

Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P.
Novi Mailidarni, S.TP., M.T.
Ir. Tasliati Djafar, M.P.
Dr. Marten Luter Lano, STP., MP.
Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa., M.P.
Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si.
Sayyidah Nur Habibah S.T M.Si.
Andi Danata AR, S.P., M.Si.
Andi Sawe Ri Esso, S.E., M.Si.
Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si.
Gerald William Waemese, S.P., M.Si.
Vina Oktaviani, M.T.



PERTANIAN BERKELANJUTAN:

**KONSEP, TEKNOLOGI, DAN INOVASI
UNTUK KETAHANAN PANGAN
MASA DEPAN**

Editor: Dr. Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP



PERTANIAN BERKELANJUTAN: KONSEP, TEKNOLOGI, DAN INOVASI UNTUK KETAHANAN PANGAN MASA DEPAN

Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P

Novi Mailidarni, S.TP., M.T

Ir. Tasliati Djafar, M.P

Dr. Marten Luter Lano, STP., MP

Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa., M.P

Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si

Sayyidah Nur Habibah S.T M.Si

Andi Danata AR, S.P., M.Si.

Andi Sawe Ri Ezzo, S.E., M.Si

Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si.

Gerald William Waemese, S.P., M.Si.

Vina Oktaviani, M.T.



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

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

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

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

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	EC.002026200491, 15 Oktober 2026
Pencipta	
Nama	Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P., Novi Maalidarni, S.TP., M.T dkk
Alamat	Jl. Rimbeasari No.3, Pamona, Poso, Sulawesi Tengah, Pamona Pusalemba, Kab. Poso, Sulawesi Tengah, 94663
Kewarganegaraan	Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P., Novi Maalidarni, S.TP., M.T dkk
Alamat	Jl. Rimbeasari No.3, Pamona, Poso, Sulawesi Tengah, Pamona Pusalemba, Kab. Poso, Sulawesi Tengah, 94663
Kewarganegaraan	Indonesia
Jenis Ciptaan	Buku
Judul Ciptaan	PERTANIAN BERKELANJUTAN: KONSEP, TEKNOLOGI, DAN INOVASI UNTUK KETAHANAN PANGAN MASA DEPAN
Taggal dan tempat dimunculkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	15 Oktober 2026, di Kab. Sukolana
Jangka waktu perlindungan	Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, dihitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya
Nomor Pencatatan	001544490

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang
Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL


Dr. Hermawaty Siregar, S.H., M.H.
NIP. 197010161992031001



Disseminasi

1. Dalam hal pencatatan ciptaan teknologi tidak sesuai dengan surat permohonan, Menteri berwenang untuk membatalkan surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini tidak dapat dibuatkan salinan yang diterbitkan oleh Badan Pendaftaran Kekayaan Intelektual, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat ditukarkan keabsahannya dengan meminde kode QR pada dokumen ini dan informasi akan dikumpulkan dalam buku.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Septian Aditya Kolombo, S.Agr., M.P.	Jl. Rumbunna No 3, Pamona, Poso, Sulawesi Tengah Pamona Puselemba, Kab. Poso
2	Novi Maibidani, S.TP., M.T.	Jln Telikom, Gumpang Lagang, Lorong Damai Lestari No 8, Kecamatan Darul Imarah Darul Imarah, Kab. Aceh Besar
3	Ir. Tealini Dyafat, M.P.	Jln Kebun Raya Dusun Campaka Desa Le Masen Ulu Kareng Ulee Kareng, Kota Banda Aceh
4	Dr. Marten Luter Lano, STP., MP	Jl. Bakri Karya RT 25, RW 09 Oebobo Oebobo, Kota Kupang
5	Dr. Ir. Ayu Kartika Panuwana, M.P.	KOMPAK Blok G1 No 3 Rappocini, Kota Makassar
6	Dr. Ir. Hy Khodijah Imanil, M.Si	Jalan Puncak Indah No. 4 Kelurahan Nambaja Kecamatan Kota Tanjungpinang Barat Kota Tanjungpinang Tanjung Pinang Barat, Kota Tanjung Pinang
7	Sayyidah Nur Hafidzah S.T.M.Si	Jl. Puncak Indah No. 4 RT. 004 RW 008 Tanjung Pinang Barat, Kota Tanjung Pinang
8	Audi Daman AR, S.P., M.Si	JL. RAKA BENGKEL GG RAKA BENGKEL LK I RT RW 010/000 Enggal, Kota Bandar Lampung
9	Audi Sawa Ri Esto, S.E., M.Si	Jalan Todotopuli 7 No 37 Makassar Manggala, Kota Makassar
10	Martha Harry Mahumpi, S.Bi., M.Si	Jalan Trans Sulawesi No.05, Kelurahan Tendesdang, Kecamatan Pamona Utara, Kabupaten Poso Pamona Utara, Kab. Poso
11	Gerald William Wismore, S.P., M.Si	Namaina, RT006, RW/000, Kelurahan Namaina, Kecamatan Kota Masohi, Kabupaten Maluku Tengah Kota Masohi, Kab. Maluku Tengah
12	Vina Oktaviani, M.T.	Jl. Surata 9, Rt 02 Rw 03 Bakoni Barat, Kota Bekasi

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Septian Aditya Kolombo, S.Agr., M.P.	Jl. Rumbunna No 3, Pamona, Poso, Sulawesi Tengah Pamona Puselemba, Kab. Poso
2	Novi Maibidani, S.TP., M.T.	Jln Telikom, Gumpang Lagang, Lorong Damai Lestari No 8, Kecamatan Darul Imarah Darul Imarah, Kab. Aceh Besar



Disahkan:

1. Untuk hal penandatanganan dokumen tidak sesuai dengan surat pernyataan, Akta (berbentuk) tidak terakumulasi serta pemenuhan pemenuhan.
2. Surat Pernyataan ini telah dibuat secara elektronik menggunakan aplikasi elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Pertanian, Perikanan, dan Peternakan, Badan Sifat dan Sifat Negara.
3. Surat Pernyataan ini dapat diunduh kembali dengan menekan kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.



3	Ir. Tasliati Djafar, M.P	Jln Kebun Raja Dusun Cempaka Desa Le Masen Ule Kareng Ulee Kareng, Kota Banda Aceh
4	Dr. Marten Luter Lano, STP, M.P	Jl. Bukit Karya RT. 25 RW. 09 Oebobo Oebobo, Kota Kupang
5	Dr. Ir. Ayu Kartika Purwansa, M.P	KOMP INIP Blok G1 No 3 Rappocini, Kota Makassar
6	Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si	Jalan Puncak Indah No. 4 Kelurahan Kemboja Kecamatan Kota Tanjungpinang Barat Kota Tanjungpinang Tanjung Pinang Barat, Kota Tanjung Pinang
7	Sayyidah Nur Habibah S.T.M.Si	Jl. Puncak Indah No. 4 RT. 004 RW. 008 Tanjung Pinang Barat, Kota Tanjung Pinang
8	Audi Danata AR, S.P., M.Si	Jl. RAWABENGKEL GG RAWABENGKEL LK 1 RT RW 010/006 Enggal, Kota Bender Lampung
9	Andi Sawa Ri Esso, S.E., M.Si	Jalan Toddopuli 7 No 37 Makassar Manggala, Kota Makassar
10	Martus Harry Melampi, S.E., M.Si	Jalan. Triana Sulawesi No.03, Kelurahan Tendeandagi, Kecamatan Pamona Utara, Kabupaten Poso Pamona Utara, Kab. Poso
11	Gernidi William Wenasari, S.P., M.Si	Nammasina, RT.006, RW.000, Kelurahan Nammasina, Kecamatan Kota Masohi, Kabupaten Maluku Tengah Kota Masohi, Kab. Maluku Tengah
12	Vina Oktaviani, M.T.	Jl. Buntara 9, Rt 02 Rw 03 Bekasi Barat, Kota Bekasi



Catatan:

1. Dalam hal penandatanganan elektronik tidak sesuai dengan cara penandatanganan, Sistem Penandatanganan Elektronik akan menolak untuk melakukan penandatanganan.
2. Sistem Penandatanganan Elektronik akan menolak untuk melakukan penandatanganan jika tidak sesuai dengan cara penandatanganan yang ditetapkan oleh Badan Penyelenggara Sistem Elektronik, Badan Penyelenggara Sistem Elektronik, Badan Penyelenggara Sistem Elektronik, Badan Penyelenggara Sistem Elektronik.
3. Sistem Penandatanganan Elektronik akan menolak untuk melakukan penandatanganan jika tidak sesuai dengan cara penandatanganan yang ditetapkan oleh Badan Penyelenggara Sistem Elektronik.

**PERTANIAN BERKELANJUTAN:
KONSEP, TEKNOLOGI, DAN INOVASI UNTUK
KETAHANAN PANGAN MASA DEPAN**

Penulis:

Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P
Novi Mailidarni, S.TP., M.T
Ir. Tasliati Djafar, M.P
Dr. Marten Luter Lano, STP., MP
Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa., M.P
Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si
Sayyidah Nur Habibah S.T M.Si
Andi Danata AR, S.P., M.Si.
Andi Sawe Ri Esso, S.E., M.Si
Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si.
Gerald William Waemese, S.P., M.Si.
Vina Oktaviani, M.T.

Desain Cover:
Tahta Media

Editor:
Dr. Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP

Proofreader:
Tahta Media

Ukuran:
xiv, 406, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-634-262-331-2

Cetakan Pertama:
Oktober 2026

Hak Cipta 2026, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab penerbit

Copyright © 2026 by Tahta Media Group
All Right Reserved

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

Perumahan Mitra Utama Residence 3 Blok A no 1, Sawahan, Tempel,
Kec. Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57557

email: tahtaliterasimedia@gmail.com

website: <http://store.tahtamedia.co.id/>

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku “Pertanian Berkelanjutan: Konsep, Teknologi, dan Inovasi untuk Ketahanan Pangan Masa Depan” dapat diselesaikan dan hadir di tengah pembaca. Buku ini disusun sebagai salah satu kontribusi akademik dalam memperkaya wawasan mengenai pembangunan pertanian yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan sumber daya alam, kesejahteraan masyarakat, pemanfaatan teknologi, serta ketahanan pangan dalam jangka panjang.

Pertanian memiliki posisi yang sangat strategis dalam kehidupan manusia karena berperan sebagai penyedia pangan, sumber penghidupan masyarakat, penggerak perekonomian, sekaligus bagian penting dari keberlanjutan lingkungan. Namun, sektor pertanian saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks, antara lain perubahan iklim, degradasi lahan, keterbatasan sumber daya air, kehilangan keanekaragaman hayati, perubahan pola konsumsi, serta meningkatnya kebutuhan pangan. Kondisi tersebut menuntut hadirnya paradigma pertanian yang mampu menyeimbangkan aspek produktivitas, ekonomi, sosial, dan ekologis secara berkelanjutan.

Buku ini hadir dengan pembahasan yang mengintegrasikan konsep, pengelolaan sumber daya, teknologi, dan inovasi sebagai bagian dari transformasi menuju pertanian masa depan. Pertanian berkelanjutan tidak dipahami sekadar sebagai upaya mempertahankan produktivitas, tetapi sebagai suatu sistem yang menghubungkan manusia, sumber daya alam, teknologi, kelembagaan, dan lingkungan. Dalam perspektif tersebut, produktivitas dan keberlanjutan bukanlah dua tujuan yang saling bertentangan, melainkan perlu dikembangkan secara terpadu untuk

menghasilkan sistem pertanian yang lebih efisien, adaptif, inklusif, dan tangguh.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi juga menjadi bagian penting dalam pembahasan buku ini. Pemanfaatan Internet of Things (IoT), sensor pertanian, kecerdasan buatan, pertanian presisi, sistem informasi geografis, penginderaan jauh, mekanisasi, hingga berbagai inovasi kelembagaan dan model bisnis membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta kualitas pengambilan keputusan dalam kegiatan pertanian. Teknologi, dalam konteks ini, bukanlah tujuan akhir, melainkan instrumen untuk membangun pertanian yang semakin produktif, cerdas, ramah lingkungan, dan mampu menghadapi berbagai perubahan.

Selain teknologi, keberlanjutan sumber daya lahan menjadi perhatian penting karena lahan merupakan fondasi utama produksi pertanian. Pengelolaan lahan tidak dapat hanya diarahkan pada peningkatan hasil, tetapi juga perlu mempertimbangkan konservasi tanah dan air, kualitas ekosistem, adaptasi terhadap perubahan iklim, serta keberlanjutan fungsi lahan bagi generasi mendatang. Buku ini karena itu diharapkan mampu memberikan perspektif yang lebih utuh mengenai hubungan antara pengelolaan sumber daya alam, inovasi, dan ketahanan pangan

Akhir kata, semoga buku “Pertanian Berkelanjutan: Konsep, Teknologi, dan Inovasi untuk Ketahanan Pangan Masa Depan” dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, serta menjadi salah satu referensi dalam mendukung terwujudnya sistem pertanian yang produktif, efisien, cerdas, adaptif, inklusif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan demi memperkuat ketahanan pangan bagi generasi sekarang dan generasi yang akan datang.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB 1 PARADIGMA PERTANIAN BERKELANJUTAN DI ERA MODERN	1
Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P	1
Universitas Kristen Tentena	1
A. Pendahuluan	1
B. Perubahan Paradigma Dalam Pembangunan Pertanian	5
C. Konsep Dan Prinsip Pertanian Berkelanjutan	12
D. Teknologi Dan Inovasi Sebagai Penggerak Pertanian Berkelanjutan	21
E. Teknologi Dan Inovasi Sebagai Penggerak Pertanian Berkelanjutan	27
Daftar Pustaka	34
Profil Penulis	36
BAB 2 SUMBER DAYA LAHAN DAN PENGELOLAANNYA	37
Novi Mailidarni, S.TP., M.T	37
Universitas Iskandar Muda Banda Aceh	37
A. Pendahuluan	37
B. Konsep Dan Karakteristik Sumber Daya Lahan	43
C. Jenis-Jenis Sumber Daya Lahan	47
D. Potensi Sumber Daya Lahan Di Indonesia	53
E. Prinsip Pengelolaan Sumber Daya Lahan	57
Daftar Pustaka	61
Profil Penulis	63

BAB 3 KESUBURAN TANAH DAN NUTRISI TANAMAN	64
Ir. Tasliati Djafar, M.P.....	64
Universitas Iskandar Muda Banda Aceh	64
A. Pendahuluan.....	64
B. Konsep Kesuburan Tanah	67
C. Unsur Hara Esensial Tanaman	70
D. Mekanisme Penyerapan Unsur Hara Oleh Akar.....	74
E. Pengelolaan Kesuburan Tanah	78
F. Interaksi Unsur Hara Dan Faktor Pembatas Kesuburan Tanah	83
Daftar Pustaka	89
Profil Penulis	91
BAB 4 KONSERVASI TANAH DAN AIR.....	92
Dr. Marten Luter Lano, STP., MP	92
Universitas Kristen Artha Wacana.....	92
A. Pendahuluan.....	92
B. Konsep Dasar Konservasi Tanah Dan Air	96
C. Permasalahan Degradasi Tanah Dan Air Dalam Pertanian	102
D. Teknologi Konservasi Tanah.....	108
E. Teknologi Konservasi Air Dalam Pertanian.....	127
F. Inovasi Konservasi Tanah Dan Air Dalam Era Pertanian Modern	133
G. Konservasi Tanah Dan Air Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan.....	141
H. Tantangan Dan Prospek Pengembangan Konservasi Tanah Dan Air	155
I. Penutup	163
Daftar Pustaka	166
Profil Penulis	168

