105599.
- Rochaeni, S. 2023. Pembangunan Pertanian Indonesia. Edisi Ketiga. Penerbit. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Risaldi, Budiman, B., Luky, W,B., Anastasia, K, D, L. 2024. Inovasi Irigasi Tetes Otomatis Untuk Aquaponik Berbasis IoT. *Journal of Information and Technology Unimor (JITU)*. DOI: 10.32938/jitu.v4i1.7570.

BAB 10

SOSIAL EKONOMI PERTANIAN BERKELANJUTAN

10.1 Pendahuluan

Pertanian berkelanjutan sering kali dipahami sebatas praktik agronomis yang ramah lingkungan. Namun, sejatinya keberhasilan transformasi ini sangat bergantung pada dimensi non-teknis, yaitu sosial dan ekonomi. Sektor pertanian merupakan tulang punggung ekonomi bagi miliaran orang, sekaligus menjadi struktur sosial yang mendasari komunitas perdesaan.

Di tengah ancaman perubahan iklim dan ledakan populasi, paradigma pertanian kita dipaksa untuk bergeser. Pertanian berkelanjutan bukan lagi sekadar tren lingkungan, melainkan fondasi utama bagi ketahanan pangan nasional yang tangguh. Ketahanan pangan seringkali direduksi menjadi persoalan ketersediaan stok nasional. Namun, paradigma ini mulai bergeser menuju "Kedaulatan Pangan" yang menekankan pada hak masyarakat untuk menentukan sistem pangan yang sehat dan sesuai budaya (Altieri, 2018).

Ketahanan pangan dalam perspektif sosial ekonomi berbanding lurus dengan kesejahteraan petani. Petani yang sejahtera mampu meningkatkan produksi pangan untuk memperkuat ketahanan pangan nasional. Kesejahteraan petani dalam kerangka pertanian berkelanjutan tidak lagi diukur hanya melalui produktivitas kuantitatif hasil panen, melainkan melalui ketahanan ekonomi jangka panjang yang selaras

dengan daya dukung lingkungan. Dalam paradigma ini, kesejahteraan tercapai ketika petani mampu memenuhi kebutuhan hidup layak tanpa mengorbankan kesuburan tanah atau ketersediaan sumber daya air bagi generasi mendatang. Pendekatan ini menekankan pada pengurangan ketergantungan terhadap input eksternal yang mahal, seperti pupuk kimia dan pestisida sintetis, yang menurut Kasryno et al. (2021) sering kali memerangkap petani dalam siklus utang dan degradasi lahan.

Secara sosial, kesejahteraan dalam sistem berkelanjutan menuntut adanya penguatan modal manusia dan regenerasi petani. Keberlanjutan hanya dapat terwujud jika profesi petani dipandang menjanjikan secara ekonomi dan bermartabat secara sosial bagi generasi muda. Hal ini mencakup akses yang lebih adil terhadap pendidikan teknologi pertanian, jaminan hak atas lahan, serta partisipasi aktif dalam lembaga lokal seperti koperasi (Subejo et al., 2022). Dengan organisasi yang kuat, petani memiliki posisi tawar yang lebih baik dalam menghadapi fluktuasi harga pasar, sehingga risiko kemiskinan akibat ketidakpastian iklim dan pasar dapat diminimalisir (Surmaini & Syahbuddin, 2016).

Sebagai pilar ekonomi, kesejahteraan petani berkelanjutan sangat bergantung pada terciptanya rantai pasok yang transparan dan berkeadilan. Skema harga premium untuk produk-produk ramah lingkungan dan akses langsung ke konsumen melalui platform digital menjadi insentif penting agar petani bersedia mempertahankan praktik budidaya yang etis. Ketika nilai ekonomi dari kelestarian lingkungan dapat dirasakan langsung oleh petani, maka keberlanjutan bukan lagi sekadar kewajiban ekologis, melainkan strategi bisnis yang menguntungkan dan mandiri, yang pada akhirnya

memperkokoh ketahanan pangan nasional secara menyeluruh (World Bank, 2021).

10.2 Dimensi Sosial Pertanian Berkelanjutan

Dimensi sosial dalam pertanian berkelanjutan adalah tentang manusia di balik cangkul. Dimensi sosial dalam pertanian berkelanjutan menempatkan manusia sebagai fondasi utama. Jika dimensi ekonomi adalah mesinnya, maka dimensi sosial adalah bahan bakarnya. Tanpa keadilan, regenerasi, dan kesehatan komunitas, sistem pangan akan runtuh meskipun secara teknologi sudah canggih. Ketahanan pangan mustahil tercapai jika pelaku utamanya—petani—hidup di bawah garis kemiskinan atau kehilangan martabat sosialnya.

10.2.1 Modal Sosial

Pretty (2020) menekankan bahwa modal sosial (*social capital*) adalah perekat yang memungkinkan sistem pangan bertahan di tengah krisis global. Modal sosial (*social capital*), yang mencakup kepercayaan dan jaringan kerja sama, merupakan perekat yang memungkinkan inovasi teknologi berkembang secara kolektif (Pranadji, 2016).

Dalam diskursus pembangunan pertanian, dimensi sosial sering kali terabaikan oleh dominasi metrik ekonomi dan teknis. Padahal, keberlanjutan sebuah ekosistem pertanian sangat bergantung pada vitalitas komunitas yang mengelolanya. Dimensi sosial bukan sekadar "efek samping" dari produktivitas, melainkan prasyarat utama agar sistem pangan dapat bertahan dari guncangan zaman.

Pertanian berkelanjutan secara inheren adalah aktivitas komunal. Berbeda dengan pertanian industri yang bersifat individualistik dan kompetitif, sistem berkelanjutan mengandalkan Modal Sosial (*Social Capital*). Menurut Pretty

(2020), modal sosial terdiri dari jaringan, norma, dan kepercayaan yang memungkinkan masyarakat untuk bekerja sama demi keuntungan bersama. Penguatan kelembagaan seperti Poktan dan Gapoktan menjadi instrumen vital dalam mentransformasi modal sosial menjadi kekuatan ekonomi. Melalui kelembagaan yang solid, petani kecil dapat mencapai skala ekonomi yang lebih besar dan mempermudah akses terhadap pembiayaan hijau (Subejo et al., 2022).

Dalam konteks pedesaan, modal sosial termanifestasi dalam bentuk gotong royong dan pengelolaan sumber daya bersama (*common-pool resources*). Ketika seorang petani beralih ke praktik agroekologi, ia memerlukan pertukaran pengetahuan dengan tetangganya tentang cara membuat kompos yang efektif atau mengendalikan hama tanpa kimia. Proses pertukaran ini memperkuat ikatan sosial yang, pada gilirannya, menjadi jaring pengaman saat krisis melanda—seperti ketika gagal panen atau bencana alam.

10.2.2 Demografi Petani

Tantangan sosial terbesar pertanian saat ini adalah penuaan populasi petani (*aging farmers*). Di banyak negara berkembang, usia rata-rata petani di atas 50 tahun. Di Indonesia, data BPS (2023) menunjukkan bahwa lebih dari 70% petani merupakan *aging farmers* (berusia di atas 45 tahun). Kondisi demografi petani ini dapat menghambat transfer pengetahuan yang seharusnya bisa segera dialihkan ke generasi yang lebih produktif agar tidak mengancam keberlanjutan sistem pangan nasional. Profil demografi petani di Indonesia disajikan pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10.1. Profil Demografi Petani di Indonesia

Indikator	Statistik / Tren	Dampak terhadap Keberlanjutan
Dominasi Usia	>70% petani berusia di atas 45 tahun (<i>aging farmers</i>).	Risiko hilangnya tenaga kerja produktif dalam 10-20 tahun ke depan.
Pendidikan	Mayoritas lulusan SD atau tidak tamat SD.	Hambatan dalam adopsi teknologi pertanian presisi.
Petani Milenial	Sekitar 22% dari total petani.	Harapan baru untuk modernisasi dan inovasi rantai pasok.
Kepemilikan Lahan	Didominasi petani gurem (<0,5 Ha).	Sulit mencapai skala ekonomi tanpa kelembagaan.

Sumber: Diolah dari Data BPS (Sensus Pertanian 2023).

Di banyak negara berkembang termasuk Indonesia, profesi petani identik dengan kemiskinan dan kerja kasar, sehingga pemuda desa memilih bermigrasi ke kota (Van der Ploeg, 2020). Tingkat Pendidikan petani Indonesia yang rata-rata rendah dan status petani gurem yang melekat erat pada mayoritas petani di Indonesia menjadikan profesi petani ini semakin kurang diminati oleh generasi muda. Oleh karena itu, modernisasi dan digitalisasi harus diintegrasikan sebagai daya tarik bagi petani milenial untuk membangun ekosistem *agripreneurship* yang adaptif terhadap teknologi presisi (BPS, 2023).

Pertanian berkelanjutan yang memanfaatkan teknologi tepat guna menarik minat pemuda (Millennials & Gen Z) untuk kembali ke desa, membawa inovasi digital dalam pemasaran langsung atau lebih dikenal dengan istilah *farm-to-table*. Pendekatan *farm-to-table* (dari ladang ke meja) dapat memotong rantai distribusi, dan menciptakan nilai tambah melalui *branding* produk sehat. Pemasaran langsung ini memungkinkan petani muda untuk merangkap sebagai pengusaha (*agripreneur*).

Pertanian berkelanjutan yang mengadopsi teknologi (seperti *precision farming* atau agroekologi berbasis data) mengubah persepsi pertanian dari kerja fisik yang "kotor" menjadi profesi yang inovatif dan prestisius bagi generasi Z dan Milenial. Dengan demikian masalah penuaan populasi petani dapat diatasi dengan mengubah citra pertanian menjadi sektor inovatif, sehingga menarik minat lebih banyak generasi muda untuk menjadi Petani Berdasi.

10.2.3 Inklusi Gender

Perempuan memiliki peran strategis dalam mewujudkan ketahanan pangan, baik sebagai pengelola rumah tangga, pelaku usaha kecil, maupun penggerak kegiatan komunitas (Jumiati, A., Aryani, E., & Ikayani, E. S., 2025). Perempuan tani di pedesaan umumnya berperan aktif dan berkontribusi signifikan dalam meningkatkan pendapatan rumah tangga melalui kegiatan produktif di sektor pertanian dan non-pertanian, membantu mengurangi kemiskinan keluarga (Wahyuni, N., dan Ningsih, V.Y, 2020).

Perempuan tani sering kali menjadi manajer sumber daya alam yang paling efektif. Secara historis, perempuan memegang peran krusial dalam konservasi benih dan kesehatan nutrisi rumah tangga. Perempuan tani berperan

dalam hampir semua proses produksi (on farm), pengolahan hingga distribusi pangan. Mereka tidak hanya menghasilkan pangan, tetapi juga menjadi penanggung jawab utama terhadap kebutuhan asupan gizi bagi seluruh anggota keluarganya

Penguatan peran sosial wanita dalam pengambilan keputusan di tingkat kelompok tani terbukti meningkatkan ketahanan pangan keluarga dan efektivitas adopsi teknologi ramah lingkungan. Pertanian berkelanjutan mendorong inklusi gender dengan menghargai pengetahuan tradisional perempuan dalam mengelola kebun pekarangan (*home gardens*). Kebun-kebun ini sering kali menjadi laboratorium biodiversitas yang paling kaya, menyediakan mikro-nutrisi yang tidak tersedia dalam lahan monokultur luas. Dengan memperkuat peran perempuan, komunitas tidak hanya menjadi lebih adil secara sosial, tetapi juga lebih tangguh secara nutrisi.

10.3 Dimensi Ekonomi Pertanian Berkelanjutan

Secara ekonomi, pertanian berkelanjutan bertujuan menciptakan sistem yang menguntungkan dalam jangka panjang tanpa menguras modal alam. Dimensi ekonomi berfokus pada transformasi menuju efisiensi berbasis sumber daya lokal. Efisiensi biaya dicapai dengan meminimalkan pemborosan melalui penggunaan pupuk hayati dan pengendalian hama terpadu, yang menurut Kasryno et al. (2021) dapat memperbaiki margin keuntungan jangka panjang. Selain itu, produk organik menawarkan nilai tambah melalui harga premium di pasar menengah ke atas, yang menjadi jaring pengaman ekonomi krusial (World Bank, 2021).

Dalam paradigma ekonomi neoklasik, keberhasilan pertanian sering kali hanya diukur melalui satu indikator

tunggal: *yield* atau hasil panen per satuan luas. Namun, perspektif ekonomi dalam pertanian berkelanjutan menggugat reduksionisme tersebut dengan memperkenalkan konsep Keuntungan Bersih Jangka Panjang dan Valuasi Modal Alam. Transformasi model ekonomi linier menuju sirkular dapat menciptakan sistem pangan yang tidak hanya menguntungkan secara finansial, tetapi juga resilien secara sistemik.