BAB 5 PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT TERPADU	169
Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa., M.P	169
Universitas Muslim Indonesia.....	169
A. Pendahuluan.....	169
B. Konsep Dan Prinsip Pengelolaan Terpadu	171
C. Landasan Ekologi Agroekosistem.....	172
D. Identifikasi, Diagnosis Dan Diferensial Diagnosis.....	174
E. Pemantauan, Sampling Dan Ambang Tindakan.....	176
F. Pencegahan Dan Pengendalian Kultur Teknis.....	177
G. Pengendalian Fisik, Mekanis Dan Perilaku	179
H. Pengendalian Hayati Dan Biopestisida	180
I. Pestisida Dalam Kerangka Phpt	182
J. Pengelolaan Resistensi.....	183
K. Implementasi Phpt Pada Komoditas Jagung	184
L. Pengelolaan Penyakit Kakao Secara Terpadu	186
M. Sekolah Lapang Dan Penguatan Kapasitas Petani.....	187
N. Digitaslisasi, Peringatan Dini Dan Diagnostik Cerdas	188
O. Evaluasi Keberhasilan Program Phpt	189
P. Hambatan Implementasi Dan Strategi Penguatan.....	191
Q. Penutup	192
Daftar Pustaka	194
Profil Penulis	199
BAB 6 PERTANIAN ORGANIK DAN RAMAH LINGKUNGAN	201
(PRINSIP, PRAKTIK, DAN PENERAPAN DI WILAYAH PESISIR	
DAN KEPULAUAN).....	201
Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si	201
Universitas Maritim Raja Ali Haji.....	201
A. Pendahuluan.....	201

B. Agroforestri Pesisir Dan Hutan Mangrove: Model Silvofishery ..	203
C. Diskusi.....	222
D. Kesimpulan.....	223
Daftar Pustaka	225
Profil Penulis.....	231
BAB 7 PERUBAHAN IKLIM DAN ADAPTASI PERTANIAN DI LAHAN SUBOPTIMAL	233
Sayyidah Nur Habibah S.T M.Si	233
Yayasan Asa Biru Hijau	233
A. Pendahuluan.....	233
B. Perubahan Iklim Dan Dampaknya Terhadap Pertanian Global Dan Tropis.....	235
C. Penutup	258
Daftar Pustaka	260
Profil Penulis.....	264
BAB 8 TEKNOLOGI PERTANIAN PRESISI.....	265
Andi Danata AR, S.P., M.Si.	265
Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Lampung.....	265
A. Pendahuluan: Krisis Pertanian Dan Pangan Global.....	265
B. Kerangka Operasional 5R Dalam Pertanian Presisi	268
C. Konsep Dan Evolusi Pertanian Presisi.....	272
D. Arsitektur Teknologi Pertanian Presisi	282
E. Relevansi Pertanian Presisi Terhadap Keberlanjutan Ketahanan Pangan	294
Daftar Pustaka	296
Profil Penulis.....	298

BAB 9 SMART FARMING DAN DIGITAL AGRICULTURE.....	299
Andi Sawe Ri Eso, S.E., M.Si	299
Universitas Negeri Makassar	299
A. Pendahuluan.....	299
B. Urgensi Trasformasi Digital Pertanian	301
C. Konsep Dasar <i>Smart Farming</i> Dan <i>Digital Agriculture</i>	304
D. Teknologi Pendukung <i>Smart Farming</i> Dan <i>Digital Agriculture</i>	311
E. Implementasi Smart Farming Dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan	318
F. Peluang Dan Tantangan Implementasi Smart Farming Dan <i>Digital Agriculture</i> Di Indonesia.....	322
Daftar Pustaka	328
Profil Penulis	330
BAB 10 PEMBERDAYAAN PETANI, KELEMBAGAAN, PENYULUHAN, DAN KEARIFAN LOKAL	331
Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si.	331
Universitas Kristen Tentena	331
A. Konsep Bahan Ajar Berbasis Model Pembelajaran Inovatif	331
B. Tata Kelola Dan Penguatan Kelembagaan Petani Di Tingkat Tapak.....	336
C. Transformasi Dan Modernisasi Sistem Penyuluhan Pertanian	342
D. Revitalisasi Kearifan Lokal Dan Dialog Pengetahuan (<i>Diálogo De Saberes</i>)	346
E. Model Implementasi Lapangan Dan Dinamika Sosial Transisi Agroekologi	350
Daftar Pustaka	356
Profil Penulis	358

BAB 11 PERTANIAN BERBASIS KEARIFAN LOKAL DAN KEARIFAN EKOLOGIS.....	359
Geraldi William Waemese, S.P., M.Si.	359
Badan Gizi Nasional	359
A. Pendahuluan.....	359
B. Pertanian Berbasis Kearifan Lokal	362
C. Pertanian Berbasis Kearifan Ekologis	369
D. Agroforestri Sebagai Pertanian Berbasis Kearifan Lokal Dan Ekologis Di Indonesia.....	371
E. Integrasi Kearifan Lokal, Kearifan Ekologis, Dan Pertanian Berkelanjutan.....	375
Daftar Pustaka	379
Profil Penulis.....	383
BAB 12 MASA DEPAN PERTANIAN BERKELANJUTAN DAN SOCIETY 5.0.....	384
Vina Oktaviani, M.T.	384
Universitas Negeri Jakarta	384
A. Pengantar	384
B. Tekanan Struktural Terhadap Sistem Pangan.....	386
C. Konsepsi Pertanian Berkelanjutan Dan Ketegangan Di Dalamnya	387
D. Society 5.0 Sebagai Kerangka Kebijakan Dan Gagasan.....	390
E. Konvergensi: Pertanian Digital Dalam Bingkai Society 5.0	392
F. Persoalan Sosial, Etis, Dan Tata Kelola	395
G. Implikasi Bagi Konteks Indonesia.....	398
H. Penutup	400
Daftar Pustaka	402
Profil Penulis	406

BAB 1

PARADIGMA PERTANIAN

BERKELANJUTAN DI ERA MODERN

Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P

Universitas Kristen Tentena

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor yang memiliki posisi fundamental dalam kehidupan manusia. Tidak hanya berfungsi sebagai penyedia pangan, pertanian juga menjadi sumber mata pencaharian, penggerak perekonomian pedesaan, penyedia bahan baku industri, serta bagian penting dari sistem sosial dan budaya masyarakat. Dalam perkembangannya, pertanian menghadapi tuntutan yang semakin kompleks. Pertanian tidak lagi hanya dituntut untuk menghasilkan pangan dalam jumlah yang cukup, tetapi juga harus mampu menghasilkan pangan yang aman dan bergizi, memberikan pendapatan yang layak bagi pelaku usaha tani, serta menjaga keberlanjutan sumber daya alam yang menjadi fondasi produksi. FAO menegaskan bahwa sistem pertanian dan pangan yang berkelanjutan harus mampu memenuhi kebutuhan generasi sekarang dan mendatang dengan tetap menjaga profitabilitas, kesehatan lingkungan, serta keadilan sosial dan ekonomi (FAO, 2026).

Tantangan tersebut menjadi semakin nyata ketika pertanian ditempatkan dalam konteks perubahan lingkungan dan dinamika sosial ekonomi global. Pertumbuhan penduduk, perubahan pola

konsumsi, urbanisasi, perubahan iklim, degradasi lahan, kelangkaan air, kehilangan keanekaragaman hayati, serta meningkatnya kehilangan dan pemborosan pangan memberikan tekanan yang semakin besar terhadap sistem pangan. FAO melihat bahwa berbagai tekanan tersebut berpotensi mengurangi kemampuan sistem pertanian dan pangan dalam memenuhi kebutuhan manusia, baik pada masa sekarang maupun masa mendatang. Keberhasilan pembangunan pertanian tidak dapat lagi hanya diukur melalui peningkatan produksi, tetapi juga harus mempertimbangkan dampak ekonomi, sosial, dan ekologis yang menyertai proses produksi tersebut.

Paradigma pembangunan pertanian pada masa lalu banyak dipengaruhi oleh orientasi peningkatan produktivitas. Perkembangan teknologi, penggunaan input produksi, mekanisasi, irigasi, pemuliaan tanaman, pupuk, dan pestisida telah memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan produksi pangan. Pendekatan yang terlalu berorientasi pada peningkatan produksi dalam jangka pendek dapat menimbulkan konsekuensi yang besar apabila tidak disertai dengan pengelolaan sumber daya secara bijaksana. Degradasi tanah, pencemaran lingkungan, tekanan terhadap sumber daya air, hilangnya biodiversitas, dan meningkatnya emisi gas rumah kaca menunjukkan bahwa produktivitas tidak dapat dipisahkan dari persoalan keberlanjutan. FAO dalam *The State of Food and Agriculture 2023* menunjukkan bahwa aktivitas sistem pangan memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang besar, tetapi praktik yang tidak berkelanjutan juga menghasilkan berbagai dampak lingkungan, kesehatan, dan sosial yang selama ini sering tidak tercermin dalam keputusan ekonomi (FAO, 2023).

Perubahan iklim memperlihatkan bahwa keberlanjutan pertanian bukan lagi sekadar pilihan kebijakan, melainkan kebutuhan yang

semakin mendesak. Perubahan suhu, perubahan pola curah hujan, kekeringan, banjir, dan peningkatan kejadian cuaca ekstrem dapat mengganggu produktivitas pertanian dan stabilitas sistem pangan. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa perubahan iklim telah memberikan tekanan terhadap sistem pangan dan berdampak negatif terhadap mata pencaharian, ketahanan pangan, dan gizi masyarakat. Perubahan iklim juga telah memperlambat pertumbuhan produktivitas pertanian secara global selama beberapa dekade terakhir, terutama di wilayah lintang rendah dan menengah (IPCC, 2022).

Persoalan tersebut menunjukkan adanya hubungan yang sangat erat antara pertanian, lingkungan, dan ketahanan pangan. Ketika produktivitas pertanian menurun akibat degradasi sumber daya atau perubahan iklim, ketersediaan pangan dapat terganggu. Sebaliknya, upaya meningkatkan produksi pangan yang mengabaikan daya dukung lingkungan dapat memperbesar tekanan terhadap sumber daya alam dan pada akhirnya mengancam kapasitas produksi pertanian di masa depan. Pembangunan pertanian perlu bergerak dari paradigma yang hanya berorientasi pada “berapa banyak yang dapat diproduksi” menuju paradigma yang mempertanyakan “bagaimana pangan diproduksi, siapa yang memperoleh manfaat, bagaimana sumber daya dikelola, dan apakah sistem tersebut mampu bertahan dalam jangka panjang.”

Perspektif pertanian berkelanjutan hadir sebagai sebuah pendekatan yang berupaya mempertemukan kepentingan produktivitas, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Pertanian berkelanjutan tidak berarti menolak teknologi atau mengejar produksi rendah, tetapi mengarahkan teknologi dan inovasi agar digunakan untuk menghasilkan sistem pertanian yang lebih efisien, adaptif, inklusif, dan ramah lingkungan. FAO menempatkan keberlanjutan

DAFTAR PUSTAKA

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of food and agriculture 2022: Leveraging agricultural automation for transforming agrifood systems*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the true cost of food to transform agrifood systems*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *The state of food and agriculture 2024: Value-driven transformation of agrifood systems*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2616en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2026). *Achieving SDG 2 without breaching the 1.5 °C threshold: A global roadmap, Part 1*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc9113en>
- German, R. N., Thompson, C. E., & Benton, T. G. (2017). Relationships among multiple aspects of agriculture's environmental impact and productivity: *A meta-analysis to guide sustainable agriculture*. *Biological Reviews*, 92(2), 716–738. <https://doi.org/10.1111/brv.12251>
- Hamam, M., et al. (2024). Sustainable crop production: *Highlights on economic, environmental and social life cycle thinking*. *Science of the Total Environment*, 916, 170267. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170267>

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Keshyagol, K., Vanarotti, M., Madiwal, S., Kulkarni, P., & Bongale, A. M. (2026). Sustainable farming systems integrating soil health water use efficiency and crop productivity for climate resilience. *Discover Sustainability*, 7, 481.
- Khan, M., et al. (2024). Sustainability challenges in the multi-tier crop agri-food sector: A systematic review. *Agricultural and Food Economics*, 12, 25.
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Kumar, A., et al. (2023). A systematic review of agricultural sustainability indicators. *Agriculture*, 13(2), 241.
- Pingali, P. L. (2012). Green revolution: *Impacts, limits, and the path ahead*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Storkey, J., et al. (2024). Quantifying farm sustainability through the lens of ecological theory. *Biological Reviews*. <https://doi.org/10.1111/brv.13088>
- United Nations. (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025: Goal 2—Zero Hunger*. United Nations Department of Economic and Social Affairs.

PROFIL PENULIS



Septian Aditya Kolompo, S.Agr., M.P

Penulis adalah putra daerah Sulawesi Tengah yang lahir pada 29 September 1997. Menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, tahun 2019. Pada tahun 2023 memperoleh gelar Magister Pertanian di Program Pascasarjana Universitas Tadulako – Palu, Sulawesi Tengah. Penulis merupakan Dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Kristen Tentena (UNKRIT) di kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah sejak tahun 2024 sampai sekarang. Penulis memiliki kepakaran ilmu di bidang Agribisnis dan pertanian organik. selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Oleh karena itu penulis aktif dalam melakukan berbagai penelitian serta publikasi jurnal nasional maupun internasional.

Email: adityakolompo@gmail.com

BAB 2

SUMBER DAYA LAHAN DAN PENGELOLAANNYA

Novi Mailidarni, S.TP., M.T

Universitas Iskandar Muda Banda Aceh

A. PENDAHULUAN

Sumber daya lahan merupakan salah satu komponen utama yang menopang keberlangsungan kehidupan manusia dan pembangunan di berbagai sektor, terutama sektor pertanian. Lahan tidak hanya dipandang sebagai media tempat tumbuh tanaman, tetapi juga sebagai suatu sistem yang terdiri atas tanah, iklim, topografi, hidrologi, vegetasi, serta aktivitas manusia yang saling berinteraksi membentuk suatu ekosistem yang kompleks. Dalam konteks pembangunan pertanian, sumber daya lahan memiliki peran strategis karena menjadi faktor produksi utama yang menentukan tingkat produktivitas, keberlanjutan usaha tani, serta ketahanan pangan suatu negara. Ketersediaan lahan yang sesuai untuk kegiatan budidaya semakin menghadapi tekanan akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi, industrialisasi, serta perubahan iklim global yang memengaruhi kualitas maupun kuantitas lahan produktif. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya lahan secara berkelanjutan menjadi salah satu agenda prioritas dalam mewujudkan sistem pertanian yang produktif, efisien, dan ramah lingkungan (FAO, 2021; FAO, 2022; UNCCD, 2022).