Secara fundamental, dimensi ekonomi pertanian berkelanjutan adalah tentang Kedaulatan Finansial. Dengan mengurangi ketergantungan pada input impor dan memaksimalkan aset biologis lokal, pertanian berkelanjutan membangun fondasi ekonomi yang mandiri. Hal ini memastikan bahwa ketahanan pangan bukan hanya tentang ketersediaan fisik pangan, tetapi tentang kemampuan ekonomi masyarakat untuk memproduksi dan mengakses pangan tersebut secara terus-menerus tanpa mengorbankan kapasitas produktif masa depan.

10.3.1 Ekonomi Pertanian Konvensional Vs Berkelanjutan

Ekonomi pertanian konvensional sangat bergantung pada "Subsidi Energi" eksternal. Menurut Holt-Giménez (2017), model ini menciptakan pertumbuhan yang tampak efisien di permukaan, namun menyembunyikan eksternalitas negatif yang sangat besar. Biaya pemulihan lahan yang terdegradasi, polusi air akibat limpasan kimia, hingga kerugian kesehatan masyarakat akibat residu pestisida adalah biaya nyata yang "dihapus" dari buku kas perusahaan pertanian, namun ditanggung oleh negara dan masyarakat.

Pertanian berkelanjutan melakukan dekonstruksi terhadap biaya ini melalui Internalisasi Eksternalitas. Dengan memelihara kesehatan tanah, petani sebenarnya sedang

melakukan akumulasi modal fisik yang akan mengurangi biaya produksi di masa depan.

Pertanian berkelanjutan memperkenalkan konsep Repetisi Input Internal. Dalam struktur ekonomi konvensional, petani terjebak dalam pengeluaran kas yang tinggi untuk membeli benih hibrida, pupuk kimia, dan pestisida. Harga input ini sangat dipengaruhi oleh pasar global yang volatil.

Sebaliknya, pertanian berkelanjutan mengalihkan biaya tersebut menjadi investasi pada proses biologi lokal. Dengan memanfaatkan pupuk organik dari limbah ternak dan pengendalian hama berbasis ekosistem, petani melakukan substitusi modal finansial dengan modal pengetahuan. Secara matematis, profitabilitas petani meningkat bukan hanya melalui kenaikan harga jual, melainkan melalui penurunan signifikan pada biaya variabel. Tabel berikut menggambarkan perbedaan mendasar antara pertanian konvensional dan pertanian berkelanjutan dari dimensi ekonomi.

Table 10.2. Konvensional Vs Berkelanjutan

Aspek	Pertanian Konvensional	Pertanian Berkelanjutan
Sumber Modal	Hutang/Input Eksternal	Swadaya/Input Internal
Manajemen Risiko	Monokultur (Risiko Tinggi)	Polikultur (Risiko Terbagi)
Kesehatan Pangan	Residu Kimia Potensial	Organik/Pangan Sehat
Dampak Ekonomi	<i>Race to the Bottom</i> (Harga Murah)	<i>Value-Added</i> (Harga Premium)

Ekonomi berkelanjutan adalah tentang manajemen risiko. Ketahanan ekonomi pertanian berkelanjutan juga sangat dipengaruhi oleh diversifikasi usaha yang berfungsi sebagai strategi mitigasi risiko di tingkat lahan. Petani tidak hanya mengandalkan satu jenis tanaman monokultur, tetapi mengadopsi sistem polikultur atau integrasi tanaman-ternak (*integrated farming*). Pertanian monokultur (satu jenis tanaman) sangat rentan terhadap kegagalan pasar. Sama seperti investasi saham, diversifikasi tanaman (polikultur) dapat menyebarkan risiko. Jika salah satu harga komoditas turun atau gagal panen akibat faktor iklim, petani masih memiliki sumber pendapatan lain dari komoditas yang berbeda. Pendapatan yang terdiversifikasi ini menciptakan arus kas yang lebih stabil sepanjang tahun, yang merupakan indikator utama dari kesejahteraan ekonomi perdesaan

Dengan mengintegrasikan sistem produksi yang meminimalkan pemborosan, seperti penggunaan pupuk hayati hasil olahan limbah ternak sendiri atau pengendalian hama terpadu, maka efisiensi biaya produksi dapat dicapai. Meskipun pada masa transisi seringkali ditemukan biaya tenaga kerja yang lebih tinggi untuk pengelolaan lahan secara manual, namun pengurangan drastis pada belanja pestisida dan pupuk sintetis secara bertahap akan memperbaiki margin keuntungan petani dan mengurangi risiko finansial akibat fluktuasi harga input industri.

Selain itu, dalam jangka panjang pengurangan penggunaan pupuk sintesis dan pestisida akan menghasilkan produk organik berupa pangan yang bebas residu kimia dan tentu saja lebih sehat dan lebih aman dikonsumsi. Produk organik atau ramah lingkungan bukan lagi sekadar komoditas pangan biasa, melainkan produk premium yang membawa narasi kesehatan dan kelestarian lingkungan.



Gambar 10.1. Sayuran Organik
(sumber: <https://organiccenter.id/>)

Dengan produk organik yang telah tersertifikasi, petani dapat mengakses segmentasi pasar menengah ke atas yang memiliki kemauan membayar (*willingness to pay*) lebih tinggi. Dengan demikian pertanian berkelanjutan telah mendorong penciptaan nilai tambah (*value added*) melalui diferensiasi produk. Nilai tambah ini menjadi jaring pengaman ekonomi yang krusial, memastikan bahwa setiap unit hasil panen memberikan keuntungan bersih yang lebih besar dibandingkan dengan hasil pertanian konvensional yang harganya sering kali jatuh di tingkat pengepul.

Harga produk pangan organik tentunya lebih tinggi dibandingkan dengan produk pangan non organik. Petani yang menghasilkan produk pangan yang sudah tersertifikasi organik dapat menetapkan harga premium di atas harga komoditas

pasar. Dengan demikian petani yang biasanya hanya menjadi *price taker* dapat naik kelas menjadi *price maker*.

10.3.2 Konsep *Low-External-Input Technology* (LEIT)

Teori *Low-External-Input Technology* (LEIT) berfokus pada optimalisasi sumber daya lokal guna menciptakan sistem pertanian yang lebih mandiri dan efisien secara ekonomi. Menurut Reijntjes et al. (1992), LEIT menekankan pada pengurangan ketergantungan petani terhadap input eksternal yang mahal, seperti pestisida kimia dan pupuk sintetis, dengan cara memaksimalkan proses biologis alami. Alih-alih membeli nitrogen sintetis, petani memilih menggunakan tanaman penutup tanah (*cover crops*) atau integrasi ternak untuk menambat nitrogen secara alami.

Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk menekan biaya produksi bagi petani kecil, tetapi juga untuk memperkuat ketahanan pangan di tingkat rumah tangga melalui pemanfaatan nutrisi dan energi yang tersedia di lingkungan sekitar. Dengan cara ini kebutuhan modal tunai (*cash outlay*) untuk input eksternal dapat secara drastis diturunkan, sehingga risiko petani terjerat utang pada tengkulak atau lembaga keuangan formal berkurang secara signifikan (Gliessman, 2015).

Implementasi LEIT sangat berkaitan erat dengan prinsip ekologi dan keberlanjutan lingkungan jangka panjang. Dalam praktiknya, teknik ini melibatkan integrasi antara tanaman dan ternak, rotasi tanaman, serta penggunaan pupuk organik yang mampu menjaga struktur tanah tetap sehat. Altieri (1995) berpendapat bahwa teknologi input rendah ini berfungsi sebagai jembatan menuju pembangunan berkelanjutan karena mampu meminimalkan degradasi lahan dan polusi air yang sering diakibatkan oleh penggunaan bahan kimia berlebih.

Dengan menjaga keseimbangan ekosistem, LEIT membantu petani beradaptasi dengan perubahan iklim tanpa harus mengeksploitasi sumber daya alam secara destruktif.

Meskipun menawarkan solusi bagi kelestarian lingkungan, keberhasilan penerapan LEIT sangat bergantung pada pengetahuan lokal dan inovasi komunitas petani. Pretty (2008) menyatakan bahwa transisi menuju sistem input rendah memerlukan partisipasi aktif dan penguatan kapasitas petani dalam mengelola keanekaragaman hayati di lahan mereka. Tantangan utama dalam teori ini adalah bagaimana menjaga produktivitas tetap kompetitif di tengah tekanan pasar global. Oleh karena itu, LEIT sering kali dipandang bukan sebagai langkah mundur ke metode tradisional, melainkan sebagai integrasi cerdas antara kearifan lokal dengan sains ekologi modern untuk mencapai kedaulatan pangan yang inklusif.

Membandingkan LEIT dengan Pertanian Intensif Konvensional membantu kita melihat di mana letak efisiensi biaya versus efisiensi hasil secara lebih jernih. Berikut adalah analisis perbandingannya:

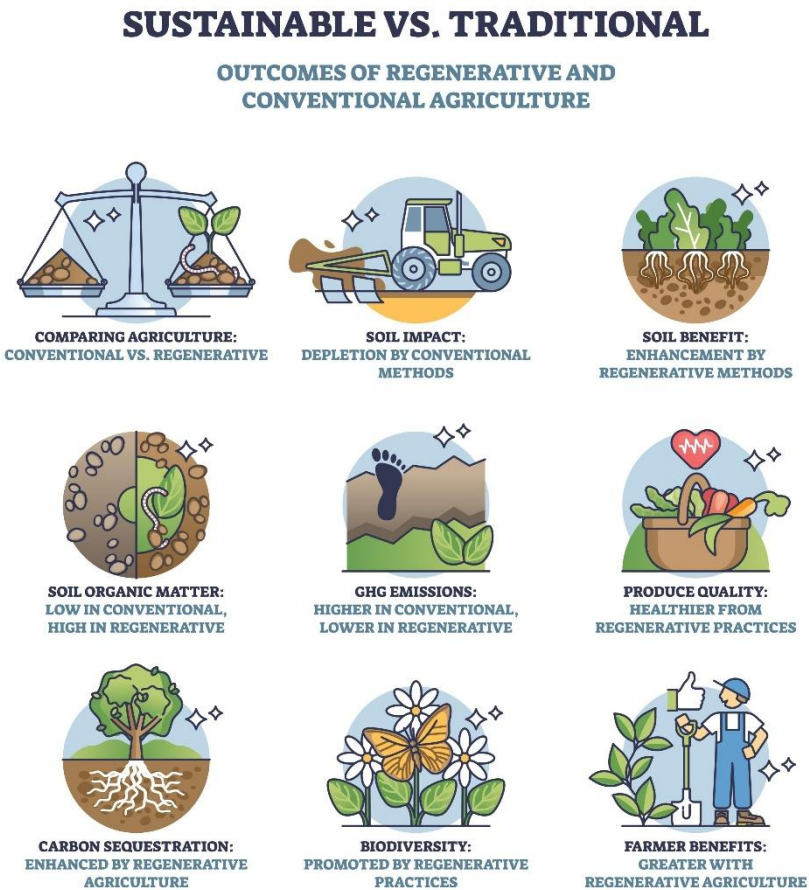
Tabel 10.3. Perbandingan LEIT vs. Pertanian Intensif Konvensional

Aspek Perbandingan	Low-External-Input Technology (LEIT)	Pertanian Intensif Konvensional
Sumber Nutrisi	Mengandalkan siklus internal (kompos, pupuk hijau, fiksasi nitrogen alami).	Mengandalkan input eksternal masif (pupuk urea, NPK kimia).

Aspek Perbandingan	Low-External-Input Technology (LEIT)	Pertanian Intensif Konvensional
Pengendalian Hama	Pengendalian Hayati (predator alami) dan rotasi tanaman.	Pestisida, herbisida, dan fungisida kimia sistemik.
Modal & Biaya	Rendah secara finansial , namun tinggi dalam kebutuhan pengetahuan/tenaga kerja.	Tinggi secara finansial untuk membeli input pabrikan dan teknologi mesin.
Dampak Lingkungan	Meningkatkan biodiversitas dan memperbaiki kesehatan tanah dalam jangka panjang.	Risiko degradasi lahan, pencemaran air tanah, dan penurunan kesuburan alami.
Fokus Output	Ketahanan pangan dan stabilitas ekosistem.	Maksimalisasi hasil panen per hektar (kuantitas) dalam jangka pendek.

Pertanian konvensional sering kali unggul dalam skala ekonomi dan kecepatan hasil, yang didorong oleh revolusi hijau untuk memenuhi kebutuhan pangan populasi dunia yang meledak. Namun, seperti yang dicatat oleh Pretty (2008), ketergantungan pada energi fosil (sebagai bahan baku pupuk kimia) membuat model ini rentan terhadap fluktuasi harga global. Sebaliknya, LEIT menawarkan resiliensi. Karena inputnya berasal dari dalam sistem itu sendiri (seperti mengolah limbah ternak menjadi nutrisi tanaman), petani tidak terlalu terdampak

jika harga pasar input pertanian melonjak. Tantangannya hanya satu: transisi dari kimiawi ke organik sering kali mengalami penurunan hasil di tahun-tahun awal sebelum ekosistem tanah pulih sepenuhnya.



Gambar 10.2. Sustainable Vs Traditional
(Sumber: Shutterstock)

Penerapan konsep *Low-External-Input Technology* (LEIT) di Indonesia memiliki relevansi yang sangat tinggi,

terutama karena struktur pertanian kita didominasi oleh petani kecil dengan modal terbatas. Di Indonesia, LEIT sering kali beririsan dengan gerakan Pertanian Organik dan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang telah dikampanyekan sejak era 1990-an. Berikut adalah beberapa bentuk penerapan konkret LEIT dalam konteks pertanian di Indonesia:

1. Sistem Integrasi Tanaman-Ternak (SITT)

Salah satu aplikasi LEIT yang paling populer adalah integrasi antara padi atau jagung dengan ternak sapi/kambing. Jerami padi yang biasanya dibakar, diolah menjadi pakan ternak. Sebaliknya, kotoran ternak diproses menjadi pupuk kandang atau biogas untuk kebutuhan rumah tangga. Menurut prinsip Reijntjes et al. (1992), hal ini menciptakan siklus nutrisi tertutup di dalam lahan petani sendiri, sehingga mereka tidak perlu membeli pupuk urea atau NPK dalam jumlah besar.

2. Sistem Intensifikasi Padi

Metode SRI (*System of Rice Intensification*) yang banyak diterapkan sebagai salah satu sistem intensifikasi padi di Jawa dan Sumatera adalah bentuk nyata LEIT di sektor pangan. SRI menekankan pada penggunaan bibit tunggal (bukan rumpun besar), pengurangan penggunaan air (irigasi berselang), dan penggunaan pupuk organik. Meskipun input kimianya rendah, struktur akar padi menjadi lebih kuat dan produktivitas per hektar justru meningkat secara berkelanjutan dibandingkan metode konvensional yang boros air dan bahan kimia.

3. Pemanfaatan Pestisida Nabati dan Agen Hayati

Petani di berbagai daerah (seperti di sentra sayuran di Jawa Barat dan Malang) mulai beralih menggunakan kearifan lokal untuk perlindungan tanaman. Salah satunya penggunaan bahan lokal seperti menggunakan ekstrak daun mimba, gadung, atau serai wangi sebagai pengusir

hama (pestisida nabati). Kearifan lokal yang juga banyak diterapkan petani adalah menanam bunga-bunga (Refugia) di pinggir sawah untuk mengundang predator alami hama padi, yang sejalan dengan teori Altieri (1995) mengenai peningkatan biodiversitas fungsional.

4. Penggunaan Varietas Lokal dan Bank Benih Komunitas

Di wilayah seperti NTT atau pedalaman Kalimantan, petani mempertahankan varietas lokal yang adaptif terhadap kekeringan atau hama spesifik daerah tersebut. Petani di Kabupaten Musi Rawas Provinsi Sumatera Selatan mempertahankan varietas lokal Padi Dayang Rindu yang dikenal menghasilkan beras aromatik yang khas dan hanya dapat tumbuh di wilayah tertentu di Kabupaten Musi Rawas. Budidaya padi ini erat kaitannya dengan kearifan lokal dan melekat pada budaya. Benih Padi Dayang Rindu dihasilkan sendiri oleh petani dan akan siap digunakan untuk musim tanam selanjutnya. Dengan menyimpan benih sendiri dari hasil panen sebelumnya, petani memutus ketergantungan pada benih hibrida pabrikan yang seringkali memerlukan input kimia tinggi agar bisa tumbuh optimal.

10.3.3 Investasi pada Modal Alam

Investasi pada modal alam (*natural capital*) merupakan pengakuan strategis bahwa aset biologis bumi—seperti tanah yang subur, air bersih, hutan, dan keanekaragaman hayati—adalah fondasi utama bagi seluruh aktivitas ekonomi. Berbeda dengan modal finansial atau manufaktur yang dapat disusutkan, modal alam yang dikelola dengan baik memiliki kemampuan unik untuk meregenerasi diri dan memberikan aliran jasa ekosistem secara berkelanjutan. Costanza et al. (1997) menekankan bahwa nilai jasa ekosistem global jauh

melampaui Produk Domestik Bruto (PDB) dunia, sehingga menjaga integritas alam bukan sekadar isu etika lingkungan, melainkan keharusan ekonomi untuk menjamin ketersediaan bahan baku di masa depan.

Secara finansial, investasi pada restorasi ekosistem menawarkan rasio keuntungan yang sangat tinggi dibandingkan biaya awalnya. Sebagai contoh, pemulihan hutan bakau atau lahan basah tidak hanya berfungsi sebagai penyerap karbon, tetapi juga sebagai infrastruktur perlindungan alami terhadap bencana pesisir yang jauh lebih murah daripada membangun tanggul semen. Dasgupta (2021) dalam laporannya mengenai ekonomi biodiversitas menyatakan bahwa kegagalan pasar dalam menghargai modal alam telah menyebabkan eksploitasi berlebih. Dengan mengalihkan investasi ke arah solusi berbasis alam (*nature-based solutions*), entitas ekonomi dapat meminimalkan risiko operasional terkait kelangkaan sumber daya dan fluktuasi harga energi fosil.

Dalam jangka panjang, perusahaan dan negara yang memprioritaskan modal alam akan memiliki daya saing yang lebih tangguh melalui efisiensi biaya input. Dalam sektor pertanian, misalnya, penerapan teknik *Low-External-Input Technology* (LEIT) yang memperkaya modal alam tanah dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia mahal dan pestisida. Hal ini menciptakan stabilitas margin keuntungan karena sistem produksi menjadi lebih mandiri dan tahan terhadap cekaman iklim. Investasi pada kesehatan tanah dan siklus air memastikan bahwa aset produktif tetap berfungsi optimal tanpa memerlukan suntikan modal buatan yang terus meningkat secara eksponensial.

Selain keuntungan operasional, investasi pada modal alam juga membuka akses terhadap instrumen keuangan hijau

yang sedang berkembang pesat, seperti kredit karbon dan obligasi biru. Pasar modal global kini semakin menuntut transparansi terkait dampak lingkungan melalui kriteria *Environmental, Social, and Governance* (ESG). Organisasi yang mampu membuktikan bahwa mereka menambah nilai pada stok modal alam akan mendapatkan premi risiko yang lebih rendah dan kepercayaan investor yang lebih tinggi. Keuntungan ini bersifat akumulatif; semakin sehat ekosistem yang dikelola, semakin rendah biaya mitigasi risiko yang harus ditanggung oleh organisasi tersebut di masa depan.

Sebagai kesimpulan, memandang alam sebagai aset investasi utama adalah pergeseran paradigma yang krusial untuk keberlanjutan ekonomi di abad ke-21. Modal alam memberikan jaring pengaman sosial dan ekonomi yang tidak dapat digantikan oleh teknologi buatan manusia manapun. Dengan mengintegrasikan nilai-nilai ekosistem ke dalam neraca keuangan dan perencanaan strategis, kita tidak hanya melestarikan planet, tetapi juga mengamankan kemakmuran jangka panjang yang inklusif dan resilien terhadap ketidakpastian global.

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A. 2018. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Laporan Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023 - Tahap I*. Jakarta: BPS.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. London: HM Treasury.
- Gliessman, S. R. 2015. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. CRC Press.
- Holt-Giménez, E. 2017. *A Foodie's Guide to Capitalism: Understanding the Political Economy of What We Eat*. Monthly Review Press.
- Jumiati, A., Aryani, E., & Ikayani, E. S. 2025. Sosialisasi Peran Perempuan dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan di Desa Paulan Kecamatan Colomadu Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 3(6), 2980–2984. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v3i6.2878>
- Kasryno, F., et al. 2021. *Transformasi Ekonomi Pertanian Indonesia: Menuju Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani*. Jakarta: IAARD Press.
- Pranadji, T. 2006. Penguatan Kelembagaan Sosial Ekonomi untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*
- Pretty, J. 2008. Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.

- Pretty, J. 2020. Social Capital and the Collective Management of Resources. Science Journal.
- Reijntjes, C., Haverkort, B., & Waters-Bayer, A. 1992. Farming for the Future: An Introduction to Low-External-Input and Sustainable Agriculture. Macmillan
- Subejo, et. al., 2019. Pembangunan Pertanian dan Perdesaan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Surmaini, E., & Syahbuddin, H. 2016. Sistem Informasi Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan.
- Van der Ploeg, J. D. 2020. The New Peasantries: Rural Development in Times of Globalization. Earthscan.
- Wahyuni, N., & Ningsih, V.Y. 2020. Peran Wanita Tani dalam Mengatasi Kemiskinan di Kecamatan Muara Kelingi Kabupaten Musi Rawas. Jurnal AGRIBIS, 13(2), 1496-1501.
- World Bank. 2021. Indonesia Agriculture Sector Assessment: Toward a More Resilient and Sustainable Food System.

BAB 11

SISTEM PANGAN LOKAL DAN RANTAI PASOK BERKELANJUTAN

11.1 Pendahuluan

Pangan lokal adalah pangan yang diproduksi, diolah, dan dikonsumsi oleh masyarakat setempat sesuai dengan potensi sumber daya alam, kondisi agroekologi, serta kearifan budaya lokal yang berkembang di suatu wilayah (Saptana et al., 2019). Di Indonesia, pengertian pangan lokal merujuk pada Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan, yang menekankan bahwa pangan lokal merupakan bagian dari sistem pangan berbasis wilayah dan budaya masyarakat (Widodo & Rahayu, 2020). Pangan lokal atau *local food* didefinisikan sebagai pangan yang diproduksi dan didistribusikan dalam batas geografis tertentu dengan rantai pasok yang lebih pendek, sehingga memperkuat hubungan antara produsen dan konsumen serta mendukung keberlanjutan lingkungan, ekonomi lokal, dan kohesi sosial (Eriksen, 2020; Feldmann & Hamm, 2021). Konsep ini menempatkan pangan lokal tidak hanya sebagai sumber pemenuhan kebutuhan gizi, tetapi juga sebagai identitas sosial-budaya dan strategi ketahanan pangan daerah (Kusnadi et al., 2018).

Contoh pangan lokal dapat kita lihat diseluruh wilayah Indonesia seperti di Indonesia Timur; Papua dan Maluku terdapat sagu sebagai bahan baku makanan tradisional Papeda, di Nusa Tenggara Timur ada jagung, (jagung bose),

sorgum dan ubi-ubian. Di Pulau Sulawesi terutama Sulawesi Utara dan Gorontalo dikenal jagung sebagai bahan baku makanan tradisional Binte Biluhuta (milu siram), beras milu, singkong dan ubi jalar (batata). Di Pulau Jawa terdapat singkong sebagai bahan dasar Tiwul, ubi jalar, dan talas. Sedangkan di Pulau Sumatera khususnya Sumatera Barat dan Bengkulu terdapat ubi kayu, pisang dan jagung. Sedangkan contoh olahan pangan olahan local adalah : nasi jagung, emping jagung, keripik jagung yang berbahan dasar jagung. Tiwul (Jateng), Gatot kripik Singkong (Sumbar) dan tepung Mocaf berasal dari singkong. Papeda, kue sagu, Sinonggi (Sultra), Kapurung (Sulsel) yang berbahan dasar sagu dan banyak contoh lain di berbagai daerah yang tersebar di Indonesia.

Sistem pangan lokal dapat dipahami sebagai keseluruhan jejaring aktor, aktivitas, dan aturan yang membuat pangan bergerak dan tersedia bagi masyarakat dalam suatu wilayah, mulai dari produksi (budidaya/panen), penanganan pascapanen, pengolahan, penyimpanan, distribusi, hingga konsumsi. Kerangka yang banyak dipakai dalam kajian pangan menempatkan "sistem pangan" sebagai interaksi tiga unsur besar:

1. Rantai pasok pangan (*food supply chains*),
2. Lingkungan pangan (*food environments*),
3. Perilaku konsumen (*consumer behavior*)

Yang bersama-sama memengaruhi ketersediaan, keterjangkauan, dan kualitas pangan serta dampaknya terhadap gizi dan keberlanjutan (HLPE, 2017).

11.2 Sistem Pangan Lokal

Sistem pangan lokal adalah keseluruhan proses yang membuat pangan tersedia dan dikonsumsi oleh masyarakat dalam suatu wilayah, mulai dari produksi bahan pangan oleh petani atau nelayan lokal, pengolahan oleh pelaku usaha setempat, distribusi melalui pasar desa atau jaringan lokal, hingga konsumsi oleh rumah tangga dan wisatawan. Sistem ini tidak hanya berbicara soal hasil pangan, tetapi juga tentang siapa yang terlibat, bagaimana prosesnya, dan dampaknya terhadap ekonomi, lingkungan, serta kehidupan sosial masyarakat desa (HLPE, 2017).