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang memiliki potensi sumber daya lahan sangat beragam karena dipengaruhi oleh kondisi geografis, geologi, topografi, serta iklim tropis yang mendukung pertumbuhan berbagai komoditas pertanian. Keanekaragaman jenis tanah, mulai dari Andisol, Inceptisol, Ultisol, Oxisol, Histosol, hingga Entisol, memberikan peluang besar dalam pengembangan berbagai sistem usaha tani sesuai karakteristik wilayahnya. Selain itu, Indonesia memiliki lahan sawah, lahan kering, lahan rawa, lahan gambut, kawasan pesisir, hingga wilayah dataran tinggi yang masing-masing memiliki karakteristik biofisik, potensi, dan kendala yang berbeda. Namun demikian, potensi tersebut belum sepenuhnya dapat dimanfaatkan secara optimal karena masih terdapat berbagai permasalahan, seperti degradasi lahan, erosi, alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan permukiman dan industri, rendahnya kandungan bahan organik tanah, serta pengelolaan lahan yang belum memperhatikan prinsip keberlanjutan. Kondisi tersebut menjadi tantangan besar bagi pembangunan pertanian nasional dalam menjaga produktivitas lahan sekaligus mempertahankan fungsi ekologisnya (Kementerian Pertanian RI, 2023; FAO, 2022; IPCC, 2023).

Lahan merupakan sumber daya yang bersifat terbatas (*finite resource*), sedangkan kebutuhan manusia terhadap lahan terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, meningkatnya kebutuhan pangan, perkembangan infrastruktur, serta ekspansi kawasan industri dan permukiman. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia menegaskan bahwa lebih dari sepertiga lahan dunia telah mengalami degradasi akibat aktivitas manusia, seperti pengolahan tanah yang tidak sesuai, penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan, deforestasi, serta eksploitasi sumber daya yang melampaui daya dukung lingkungan. Degradasi lahan tersebut menyebabkan penurunan produktivitas tanah,

berkurangnya cadangan karbon, terganggunya siklus hidrologi, meningkatnya risiko bencana banjir dan longsor, serta menurunnya keanekaragaman hayati. Oleh sebab itu, pengelolaan lahan tidak lagi hanya berorientasi pada peningkatan hasil produksi semata, tetapi juga harus memperhatikan aspek konservasi sumber daya alam, keseimbangan ekosistem, dan keberlanjutan lingkungan bagi generasi mendatang (UNCCD, 2022; FAO, 2021; IPCC, 2023).

Di tengah meningkatnya ancaman perubahan iklim global, sumber daya lahan memegang peranan penting sebagai penyerap karbon (carbon sink) sekaligus sebagai media yang rentan terhadap berbagai dampak perubahan iklim, seperti peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, kekeringan, banjir, intrusi air laut, serta peningkatan kejadian cuaca ekstrem. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa praktik pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan dapat mempercepat degradasi tanah dan meningkatkan emisi gas rumah kaca, sedangkan penerapan sistem pengelolaan lahan berkelanjutan mampu meningkatkan kandungan karbon organik tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta memperkuat kemampuan lahan dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya lahan menjadi salah satu strategi utama dalam mendukung pencapaian pembangunan rendah karbon dan sistem pertanian yang tangguh terhadap perubahan iklim (IPCC, 2023; FAO, 2022; United Nations, 2023).

Konsep pengelolaan sumber daya lahan berkelanjutan (Sustainable Land Management/SLM) menekankan pentingnya pemanfaatan lahan secara optimal tanpa mengurangi kemampuan lahan dalam memenuhi kebutuhan generasi mendatang. Pendekatan ini mengintegrasikan aspek produktivitas ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan sosial melalui penerapan teknologi

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik pertanian Indonesia 2024*. BPS.
- Barba, F. J., Koubaa, M., do Prado-Silva, L., Orlie, V., & Sant'Ana, A. S. (2018). Mild processing applied to preservation of vegetable food products and beverages: Quality, safety, and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 132–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.007>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2021). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- European Commission. (2023). *EU soil strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. European Commission.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture 2022*. FAO. <https://www.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Sustainable land management and digital agriculture*. FAO. <https://www.fao.org>
- Guy, R. (2021). *Extrusion Cooking: Technologies and Applications* (2nd ed.). Woodhead Publishing.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC. <https://www.ipcc.ch>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Statistik lahan pertanian Indonesia 2023*. Kementerian Pertanian RI.
- Liu, Y., Zhang, L., Lu, J., & Xu, Y. (2020). Effect of blanching on the quality of meat products: A review. *Meat Science*, 167, 108164. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108164>

- Mújica-Paz, H., Salazar-González, C., & Barba, F. J. (2021). Advances in aseptic processing and packaging technologies for liquid foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1323–1345. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12698>
- Riaz, M. N. (2018). Extruders in Food Applications. In *Handbook of Food Engineering Practice* (3rd ed.). CRC Press.
- Roland, W. S. U., Pouvreau, L., Gruppen, H., & van Boekel, M. A. J. S. (2020). Heat-induced aggregation of protein: Consequences for processing and nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.014>
- United Nations Convention to Combat Desertification. (2022). *Global land outlook* (2nd ed.). UNCCD. <https://www.unccd.int>
- United Nations. (2023). *The sustainable development goals report 2023*. United Nations. <https://sdgs.un.org>
- United States Department of Agriculture. (2022). *Soil survey manual*. USDA.
- Zhao, Y., Tang, Q., Wang, Y., & Xiong, G. (2019). Effects of blanching treatment on quality attributes and microbial safety of chilled pork. *Journal of Food Safety*, 39(4), e12684. <https://doi.org/10.1111/jfs.12684>

PROFIL PENULIS



Novi Mailidarni, S.TP., M.T

Penulis merupakan Dosen Agroteknologi pada Program Studi Pertanian Universitas Iskandar Muda sejak 14 Februari 2020. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Beberapa buku yang penulis telah hasilkan, di antaranya Pengantar Pertanian dan Metodologi Penelitian. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional, aktif menjadi pemakalah diberbagai kegiatan dan menjadi narasumber pada workshop/seminar/lokakarya tertentu. Hasil penelitian dan pengabdian telah dipublikasikan di jurnal-jurnal nasional terakreditasi. Hingga kini, penulis telah menghasilkan beberapa buku ajar maupun buku referensi serta menjadi reviewer di beberapa jurnal nasional terakreditasi.

Email : novimailidarni92@gmail.com

BAB 3

KESUBURAN TANAH DAN NUTRISI TANAMAN

Ir. Tasliati Djafar, M.P

Universitas Iskandar Muda Banda Aceh

A. PENDAHULUAN

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan produksi pertanian karena berkaitan langsung dengan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang secara optimal. Tanah yang subur tidak hanya menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup, tetapi juga memiliki sifat fisik, kimia, dan biologi yang seimbang sehingga mendukung proses penyerapan nutrisi oleh tanaman. Dalam sistem pertanian modern, kesuburan tanah tidak lagi dipandang sebagai kondisi statis, melainkan sebagai sifat dinamis yang dapat berubah akibat pengelolaan lahan, intensifikasi pertanian, serta pengaruh lingkungan seperti perubahan iklim dan degradasi lahan (FAO, 2022; Brady & Weil, 2021).

Peran kesuburan tanah semakin penting dalam konteks ketahanan pangan global, terutama ketika laju pertumbuhan penduduk terus meningkat dan kebutuhan pangan semakin tinggi. Laporan FAO menunjukkan bahwa degradasi kesuburan tanah menjadi salah satu penyebab utama penurunan produktivitas lahan di berbagai wilayah dunia. Penurunan kandungan bahan organik,

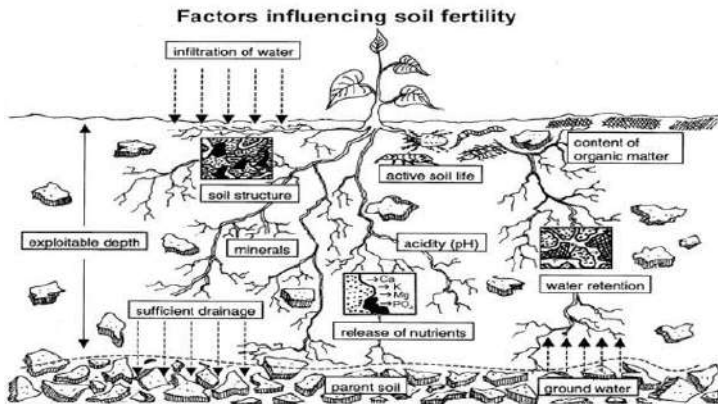
ketidakseimbangan unsur hara, serta penggunaan pupuk kimia yang tidak berimbang telah menyebabkan banyak lahan pertanian mengalami penurunan produktivitas secara signifikan. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan pengelolaan kesuburan tanah yang lebih berkelanjutan, berbasis ilmu pengetahuan, dan ramah lingkungan (FAO, 2022; UNCCD, 2022).

Selain itu, nutrisi tanaman merupakan aspek penting yang tidak dapat dipisahkan dari kesuburan tanah. Tanaman membutuhkan unsur hara makro dan mikro dalam jumlah yang tepat untuk mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, respirasi, pembentukan jaringan, serta reproduksi. Kekurangan atau kelebihan unsur hara dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, penurunan hasil panen, bahkan kematian tanaman. Oleh karena itu, pemahaman mengenai interaksi antara tanah dan tanaman menjadi dasar penting dalam pengelolaan sistem pertanian yang produktif dan berkelanjutan (Marschner, 2021; FAO, 2024).

Di Indonesia, permasalahan kesuburan tanah masih menjadi tantangan utama dalam sektor pertanian. Banyak lahan pertanian mengalami penurunan kualitas akibat pengelolaan yang tidak berimbang, seperti penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan tanpa diimbangi dengan bahan organik, erosi tanah, serta hilangnya unsur hara akibat pencucian (leaching). Selain itu, intensifikasi pertanian tanpa memperhatikan kesehatan tanah juga menyebabkan degradasi struktur tanah dan penurunan aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi ini berdampak langsung terhadap produktivitas pertanian nasional (Kementerian Pertanian RI, 2023; FAO, 2022).

Perubahan iklim global juga turut memperburuk kondisi kesuburan tanah melalui peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, serta meningkatnya frekuensi kejadian ekstrem seperti banjir dan kekeringan. Faktor-faktor tersebut memengaruhi siklus hara

dalam tanah, mempercepat dekomposisi bahan organik, serta meningkatkan risiko kehilangan unsur hara penting. Oleh karena itu, pengelolaan kesuburan tanah saat ini harus mempertimbangkan aspek adaptasi dan mitigasi perubahan iklim agar sistem pertanian tetap produktif dalam jangka panjang (IPCC, 2023).



Gambar 3.1. Komponen utama yang menentukan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. (Sumber: Organic Africa (2023), diadaptasi untuk keperluan pembelajaran).

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, pengelolaan kesuburan tanah tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil produksi, tetapi juga pada pemeliharaan kesehatan tanah (*soil health*). Konsep ini menekankan pentingnya keseimbangan antara komponen fisik, kimia, dan biologi tanah untuk menjaga fungsi ekosistem tanah secara menyeluruh. Pendekatan ini melibatkan penggunaan pupuk organik, pupuk hayati, rotasi tanaman, konservasi tanah dan air, serta pemanfaatan teknologi pertanian presisi untuk mengoptimalkan ketersediaan nutrisi tanaman (FAO, 2024; European Commission, 2023).

Dengan demikian, kesuburan tanah dan nutrisi tanaman merupakan dua aspek yang saling berkaitan dan menjadi fondasi utama dalam sistem produksi pertanian. Pemahaman yang baik

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2021). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- D'Amato, D., Veijonaho, S., & Toppinen, A. (2020). Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. *Forest Policy and Economics*, 110, 101848. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.12.004>
- economy – A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Edwards, P. (2020). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.001>
- European Commission. (2023). *EU soil strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. Publications Office of the European Union. https://environment.ec.europa.eu/strategy/soil-strategy-2030_en
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture 2022: Systems at breaking point*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9910en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Sustainable soil fertility and integrated nutrient management*. FAO. <https://www.fao.org>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2018). The circular
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III*

to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Statistik pertanian 2023*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Klerkx, L., Begemann, S., Camps, A., & Christiaensen, L. (2019). A sustainability transition perspective on food systems transformation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 41, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.001>

Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A–124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>

Marschner, P. (2021). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (4th ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-02403-5>

United Nations Convention to Combat Desertification. (2022). *Global land outlook* (2nd ed.). UNCCD. <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo2>

PROFIL PENULIS



Ir. Tasliati Djafar, M.P

Penulis merupakan Dosen Fakultas Pertanian pada Program Agroteknologi Universitas Iskandar Muda sejak tahun 1993. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Salah satu mata kuliah yang peneliti ampu yaitu matakuliah Fisiologi Tumbuhan, Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Pengelolaan Tanah dan Air Sistim Pertanian Berkelanjutan, Biokimia Tanaman, Dasar-Dasar Agronomi dan Perbanyakan Tanaman. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.

Email: cv.deknong@gmail.com

BAB 4

KONSERVASI TANAH DAN AIR

Dr. Marten Luter Lano, STP., MP

Universitas Kristen Artha Wacana

A. PENDAHULUAN

Tanah dan air merupakan dua sumber daya alam yang menjadi fondasi utama sistem pertanian dan penopang keberlangsungan kehidupan manusia. Dalam sektor pertanian, tanah berfungsi sebagai media tumbuh tanaman, penyedia unsur hara, penyimpan air, serta habitat berbagai organisme yang berperan dalam menjaga kesuburan lahan. Sementara itu, air merupakan faktor produksi yang sangat menentukan pertumbuhan tanaman, proses fisiologis, produktivitas hasil pertanian, serta stabilitas sistem agroekosistem. Ketersediaan tanah yang sehat dan air yang memadai menjadi prasyarat utama untuk mewujudkan pertanian yang produktif dan berkelanjutan (FAO, 2021a).

Namun demikian, berbagai tekanan antropogenik dan perubahan lingkungan telah menyebabkan terjadinya degradasi sumber daya tanah dan air di berbagai wilayah dunia. Degradasi lahan terjadi dalam bentuk erosi, penurunan kandungan bahan organik tanah, pemadatan tanah, salinisasi, pencemaran, dan kehilangan biodiversitas tanah. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) melaporkan bahwa sekitar sepertiga lahan produktif dunia mengalami berbagai bentuk degradasi yang berdampak pada menurunnya kapasitas produksi pertanian dan kualitas lingkungan (FAO, 2021a).