Seperti sudah dijelaskan di pendahuluan bahwa dalam kajian pangan system pangan merupakan interaksi ke 3 unsur yaitu: rantai pasok, lingkungan dan perilaku konsumen.

Dalam sistem pangan lokal, rantai pasok pangan biasanya bersifat lebih pendek dan dekat dengan konsumen. Rantai pasok pendek (*short food supply chains (SFSC)*) didefinisikan sebagai rantai distribusi pangan dengan jumlah perantara yang sangat terbatas, bahkan bisa langsung dari produsen ke konsumen. Definisi lain dari SFSC adalah pengembangan pasar lokal yang memperpendek jarak sosial maupun fisik antara produsen dan konsumen. Studi kebijakan/riset di Eropa yang banyak dirujuk menjelaskan SFSC sebagai rantai yang membuat produk dapat diidentifikasi dan ditelusuri hingga petani, dengan jumlah perantara minimal (idealnya nol). Model ini memungkinkan konsumen mengetahui asal produk, sementara produsen memperoleh harga yang lebih adil karena nilai tambah tidak banyak “hilang” di perantara. Selain itu model rantai pasok pangan pendek tujuannya meningkatkan keterlacakan, memperkuat nilai tambah di tingkat produsen, dan membangun hubungan pasar yang lebih dekat dengan konsumen. Di konteks desa, konsep ini relevan ketika produk

pangan lokal dijual langsung (misalnya di pondok UMKM, pasar desa, atau titik wisata) atau melalui perantara yang terbatas (koperasi/BUMDes/mitra ritel tertentu), sehingga nilai ekonomi dan kendali mutu bisa lebih banyak tinggal di tingkat lokal. Oleh karena itu rantai pasok pendek berperan penting dalam memperkuat ekonomi lokal, menjaga identitas produk pangan lokal, dan membangun hubungan kepercayaan antara produsen dan konsumen. (Kneafsey et al., 2013).

11.3 Rantai Pasok Berkelanjutan

11.3.1 Rantai Pasok

Rantai pasok adalah hubungan yang berkelanjutan antara barang, uang, dan informasi. Barang pada umumnya mengalir dari hulu ke hilir, modal mengalir dari hilir ke hulu, dan informasi mengalir dari hulu ke hilir dan hilir ke hulu. Secara horizontal, terdapat ada lima komponen atau partisipan utama dalam rantai pasokan, yaitu pemasok, produsen, distributor, pengecer, dan pelanggan. Secara vertikal rantai pasok terdiri dari lima bagian utama yaitu pembeli, pengangkut, gudang dan penjual (Leppe & Karuntu, 2019).

Rantai pasok merupakan suatu jaringan perusahaan yang bekerja untuk menciptakan dan menyalurkan produk kepada konsumen (Indriani et al., 2020). Rantai pasok adalah rangkaian proses (pengambilan keputusan dan pelaksanaan) serta aliran (material, informasi, dan keuangan) yang terjadi secara alami dan antarberbagai tahapan, mulai dari produksi hingga konsumsi akhir, yang melibatkan produsen, transporter, penyedia jasa, pelaku logistik, pengecer, dan konsumen (Indriani & Imran, 2025).

Struktur rantai pasok produk pertanian memiliki keunikan karena karakteristik produk pertanian yang khas. Selain itu petani dapat langsung menjual hasil pertaniannya langsung ke

pasar selaku retail, sehingga telah memutus rantai pelaku tengkulak, manufaktur dan distributor (Marimin & Magfiroh, 2013; Muchfirodin dkk, 2015).

Manajemen rantai pasok pertanian bertujuan untuk menjadikan seluruh sistem berjalan secara efisien dan efektif, dengan meminimalkan biaya mulai dari transportasi dan distribusi hingga penyediaan bahan baku, bahan dalam proses, dan barang jadi (Indriani et al., 2020).

Manajemen rantai pasok pangan merupakan suatu pendekatan yang diharapkan dapat menggambarkan ketersediaan pasokan pangan serta titik-titik di mana para pelaku rantai pasok tidak bekerja secara optimal (Indriani et al., 2025b).

Kinerja rantai pasok adalah sebuah kinerja tentang aktifitas yang berhubungan dengan arus produk, informasi, dan keuangan dari pemasok sampai dengan konsumen tingkat akhir (Munir & Dwiyanto, 2018). Pengukuran kinerja rantai pasok secara merata mencakup seluruh komponen anggota rantai pasok mulai dari pemasok hingga konsumen. Model pengukuran kinerja rantai pasokan yang diterapkan di lapangan berhubungan dengan kegiatan rantai pasokan dalam suatu organisasi. Model ini secara umum meliputi kegiatan pengadaan, perencanaan produksi, produksi, pemenuhan pesanan pelanggan, dan pengembalian (Indriani et al., 2025b).

Salah satu aspek fundamental dalam rantai pasok adalah pengukuran kinerja. Sistem pengukuran kinerja diperlukan untuk monitoring dan evaluasi dan mengetahui dimana posisi suatu organisasi terhadap tujuan yang ingin dicapai serta menentukan arah perbaikan untuk menciptakan keunggulan bersaing. Maka mengukur kinerja rantai pasok merupakan langkah awal menuju perbaikan (Pujawan & Mahendrawathi, 2017).

Sebagai konsekuensi, sistem pengukuran kinerja sangat diperlukan sebagai pendekatan dalam rangka mengoptimalkan jaringan rantai pasokan. Kinerja rantai pasok dapat diukur melalui perhitungan biaya total rantai pasok terdiri dari penjumlahan harga di tingkat petani, biaya transportasi dan pengemasan, biaya *mark-up*, serta pemborosan akibat barang usang dan biaya kehilangan dalam transportasi. Pengukuran kinerja rantai pasok juga dapat melalui pendekatan biaya, respon konsumen, *activity time*, dan fleksibilitas (Indriani, 2019).

11.3.2 Rantai Pasok Berkelanjutan

Rantai pasok berkelanjutan (*sustainable supply chain*) adalah cara mengelola aliran barang, informasi, dan uang dari hulu ke hilir (pemasok–produsen–distributor–ritel–konsumen), dengan tujuan ekonomi sekaligus menekan dampak lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan sosial. Rantai pasok berkelanjutan menekankan bahwa kinerja rantai pasok tidak hanya diukur dari efisiensi dan keuntungan, tetapi juga dari dampak lingkungan dan sosial (pendekatan *triple bottom line*) (Seuring & Müller, 2008)

Rantai pasok berkelanjutan dalam sistem pangan berarti bahwa setiap tahapan dari produksi hingga konsumsi pangan dikelola dengan mempertimbangkan prinsip keuntungan ekonomi, kelestarian lingkungan, dan keadilan sosial secara bersamaan.

Upaya keberlanjutan dalam rantai pasok mencakup strategi mengelola risiko atau kinerja pemasok sekaligus merancang produk dan proses yang lebih berkelanjutan (Seuring & Müller, 2008). Dalam konteks pangan lokal, praktik budidaya atau pengolahan pangan lokal perlu mengurangi jejak (*traceability*) lingkungan (energi, air, limbah, kemasan)

sembari memastikan tataniaga yang adil (harga, pembagian margin, kerja layak, serta inklusi kelompok rentan). Rantai pasok berkelanjutan tidak cukup hanya efisien dan menguntungkan, tetapi juga harus mengurangi dampak lingkungan seperti limbah, penggunaan energi berlebih, serta memastikan pembagian manfaat yang adil bagi seluruh pelaku rantai pasok. Hal ini bisa diwujudkan melalui praktik produksi ramah lingkungan, pengolahan hemat energi, penggunaan kemasan yang lebih ramah lingkungan, dan penetapan harga yang wajar bagi produsen.

Seperti yang sudah disebutkan diatas aspek penting lain dari rantai pasok pangan berkelanjutan adalah transparansi dan keterlacakan. Konsumen semakin peduli pada asal-usul pangan, cara produksi, dan dampaknya terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan rantai pangan bersifat kompleks dan dinamis; informasi tentang asal bahan, proses, standar mutu/keamanan, serta klaim keberlanjutan perlu dapat diakses oleh pelaku kunci dan konsumen untuk membangun kepercayaan dan memperbaiki pengambilan keputusan. Peran sistem informasi untuk mendukung keberlanjutan dan komunikasi ke pemangku kepentingan, termasuk konsumen. Sedangkan transparansi dalam rantai pangan menjadi prasyarat untuk mengelola isu keberlanjutan dan akuntabilitas di berbagai tahap. Trienekens et al., (2012) menekankan bahwa transparansi dalam rantai pasok pangan membantu meningkatkan kepercayaan konsumen, memperbaiki kualitas produk, dan memperkuat daya saing usaha kecil. Praktiknya bisa berupa pencatatan batch produksi, standar mutu sederhana, label/QR untuk asal bahan, serta mekanisme umpan balik pelanggan yang semuanya membantu menjaga konsistensi kualitas, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan posisi tawar produsen lokal. Di tingkat desa,

transparansi dapat diterapkan melalui pencatatan sederhana produksi, informasi asal bahan baku pada label, serta mekanisme umpan balik dari pembeli untuk perbaikan produk.

11.4 Penutup

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan, sistem pangan lokal dan rantai pasok berkelanjutan saling berkaitan erat. Sistem pangan lokal menyediakan fondasi berbasis wilayah dan masyarakat, sementara rantai pasok berkelanjutan menjadi cara untuk mengelola sistem tersebut agar ekonomi desa tumbuh, lingkungan tetap terjaga, dan manfaatnya dirasakan secara adil oleh seluruh pelaku. Pendekatan ini sangat relevan bagi pengembangan UMKM pangan desa dan integrasinya dengan pariwisata atau pasar lokal yang berkelanjutan.

Penguatan sistem pangan lokal dan pembangunan rantai pasok yang berkelanjutan merupakan langkah strategis dalam menciptakan ketahanan pangan yang inklusif, tangguh, dan ramah lingkungan. Sistem pangan lokal tidak hanya mendekatkan produsen dan konsumen, tetapi juga memperkuat ekonomi masyarakat, menjaga kearifan lokal, serta mengurangi jejak karbon melalui distribusi yang lebih efisien.

Rantai pasok yang berkelanjutan menuntut kolaborasi multipihak baik petani, pelaku usaha, pemerintah, komunitas, hingga konsumen, untuk memastikan praktik produksi yang bertanggung jawab, distribusi yang adil, serta konsumsi yang sadar lingkungan. Dengan dukungan kebijakan, inovasi teknologi, serta partisipasi aktif masyarakat, sistem pangan lokal dapat menjadi fondasi transformasi menuju pembangunan yang berkeadilan sosial, berdaya saing ekonomi, dan berkelanjutan secara ekologis.

Pada akhirnya, keberhasilan sistem pangan lokal dan rantai pasok berkelanjutan bukan hanya diukur dari ketersediaan pangan, tetapi juga dari sejauh mana sistem tersebut mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya bagi generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Eriksen, S. N. (2020). Defining local food: Geographical distance, supply chains and sustainability. *Sustainability*, 12(4), 1421. <https://doi.org/10.3390/su12041421>
- Feldmann, C., & Hamm, U. (2021). Consumers' perceptions and preferences for local food: A scoping review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 678. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.678>
- High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. (2017). *Nutrition and food systems*. FAO.
- Indriani, R., Tenriawaru, A. N., Darma, R., Musa, Y. & Viantika, N. (2019). Supply chain mechanism of Chili in the Province of Gorontalo. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 15(1), 31-41.
- Indriani, R., Darma, R., Musa, Y., Tenriawaru, A. N. & Arsyad, M. (2020). Policy design of cayenne pepper supply chain development. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 26(3), 499–506.
- Indriani R & S. Imran (2025a). *Supply Chain : Performance, Risk & Resilience. Aplikasi Model SCOR dan SEM-PLS dalam Rantai Pasok Beras*. Widina Medina Utama. Bandung.
- Indriani, R & S. Imran (2025b). Analyzing the contributing factors of the rice supply chain in Gorontalo using SEM-PLS method. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 31 (2), 261–273.
- Kneafsey, M., Venn, L., Schmutz, U., et al. (2013). *Short food supply chains and local food systems in the EU*. European Commission.
- Kusnadi, N., et al. (2018). Pangan lokal dan keberlanjutan sistem pangan. *Mimbar Agribisnis*, 4(2), 153–166.

- Leppe, E. P & M. Karuntu (2019). Analisis Manajemen Rantai Pasokan Industri Rumahan Tahu Di Kelurahan Bahu Manado. *Jurnal EMBA*, 7 (1), 201-210.
- Marimin & N. Maghfiroh (2013). *Aplikasi Teknik Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok*. IPB Press. Bogor.
- Muchfirodin, M., Guritno, A.D. and Yuliando, H., 2015. Supply chain risk management on tobacco commodity in temanggung, central Jawa (case study at farmers and middlemen level). *Agric. Agric. Sci. Proc.*, 3: 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.046>
- Munir, M. M. & Dwiyanto, B. M. (2018). Analysis of factors affecting supply chain performance in micro, small, and medium culinary businesses in Kendal Regency. *Jurnal Studi Manajemen Organisasi*, 15(1), 44-54.
- Pujawan, I.N. and Mahendrawathi. 2017. Supply chain management (3rd ed.). Andi Offset.
- Saptana, et al. (2019). Pengembangan pangan lokal sebagai strategi ketahanan pangan. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7(3), 213–226.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Trienekens, J. H., Wognum, P. M., Beulens, A. J. M., & Van der Vorst, J. G. A. J. (2012). Transparency in complex dynamic food supply chains. *Advanced Engineering Informatics*, 26(1), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.07.007>
- Widodo, S., & Rahayu, E. S. (2020). Potensi jagung dan ubi jalar sebagai pangan lokal alternatif. *Metana*, 16(2), 87–95.

BAB 12

KEBIJAKAN DAN TATA KELOLA PERTANIAN BERKELANJUTAN

12.1 Pertanian Berkelanjutan

Pertanian Berkelanjutan (*Sustainable Agriculture*) adalah sistem pengelolaan sumber daya dalam sektor pertanian yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan dan serat manusia saat ini, tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan petani. Karakteristik Utama Pertanian Berkelanjutan: (1) Konservasi Tanah: Mengurangi erosi dan meningkatkan kesuburan tanah melalui penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan pengolahan lahan minimum, (2) Pengelolaan Hama Terpadu (PHT): Mengendalikan hama dengan cara alami atau biologis sebelum menggunakan pestisida kimia sebagai langkah terakhir, (3) Efisiensi Sumber Daya: Memaksimalkan penggunaan air (misalnya melalui irigasi tetes) dan energi terbarukan di lahan pertanian, (4) Keanekaragaman Hayati: Menanam berbagai jenis tanaman (*polikultur*) untuk menciptakan ekosistem yang lebih tangguh (Telaubanua dan Dermawawan, 2026). Cakupan Utama dalam Pertanian Berkelanjutan yang dikelompokkan berdasarkan 4 (Empat) Pilar Keberlanjutan (Rivai dan Iwan, 2011): (1) Pilar Lingkungan, (2) Pilar Ekonomi dan Agribisnis, (3) Pilar Sosial dan Kelembagaan, (4) Pilar Teknologi dan Masa Depan

12.1.1 Pilar Lingkungan

Pilar Lingkungan (Kelestarian Ekologi) ini fokus pada menjaga integritas ekosistem agar fondasi biologis pertanian tidak rusak oleh aktivitas manusia. Pilar Lingkungan (Kelestarian), pertanian tidak boleh merusak fondasi biologisnya. Ini melibatkan praktik yang menjaga kualitas tanah, meminimalkan penggunaan input kimia sintetis, melindungi keanekaragaman hayati, dan mengonservasi sumber daya air.

1. Konservasi Lahan dan Kesehatan Tanah: Praktik olah tanah minimum (*zero tillage*) dan penggunaan pembenah tanah alami untuk meningkatkan bahan organik tanah. Teknik olah tanah konservasi, terasering, dan pemulihan mikroba tanah untuk mencegah erosi.
2. Manajemen Sumber Daya Air: Penerapan teknologi irigasi presisi (tetes/kabut) dan pemanenan air hujan guna efisiensi penggunaan air. Penggunaan irigasi tetes, pemanenan air hujan, dan konservasi daerah aliran sungai (DAS). Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) berbasis musuh alami untuk meminimalkan residu pestisida.
3. Pengelolaan Hama Terpadu (PHT): Strategi pengendalian OPT yang memadukan teknik biologi, fisik, dan mekanik guna menekan penggunaan pestisida kimia. Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) berbasis musuh alami untuk meminimalkan residu pestisida.
4. Pertanian Organik dan Regeneratif: Sistem produksi yang meniadakan input sintetis dan fokus pada pemulihan kapasitas penyerapan karbon oleh tanah. Sistem produksi yang menghindari input kimia sintetis dan menjaga keseimbangan nutrisi alami.

5. Agroforestri dan Polikultur: Diversifikasi tanaman pangan dengan tanaman kayu atau ternak untuk menciptakan mikroklimat yang stabil dan menjaga biodiversitas. Integrasi tanaman pohon dengan tanaman pangan atau ternak untuk meningkatkan daya serap karbon dan keanekaragaman hayati.
6. Pertanian Regeneratif: Praktik yang fokus pada perbaikan total ekosistem tanah dan penyerapan karbon atmosfer ke dalam tanah.
7. Manajemen Limbah Pertanian: Pengolahan limbah menjadi pupuk organik (*composting*) atau energi biogas (*zero waste*).

12.1.2 Pilar Ekonomi dan Agribisnis

Pertanian berkelanjutan harus memberikan insentif finansial yang kuat agar petani bersedia meninggalkan praktik konvensional yang merusak. Pilar Ekonomi (*Profitabilitas*) dan Agribisnis, agar suatu sistem pertanian dapat bertahan lama, ia harus layak secara ekonomi. Petani harus mampu menghasilkan keuntungan yang cukup untuk menopang kehidupan mereka dan berinvestasi kembali dalam usahatani. Hal ini mencakup efisiensi biaya input dan akses yang adil terhadap pasar.

1. Manajemen Rantai Pasok Berkelanjutan (*Sustainable Supply Chain*): Manajemen logistik yang transparan, adil bagi produsen, dan efisien. Memperpendek rantai distribusi untuk memastikan harga yang adil bagi petani dan kualitas segar bagi konsumen.
2. Sertifikasi dan Standardisasi GAP (*Good Agricultural Practices* atau Praktik Pertanian yang Baik) Implementasi Indo-GAP (*Indonesian good agricultural practices*), Global GAP, dan sertifikasi keberlanjutan lainnya. Penjaminan mutu

produk melalui label keberlanjutan yang memberikan akses ke pasar premium global.

3. Pembiayaan Hijau (*Green Financing*): Skema kredit dan investasi khusus untuk usaha tani yang ramah lingkungan. Penyediaan modal dengan suku bunga rendah khusus untuk investasi teknologi ramah lingkungan.
4. Asuransi Pertanian Berbasis Risiko: Skema perlindungan finansial bagi petani yang terdampak bencana iklim atau serangan hama sistemik.
5. Ekonomi Sirkular (*Zero Waste*): Pemanfaatan limbah pertanian (biomassa) menjadi nilai ekonomi baru, seperti pupuk cair atau energi biogas.

12.1.3 Pilar Sosial dan Kelembagaan

Kebijakan harus menjamin bahwa kemajuan pertanian berdampak positif pada martabat dan kesejahteraan pelaku utamanya. Pilar Sosial dan kelembagaan, pilar ini harus mendukung kesejahteraan petani, buruh tani, dan komunitas lokal. Aspek ini mencakup keamanan kerja, keadilan upah, kesehatan masyarakat, dan regenerasi petani (menarik minat generasi muda untuk bertani) dan organisasi (kelembagaan) petani.

1. Kelembagaan dan Korporasi Petani: Penguatan Poktan, Gapoktan, dan transformasi menuju Korporasi Petani. Penguatan daya tawar petani melalui pengorganisasian kelompok menjadi badan usaha profesional.
2. Keadilan Sosial dan Hak Buruh Tani: Perlindungan upah, kesehatan, dan keselamatan kerja (K3) di sektor pertanian. Penjaminan kondisi kerja yang aman, terutama terkait paparan residu dan beban fisik.
3. Regenerasi Petani (Petani Milenial): Strategi menarik minat generasi muda melalui modernisasi dan peningkatan

prestise sektor agribisnis. Program inkubasi bisnis untuk menarik minat pemuda melalui modernisasi citra dan pendapatan pertanian.

4. Gender dalam Pertanian: Pengarus utamaan peran perempuan tani dalam pengambilan keputusan dan akses sumber daya. Pemberdayaan peran perempuan tani dalam akses teknologi dan pengambilan keputusan kebijakan di desa.
5. Sistem Pangan Lokal: Penguatan kedaulatan pangan berbasis potensi komoditas daerah untuk mengurangi jejak karbon transportasi. Pemanfaatan sumber pangan lokal untuk mengurangi ketergantungan impor dan jejak karbon transportasi.

12.1.4 Pilar Teknologi dan Masa Depan

Aspek ini bertindak sebagai pengikat ketiga pilar lainnya agar dapat diimplementasikan secara masif dan transparan.

1. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim: Pengembangan varietas tahan cekaman lingkungan dan strategi pertanian rendah emisi.
2. Pertanian Presisi (*Smart Farming*): Pertanian Presisi (*Smart Farming*): Penggunaan IoT, sensor, dan drone untuk penggunaan input (air, pupuk) secara tepat sasaran. Penggunaan IoT, drone, dan sensor untuk memantau kebutuhan tanaman secara spesifik sehingga input lebih efisien.
3. Digitalisasi Tata Kelola (*E-Agriculture*): Penggunaan sistem data tunggal untuk transparansi subsidi, data luas lahan, dan pelacakan produk (*traceability*). Penggunaan *big data* dan *blockchain* untuk transparansi data produksi dan pasar.
4. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim: Pengembangan varietas tahan cekaman lingkungan dan strategi pertanian

rendah emisi. Inovasi varietas benih tahan kekeringan/banjir dan penyesuaian kalender tanam dinamis berbasis AI.

5. *Collaborative Governance (Penta-Helix)*: Sinergi kebijakan antara pemerintah, swasta, akademisi, masyarakat, dan media dalam pengawasan standar keberlanjutan.

12.2 Kebijakan Pertanian Berkelanjutan

12.2.1 Dari Revolusi Hijau ke Pertanian Berkelanjutan

Evolusi Kebijakan Pertanian: Dari Revolusi Hijau ke Pertanian Berkelanjutan. Kebijakan pertanian global selama beberapa dekade terakhir telah mengalami pergeseran paradigma yang fundamental. Pada era Revolusi Hijau, kebijakan pemerintah didominasi oleh pendekatan intensifikasi yang berorientasi pada peningkatan hasil melalui penggunaan input kimia secara masif. Meskipun berhasil mencapai swasembada pangan dalam jangka pendek, kebijakan ini meninggalkan persoalan sosial ekonomi berupa ketergantungan petani pada input eksternal dan degradasi lingkungan yang serius. Oleh karena itu, kebijakan saat ini mulai bertransisi menuju sistem yang lebih holistik, di mana keberhasilan tidak lagi hanya diukur dari angka produksi, tetapi juga dari ketahanan ekosistem (Jaya dan Defri, 2026).

Dalam konteks agribisnis, evolusi kebijakan ini menuntut efisiensi biaya transaksi dan perubahan struktur insentif. Kebijakan yang dulunya bersifat *top-down* dan seragam kini berubah menjadi lebih fleksibel dan adaptif terhadap kearifan lokal serta daya dukung lingkungan setempat. Perubahan ini krusial karena pembangunan pertanian yang mengabaikan aspek keberlanjutan terbukti meningkatkan biaya pemulihan lingkungan (*environmental cost*) yang jauh lebih tinggi di masa

depan, yang pada akhirnya akan merusak profitabilitas usahatani itu sendiri.

Transisi ini juga didorong oleh tuntutan pasar internasional yang semakin selektif terhadap produk pertanian yang ramah lingkungan. Pemasar hasil pertanian kini harus berhadapan dengan regulasi perdagangan hijau yang ketat. Maka dari itu, kebijakan pemerintah saat ini diarahkan untuk menciptakan iklim usaha yang mendorong petani mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan tanpa kehilangan daya saing ekonomi mereka. Integrasi antara kebijakan teknis produksi dan kebijakan pasar menjadi kunci utama dalam memastikan transisi ini berjalan efektif (Wahyuni, 2025a) .

12.2.2 Penyelarasan Kebijakan Nasional dengan SDGs

Implementasi kebijakan pertanian berkelanjutan di tingkat nasional kini tidak dapat dipisahkan dari komitmen global terhadap *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama tujuan kedua (Tanpa Kelaparan) dan tujuan kedua belas (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab). Pemerintah dituntut untuk melakukan harmonisasi regulasi agar selaras dengan target penurunan emisi gas rumah kaca dan pelestarian keanekaragaman hayati. Penyelarasan ini menciptakan kerangka kerja baru bagi tata kelola pertanian yang lebih transparan dan terukur (Pawlak & Kołodziejczak, 2020).

Secara sosial ekonomi, penyelarasan SDGs dalam kebijakan pertanian bertujuan untuk mengatasi ketimpangan akses terhadap sumber daya. Kebijakan yang inklusif memastikan bahwa petani kecil mendapatkan perlindungan yang sama dalam rantai pasok global. Hal ini mencakup penguatan hak atas lahan, akses ke perbankan hijau, dan jaminan pasar yang adil. Dengan demikian, SDGs bukan

sekadar dokumen politik, melainkan menjadi panduan dalam merancang instrumen ekonomi yang mendukung kemandirian petani (Marthadi & Santosa, 2022).