Di sisi lain, sumber daya air menghadapi ancaman berupa peningkatan kebutuhan akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi, industrialisasi, serta perubahan pola penggunaan lahan yang mengurangi kemampuan daerah tangkapan air dalam menyimpan dan mendistribusikan air secara alami.

Kelangkaan air telah menjadi salah satu tantangan global yang semakin serius. Menurut laporan UNESCO (2024), lebih dari dua miliar penduduk dunia hidup di wilayah yang mengalami tekanan air tinggi, sementara sektor pertanian mengonsumsi sekitar 70% dari total penggunaan air tawar global. Kondisi ini menjadi perhatian penting karena meningkatnya kebutuhan pangan di masa depan akan semakin meningkatkan kebutuhan air untuk produksi pertanian.

Konservasi tanah dan air memiliki hubungan yang sangat erat dengan ketahanan pangan. Ketahanan pangan tidak hanya bergantung pada peningkatan produksi pertanian, tetapi juga pada kemampuan menjaga keberlanjutan sumber daya yang menjadi basis produksi tersebut. Tanah yang terdegradasi dan sumber air yang semakin terbatas akan menurunkan produktivitas pertanian, meningkatkan kerentanan petani terhadap gagal panen, serta mengancam stabilitas pasokan pangan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolaan dan konservasi sumber daya tanah dan air merupakan bagian integral dari strategi pembangunan pertanian berkelanjutan yang mendukung ketahanan pangan nasional maupun global (United Nations, 2023).

Selain itu, perubahan iklim semakin memperbesar tantangan dalam pengelolaan sumber daya tanah dan air. Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, meningkatnya frekuensi kekeringan, banjir, dan kejadian cuaca ekstrem lainnya berdampak langsung terhadap produktivitas pertanian dan kualitas sumber daya alam. Laporan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

menegaskan bahwa sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim, terutama di negara-negara berkembang yang sangat bergantung pada sumber daya alam untuk produksi pangan (IPCC, 2023). Dalam konteks tersebut, penerapan prinsip-prinsip konservasi tanah dan air menjadi semakin penting sebagai upaya adaptasi dan mitigasi untuk menjaga keberlanjutan sistem pertanian.

Konservasi tanah dan air merupakan salah satu pilar utama dalam mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga bertujuan menjaga keseimbangan antara produktivitas ekonomi, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Dalam kerangka tersebut, konservasi tanah dan air berperan penting dalam menjaga fungsi ekologis lahan sekaligus menjamin keberlangsungan produksi pangan bagi generasi saat ini maupun generasi mendatang.

Pertama, konservasi tanah dan air berperan dalam menjaga produktivitas lahan pertanian. Praktik konservasi seperti penggunaan tanaman penutup tanah, rotasi tanaman, agroforestri, pengelolaan bahan organik, dan terasering mampu mengurangi erosi, mempertahankan kesuburan tanah, meningkatkan kandungan karbon organik, serta memperbaiki struktur tanah. Dengan demikian, kapasitas lahan untuk mendukung pertumbuhan tanaman dapat dipertahankan dalam jangka panjang (Lal, 2020).

Kedua, konservasi air menjadi kunci dalam menjamin ketersediaan air bagi sektor pertanian. Berbagai teknologi seperti pemanenan air hujan, irigasi hemat air, peningkatan infiltrasi, dan pengelolaan daerah aliran sungai berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mengurangi risiko kekurangan air pada musim kemarau. Upaya ini menjadi semakin penting mengingat

DAFTAR PUSTAKA

- FAO & ITPS (Food and Agriculture Organization & Intergovernmental Technical Panel on Soils). (2022). *Status of the World's Soil Resources: Updated assessment*. Rome: FAO.
- FAO, (2021a). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at Breaking Point*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO, (2021b). *Climate-smart agriculture projects from around the world: Case studies*. Rome: FAO.
- FAO, (2022a). *The state of food and agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems*. Rome: FAO.
- FAO, (2022b). *Water Availability, Food Security and Sustainable Agriculture*. Rome: FAO.
- FAO. (2023). *Digital agriculture and innovation*. Rome: FAO.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A.
- Nair, P. K. R. (2021). *An Introduction to Agroforestry* (Updated Edition). Cham: Springer.
- UNEP, (2022). *Global environment outlook 6: Healthy planet, healthy people*. Nairobi: UNEP.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2024). *United Nations world water development report 2024: Water for prosperity and peace*. Paris: UNESCO.
- United Nations. (2023). *The sustainable development goals report 2023: Special edition*. New York: United Nations.

World Bank. (2021). *Climate-smart agriculture: Investment plans for resilience and sustainability*. Washington, DC: World Bank.

PROFIL PENULIS



Dr. Marten Luter Lano, STP. MP.

Penulis dilahirkan di Bogor, Jawa Barat, pada tanggal 13 Oktober 1968. Penulis menyelesaikan studi S1 di Fakultas Pertanian Universitas Kristen Artha Wacana pada Program Studi Mekanisasi Pertanian pada tahun 1993. Ketertarikan pada bidang pangan, sumber daya alam pertanian dan lingkungan memungkinkan penulis menyelesaikan pendidikan magister (S2) pada tahun 2000 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dalam bidang Teknik Pertanian, Program Studi Teknik Sumber Daya Alam Pertanian. Pendidikan doktoral diselesaikan pada tahun 2024, pada Program Doktor Ilmu Peternakan Universitas Nusa Cendana, dengan konsentrasi kajian penyediaan air bagi wilayah semi-arid untuk budidaya tanaman pangan dan pakan. Penulis aktif sebagai dosen pada Fakultas Teknologi Pertanian, Program Studi Mekanisasi Pertanian sejak tahun 1994 dan menjalankan Tridharma dengan baik. Penulis aktif dalam kegiatan penelitian dengan berbagai skim Dikti, dana internal UKAW, juga aktif dalam kegiatan pengabdian pada masyarakat yang bersumber dari dana Dirjen Dikti untuk berbagai skim, dana NGO, dana CSR Pertamina dan dana internal UKAW. Penulis juga aktif menulis buku ajar, jurnal baik jurnal penelitian maupun pengabdian. lano.marten@gmail.com

BAB 5

PENGELOLAAN HAMA DAN PENYAKIT TERPADU

Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa., M.P

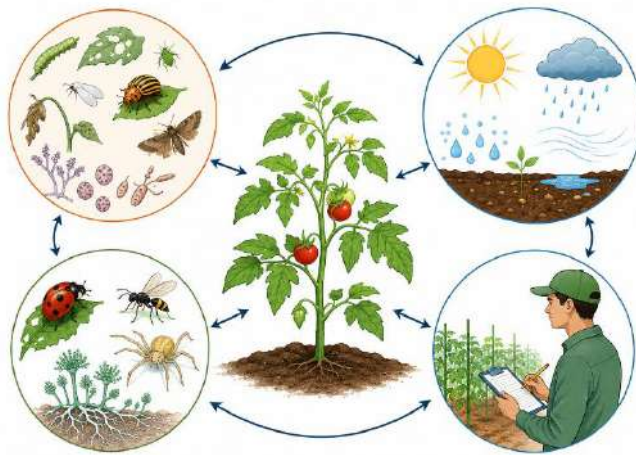
Universitas Muslim Indonesia

A. PENDAHULUAN

Pertanian modern menghadapi tekanan untuk meningkatkan produksi sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Kehilangan hasil akibat serangan, patogen, gulma, nematoda dan vertebrata pengganggu tetap signifikan, sedangkan perubahan iklim, perdagangan dan mobilitas bahan tanaman mempercepat pergeseran wilayah sebar organisme pengganggu. Respons yang hanya mengandalkan pestisida sintesis sering memberikan hasil cepat, tetapi dapat memicu resistensi, resurgensi, ledakan hama sekunder, residu dan gangguan terhadap musuh alami (FAO, 2020: Pretty & Bharucha, 2015).

Di Indonesia, konsep pengendalian hama terpadu memperoleh landasan kuat melalui kebijakan perlindungan tanaman dan pengalaman sekolah lapang. Prinsip dasarnya adalah budidaya tanaman sehat, pelestarian musuh alami, pengamatan agroekosistem secara teratur, serta petani sebagai ahli dan pengambil keputusan di lahannya. Kerangka tersebut perlu diperluas agar pengelolaan penyakit, gulma dan faktor pembatas lain terintegrasi sejak tahap perencanaan budidaya, (Untung, 2006: Oka, 1995).

Istilah PHPT dalam bab ini mencakup pengelolaan hama dan penyakit secara terpadu dengan penekanan pada tindakan pencegahan, pemantauan, diagnosis tepat dan intervensi bertahap. Tujuan akhirnya bukan membuat pertanian steril, melainkan mempertahankan populasi organisme pengganggu atau intensitas penyakit pada tingkat yang tidak menimbulkan kerugian ekonomi yang tidak dapat diterima.



Gambar 5.1. Kerangka hubungan tanaman-organisme pengganggu-lingkungan-manusia

Tantangan Kontemporer

Perubahan pola hujan dan suhu dapat mengubah fenologi serangga, masa inkubasi patogen, ketersediaan inokulum, serta sinkronisasi antara hama dan musuh alaminya. Di sisi lain, sistem monokultur yang luas menyediakan sumber pakan dan inang yang seragam, sehingga memperbesar peluang perkembangan populasi. Tantangan lainnya ialah pemalsuan pestisida, penggunaan dosis tidak tepat, keterbatasan diagnostik lapangan dan rendahnya kontinuitas pencatatan.

B. KONSEP DAN PRINSIP PENGELOLAAN TERPADU

Pengelolaan terpadu adalah proses pengambilan keputusan yang memadukan berbagai teknik secara kompatibel untuk menekan risiko organisme pengganggu dengan dampak minimum terhadap manusia, organisme bukan sasaran dan lingkungan. Kata “Terpadu” menegaskan bahwa pilihan tindakan tidak berdiri sendiri. Varietas tahan, sanitasi, rotasi, pengendalian hayati, mekanis, fisik, perilaku, regulasi dan kimia harus dipertimbangkan sebagai satu sistem (Kogan, 1998: Barzman ela l., 2015).

- 1. Prinsip operasional
 - a. Pencegahan ditempatkan sebelum tindakan kuratif.
 - b. Keputusan didasarkan pada identifikasi yang benar dan data pemantauan.
 - c. Ambang tindakan mempertimbangkan nilai komoditas, biaya pengendalian, fase tanaman dan risiko epidemi.
 - d. Metode nonkimia yang efektif dan layak diprioritaskan.
 - e. Pestisida digunakan secara tepat sasaran, selektif, sesuai label dan menjadi bagian dari strategi pengelolaan resistensi.
 - f. Hasil tindakan dicatat dan dievaluasi untuk perbaikan musim berikutnya.

Tabel 5.1. Perbandingan pendekatan konvensional reaktif dan PHPT

Aspek	Pendekatan reaktif	Pendekatan PHPT
Tujuan	Membunuh organisme pengganggu secepatnya	Menjaga kerusakan di bawah tingkat merugikan
Dasar keputusan	Jadwal atau munculnya gejala	Monitoring diagnosis, ambang dan prakiraan

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems* (2nd ed.). Haworth Press.
- Arifin, S., Sjam, S., & Parawansa, A. K. (2022). Kelimpahan dan keragaman jenis serangga hama jagung di berbagai gudang penyimpanan. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 6(2). <https://doi.org/10.33096/agrotek.v6i2.257>
- Badan Standardisasi Instrumen Pertanian. (2023). *Petunjuk teknis pengendalian organisme pengganggu tanaman pangan*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A. C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J. L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- Campbell, C. L., & Madden, L. V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology*. Wiley.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2020) menjelaskan penyakit utama kakao seperti busuk buah dan VSD serta kaitannya dengan kondisi lingkungan.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura. (2022). *Pedoman pengendalian organisme pengganggu tumbuhan hortikultura ramah lingkungan*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. (2020). Pedoman pengamatan dan pelaporan organisme pengganggu tumbuhan tanaman pangan. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. (2021). Petunjuk teknis pengelolaan hama terpadu tanaman pangan. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Food and Agriculture Organization, & World Health Organization. (2014). International code of conduct on pesticide management. FAO & WHO.
- Food and Agriculture Organization. (2011). Save and grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. FAO.
- Food and Agriculture Organization. (2020). Guidance on integrated pest management for the world's major crop pests and diseases. FAO.
- Fungicide Resistance Action Committee. (2024). FRAC code list 2024: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action. CropLife International.
- Gurr, G. M., Wratten, S. D., Landis, D. A., & You, M. (2017). Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62, 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Hajek, A. E., & Eilenberg, J. (2018). *Natural enemies: An introduction to biological control* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Harni et al. (2019) membahas penggunaan *Trichoderma* spp. dan fungisida nabati untuk pengendalian VSD pada kakao.
- Harun, Y., Parawansa, A. K., & Haris, A. (2022). Kajian patogenisitas *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium* sp. terhadap larva ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung.

- AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian, 6(2).
<https://doi.org/10.33096/agrotek.v6i2.238>
- Insecticide Resistance Action Committee. (2024). IRAC mode of action classification scheme (Version 11.2). CropLife International.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243–270.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>
- Makarim, A. K., & Suhartatik, E. (2009). Morfologi dan fisiologi tanaman padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Marwoto, & Suharsono. (2008). Strategi dan komponen teknologi pengendalian ulat grayak pada tanaman kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4), 131–136.
- Mawar, M., Parawansa, A. K., & Abdullah, A. (2022). Pengaruh konsentrasi dan waktu pemberian ekstrak daun biduri (*Calotropis gigantea*) dalam menekan perkembangan keong mas pada tanaman padi sawah. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 6(2).
- Nuryanto, B. (2018). Pengendalian penyakit tanaman padi berwawasan lingkungan melalui pengelolaan komponen epidemik. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 37(1), 1–8.
- Oka, I. N. (1995). Pengendalian hama terpadu dan implementasinya di Indonesia. Gadjah Mada University Press.
- Parawansa, A. K. (2024). Tanaman jagung untuk petani dan masyarakat. Tahta Media Group.
<https://tahtamedia.co.id/issj/article/view/969>
- Parawansa, A. K., Aslam, A. P., & McMahon, P. J. J. (2025). Influences of environmental knowledge and gender on sustainable

- agriculture. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 52(2).
- Pracaya. (2007). Hama dan penyakit tanaman. Penebar Swadaya.
- Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182. <https://doi.org/10.3390/insects6010152>
- Purnomo, H. (2010). Pengantar pengendalian hayati. Andi.
- Putri, R., Prasetyo, J., Maryono, T., & Dirmawati, S. R. (2022). Pengaruh empat isolat *Trichoderma* spp. terhadap penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(2), 177–184. <https://doi.org/10.23960/jat.v10i2.5873>
- Semangun, H. (2007). Penyakit-penyakit tanaman hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press.
- Semangun, H. (2008). Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia (2nd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Soesanto, L. (2008). Pengantar pengendalian hayati penyakit tanaman. Rajawali Pers.
- Sulfitri, N. F., Parawansa, A. K., & Gani, M. S. (2024). Isolasi dan intensitas serangan penyakit bulai pada tanaman jagung. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(1).
- Suryanto, A. (2019). Teknologi produksi tanaman budidaya. UB Press.
- Taufiq (2014) menjelaskan pengendalian terpadu busuk buah kakao melalui varietas unggul, budidaya, pemangkasan, pengamatan, sanitasi, agens hayati, fungisida nabati, dan pestisida sintetik secara bijaksana.
- Untung, K. (2006). Pengantar pengelolaan hama terpadu (2nd ed.). Gadjah Mada University Press.

- Wigenasantana, M. S. (2001). Epidemiologi penyakit tumbuhan. Gadjah Mada University Press.
- World Health Organization. (2020). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019. WHO.
- Yaherwandi, Manuwoto, S., Buchori, D., Hidayat, P., & Prasetyo, L. B. (2007). Keanekaragaman komunitas Hymenoptera parasitoid pada ekosistem padi. HAYATI Journal of Biosciences, 14(1), 10–16.

PROFIL PENULIS



Dr. Ir. Ayu Kartini Parawansa, M.P.

Penulis merupakan Dosen Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bioremediasi Lahan Tambang, Universitas Muslim Indonesia (UMI) sejak tahun 1993 dan saat ini memiliki jabatan akademik Lektor Kepala. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana, Magister, dan Doktor di Universitas Hasanuddin, dengan bidang keahlian utama patologi tumbuhan (fitopatologi), perlindungan tanaman, penyakit tanaman, dan epidemiologi tanaman. Dalam pengembangan kompetensi akademik dan profesional, penulis telah mengikuti berbagai kegiatan penelitian dan pelatihan nasional maupun internasional, termasuk keterlibatan dalam ACIAR Project HORT 2010/011, *Sandwich Program* di La Trobe University, Australia, serta program *Community Development Leadership by Women and Community Driven Impact Assessment* di Coady International Institute, St. Francis Xavier University, Kanada. Penulis juga aktif dalam organisasi profesi bidang fitopatologi dan pernah memimpin Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komisariat Daerah Sulawesi Selatan. Selain aktif dalam pengajaran, penulis secara konsisten melaksanakan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, khususnya pada bidang penyakit tanaman, budidaya dan keberlanjutan kakao, perlindungan tanaman, pemberdayaan petani, serta literasi keuangan masyarakat. Hasil penelitiannya telah dipublikasikan pada berbagai jurnal nasional dan internasional, termasuk penelitian mengenai praktik pertanian berkelanjutan pada komunitas petani kakao di Sulawesi. Penulis juga

aktif mengikuti seminar, konferensi, pelatihan, dan kegiatan ilmiah pada tingkat nasional maupun internasional.

Email: ayukartini.parawansa@umi.ac.id

BAB 6

PERTANIAN ORGANIK DAN RAMAH LINGKUNGAN (PRINSIP, PRAKTIK, DAN PENERAPAN DI WILAYAH PESISIR DAN KEPULAUAN)

Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si
Universitas Maritim Raja Ali Haji

A. PENDAHULUAN

Pertanian organik dan ramah lingkungan mencakup beragam pendekatan pertanian yang disatukan oleh komitmen bersama untuk bekerja selaras dengan, bukan melawan, proses ekologi alam mulai dari pertanian tanah organik klasik dan agroforestri hingga desain permakultur, hidroponik, akuaponik, dan pengelolaan nutrisi sirkular. Pendekatan-pendekatan ini semakin mendapatkan kredibilitas ilmiah seiring dengan semakin jelasnya keterbatasan pertanian konvensional yang intensif bahan kimia dan berpusat pada monokultur yaitu degradasi tanah, pencemaran air, hilangnya keanekaragaman hayati pertanian, dan emisi gas rumah kaca kini telah didokumentasikan dengan baik sebagai dampak eksternal dari pertanian industri konvensional di seluruh dunia (Gliessman, 2014; FAO, 2021). Kebutuhan mendesak untuk melakukan transisi ini diakui dalam kerangka kerja internasional, termasuk Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 2 dan 15).

Transisi menuju pertanian organik di Indonesia berlangsung secara bertahap namun semakin cepat. Program nasional “1.000 Desa Pertanian Organik” yang diluncurkan oleh Kementerian Pertanian bertujuan untuk mendukung pengenalan pertanian organik di 1.000 desa dan mengembangkan pertanian organik di 1.000 desa lainnya hingga tahun 2024, yang mencerminkan semakin meningkatnya pengakuan kebijakan akan perlunya mengurangi ketergantungan pada input sintetis (Springer, 2019). Namun, pelaksanaan program-program semacam itu di provinsi-provinsi kepulauan yang terfragmentasi secara geografis masih kurang terdokumentasi dan belum cukup disesuaikan dengan realitas agroekologis dan logistik khusus lingkungan kepulauan.

Tantangan ini terasa sangat mendesak khususnya wilayah-wilayah pesisir dan kepulauan di Indonesia. di mana ketersediaan lahan daratan secara struktural terbatas dan sistem ekologi sangat terkait erat dengan dinamika laut. Provinsi Kepulauan Riau, yang didirikan pada tahun 2002 dan terdiri dari 1.796 pulau dengan luas daratan total 8.708,73 km², menghadapi kendala struktural di bidang pertanian antara lain keterbatasan lahan subur, kualitas tanah yang buruk di sebagian besar wilayahnya, ketergantungan yang tinggi pada impor pangan, serta warisan ekologis dari penambangan bauksit selama puluhan tahun di pulau-pulau utama termasuk Bintan dan Karimun (BPS Kepulauan Riau, 2024). Justru kendala-kendala inilah yang menciptakan kondisi di mana pendekatan organik dan agroekologi dapat menunjukkan keunggulan komparatifnya mengubah kedekatan dengan laut, kelimpahan biomassa pesisir, dan modal sosial masyarakat menjadi aset produktif, bukan beban.

B. AGROFORESTRI PESISIR DAN HUTAN MANGROVE: MODEL SILVOFISHERY

1. Dasar Ekologis dan Desain Sistem

Silvofishery adalah sistem pemanfaatan lahan pesisir terpadu di mana vegetasi mangrove dan kolam budidaya air payau secara sengaja digabungkan dalam satu unit lanskap yang dikelola. Dasar pemikiran ekologisnya terletak pada hubungan yang terdokumentasi dengan baik antara ekosistem mangrove dan produktivitas perikanan pesisir yaitu mangrove menyediakan habitat pembesaran, sumber makanan melalui serasah daun dan komunitas invertebrata, pengaturan kualitas air melalui penyaringan dan naungan, serta penyangga fisik terhadap gelombang (Mustafa et al., 2024). Ketika hutan mangrove ditanam di dalam atau di sekitar kolam budidaya, layanan-layanan ini dimanfaatkan secara langsung dalam sistem produksi dekomposisi serasah daun mangrove mendorong pertumbuhan udang, sistem akar menyerap kelebihan nitrogen dan fosfor, serta kanopi mangrove mengurangi fluktuasi suhu air yang dapat menimbulkan stres pada populasi ikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Mustafa dkk. (2024) di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, mendokumentasikan bahwa kolam silvoperkebunan dengan komponen hutan mangrove yang utuh menunjukkan stabilisasi kualitas air yang jauh lebih baik terutama dalam hal pengaturan salinitas, oksigen terlarut, dan penyangga pH yang semuanya terkait langsung dengan produktivitas budidaya perikanan. Sebuah studi penting mengenai kuantifikasi jasa ekosistem di kawasan silvoperkebunan perikanan Blanakan, Jawa Barat, menemukan bahwa nilai gabungan dari penyerapan karbon, produktivitas perikanan, dan jasa berbasis alam secara substansial melebihi nilai kolam

DAFTAR PUSTAKA

- Agroforestry Systems. (2025). Economic and environmental sustainability in silvofishery of mangrove ecosystem in Ogan Komering Ilir Protected Forest, Indonesia. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01305-6>
- Allouzi, M. M. A., Allouzi, S. M. A., Keng, Z. X., Supramaniam, C. V., Singh, A., & Chong, S. (2022). Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture. *Heliyon*, 8(12), e12609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12609>
- Arista, R., Nur, M., & Haryono, E. (2024). Ebb and flow hydroponic system for coastal communities food security. *Journal of Marine Problem and Threats (JMarPT)*, 1(2), 76-85. <https://doi.org/10.61511/jmarpt.v1i2.2024.1665>
- Bertham, Y. H., Nur, A., & Widodo. (2025). Enhancing soil carbon stocks and soybean yields in coastal areas through the application of biofertilizers. *Sains Tanah: Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 22(1). <https://doi.org/10.20961/stjssa>
- BPS Kepulauan Riau (Statistics of Riau Islands Province). (2024). Agricultural potential of Kepulauan Riau Province: A portrait of Kepulauan Riau fisheries. BPS Kepulauan Riau.
- Cahyadi, A., Sidabutar, E., & Amelia, R. (2024). Ecological analysis of post-mining bauxite void waters in Bintan Regency based on water quality parameters. *Environmental Science and Management*.
- Darwin, Bulan, R., Putra, B. S., & Rizal, M. (2025). Community empowerment in the coastal area of Banda Aceh City by introducing organic waste management for generating biofertilizer. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2). <https://jurnal.stie.asia.ac.id/index.php/jpm>

- Explorative Study of Aquaponics Systems in Indonesia. (2021). Sustainability, 13(22), 12685. <https://doi.org/10.3390/su132212685>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). Sustainable food and agriculture: Pathways to scale. FAO.
- Ghaffar, A., Abbas, A., Afzal, K., Batool, K., Nawaz, B., Zafar, L., Shaheen, H., Sajid, S. A., & Yasin, R. (2024). Innovations in aquaponics technology and building sustainable infrastructure for agriculture. Indonesian Journal of Agriculture and Environmental Analytics, 3(2), 121-134. <https://doi.org/10.55927/ijaea.v3i2.11123>
- Gliessman, S. R. (2014). Agroecology: The ecology of sustainable food systems (3rd ed.). CRC Press.
- Hapsari, M. (2023). Environmental governance as knowledge co-production: The emergence of permaculture movements in Indonesia. In A. Triyanti, M. Indrawan, L. Nurhidayah, & M. A. Marfai (Eds.), Environmental Governance in Indonesia. Environment & Policy (Vol. 61). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15904-6_12
- Harahab, N. (2023). Sustainability of mangrove forest management in the former bauxite mining area on Bintan Island. F1000Research, 11, 179. <https://doi.org/10.12688/f1000research>
- Hardi, E. H., Susmiyati, H. R., Diana, R., Palupi, N. P., Agriandini, M., Saptiani, G., Asikin, A. N., Safitri, M. A., Sihite, D., & Agustina, A. (2023). A comparison of the silvofishery models for mangrove restoration in East Kalimantan. Proceedings of the 2022 Brawijaya International Conference (BIC 2022), 614-626. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-140-1_61

- Hirschfeld, S., & Van Acker, R. (2022). Permaculture as a design approach for strengthening agroecosystems. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(2), 165-193.
- Holmgren, D. (2020). *RetroSuburbia: The downshifter's guide to a resilient future*. Melliodora Publishing.
- Intechopen. (2025). Organic fertilizer: Indonesia's legacy for a sustainable future. In *Organic Fertilizers - Innovations and Use in Agriculture*. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/1211673>
- Ismail, K., Setiawan, T., Lestari, F., & Habibah, S. N. (2023). The Food Accessibility of Fishermen's Households in Small and Outermost Islands with Social Network Analysis. *Journal of Marine and Island Cultures*, 12(1). <https://doi.org/10.21463/jmic.2023.12.1.08>
- Journal of Biologi Tropis. (2025). The application of liquid organic fertilizer increasing the productivity of pakchoy plants in soil with low nutrient content. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JBT>
- Khodijah, I., Lestari, F., Setiawan, T., Habibah, S. N., Zulfikar, A., & Lumbantoruan, L. H. (2023). The Institutional Social Role for Maritim Village's Food Stability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1148(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1148/1/012033>
- Lahay, R. R., Purba, E., Rahmawati, M., & Lubis, K. S. (2024). The role liquid biofertilizer dosage and time of fertilization to increase kailan growth and production in supporting organic farming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1413, 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1413/1/012020>
- Mollison, B. (1988). *Permaculture: A designers' manual*. Tagari Publications.
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., Harnowo, D., & Agus, F. (2023). Potential land reserves for agriculture in Indonesia: Suitability and legal

- aspect supporting food sufficiency. *Land*, 12(5), 970.
<https://doi.org/10.3390/land12050970>
- Mustafa, A., Sahlan, M., & Abdulkadir, S. Y. (2024). Exploring environmental condition of silvofishery pond to support the sustainability of mangrove management in Berau Regency, Indonesia. *Environmental Research Communications*, 6, 095008. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ad6823>
- Napoleon, A., Sulistiyan, D. P., Bakri, & Warsito. (2023). Quality of physical and chemical properties of liquid organic fertilizer from tofu liquid waste with banana hump mol decomposer. *Sriwijaya Journal of Environment*, 8(1), 58-63.
<https://doi.org/10.22135/sje.2023.8.1.58-63>
- Pardilho, S., Cotas, J., Pacheco, D., Bahcevandziev, K., Pereira, L., Oliveira, M. B., & Maia Dias, J. (2023). Back to the origins: Potential of beach-cast macroalgae as biofertilizer. *Applied Sciences*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/app13063600>
- Perception of Mangrove Ecosystem Conservation: A Case of Silvofishery in East Kalimantan, Indonesia. (2025). bioRxiv.
<https://doi.org/10.1101/2025.03.25.645347>
- Putro, H. P., & Miyaura, R. (2020). Indonesian permaculture: Factors shaping permaculture farm systems in humid tropical Indonesia. *Tropical Agriculture and Development*, 64(3), 113-124.
- Rajaseger, G., Chan, K. L., Tan, K. Y., Ramasamy, S., Khin, M. C., & Amaladoss, A. (2023). Hydroponics: Current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19(9), 925-938.
<https://doi.org/10.6026/97320630019925>
- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (8th ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003133254>

- Resources. (2024). Coastal acid-sulfate soils of Kalimantan, Indonesia, for food security: Characteristics, management, and future directions. *Resources*, 13(3), 36. <https://doi.org/10.3390/resources13030036>
- Saputra, R., Ismail, K., Apdillah, D., Raja, M., Haji, A., & Riau, K. (2025). An Examination of Climate Change Phenomena in Coastal Areas and Small Islands (Case Study : Mapur Island , Bintan Regency) *Kajian Fenomena Perubahan Iklim Pada Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil (Pulau Mapur Kabupaten Bintan)*. 10, 58–74.
- Seaweed Biofertilizer Review. (2025). Harnessing seaweed biofertilizers for integrated aquaculture-agriculture: Advancing environmental sustainability and productivity. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02252-w>
- Subrata, B. A. G., & Junaid, A. A. (2022). Utilizing the potential of coastal sand marginal land resources in the framework to improve food security post-COVID-19 pandemic in Indonesia. In R. Trialih et al. (Eds.), *Indonesia post-pandemic outlook: Environment and technology role for Indonesia development* (pp. 175-190). BRIN Publishing. <https://doi.org/10.55981/brin.538.c510>
- Sumarga, E., Rosleine, D., Hutajulu, G., Plaurint, R., Basyuni, M., Larekeng, S., Taqiyudin, M., Shohihah, N., & Ali, H. (2024). Quantification of ecosystem services from mangrove silvofishery. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(3), 1333-1344. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.03.23>
- Sustainable Seaweed Compost. (2025). Sustainable management of invasive algal waste (*Caulerpa prolifera*): Biomass compost for nitrogen reduction in vulnerable coastal area. *Agronomy*.
- Sutrisno, E., Basyuni, M., & Puspita, M. (2024). Current biodiversity status, distribution, and prospects of seaweed in Indonesia: A

- systematic review. *Journal of Marine and Island Cultures*, 13(3). <https://jmic.online/issues/v13n3/8/>
- Tay Juhana Foundation. (2025). Suboptimal land agriculture: Optimization of land management. TJF Knowledge Series. <https://tayjuhanafoundation.org/berita/suboptimal-land-agriculture/>
- Wasis, B., Fathia, N., & Andika, R. (2018). Impact of bauxite mine to natural forest biomass and soil properties in Kas Island, Riau Island Province in Indonesia. *Annals of Agroecology and Environmental Science*, 3(3), 44-48.
- Wibawa, D. P., Wulandari, A., & Saputra, H. M. (2025). Urban farming: Hydroponic alternative solution to utilize narrow land to increase food security in island regions. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 9(1), 116-122.