Dalam praktiknya, pemerintah mengadopsi indikator keberlanjutan sebagai syarat dalam pemberian bantuan atau fasilitas pertanian. Strategi ini memaksa pelaku agribisnis untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan ke dalam model bisnis. Sinergi antara kebijakan pusat dan daerah menjadi tantangan tersendiri, namun krusial untuk memastikan bahwa target ketahanan pangan nasional tetap berjalan beriringan dengan kelestarian sumber daya alam jangka panjang.

12.2.3 Instrumen Hukum dan Regulasi Perlindungan LP2B

Salah satu pilar utama tata kelola pertanian berkelanjutan di Indonesia adalah perlindungan lahan produktif melalui regulasi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Pesatnya laju konversi lahan pertanian menjadi area industri dan pemukiman merupakan ancaman serius bagi ketahanan pangan nasional. Instrumen hukum ini dirancang untuk memberikan kepastian tata ruang dan melindungi hak petani atas lahan garapan mereka dari desakan urbanisasi. Secara agribisnis, keberadaan lahan yang terlindungi memberikan kepastian bagi investasi jangka panjang. Tanpa jaminan kepemilikan dan perlindungan lahan, petani dan investor akan enggan menerapkan teknologi pertanian berkelanjutan yang biasanya membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai *Return on Investment* (ROI). Kebijakan LP2B juga berfungsi sebagai instrumen pengendalian tata ruang yang mengikat, di mana pemerintah daerah diwajibkan memberikan insentif berupa pengurangan pajak

bumi dan bangunan serta kemudahan akses infrastruktur bagi lahan yang telah ditetapkan sebagai LP2B.

Namun, efektivitas regulasi ini sangat bergantung pada penegakan hukum dan sinkronisasi data antar lembaga. Tantangan sosial ekonomi muncul ketika nilai ekonomi konversi lahan jauh lebih tinggi dibandingkan hasil usahatani. Oleh karena itu, tata kelola LP2B masa depan harus menyertakan kompensasi ekonomi yang adil bagi petani agar mereka secara sukarela mempertahankan lahan pertaniannya. Penguatan regulasi ini diharapkan mampu menciptakan landasan fisik yang kokoh bagi tercapainya sistem pangan nasional yang berdaulat dan berkelanjutan (Wahyuni, I., 2025).

12.3 Kebijakan Insentif Ekonomi dan Pembiayaan Agribisnis

12.3.1 Kebijakan Subsidi berbasis Kinerja Lingkungan

Kebijakan subsidi input, khususnya pupuk dan benih, telah lama menjadi instrumen utama pemerintah Indonesia dalam menjaga stabilitas produksi pangan. Namun, ketergantungan yang tinggi pada pupuk kimia bersubsidi sering kali memicu inefisiensi dan kerusakan hara tanah dalam jangka panjang. Reformasi kebijakan subsidi saat ini mulai diarahkan pada pendekatan "subsidi hijau," di mana alokasi bantuan tidak lagi hanya bersifat umum, tetapi mulai dikaitkan dengan kepatuhan petani dalam menerapkan kaidah pertanian berkelanjutan dan penggunaan pupuk organik (Wahyuni, 2025c).

Dari perspektif sosial ekonomi, reformasi ini bertujuan untuk mengurangi distorsi pasar dan meningkatkan efisiensi fiskal negara. Pengalihan sebagian porsi subsidi kimia ke arah subsidi bantuan hayati atau pembenah tanah organik diharapkan dapat mendorong petani untuk beralih ke praktik

regeneratif. Langkah ini krusial untuk memastikan bahwa dukungan pemerintah benar-benar memberikan dampak positif terhadap kesuburan lahan, yang merupakan aset utama dalam agribisnis berkelanjutan.

Implementasi subsidi berbasis kinerja lingkungan menuntut adanya sistem pendataan yang akurat dan transparan, seperti digitalisasi melalui Kartu Tani atau sistem e-alokasi.

Dengan data yang terintegrasi, pemerintah dapat memantau serapan input dan memberikan insentif tambahan bagi kelompok tani yang berhasil mencapai target produktivitas dengan emisi rendah atau penggunaan input kimia minimal. Hal ini menciptakan motivasi ekonomi bagi petani untuk berperan aktif dalam pelestarian lingkungan.

Namun, tantangan dalam reformasi ini adalah potensi penurunan hasil pada masa transisi dari kimia ke organik. Oleh karena itu, kebijakan subsidi harus disertai dengan pendampingan teknis yang kuat agar risiko penurunan pendapatan petani dapat diminimalisir. Integrasi antara bantuan sarana produksi dan bimbingan teknologi menjadi syarat mutlak agar reformasi kebijakan ini tidak hanya sukses secara administratif, tetapi juga berkelanjutan secara ekonomi dan ekologis di tingkat lapangan.

12.3.2 *Green Financing* dan Kredit KUR Pertanian

Pembiayaan merupakan kendala klasik dalam pengembangan agribisnis, terutama bagi praktik pertanian berkelanjutan yang sering kali membutuhkan investasi awal yang lebih besar. Munculnya skema *Green Financing* (Pembiayaan Hijau) menjadi angin segar untuk mendukung transisi energi dan metode usahatani rendah karbon. Lembaga keuangan kini mulai mengembangkan instrumen kredit yang memberikan suku bunga lebih rendah bagi pelaku usaha yang

menerapkan prinsip ESG (*Environmental, Social, and Governance*) dalam operasionalnya (Wahyuni, 2025b).

Dalam konteks nasional, Kredit Usaha Rakyat (KUR) sektor pertanian telah menjadi instrumen pembiayaan yang masif, namun perlu dioptimalkan untuk mendukung model bisnis berkelanjutan. Fleksibilitas dalam skema pembayaran yang menyesuaikan dengan siklus panen (*grace period*) merupakan kebutuhan mendesak bagi petani. Kebijakan pemerintah dalam memberikan subsidi bunga KUR (Kredit Usaha Rakyat) secara khusus untuk pembelian alat mesin pertanian (*alsintan*) modern dan instalasi pengolahan limbah menjadi langkah nyata dalam memfasilitasi modernisasi pertanian ramah lingkungan (Mulyani & Hartono, 2022).

Secara agribisnis, akses terhadap pembiayaan hijau memungkinkan petani untuk meningkatkan skala usaha dan melakukan investasi pada teknologi yang menghemat air atau energi. Hal ini akan menurunkan biaya operasional jangka panjang dan meningkatkan daya saing produk di pasar global yang semakin menghargai aspek keberlanjutan. Namun, literasi keuangan di tingkat petani harus terus ditingkatkan agar mereka mampu menyusun rencana bisnis yang bankabel dan memenuhi syarat administratif perbankan (Sari et al., 2024).

Sinergi antara pemerintah, perbankan, dan perusahaan *fintech* agrikultur menjadi kunci dalam memperluas jangkauan pembiayaan hingga ke pelosok. Penggunaan teknologi *blockchain* atau kecerdasan buatan dalam menilai risiko kredit pertanian dapat membantu mempercepat penyaluran dana. Dengan tata kelola pembiayaan yang inklusif, hambatan modal tidak lagi menjadi alasan utama yang menghambat adopsi praktik pertanian berkelanjutan bagi petani kecil di Indonesia (Mulyani & Hartono, 2022).

12.3.3 Kebijakan Harga Dasar dan Perlindungan Risiko melalui Asuransi Pertanian

Ketidakpastian harga dan Perlindungan Risiko melalui Asuransi Pertanian, risiko kegagalan panen akibat perubahan iklim merupakan dua ancaman terbesar bagi keberlanjutan usahatani. Kebijakan harga dasar (HPP) atau harga referensi berfungsi sebagai jaring pengaman untuk melindungi pendapatan petani dari fluktuasi pasar yang tajam, terutama saat panen raya. Dalam kerangka berkelanjutan, stabilitas harga memberikan ketenangan bagi petani untuk terus berinvestasi pada input ramah lingkungan yang harganya cenderung lebih stabil dibandingkan input kimia impor.

Selain stabilitas harga, instrumen Asuransi Usahatani Padi (AUTP) dan asuransi ternak menjadi sangat vital sebagai strategi mitigasi risiko. Asuransi memberikan perlindungan finansial bagi petani yang mengalami gagal panen akibat bencana alam atau serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Dengan adanya jaminan ganti rugi, petani memiliki kepastian modal untuk memulai kembali usahanya pada musim tanam berikutnya, sehingga ketahanan pangan rumah tangga tetap terjaga (Hidayat & Sugiyanto, 2021).

Dari sisi sosial ekonomi, efektivitas asuransi pertanian sangat bergantung pada besaran subsidi premi yang diberikan pemerintah dan kemudahan proses klaim. Kebijakan yang inklusif harus memastikan bahwa premi asuransi tetap terjangkau namun memiliki cakupan perlindungan yang luas. Transformasi asuransi konvensional menuju asuransi berbasis indeks iklim (*weather index insurance*) dipandang lebih objektif dan transparan karena menggunakan data satelit untuk menentukan terjadinya gagal panen (Wahyuni, 2026c).

Kesinambungan kebijakan perlindungan risiko ini membutuhkan kolaborasi lintas sektoral antara Kementerian

Pertanian, perusahaan asuransi, dan badan meteorologi. Integrasi sistem peringatan dini perubahan iklim dengan skema asuransi dapat meminimalisir kerugian sebelum bencana terjadi. Melalui kombinasi kebijakan harga yang adil dan perlindungan risiko yang kuat, ekosistem agribisnis berkelanjutan akan menjadi lebih tangguh dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan di masa depan.

12.4 Standar, Sertifikasi, dan Pengawasan Mutu

12.4.1 Implementasi Indo-GAP

Implementasi *Indonesian Good Agricultural Practices* (Indo-GAP) merupakan instrumen kebijakan vital untuk memastikan bahwa proses produksi pertanian di Indonesia memenuhi standar keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan. Indo-GAP *Indonesian Good Agricultural Practices* memberikan kerangka kerja bagi petani untuk menerapkan praktik budidaya yang bertanggung jawab, mulai dari pemilihan benih, penggunaan air, hingga pengelolaan limbah pascapanen. Penerapan Indo-GAP adalah implementasi cara budidaya tanaman pangan yang baik dan aman sesuai SNI 8969:2021, mencakup seluruh proses dari perencanaan lahan, penggunaan benih, air, pupuk/pestisida bijak, pengelolaan hama, panen, hingga pascapanen dan sanitasi untuk menjamin keamanan pangan, kualitas produk, serta keberlanjutan lingkungan dan kesehatan petani.

Dari aspek sosial ekonomi, penerapan Indo-GAP mendorong terjadinya transformasi perilaku di tingkat petani menuju profesionalisme yang lebih tinggi. Petani diwajibkan melakukan pencatatan (*record-keeping*) terhadap seluruh aktivitas usahatani, yang secara tidak langsung membantu mereka dalam menghitung biaya produksi secara lebih akurat. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah tingginya biaya

sertifikasi dan kerumitan administrasi bagi petani kecil. Oleh karena itu, kebijakan pemerintah saat ini diarahkan pada skema sertifikasi kelompok guna membagi beban biaya dan mempermudah pengawasan.

Pengawasan mutu melalui Indo-GAP juga berfungsi sebagai alat pelacak (*traceability*) yang sangat penting dalam rantai pasok pangan berkelanjutan. Jika terjadi kontaminasi produk, sumber permasalahan dapat dilacak hingga ke tingkat lahan, sehingga mitigasi risiko dapat dilakukan dengan cepat. Dalam jangka panjang, konsistensi petani dalam menerapkan standar ini akan membangun citra positif produk pertanian nasional di mata konsumen global. Pemerintah melalui Otoritas Kompeten Keamanan Pangan Daerah (OKKPD) terus melakukan pembinaan agar standar ini tidak hanya menjadi formalitas sertifikat, tetapi menjadi budaya baru dalam berusahatani.

Keberlanjutan implementasi Indo-GAP sangat bergantung pada insentif pasar yang diterima oleh petani. Tanpa adanya selisih harga atau kepastian serapan pasar bagi produk bersertifikat, petani akan cenderung kembali ke praktik konvensional yang lebih murah. Oleh karena itu, kebijakan tata kelola harus menyinergikan antara standar produksi dan akses pasar. Penguatan regulasi yang mewajibkan ritel modern menyerap produk bersertifikat Indo-GAP merupakan langkah strategis untuk menciptakan ekosistem bisnis yang menghargai kualitas dan kelestarian lingkungan.

12.4.2 Tata Kelola Sertifikasi Produk Organik dan Labeling Keberlanjutan

Sertifikasi organik merupakan kasta tertinggi dalam standarisasi pertanian berkelanjutan yang memiliki nilai ekonomi premium di pasar global. Tata kelola sertifikasi

organik di Indonesia diatur secara ketat melalui Sistem Sertifikasi Organik Indonesia yang mengacu pada SNI 6729:2016. Proses sertifikasi ini menjamin bahwa produk bebas dari input kimia sintetis dan dikelola secara ekologis. Pemasaran produk organik sangat mengandalkan kepercayaan konsumen, sehingga keberadaan label organik yang kredibel menjadi aset tak berwujud (*intangible asset*) yang sangat berharga bagi pelaku agribisnis (Wahyuni, 2026c).

Dalam struktur sosial ekonomi pedesaan, sertifikasi organik sering kali menjadi pintu masuk bagi terbentuknya komunitas petani yang mandiri dan berdaya saing. Labeling keberlanjutan tidak hanya mencakup aspek lingkungan, tetapi juga mulai menyentuh aspek sosial seperti *Fair Trade* (perdagangan adil) yang menjamin kesejahteraan buruh tani. Kebijakan tata kelola yang mendukung pengembangan Desa Organik menjadi strategi unggulan untuk meningkatkan pendapatan petani sekaligus menjaga konservasi lahan secara swadaya.

Digitalisasi melalui penggunaan *QR Code* pada label kemasan produk organik kini menjadi tren baru dalam tata kelola transparansi. Konsumen dapat memindai kode tersebut untuk melihat histori lahan, profil petani, hingga hasil uji laboratorium. Inovasi teknologi ini membantu memperkuat posisi tawar agribisnis organik Indonesia di kancah internasional. Sinergi antara kebijakan labeling yang kuat dan edukasi konsumen mengenai manfaat produk berkelanjutan akan menciptakan permintaan pasar yang stabil dan terus bertumbuh.

12.4.3 Sistem Monitoring dan Evaluasi Dampak Lingkungan dalam Usahatani

Monitoring dan evaluasi (Monev) secara berkala merupakan komponen inti dari tata kelola pertanian berkelanjutan untuk memastikan bahwa aktivitas usahatani tidak melampaui daya dukung lingkungan. Sistem ini mencakup pemantauan kualitas tanah, kandungan residu kimia dalam air, serta emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian. Tanpa data monev yang akurat, kebijakan pembangunan pertanian berkelanjutan hanya akan menjadi rencana di atas kertas tanpa bukti dampak nyata di lapangan.

Dari perspektif agribisnis, monev dampak lingkungan memberikan data bagi perusahaan dan kelompok tani untuk melakukan efisiensi penggunaan input. Misalnya, melalui sensor tanah berbasis *Internet of Things* (IoT), petani dapat mengetahui dosis pupuk yang tepat sehingga tidak terjadi pemborosan biaya sekaligus mencegah pencemaran lingkungan. Kebijakan tata kelola yang mengintegrasikan data lingkungan ke dalam sistem informasi pertanian nasional akan mempermudah pemerintah dalam memetakan wilayah yang membutuhkan intervensi pemulihan lahan.

Evaluasi dampak lingkungan juga menjadi syarat penting dalam penyusunan laporan keberlanjutan (*sustainability report*) bagi korporasi agribisnis. Di era perdagangan global yang semakin memperhatikan jejak karbon (*carbon footprint*), sistem monev yang kredibel menjadi bukti akuntabilitas industri pertanian terhadap keberlangsungan planet. Penguatan lembaga pengawas dan penyuluhan berbasis data menjadi kunci agar sistem monitoring ini mampu mendeteksi potensi kerusakan lingkungan secara dini dan memberikan rekomendasi perbaikan yang solutif bagi petani.

12.5 Strategi Penguatan Tata Kelola Pertanian Berkelanjutan

12.5.1 Digitalisasi Tata Kelola Pertanian (*E-Agriculture*)

Digitalisasi tata kelola atau *e-agriculture* merupakan pilar utama dalam modernisasi agribisnis berkelanjutan di era Industri 4.0. Implementasi teknologi informasi dalam tata kelola bertujuan untuk menciptakan integrasi data yang akurat, mulai dari ketersediaan stok pangan, sebaran lahan, hingga profil petani secara *real-time*. Dengan adanya basis data tunggal (*Single Data System*), pengambilan kebijakan oleh pemerintah dapat dilakukan secara lebih presisi, sehingga meminimalisir risiko salah sasaran dalam penyaluran bantuan atau intervensi pasar (Wahyuni, 2026c).

Secara sosial ekonomi, tantangan utama digitalisasi adalah adanya kesenjangan digital (*digital divide*) di perdesaan. Kebijakan tata kelola masa depan harus menyertakan pembangunan infrastruktur digital yang merata dan peningkatan literasi teknologi bagi seluruh lapisan petani. Keterlibatan perusahaan rintisan (*agritech*) melalui kemitraan strategis dengan pemerintah menjadi katalisator penting untuk mempercepat adopsi platform digital yang ramah pengguna bagi petani kecil.

Transparansi data melalui digitalisasi juga memperkuat sistem akuntabilitas publik dalam pengelolaan sumber daya pertanian. Dengan data yang terbuka, pengawasan terhadap konversi lahan dan penggunaan input kimia dapat dilakukan secara kolektif oleh masyarakat. Tata kelola masa depan yang berbasis data tidak hanya akan meningkatkan efisiensi operasional agribisnis, tetapi juga membangun kepercayaan investor dan lembaga donor internasional terhadap komitmen keberlanjutan pertanian nasional (Susanto et al., 2025).

12.5.2 Kebijakan Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian

Perubahan iklim merupakan ancaman eksistensial bagi ketahanan pangan yang memerlukan respon kebijakan tata kelola yang cepat dan sistematis. Kebijakan adaptasi diarahkan pada penguatan resiliensi petani melalui pengembangan infrastruktur irigasi hemat air, varietas benih tahan kekeringan, dan penyesuaian kalender tanam dinamis. Tata kelola masa depan harus mampu mengintegrasikan data prakiraan cuaca ekstrem ke dalam sistem peringatan dini yang dapat diakses dengan mudah oleh petani di tingkat lapangan.

Monitoring dampak perubahan iklim secara spasial menjadi kebutuhan mendesak dalam tata kelola masa depan. Penggunaan satelit penginderaan jauh untuk memetakan wilayah rentan bencana membantu pemerintah dalam mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif. Melalui kebijakan iklim yang komprehensif, sektor pertanian diharapkan mampu bertransformasi menjadi sektor yang tangguh (*resilient*), mandiri, dan menjadi bagian dari solusi krisis iklim global (Pradana et al., 2026).

12.5.3 Peningkatan Kapasitas SDM Pertanian

Keberlanjutan tata kelola pertanian sangat ditentukan oleh kualitas sumber daya manusia (SDM) sebagai motor penggeraknya. Transformasi sistem penyuluhan dari model konvensional ke arah penyuluhan berbasis digital dan kewirausahaan menjadi kebutuhan mutlak. Penyuluh masa depan dituntut tidak hanya menguasai teknis budidaya, tetapi juga kemampuan analisis pasar dan manajemen agribisnis agar dapat membimbing petani menjadi pengusaha tani yang tangguh dan adaptif (Wahyuni, 2026a).

Regenerasi petani melalui program "Petani Milenial" menjadi strategi kunci untuk mengatasi masalah penuaan

petani (*aging farmers*) di Indonesia. Kebijakan tata kelola masa depan harus menciptakan ekosistem pertanian yang menarik secara ekonomi dan prestisius secara sosial bagi generasi muda. Insentif berupa kemudahan akses lahan, modal awal, dan inkubasi bisnis bagi lulusan pertanian merupakan langkah nyata untuk memastikan keberlanjutan estafet pembangunan pertanian.

Dari aspek sosial ekonomi, peningkatan kapasitas SDM juga mencakup penguatan modal sosial dan kemampuan berorganisasi. Petani muda yang memiliki literasi teknologi tinggi diharapkan mampu memimpin korporasi petani dan koperasi agribisnis dengan gaya manajemen yang lebih modern. Akhirnya, penguatan SDM harus menyentuh aspek kesetaraan gender dan inklusivitas. Kebijakan tata kelola harus memberikan ruang yang sama bagi perempuan tani dan kelompok rentan untuk mendapatkan pelatihan dan akses sumber daya. Dengan SDM yang kompeten, berjiwa wirausaha, dan memiliki kesadaran ekologis, sistem pertanian berkelanjutan akan memiliki fondasi manusia yang kuat untuk menghadapi dinamika pasar dan tantangan global di masa depan (Wahyuni, 2025d).

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, S., dan Sugiyanto. (2021). Impact of Crop Insurance on Farmers' Income Stability. *International Journal of Rural Management*.
- Jaya, B dan Defri Rahman. 2026. Tantangan dan Strategi Pembangunan Pertanian di Indonesia dalam mendukung Ketahanan Pangan. Vol.4 No.1 (2026): Jurnal Media Akademik. <https://jurnal.mediaakademik.com/index.php/jma/article/view/5034>
- Marthadi, S., & Santosa, I. (2022). Aligning National Agricultural Policy with SDGs: A Case Study of Developing Nations. *International Journal of Sustainable Development*.
- Mulyani, T., & Hartono, B. (2022). Evaluating KUR Policy for Smallholder Farmers. *Journal of Agribusiness and Rural Development*.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the SDGs. *Sustainability*.
- Rahayu, J. K., Dwi Nurisma dan Rustan Amarullah. 2026. Tata Kelola Surplus Beras Untuk Memperkuat Ketahanan Pangan dan Diplomasi Ekonomi. *Suara Analisis Kebijakan*. <https://sajak.lan.go.id/article/view/121>
- Rivai, R. S., dan Iwan S. Anugrah. 2011. Konsep dan Implementasi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Indonesia. Vol. 29 No. 1 (2011): *Forum Penelitian AgroEkonomi* <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/fae/article/view/3516>
- Sukarta. 2026. Urban Farming dan Vertical Farming: Dalam Perspektif Ketahanan Pangan Perkotaan. *Sekilan Karya*

Mandiri.

[https://books.google.co.id/books?id=q0a7EQAAQBAJ
&num=11](https://books.google.co.id/books?id=q0a7EQAAQBAJ&num=11)

Telaumbanua, M.D. dan Dermawan Zebua. 2026.

Optimalisasi Integrasi Pertanian Dan Perikanan Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Vol.2 No.1 (2026). Jurnal Ilmu Manajemen dan Akuntansi Nusantara

<https://sihojournal.com/index.php/jimakun/article/view/1248>

Wahyuni, I. (2025a). Strategi Pemasaran Produk (ChapterV). Dalam Mhd. Buhari Sibuea (Ed.) Agribisnis dan Pemasaran (hlm.69-86). Kota Padang. Hei Publishing Indonesia. hlm.219. ISBN : 9786347310859

Wahyuni I. (2025b). Kebijakan Keuangan dan Kredit dalam Agribisnis (ChapterV). Dalam Amruddin (Ed.) Kebijakan Agribisnis dan Analisis Ekonomi (hlm.81-106). Kota Padang. Azzia Karya Bersama. hlm.278. ISBN: 9786347357021

Wahyuni, I. (2025c). Kebijakan Sosial Ekonomi Pertanian (ChapterXI). Dalam D. Yadi Heryadi (Ed.) Sosial Ekonomi Pertanian (hlm.157-174). Kota Padang. Hei Publishing Indonesia. hlm.236. ISBN : 9786347310590

Wahyuni, I. (2025d). Ekonomi Kreatif dalam Agribisnis (ChapterXI). Dalam Triyan Bayu Pratama (Ed) Agribisnis Kreatif (hlm.157-174). Padang. Get Press Indonesia. hlm.273. ISBN : 9786342551547

Wahyuni, I. (2025e). Fungsi Pemasaran Produk Agribisnis (ChapterIII). Dalam Dewi Kurniati (Ed.) Manajemen Pemasaran Agribisnis (hlm. 29-50). Padang. Get Press Indonesia. hlm.263. ISBN : 9786342551066

- Wahyuni, I. (2025f). Keuangan dan Kredit Pertanian (ChapterXI). Dalam Dewi Kurniati (Ed.) Ekonomi Pertanian, Prinsip dan Aplikasi (hlm.97-112). Kota Padang. Azzia Karya Bersama. hlm.242. ISBN : 9786347357212
- Wahyuni, I. (2026a). Pengembangan Karier dan Peningkatan Kinerja (ChapterVI). Dalam Mukhlis (Ed.) Ekonomi Sumberdaya Manusia (hlm.97-114). Padang. Get Press Indonesia. hlm.278. ISBN : 9786231258144
- Wahyuni, I. (2026b). Pasar Produk Pertanian. (ChapterVIII). Dalam Ineke Nursih Widyantari (Ed.) Prinsip Dasar Pertanian (hlm.123-142). Kota Padang. Hei Publishing Indonesia, hlm.237. ISBN : 9786347526281
- Wahyuni, I. (2026c). Tantangan dan Risiko Pemasaran Agribisnis di Era Digital (ChapterIX). Dalam Agustina Shinta (Ed.) Di Era Digital (hlm.207-229). Kota Padang. CV. Brizqha Media Qita. hlm.263. ISBN : 9786347391261
- Zulma, G. W. (2021). Determinants of Good Agricultural Practices (GAP) Adoption. Indonesian Journal of Agricultural Sciences.