PROFIL PENULIS



Dr. Ir. Hj. Khodijah Ismail, M.Si

Penulis merupakan Dosen Senior pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan pada Universitas Maritim Raja Ali Haji Kota Tanjungpinang sejak tahun 2007 sampai sekarang. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya

penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian. Penulis juga merupakan tenaga ahli pada NGO Fisherwomen Centre Indonesia. Beberapa buku yang penulis telah hasilkan, di antaranya Aset-aset Penghidupan Berkelanjutan Pada Masyarakat Pesisir, Kajian Ketahanan Pangan Desa Maritim Dengan Pendekatan R Studio, Penyuluhan Perikanan, Aplikasi Sirkular Ekonomi: Teknologi Tepat Guna Olah Limbah Rumah Tangga, Buku Ajar Demografi, Perencanaan Program Penyuluhan Perikanan, dan berbagai Book Chapter lainnya. Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional. Penulis juga aktif menjadi pemakalah diberbagai kegiatan dan menjadi narasumber pada workshop/seminar/lokakarya tertentu.

Email: khodijah@umrah.ac.id

Publikasi: <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/6001129>

Akun Akademik:

Publon/WoS : AAR-3365-2020

ORCID ID : 0000-0002-2040-8615

SINTA ID : 6001129

Scopus ID : 58808121600

Akun Medsos:

<https://khodijahismail.id>

https://www.instagram.com/kyouju_khodijahismail/

<https://www.facebook.com/khodijahiismail>

<https://www.linkedin.com/in/khodijahismail/>

<https://www.researchgate.net/profile/Khodijah-Ismail>

BAB 7

PERUBAHAN IKLIM DAN ADAPTASI PERTANIAN DI LAHAN SUBOPTIMAL

Sayyidah Nur Habibah S.T M.Si

Yayasan Asa Biru Hijau

A. PENDAHULUAN

Pertanian menjadi penopang mata pencaharian lebih dari dua miliar orang di seluruh dunia dan tetap menjadi sektor dasar produksi pangan bagi populasi global yang terus bertambah. Namun, sistem pertanian termasuk yang paling rentan terhadap variabilitas iklim dan perubahan jangka panjang. Meningkatnya suhu, perubahan pola curah hujan, peristiwa cuaca ekstrem yang semakin sering terjadi, serta kenaikan permukaan laut telah memberikan tekanan yang dapat diukur terhadap hasil panen, produktivitas ternak, dan kesejahteraan sosial-ekonomi pedesaan. Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC), dalam Laporan Penilaian Keenam (AR6)-nya, menyimpulkan bahwa bahaya terkait iklim telah meningkat secara signifikan dan bahwa hampir setengah dari populasi global kini tinggal di wilayah yang sangat rentan terhadap perubahan iklim (IPCC, 2022).

Suhu rata-rata global dari Juni 2023 hingga Mei 2024 mencapai rekor tertinggi sebesar 1,63 derajat Celcius di atas nilai acuan periode 1850–1900, dan para ahli memperkirakan bahwa ambang batas 1,5 derajat Celcius dapat terlampaui dalam lima tahun ke depan

(Organisasi Meteorologi Dunia [WMO], 2024). Di bidang pertanian, efek gabungan dari panas dan kekeringan telah mengurangi hasil panen rata-rata global jagung, kedelai, dan gandum masing-masing sebesar 11,6%, 12,4%, dan 9,2%, dibandingkan dengan skenario kontrafaktual tanpa perubahan iklim (UNDP, 2022). Pada saat yang sama, permintaan pangan global diproyeksikan akan meningkat setidaknya 50% pada tahun 2050 (Falcon dkk., 2022), sehingga memberikan tekanan yang belum pernah terjadi sebelumnya terhadap kapasitas sistem pertanian untuk beradaptasi.

Negara-negara tropis seperti Indonesia menghadapi beban ganda: mereka termasuk di antara wilayah yang paling rentan terhadap perubahan iklim di Bumi, dan sangat bergantung pada pertanian baik untuk ketahanan pangan maupun pertumbuhan ekonomi. Dampak perubahan iklim juga dirasakan oleh Masyarakat di Kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil, ini mempengaruhi secara signifikan terhadap penghidupan berkelanjutan rumah tangga (Khodijah, 2014). Riset terkini di Kepulauan Riau menegaskan bahwa komunitas pulau-pulau kecil menanggung beban kerentanan pangan yang berlapis: masyarakat di pulau-pulau terluar seperti Pulau Mapur, Kabupaten Bintan, sangat bergantung pada jaringan distribusi pangan yang tidak dapat diandalkan, dan akses pangan rumah tangga miskin menjadi sangat rentan terhadap gangguan cuaca ekstrem yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim. Provinsi Kepulauan Riau berada di peringkat ke-30 dari 34 provinsi dalam Indeks Ketahanan Pangan nasional, dengan skor 63,26, sementara komunitas terluar mencatat skor lebih rendah lagi (Ismail dkk., 2023). Sektor pertanian Indonesia menyerap sekitar sepertiga angkatan kerja nasional, dengan 93% produsen diklasifikasikan sebagai usaha keluarga kecil (Bank Dunia, 2021). Perubahan iklim di Indonesia tercermin melalui intensitas curah hujan yang tidak menentu, kekeringan berkepanjangan yang terkait

dengan fenomena El Nino, banjir yang dipicu oleh La Niña, serta meningkatnya genangan di wilayah pesisir yang semuanya mengganggu siklus pertanian yang optimal dan mengancam hasil panen (Suranny dkk., 2022).

Dalam konteks nasional ini, Provinsi Riau menonjol sebagai wilayah di mana tantangan adaptasi iklim bersinggungan dengan kompleksitas pertanian di lahan suboptimal. Riau dikaruniai hamparan luas lahan gambut dan rawa pasang surut yang diklasifikasikan sebagai lahan suboptimal karena karakteristik biofisiknya memerlukan intervensi pengelolaan yang substansial untuk mendukung pertanian yang produktif. Budidaya kelapa (*Cocos nucifera* L.) di lahan-lahan ini merupakan sumber mata pencaharian utama bagi ratusan ribu keluarga petani kecil sekaligus sistem yang semakin tertekan oleh variabilitas iklim. Artikel ini secara sistematis mengkaji tantangan-tantangan yang saling tumpang tindih ini dan mengusulkan jalur adaptasi berbasis bukti.

B. PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA TERHADAP PERTANIAN GLOBAL DAN TROPIS

1. Tren Iklim yang Diamati dan Diproyeksikan

Konsensus ilmiah mengenai tren perubahan iklim telah semakin menguat selama dekade terakhir. Menurut laporan Kelompok Kerja II Laporan Penilaian Keenam (AR6) IPCC, pemanasan yang teramati telah menimbulkan dampak di seluruh wilayah di Bumi, dengan zona pertanian tropis dan subtropis mengalami dampak yang jauh lebih parah (IPCC, 2022). Suhu rata-rata tahunan di wilayah-wilayah tempat tanaman pangan utama dibudidayakan telah meningkat, dan tren pemanasan ini diproyeksikan akan semakin cepat di bawah semua skenario emisi

DAFTAR PUSTAKA

- Estiningtyas, W., Mulyani, A., Sumaryanto, & Kertiwa, B. (2021). Assessing the vulnerability of food farming system to support climate change adaptation: A case study in Java, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 648, 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012001>
- Estiningtyas, W., Syahbuddin, H., Harmanto, Pramudia, A., & Dermoredjo, S. K. (2024). Climate change impacts, adaptation and mitigation in the agricultural sector. Global Journal of Environmental Science and Management, 10(4), 1-20. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.04.01>
- Exploring the relationship between land characteristics and the sustainable growth of coconut cultivation in Indonesia. (2024). Asian Journal of Agriculture and Rural Development, 14(4), 147-166. <https://doi.org/10.55493/5005.v14i4.5222>
- Falcon, W. P., Naylor, R. L., & Shankar, N. D. (2022). Rethinking global food demand for 2050. Population and Development Review, 48(4), 921-957. <https://doi.org/10.1111/padr.12508>
- Global Center on Adaptation. (2024). Coconut resilience: How Indonesia's farmers are combating climate change. GCA. <https://gca.org/coconut-resilience-how-indonesias-farmers-are-combating-climate-change/>
- Hermansyah, H., Ismail, K., & Novalina, S. (2026). The sustainability of the climate village program to support food security for coastal communities in Tanjungpinang City. Asian Journal of Ocean and Applied Sciences (AJOAS), 9(2). Universitas Riau.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment

Report of the IPCC. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009325844>

- Irham, I., Fachrista, I. A., Masyhuri, M., & Suryantini, A. (2022). Climate change adaptation strategies by Indonesian vegetable farmers: Comparative study of organic and conventional farmers. *International Journal of Agronomy*, 2022, Article 3590769. <https://doi.org/10.1155/2022/3590769>
- Ismail, K., Setiawan, T., Lestari, F., & Habibah, S. N. (2023). The food accessibility of fishermen's households in small and outermost islands with social network analysis. *Journal of Marine and Island Cultures*, 12(1), 135–152. <https://doi.org/10.21463/jmic.2023.12.1.08>
- Khaswarina, S., Yulida, R., & Rapiqi, M. (2024). Analysis of farmers income and welfare: Deep coconut (*Cocos nucifera* L) in Keritang District, Indragiri Hilir Regency. *Jurnal Agrisep*, 23(01), 241-258. <https://doi.org/10.31186/jagrisep.23.01.241-258>
- Khodijah. (2014). Sustainable livelihoods of fishermen households headed by women (case study in Riau Islands Province of Indonesia). *Asian Social Science*, 10(9), 187–196. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n9p187>
- Kontribusi pertanian berkelanjutan di lahan suboptimal terhadap aspek lingkungan dan sosial-ekonomi di Kecamatan Pulau Burung, Provinsi Riau. (2022). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 27(1), 1-12. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.1>
- Li, Z., Huang, X., Yang, Z., & Wang, F. (2025). Identification of key genes and signaling pathways in coconut (*Cocos nucifera* L.) under drought stress via comparative transcriptome analysis. *BMC Plant Biology*, 25, Article 476. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06554-2>
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., Harnowo, D., & Agus, F. (2023). Potential land reserves for agriculture in Indonesia: Suitability and legal

- aspect supporting food sufficiency. *Land*, 12(5), 970. <https://doi.org/10.3390/land12050970>
- Mustaqim, M., Herlon, M., Rifa'i, A., Rosnita, R., Yulida, R., Muwardi, D., & Ridho, Z. (2025). Social structure, actor relations, and challenges in the development of the coconut coir industry in Indragiri Hilir Regency. *Agripreneur: Jurnal Pertanian Agribisnis*, 14(2), 1-15.
- Nuwarapaksha, T. D., Udumann, S. S., Dissanayaka, N. S., & Atapattu, A. J. (2026). Climate change impacts and adaptation strategies in coconut plantations: Integrating remote sensing and real-time monitoring. *Frontiers in Climate*, 8, Article 1762364. <https://doi.org/10.3389/fclim.2026.1762364>
- Purnomo, A., Sari, R. N., & Wahyuni, S. (2023). Overcoming degradation and increasing the value of peatland benefits through the cultivation of pineapple in Riau Province, Indonesia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 18(4), 1179-1186. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180422>
- Rahman, M. S., Toiba, H., & Huang, W.-C. (2021). The impact of climate change adaptation strategies on income and food security: Empirical evidence from small-scale fishers in Indonesia. *Sustainability*, 13(14), Article 7905. <https://doi.org/10.3390/su13147905>
- Rezaei, E. E., Webber, H., Asseng, S., Boote, K., Durand, J. L., Ewert, F., Martre, P., & MacCarthy, D. S. (2023). Climate change impacts on crop yields. *Nature Reviews Earth and Environment*, 4(12), 831-846. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00491-0>
- Suranny, L. E., Widodo, S., Ananda, C. F., & Sukesu, K. (2022). Impact of climate change on the agriculture sector and its adaptation strategies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1016, 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012038>

- United Nations Development Programme (UNDP). (2022). 8 key messages about climate risks to agrifood systems from the IPCC's Sixth Assessment Report. UNDP Climate Change Adaptation. <https://www.adaptation-undp.org/8-key-messages-about-climate-risks-agrifood-systems-ipccs-sixth-assessment-report>
- Wahyudi, A., Ardana, I. K., Aunillah, A., Rianto, B., Anggoro, U. K., Hasibuan, A. M., Mardiharini, M., Indrawanto, C., Wardono, B., Sujianto, Ermiati, Sudjarmoko, B., Listyati, D., & Ferry, Y. (2025). Building sustainable and resilient coconut supply chains in remote areas: A study from Riau Province, Indonesia. *Sustainable Futures*, 9, 100709. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100709>
- World Bank. (2021). Climate smart agriculture in Indonesia. World Bank.
- World Meteorological Organization (WMO). (2024). WMO global annual to decadal climate update: Target years 2024 and 2024-2028. WMO.
- World Resources Institute (WRI). (2022). 6 big findings from the IPCC 2022 report on climate impacts, adaptation and vulnerability. WRI. <https://www.wri.org/insights/ipcc-report-2022-climate-impacts-adaptation-vulnerability>

PROFIL PENULIS



Sayyidah Nur Habibah merupakan peneliti dan manajer riset yang memiliki keahlian di bidang lingkungan hidup, keberlanjutan, dan tanggung jawab sosial perusahaan (Corporate Social Responsibility/CSR). Ia menyelesaikan pendidikan sarjana pada bidang Teknik Informatika Kelautan dan pendidikan magister pada bidang Pengelolaan

Sumber Daya Alam Terpadu, dengan penelitian tesis yang berfokus pada efektivitas pengelolaan kawasan konservasi padang lamun di Pulau Bintan, Kepulauan Riau. Pengalaman profesionalnya mencakup koordinasi penelitian dan pelaksanaan riset lapangan di sektor kelautan dan lingkungan hidup. Sebagai Manajer Penelitian dan Pengembangan (Research and Development Manager) di KBUMN Foundation, ia berperan dalam merancang sistem manajemen penelitian, mengawasi pelaksanaan program CSR, serta membangun kemitraan lintas sektor dengan berbagai organisasi internasional, seperti USAID, UNDP, ASEAN, dan Temasek Singapura, serta sejumlah kementerian di Indonesia. Dalam peran profesionalnya saat ini, ia terus berkontribusi pada bidang-bidang tersebut. Dalam bidang akademik, ia telah berkontribusi sebagai penulis bersama dalam sejumlah artikel ilmiah yang diterbitkan pada jurnal bereputasi melalui proses penelaahan sejawat (peer review). Ia juga aktif dalam berbagai kegiatan yang berkaitan dengan konservasi laut, tata kelola sumber daya alam, dan keadilan lingkungan. Di luar aktivitas profesional dan akademiknya, ia memiliki kegemaran melakukan perjalanan alam, mendaki gunung, serta membaca buku nonfiksi bertema lingkungan dan isu-isu sosial.

BAB 8

TEKNOLOGI PERTANIAN PRESISI

Andi Danata AR, S.P., M.Si.

Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Lampung

A. PENDAHULUAN: KRISIS PERTANIAN DAN PANGAN GLOBAL

Sistem pertanian global pada dekade ketiga abad ke-21 dihadapkan pada persimpangan jalan krusial yang ditandai oleh fenomena "trilema pangan global". Trilema ini mencakup tiga tekanan yang saling berinteraksi secara komposit: keharusan mendesak untuk memacu produksi pangan global sebesar 60% guna memenuhi kebutuhan nutrisi estimasi 9,7 miliar populasi manusia pada tahun 2050 (FAO, 2022), penurunan laju ketersediaan serta kualitas sumber daya alam dasar (tanah dan air) akibat degradasi lingkungan masif, serta ancaman ketidakpastian iklim global yang mempersempit margin resiliensi ekosistem pertanian tradisional.

Dalam konteks historis, modernisasi pertanian melalui Revolusi Hijau pada pertengahan abad ke-20 memang berhasil menaikkan kapasitas produksi pangan secara signifikan lewat adopsi varietas unggul, mekanisasi masif, irigasi skala besar, dan pengaplikasian pupuk serta pestisida sintetik secara melimpah. Namun, keberhasilan kuantitatif tersebut dibayar mahal oleh munculnya eksternalitas negatif lingkungan yang berkepanjangan. Praktik manajemen pertanian konvensional yang berlandaskan pada pendekatan pengelolaan seragam (*uniform management*) mengasumsikan bahwa

satu petak lahan atau kawasan ekologi memiliki karakteristik biofisik yang serba homogen. Dalam pendekatan homogen ini, dosis penambahan input produksi seperti pupuk nitrogen, fosfor, kalium, bahan pembenah tanah, air irigasi, serta senyawa proteksi tanaman—diaplikasikan secara konstan dan merata di seluruh bentang lahan. Implikasi utama dari pendekatan homogenitas ini adalah timbulnya kalkulasi misalokasi input secara masif.

Pada titik-titik area lahan yang secara alami memiliki status kesuburan tinggi, penambahan pupuk dengan dosis konstan berujung pada kondisi kelimpahan berlebih (*over-fertilization*), sedangkan pada titik-titik area yang mengalami defisiensi hara parah, aplikasi dosis rata-rata tidak mencukupi kebutuhan ambang kritis tanaman (*under-fertilization*). Ketidakefisienan akibat *uniform management* menciptakan depresi kinerja ekologis maupun ekonomi yang parah. Aplikasi pupuk dan pestisida yang melampaui kapasitas retensi tanah serta daya serap sistem perakaran tanaman memicu terjadinya proses pencucian hara (*leaching*) ke dalam lapisan akuifer air tanah, limpasan permukaan (*surface runoff*) yang mengangkut residu kimia ke ekosistem akuatik, serta peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) secara drastis. Gas dinitrogen oksida (N₂O), sebagai produk sampingan dari proses denitrifikasi nitrogen anorganik yang berlebih di dalam tanah, memiliki potensi pemanasan global (*Global Warming Potential*) sekitar 273 kali lebih tinggi dibandingkan karbondioksida (CO₂) dalam deret waktu satu abad. Selain itu, akumulasi pestisida non-target mengganggu struktur mikrobioma tanah, menurunkan populasi musuh alami, serta mempercepat laju resistensi organisme pengganggu tumbuhan (OPT).

Di sisi finansial, disparitas antara besarnya biaya input yang dikeluarkan (*Capital & Operational Expenditure*) dan tingkat efisiensi penyerapan aktual oleh tanaman mengakibatkan margin keuntungan

ekonomi unit usaha tani tergerus secara substansial. Ketimpangan ini diperparah oleh lonjakan harga sarana produksi pertanian global yang terikat pada dinamika rantai pasok energi fosil. Oleh karena itu, mempertahankan paradigma *business-as-usual* dalam pengelolaan pertanian tidak lagi memadai secara ekologis maupun berkelanjutan secara ekonomis. Diperlukan pergeseran konseptual dan teknologis secara mendasar dari pengelolaan lahan berbasis intuisi dan penyeragaman menuju pengelolaan presisi yang berorientasi pada karakteristik faktual tanah dan tanaman secara mikro.

Secara eksplisit, Pertanian Presisi (*Precision Agriculture*) didefinisikan sebagai strategi manajemen pengelolaan pertanian yang mengumpulkan, memproses, dan menganalisis data spasial serta temporal untuk mengoptimalkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, produktivitas, kualitas, profitabilitas, dan keberlanjutan usaha tani. Landasan filosofis dari Pertanian Presisi bertumpu pada prinsip pemberian input yang tepat (*Right Input*), dengan dosis yang tepat (*Right Rate*), pada lokasi yang tepat (*Right Place*), pada waktu yang tepat (*Right Time*), dan dengan cara yang tepat (*Right Manner*). Dengan menggeser unit pengelolaan dari skala hamparan luas ke skala variabilitas mikro, Pertanian Presisi mampu menjembatani kebutuhan peningkatan produksi pangan global tanpa harus merusak daya dukung lingkungan.

Gagasan Pertanian Presisi secara historis mulai mengemuka pada pertengahan dekade 1980-an di Amerika Serikat dan Eropa Barat. Titik awal perkembangan ini dipicu oleh dibukanya akses teknologi *Global Positioning System* (GPS) untuk keperluan sektor sipil serta komersialisasi instrumen pemeta hasil panen (*yield monitor*) yang dipasangkan pada mesin pemanen kombinasi (*combine harvester*). Kemampuan merekam koordinat geografis secara akurat yang dipadukan dengan data laju aliran hasil panen memungkinkan para

DAFTAR PUSTAKA

- Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359–387. <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604>.
- FAO. (2022). *The state of food and agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Iskandar, W., Muhammad, A., Munibah, K., & Barus, B. (2025). Penggunaan indeks vegetasi berbasis citra multispektral drone untuk deteksi kondisi pertumbuhan padi sawah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 27(1), 1–10.
- Karim, S., Maria, E., Kardika, A. J., Imron, & Junirianto, E. (2025). Rekomendasi dan kontrol penyiraman tanaman berbasis Internet of Things menggunakan aplikasi mobile. *Jurnal Ilmu Komputer dan Agri-Informatika*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.29244/jika.12.1.45-54>
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24, 100347. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>

- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and Agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Lark, R. M. (2002). Optimized spatial sampling of soil for estimation of the variogram. *European Journal of Soil Science*, 53(1), 49–62. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00399.x>
- McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., & Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*, 6(1), 7–23. <https://doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104933>
- Supiyandi, A., Priandana, K., & Rahmawan, H. (2025). Pengembangan sistem terintegrasi real-time monitoring dan irigasi cerdas pada Sawah IPB 4.0. *Jurnal Ilmu Komputer dan Agri-Informatika*, 12(2), 110–121. <https://doi.org/10.29244/jika.12.2.110-121>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Yusianto, R., Marimin, M., Suprihatin, & Hardjomidjojo, H. (2020). IoT based smart agro-industrial technology with spatial analysis. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(3), 319–328. <https://doi.org/10.24961/jtip.v30i3.319328>
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture—A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)

PROFIL PENULIS



Andi Danata AR, S.P., M.Si.

Penulis merupakan Dosen Agribisnis pada Program Studi Pendidikan Vokasional Agribisnis Institut Teknologi Dan Sains Nahdlatul Ulama Lampung sejak tahun 2021. Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai dosen. Selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian masyarakat. Penulis profesional dibidang agribisnis dan pengembangan UMKM dengan pengalaman lebih dari dua dekade di sektor pertanian, pemberdayaan ekonomi, dan penguatan kelembagaan. Latar belakang akademik tersebut memperkuat fondasinya dalam analisis kebijakan, manajemen strategi, serta pengembangan model ekonomi pertanian berbasis data. Karier profesionalnya sebagai Tenaga Ahli Pengembangan UMKM dan Tenaga Ahli Program Sosial Bank Indonesia (PSBI), dengan fokus pada peningkatan kapasitas ekonomi, pengembangan klaster komoditas unggulan, fasilitasi pembiayaan, serta *monitoring* dan evaluasi program. Sebelumnya, penulis terlibat dalam proyek pengelolaan sumber daya air dan irigasi (WISMP–World Bank Project), mendampingi pemerintah daerah dalam pengembangan agribisnis berbasis kewilayahan irigasi dan studi kelayakan usaha skala kecil.

Email: andidanataar@gmail.com / andidanata@itsnulampung.ac.id

BAB 9

SMART FARMING DAN DIGITAL AGRICULTURE

Andi Sawe Ri Ezzo, S.E., M.Si

Universitas Negeri Makassar

A. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam menopang kehidupan manusia, terutama dalam penyediaan pangan, penciptaan lapangan kerja, dan penggerak perekonomian. (Irham et al. 2024) Bagi negara berkembang seperti Indonesia, pertanian tidak hanya dipandang sebagai sektor ekonomi, tetapi juga sebagai pilar utama dalam mewujudkan ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat. (Rita 2025) Namun, dalam beberapa dekade terakhir, sektor pertanian menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks, baik yang berasal dari faktor internal maupun eksternal. Kondisi tersebut menuntut adanya transformasi sistem pertanian menuju pendekatan yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan melalui pemanfaatan teknologi dan inovasi digital.

Selain pertumbuhan penduduk, perubahan iklim juga menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan sektor pertanian. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu global, meningkatnya frekuensi bencana alam, serta munculnya berbagai hama dan penyakit tanaman

yang baru telah menyebabkan ketidakpastian dalam proses produksi pertanian. (Ruliyansa 2024) Dampak perubahan iklim tersebut tidak hanya menurunkan produktivitas pertanian, tetapi juga mengancam stabilitas pasokan pangan dan meningkatkan risiko kerawanan pangan di berbagai negara. Oleh karena itu, diperlukan sistem pertanian yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Tantangan berikutnya adalah penyusutan lahan pertanian akibat alih fungsi lahan untuk kepentingan industri, perumahan, dan pembangunan infrastruktur. (Nur, Hakzah, and Sulfanita 2025) Di berbagai wilayah, lahan pertanian produktif terus mengalami penurunan luas sehingga kapasitas produksi pangan menjadi semakin terbatas. Kondisi ini diperparah oleh degradasi kualitas tanah akibat penggunaan input pertanian yang berlebihan dan pengelolaan sumber daya alam yang kurang memperhatikan aspek keberlanjutan. Apabila kondisi tersebut terus berlangsung, maka kemampuan sektor pertanian dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat akan semakin terancam.

Di samping itu, sektor pertanian juga menghadapi persoalan kelangkaan sumber daya alam, terutama ketersediaan air, kesuburan tanah, dan energi. (Zai et al. 2024) Air sebagai salah satu faktor produksi utama dalam pertanian semakin terbatas akibat perubahan iklim dan meningkatnya kebutuhan dari berbagai sektor lainnya. Demikian pula dengan kualitas tanah yang mengalami penurunan akibat erosi, pencemaran, dan eksploitasi yang berlebihan. Keterbatasan sumber daya ini menuntut adanya inovasi dalam pengelolaan pertanian yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi sehingga produktivitas dapat terus ditingkatkan tanpa menyebabkan kerusakan lingkungan.

Berbagai tantangan tersebut pada akhirnya bermuara pada kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Paradigma peningkatan produksi melalui ekstensifikasi lahan dan penggunaan input secara masif sudah tidak lagi memadai dalam menjawab tantangan pertanian masa depan. Sektor pertanian membutuhkan pendekatan baru yang mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi risiko kegagalan panen, serta menghasilkan produk pertanian yang berkualitas dan berdaya saing.

Penerapan *Smart Farming* dan *Digital Agriculture* diharapkan mampu menjadi solusi terhadap berbagai permasalahan pertanian kontemporer melalui peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan biaya produksi, peningkatan produktivitas, serta penguatan ketahanan pangan. Dengan demikian, transformasi digital di sektor pertanian bukan lagi menjadi sebuah pilihan, melainkan sebuah kebutuhan strategis dalam mewujudkan sistem pertanian yang berkelanjutan dan mampu menjawab tantangan ketahanan pangan di masa depan. (Rizal et al. 2020) Oleh karena itu, pembahasan mengenai *Smart Farming* dan *Digital Agriculture* menjadi penting untuk dikaji sebagai bagian dari upaya membangun sistem pertanian yang modern, adaptif, dan berkelanjutan.