BIODATA PENULIS



Ir. Gina Fauzia., S.P., M.Si

Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian Universitas Jambi

Penulis lahir di Jambi tanggal 24 November 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Agribisnis dan melanjutkan S2 pada Magister Agribisnis Program Pascasarjana Universitas Jambi. Sampai saat ini, penulis konsen dalam meneliti dan mengabdikan pada Komoditi Tanaman Perkebunan khususnya kelapa sawit terkait Agribisnis. Penulis mengajar beberapa mata kuliah diantaranya: Pengantar Ilmu Ekonomi, Ekonomi Mikro, Pengantar Agribisnis, Pertanian Berkelanjutan, Pembangunan Pertanian Ekonomi Sumber Daya Manusia, dan Pengembangan Masyarakat Agribisnis. Selain ini juga mendapatkan amanah sebagai managing editor pada Jurnal Sosio Ekonomika Bisnis Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: gina_fauzia@unja.ac.id

BIODATA PENULIS



Andreas Sitanggang, S.Tr.P.

Mahasiswa Program Studi Ketahanan Pangan
Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Penulis lahir di Payakumbuh tanggal 27 Maret 2002. Penulis adalah mahasiswa Program Studi Magister Terapan Ketahanan Pangan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Menyelesaikan pendidikan program Sarjana Terapan pada Program Studi Pengelolaan Agribisnis Jurusan Bisnis Pertanian Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Penulis menekuni bidang Sosial Ekonomi Pertanian. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: pagandreas049@gmail.com

BIODATA PENULIS



Ujianhati Zega, M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nias Raya

Penulis lahir di Desa HilizihŌnŌ pada tanggal 25 Juni 1985. Saat ini penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias Raya. Kecintaan penulis pada dunia pendidikan dan penelitian mendorong penulis untuk terus mengembangkan diri, baik sebagai akademisi maupun praktisi di bidang agribisnis dan pertanian berkelanjutan. Penulis dimulai dengan menyelesaikan studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Pendidikan Biologi. Selanjutnya, penulis melanjutkan studi Strata Dua (S2) pada Jurusan Agribisnis yang semakin menguatkan minat dan kompetensi di bidang pengembangan usaha tani serta pembangunan ekonomi berbasis agribisnis. Saat ini, penulis sedang menempuh pendidikan Strata Tiga (S3) pada Program Doktor Ilmu Pertanian, minat Agribisnis, di Universitas Brawijaya Malang. Fokus penelitian yang tengah ditekuni terkait strategi keberlanjutan agribisnis, khususnya dalam konteks sosial, ekonomi, dan ekologi.

Selain aktif mengajar dan melakukan penelitian, penulis juga menekuni kegiatan menulis dan telah menghasilkan berbagai karya ilmiah, artikel, serta tulisan yang berhubungan dengan pengembangan agribisnis kreatif dan keberlanjutan usaha tani. Bagi penulis, menulis bukan sekadar sarana akademik, tetapi juga bentuk kontribusi nyata dalam menyebarkan ilmu pengetahuan dan mendorong lahirnya gagasan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: ujianhatizega@uniraya.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Hendra Alfi, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Ketahanan Pangan
Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Penulis lahir di Sei Putih pada 14 Mei 1977. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Magister Terapan Ketahanan Pangan, Jurusan Budi Daya Tanaman, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Penulis adalah akademisi dan peneliti di bidang Ilmu Pertanian dengan kompetensi utama pada budi daya tanaman pertanian dan perkebunan. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) Agronomi pada tahun 2001, Magister (S2) Agronomi pada tahun 2005, serta Doktor (S3) Ilmu Pertanian pada tahun 2016.

Sebagai dosen dan peneliti, penulis aktif dalam kajian dan riset sistem produksi tanaman, inovasi teknologi budi daya, serta penguatan kapasitas pertanian dan perkebunan tropis berkelanjutan. Kepakarannya meliputi agronomi, bioteknologi dan pemuliaan tanaman, manajemen mutu, serta sistem budi daya untuk mendukung pengembangan budi daya tanaman berkelanjutan dan peningkatan daya saing sektor perkebunan. Dalam bidang pendidikan tinggi, penulis mengampu mata kuliah Bioteknologi, Kultur Jaringan Tanaman, Ilmu Benih, Teknologi dan Produksi Tanaman Tropis, Statistika, Metode Ilmiah, serta Sistem Manajemen Mutu. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: hendraalfi77@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Adnan Sofyan, MP.

Dosen tetap pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas
Pertanian dan Pascasarjana Magister Ilmu Pertanian
Unviversitas Khairun

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian dan Pascasarjana Magister Ilmu Pertanian Unviversitas Khairun. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Tanah Universitas Muslim Indonesia Tahun 1992 dan melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Tanah Tahun 2001-2003 Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan S3 program studi Ilmu Lingkungan Tahun 2006-2010 pada Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Berbagai karya sudah dihasilkan oleh penulis baik buku, artikel nasional dan internasional. Penulis menekuni bidang: Ilmu Tanah dan Lingkungan.

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

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Endang Warih Minarni, M.P

Dosen Program Studi Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Pemalang tanggal 16 Juli 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Hama Tumbuhan Universitas Gadjah Mada dan S3 pada Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: endangwarihminarni@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Fitri Krismiratsih, S.ST., M.P

Dosen Program Studi Manajemen Agribisnis Kab Nganjuk
Jurusan Manajemen Agribisnis Politeknik Negeri Jember

Penulis lahir di Trenggalek, 12 Maret 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi diluar Kampus Utama (PSDKU) Manajemen Agribisnis Kab Nganjuk Jurusan Manajemen Agribisnis, Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan D-4 pada Jurusan Produksi Pertanian dan Melanjutkan S2 Pada Fakultas Pertanian Jurusan Agronomi . Penulis aktif mengajar dan melakukan penelitian di bidang agribisnis berkelanjutan, budidaya pangan, hortikultura dan akuakultur serta pengembangan pertanian lokal selain itu juga fokus pada pengembangan model pertanian berkelanjutan yang mudah diterapkan oleh masyarakat di berbagai skala. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: fitri.krismiratsih@polije.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof.Dr. Supriyo Imran, SP.M.Si

Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

Penulis dilahirkan di Limboto Kabupaten Gorontalo, Provinsi Sulawesi Utara pada tanggal 30 September 1975. Penulis dosen tetap pada program studi S1 dan S2 Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan Pendidikan S1 jurusan Sosial Ekonomi pada Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin Ujung Pandang pada tahun 1998. Penulis kemudian melanjutkan ke jenjang Strata Dua ke program studi Magister Agribisnis di UNHAS, Makassar pada tahun 2003 dan tamat pada tahun 2005. Tahun 2015, penulis melanjutkan ke jenjang Pendidikan Doktor pada program studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana UNHAS dan mendapat gelar Doktor pada Ilmu Pertanian pada tahun 2019. Penulis aktif sebagai peneliti dan dosen tetap pada Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo sejak 2003 sampai sekarang, dengan jabatan fungsional Lektor Kepala. Mata kuliah yang diampuh antara lain: Ekonomi Produksi Pertanian, Ekonomi Pertanian, Ekonomi Mikro, Metode Statistika, Linear

Programming, Ilmu Usaha tani, Rancangan Percobaan dan Kelayakan Investasi Agribisnis. Buku ajar/referensi yang telah ditulis adalah Ekonomi Pertanian, Ekonomi Mikro, Ilmu Usaha tani dan Tataniaga Pertanian (2011), Buku Risiko Produksi pada Sistem Integrasi Tanaman-Ternak (2020), Aplikasi Goal Programming dalam Integrasi Tanaman-Ternak (2021), Buku Ajar Ekonomi Produksi (2023), Ekonomi Pertanian (2024), Ringkasan Kumpulan Mazhab Teori Sosial (2016). Beberapa artikel telah ditulisnya pada jurnal nasional, jurnal nasional akreditasi, prosiding nasional dan internasional maupun jurnal internasional bereputasi. Sebagai Peer reviewer pada Jurnal nasional akreditasi Sinta dan jurnal internasional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: supriyo.imran@ung.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Nurhapsa, SP., M.Si

Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan
Universitas Muhammadiyah Parepare

Penulis lahir di Barru tanggal 12 Oktober 1969. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis, Program Pascasarjana Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Sosial Ekonomi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan pada tahun 1993 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ekonomi Sumberdaya pada tahun 2003 Universitas Hasanuddin Makassar. Melanjutkan studi S3 pada program studi Ilmu Ekonomi Pertanian, Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2013. Penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat baik desentralisasi maupun kompetitif nasional didanai oleh DRPM, dana internal perguruan tinggi maupun dana diluar perguruan tinggi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurhapsanurhapsa@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Nenny Wahyuni, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian Universitas Musi Rawas

Penulis lahir di Palembang tanggal 18 Desember 1981. Penulis adalah dosen PNS dpk pada Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian, Universitas Musi Rawas. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 dan meraih gelar Sarjana Pertanian (S.P.) pada Program Studi Agribisnis Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Tahun 2004 dan pada tahun yang sama lulus CPNS Dosen Kemdikbud di wilayah kerja Kopertis Wilayah II (Sekarang LLDIKTI II). Gelar Magister diperoleh penulis dari Program Magister Agribisnis Universitas Sriwijaya pada Tahun 2014.

Penulis berperan aktif sebagai anggota Kelompok Kerja Ahli Dewan Ketahanan Pangan Kabupaten Musi Rawas 2016 – 2021, dan Anggota Kelompok Kerja Ahli Dewan Ketahanan Pangan Kota Lubuklinggau Tahun 2019 – 2021.

Beberapa buku karya penulis diantaranya Pengantar Teori Pembangunan dan Pengelolaan Satuan Usaha Agribisnis (2018), Metode Penelitian Agribisnis (2025), Agribisnis dan Kewirausahaan (2026). Penulis juga aktif mempublikasikan hasil penelitiannya di jurnal nasional maupun jurnal internasional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nenny.unmura@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Ria Indriani, S.P.M.Si.,

Dosen Program Studi Agribisnis

Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir di Ujung Pandang 26 Mei 1975. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis dan Magister Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Universitas Hasanuddin, dan melanjutkan S2 pada program studi Agribisnis Universitas Hasanuddin. Tahun 2015, penulis melanjutkan kejenjang pendidikan S-3 pada program studi Ilmu Pertanian Sekolah pascasarjana UNHAS dan tamat pada tahun 2019.

Aktif sebagai peneliti dan dosen tetap pada Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo sejak 2008 sampai sekarang, dengan jabatan fungsional Lektor Kepala. Matakuliah yang diampuh antara lain: Ekonomi Produksi Pertanian, Ekonomi Pertanian, Ekonomi Mikro, Tataniaga Pertanian, dan Manajemen Rantai Pasok. Buku ajar/referensi yang telah ditulis adalah Tataniaga Pertanian (2011), Ringkasan Kumpulan Mazhab Teori Sosial (2016), Rantai Pasok. Aplikasi pada komoditas cabai rawit di Provinsi Gorontalo (2019), chapter Buku Ekonomi Pertanian (2022) dan

buku ajar Ekonomi Produksi (2022), Supply Chain : Performance, Risk & Resilience (2025). Beberapa artikel telah ditulisnya pada jurnal nasional, jurnal nasional akreditasi, prosiding nasional maupun prosiding internasional bereputasi serta jurnal internasional bereputasi terindeks Scopus. Sebagai Peer reviewer pada Jurnal nasional akreditasi Sinta dan jurnal internasional bereputasi Scopus. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: ria.indriani@ung.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Ira Wahyuni, M.P.

Dosen Program Studi Agribisnis
Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Penulis lahir di Kaban Jahe, 6 November 1961. Menyelesaikan S1 di Universitas Jambi, Tahun 1986 pada Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian. S2 di Universitas Padjadjaran, Tahun 1993 pada Program Pascasarjana Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian, Bidang Kajian Ilmu Ekonomi Perusahaan. S3 di Universitas Sriwijaya, Tahun 2016 pada Bidang Ilmu Pertanian peminatan Ilmu Agribisnis. Penulis telah menulis Buku/Bookchapter: 1. Ekonomi Sumber Daya Manusia (2025), 2. Agribisnis dan Pemasaran (2025), 3. Kebijakan Agribisnis dan Analisis Ekonomi (2025), 4. Sosial Ekonomi Pertanian (2025), 5. Agribisnis Kreatif (2025), 6. Manajemen Pemasaran Agribisnis (2025), 7. Ekonomi Pertanian: Prinsip dan Aplikasi (2025). 8. Dasar Ekonomi Pertanian (2026) dan 9. Manajemen Pemasaran Agribisnis di Era Digital (2026). Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: irawahyunirikit@unja.ac.id