B. URGENSI TRASFORMASI DIGITAL PERTANIAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat pada era Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan mendasar dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pertanian. Revolusi Industri 4.0 ditandai dengan integrasi teknologi digital, internet, kecerdasan buatan, dan sistem otomatisasi ke dalam berbagai aktivitas ekonomi dan sosial. Dalam konteks pertanian,

DAFTAR PUSTAKA

- Buaton, Relita, Devi Andriani Luta, and I Gusti Prahmana. 2026. "Penerapan Human Centered Technology Untuk Ekosistem Pertanian Digital Berkelanjutan Di Desa Sei Penjara ,." *Society* 7(1): 31–42.
- Dedeh, Puspita Retna Dyah; Fatchiya Anna; Salah Amiruddin; Kurniasih. 2026. "Petani Muda Sebagai Investasi Strategis Dalam Digital Pertanian Berkelanjutan." *Penyuluh Pertanian* 21(1): 1–12. doi:<https://doi.org/10.51852/3edzws56>.
- Irham, Fariz, Rahmat Gus Fauzan, Raizky Rienaldy Pramasha, Universitas Islam, Negeri Raden, Intan Lampung, and Kota Bandar Lampung. 2024. "Peran Sumber Daya Alam Dalam Mendorong Perekonomian Nasional." *Media Akademik* 2(11): 20. doi:DOI: 10.62281.
- Ismaya, Bambang, and Emmy Hamidah. 2026. "Penerapan Teknologi Smart Farming Dalam Meningkatkan Produktivitas Dan Efisiensi Usahatani Padi Di Karawang." *Sabajaya* 4(3): 105–16. doi:<https://doi.org/10.59561/sabajaya.v4i03.794>.
- Lutfiah, Khabibatul. 2026. "Inovasi Pertanian Berbasis Smart Farming Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional Dan Global." *Inovasi Pertanian* 1(1): 13–18.
- Nur, Alfian, Hakzah Hakzah, and A Sulfanita. 2025. "Analisis Dampak Pembangunan Jaringan Jalan Terhadap Lahan Pertanian Menjadi Perumahan Di Kabupaten Sidenreng Rappang." *Serambi X*(4): 14807–15.
- Rita, Amin-Al; Hayati. 2025. "Peran Strategis Sektor Pertanian, Kehutanan Dan Perikanan Sebagai Tulang Punggung Ekonomi Masyarakat Perbatasan: Analisis Literatur Atas Kontribusi Dan Tantangan Pada Pertubuhan Ekonomi Regional." *Journal Of Economy* 2(4): 168–77.

- Rizal, Fiqri Jauhari, Mustofa Ali Rahman, Abdul Aziz Maulana, Yuli Setiowati, Universitas Muhammadiyah, Kalimantan Timur, Universitas Muhammadiyah, and Kalimantan Timur. 2020. "Implementasi Smart Farming Dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan." *Agribisnis* 1(2): 120–26.
- Ruliyansa. 2024. "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian." *Ilmu Ekonomi dan Sosial* 22(2): 75–80. doi:<https://doi.org/10.56327/aktual.v23i2>.
- Vivi, Suryatna Bagus Ida; Purborini Sylvia. 2025. "Inovasi Teknologi Dalam Pemberdayaan Masyarakat : Membangun Kemandirian Dan Kesejahteraan." *Ilmu Politik* 4(1): 138–52. doi:<https://doi.org/10.65974/jiposster.v4i1.26>.
- Zai, Brigita, Nadia Surbakti, Respa Sirait, and Bonaraja Purba. 2024. "Tantangan Pengelolaan Sumber Daya Alam Berbasis Kearifan Lokal Pada Pertanian Indonesia." *Of Social Science Research* 4(6): 4882–97. doi:<https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.15791>.

PROFIL PENULIS



Andi Sawe Ri Ezzo, S.E., M.Si merupakan Dosen Program Studi pendidikan ekonomi Universitas Negeri Makassar, Penulis lahir di pare pare 20 Maret 1982 Penulis adalah dosen tetap pada program studi pendidikan ekonomi fakultas ekonomi dan Bisnis Universitas Negeri Makassar menyelesaikan Pendidikan S1 pada jurusan Ekonomi Manajemen dan melanjutkan Studi S2. Pada Jurusan Agribisnis Universitas Hasanuddin pada tahun 2011 Penulis menekuni bidang menulis hingga sekarang. Beberapa book chapter telah terbit berbagai judul. Email andi.saweriesso@unm.ac.id

BAB 10

PEMBERDAYAAN PETANI, KELEMBAGAAN, PENYULUHAN, DAN KEARIFAN LOKAL

Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si.

Universitas Kristen Tentena

A. KONSEP BAHAN AJAR BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN INOVATIF

Pemberdayaan petani dalam kerangka agroekologi modern tidak dapat direduksi menjadi sekadar penyediaan bantuan input produksi atau pelatihan teknis budi daya. Ia merupakan proyek epistemologis yang mempersoalkan ulang siapa yang berhak memproduksi, memvalidasi, dan menyebarkan pengetahuan pertanian. Selama beberapa dekade, arsitektur pembangunan pertanian di Indonesia sebagaimana di banyak negara berkembang lain dibangun di atas model difusi inovasi linear, yaitu pengetahuan mengalir searah dari lembaga penelitian dan pemerintah menuju petani yang diposisikan sebagai penerima pasif (*passive adopter*) paket teknologi yang dirumuskan di luar konteks agroekosistem lokalnya. Model ini, meskipun berhasil mendongkrak produktivitas jangka pendek pada era Revolusi Hijau, meninggalkan warisan struktural berupa ketergantungan input eksternal, homogenisasi varietas, dan yang lebih mendasar pengikisan kapasitas petani sebagai subjek pengetahuan.

Altieri (2018) menegaskan bahwa agroekologi lahir justru sebagai kritik epistemologis terhadap model difusionis tersebut, ia menempatkan petani bukan sebagai objek penyuluhan, melainkan *co-creator of knowledge* yang pengetahuannya empirisnya atas agroekosistem spesifik tanah, iklim mikro, siklus hama, dan interaksi antartanaman setara nilainya dengan pengetahuan ilmiah formal. Pergeseran ini bukan sekadar retorika partisipatif kosong, ia berimplikasi langsung pada desain kelembagaan penyuluhan, arah investasi riset, dan yang paling krusial pada relasi kuasa antara petani, penyuluh, ilmuwan, dan korporasi agroindustri. Metodologi *campesino a campesino* (petani ke petani) yang berkembang dalam jaringan *La Via Campesina*, sebagaimana didokumentasikan Rosset & Martínez-Torres (2016), memperlihatkan secara konkret bagaimana horizontalisasi arus pengetahuan ini bekerja, petani berpengalaman menjadi promotor bagi petani lain melalui kunjungan lapangan, eksperimentasi bersama, dan forum tukar pengalaman, tanpa mediasi tunggal aparat penyuluhan negara.

Transformasi peran ini berkelindan erat dengan agenda kemandirian input dan kedaulatan sumber daya. Ketergantungan petani pada benih hibrida bersertifikat, pupuk kimia bersubsidi, dan pestisida sintesis bukan semata persoalan teknis agronomis, melainkan mekanisme yang secara struktural mengikat petani pada rantai pasok yang dikendalikan pihak eksternal baik negara maupun korporasi. Praktik pemuliaan dan pelestarian benih lokal secara partisipatif, pengembangan mikroorganisme lokal (MOL) dari bahan di sekitar lahan (limbah buah, bonggol pisang, rebung), serta formulasi biopestisida mandiri berbasis ekstrak tumbuhan, merupakan wujud konkret dari apa yang dapat disebut kedaulatan input, yaitu petani mengendalikan kembali sarana produksinya sendiri sehingga posisi tawarnya terhadap pasar input tidak lagi asimetris. Kemandirian

semacam ini sekaligus berfungsi sebagai mitigasi risiko ekonomi rumah tangga tani terhadap fluktuasi harga input yang bersumber dari pasar global.

Namun demikian, agenda kemandirian agroekologis tidak akan berkelanjutan tanpa memperhatikan struktur demografis petani itu sendiri. Data yang dihimpun Aziza et al., (2022) memperlihatkan gejala penuaan struktural pada angkatan kerja pertanian Indonesia, seiring rendahnya minat generasi muda untuk berkarier di sektor ini akibat rendahnya prestise sosial pekerjaan, keterbatasan akses lahan dan modal, serta persepsi bahwa pertanian merupakan sektor residual bagi mereka yang tidak memiliki pilihan pendidikan atau pekerjaan lain. Ironisnya, justru generasi muda inilah yang secara kultural paling akrab dengan literasi digital yang dibutuhkan untuk mengakselerasi diseminasi inovasi agroekologis melalui kanal daring. Regenerasi petani, dengan demikian, bukan sekadar isu suksesi demografis, melainkan prasyarat struktural bagi keberlanjutan proyek pemberdayaan itu sendiri, tanpa aktor muda yang memiliki ruang pengambilan keputusan yang nyata bukan sekadar dilibatkan sebagai tenaga kerja dalam skema yang dirancang generasi tua transformasi peran petani menjadi *co-creator* pengetahuan berisiko berhenti sebagai wacana normatif belaka. Inklusi sosial dalam pemberdayaan agroekologis juga mensyaratkan perhatian eksplisit terhadap perempuan tani, yang secara historis sering luput dari struktur formal kelompok tani meski berperan sentral dalam pengelolaan pekarangan, penanganan pascapanen, dan pelestarian benih di tingkat rumah tangga.

Dimensi psikologis dari pemberdayaan sering luput dari perhatian program-program yang terlalu menitikberatkan indikator teknis produksi. Perubahan peran dari penerima instruksi menjadi perancang eksperimen sendiri menuntut tumbuhnya efikasi diri (*self*

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The science of sustainable agriculture* (3rd ed.). CRC Press.
- Amanah, S., & Seminar, A. U. (2022). Sekolah Lapang Petani sebagai community of practice pengembangan inovasi kelompok di era digital. *Jurnal Penyuluhan*, 18(1), 164–176. <https://doi.org/10.25015/18202240307>
- Anesa, D., Qurniati, R., Fitriana, Y. R., & Banuwa, I. S. (2022). Budaya dan kearifan lokal dalam pengelolaan lahan dengan pola agroforestri di Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung Batutegi Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Tropis*, 6(1), 27–35.
- Aziza, T. N., Surito, & Darmi. (2022). Petani milenial: Regenerasi petani di sektor pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 40(1), 1–11.
- Cahyono, B., Setyowati, R., & Ihsaniyati, H. (2020). Adopsi cyber extension oleh Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) dan faktor yang memengaruhi. *Jurnal Penyuluhan*, 16(2), 240–249.
- Harahap, M., & Herman, S. (2018). Hubungan modal sosial dengan produktivitas petani sayur (studi kasus pada Kelompok Tani Barokah, Kelurahan Tanah Enam Ratus, Kecamatan Medan Marelan). *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(2), 157–165.
- Haryanto, Y., Sumardjo, S., Amanah, S., & Tjitropranoto, P. (2020). Factors affecting the capacity and the interdependence of progressive farmers in West Java Indonesia. *Jurnal Penyuluhan*, 16(1), 106–121.
- IFOAM Organics International. (2008). *Participatory guarantee systems: Shared vision, shared ideals*. IFOAM.

- Kacz, K., & Varga, Á. (2018). A problem-based approach of community supported agriculture within short food supply chains based on a Western Transdanubian survey. *Roczniki Naukowe SERiA*, 20(6), 119–125. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.7741>
- Lampe, M. (2016). 'Sekolah Lapang Petani': Membangun komitmen, disiplin, dan kreativitas petani melalui SLP-PHT. *Etnosia: Jurnal Etnografi Indonesia*, 1(1). <https://doi.org/10.31947/etnosia.v1i1.996>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Rivai, R. S., & Anugrah, I. S. (2011). Konsep dan implementasi pembangunan pertanian berkelanjutan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 29(1), 13–25. <https://doi.org/10.21082/fae.v29n1.2011.13-25>
- Rosset, P. M., & Martínez-Torres, M. E. (2016). Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales. *Estudios Sociales*, 25(47), 273–299.
- Sinaga, H. Y., Gayatri, S., & Satmoko, S. (2021). Pengaruh peran modal sosial terhadap loyalitas anggota Kelompok Tani Alpukat Ngudi Rahayu 2, Kecamatan Jambu, Kabupaten Semarang. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 28(1), 32–42. <https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v0i0.573>
- Suradisastra, K. (2008). Strategi pemberdayaan kelembagaan petani. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 26(2), 82–91.
- Suryawan, N., Wiryawan, I. W., Gata, I. W., & Kandia, I. W. (2023). Subak bentuk kearifan lokal Bali berbasis Tri Hita Karana dan tantangannya pada era globalisasi. *Sphatika: Jurnal Teologi*, 14(1), 61–73. <https://doi.org/10.25078/sphatika.v14i1.2566>

PROFIL PENULIS



Martho Harry Melumpi, S.IK., M.Si. merupakan seorang akademisi dan dosen aktif di Universitas Kristen Tentena (UNKRIT). Dalam ranah akademis, saya berfokus pada pengembangan lintas disiplin ilmu yang mencakup ilmu kelautan, perikanan, pertanian, hingga pariwisata. Sebagai Dosen aktif di Universitas Kristen Tentena

(UNKRIT) saya juga mendedikasikan diri dalam kegiatan tridharma perguruan tinggi melalui pengajaran dan penelitian, ia juga aktif sebagai pembicara (*public speaker*) di berbagai forum akademis, pelatihan, maupun kegiatan kemasyarakatan. Komitmen dalam menjembatani ilmu pengetahuan agar mudah dipahami publik mendorongnya untuk terus berkarya lewat tulisan dan ruang-ruang diskusi. Dalam buku ini, memadukan latar belakang akademis dan pendekatan praktis untuk mengulas pentingnya penguatan lembaga penyuluhan serta pemanfaatan nilai-nilai lokal dalam mendorong kemandirian masyarakat.

BAB 11

PERTANIAN BERBASIS KEARIFAN LOKAL DAN KEARIFAN EKOLOGIS

Geraldi William Waemese, S.P., M.Si.

Badan Gizi Nasional

A. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki posisi penting dalam pembangunan Indonesia karena berkaitan langsung dengan penyediaan pangan, kesempatan kerja, pendapatan masyarakat, pengelolaan sumber daya alam, serta keberlanjutan kehidupan di wilayah perdesaan. Indonesia memiliki kondisi agroekologi yang sangat beragam, mulai dari wilayah dataran rendah, dataran tinggi, lahan kering, kawasan pesisir, kepulauan kecil, hingga wilayah yang memiliki hutan dan sumber daya alam yang luas. Keragaman tersebut menyebabkan sistem pertanian yang berkembang di setiap daerah tidak selalu dapat diseragamkan. Sistem pertanian yang sesuai dengan kondisi suatu wilayah perlu mempertimbangkan karakteristik lingkungan, sosial, ekonomi, budaya, serta pengetahuan yang telah berkembang dalam masyarakat. Hubungan antara keberagaman kondisi wilayah dan keberlanjutan pertanian semakin penting ketika pertanian menghadapi tekanan perubahan penggunaan lahan, perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan perubahan sosial ekonomi masyarakat (Prasetyani & Sarwedi, 2025; Hayati, 2025).

Pertanian berkelanjutan tidak hanya berkaitan dengan kemampuan menghasilkan produksi pada satu musim tanam, tetapi juga kemampuan mempertahankan produktivitas sumber daya pertanian dalam jangka panjang. Tanah, air, vegetasi, keanekaragaman hayati, dan tenaga manusia merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari keberlangsungan sistem pertanian. Pengelolaan sumber daya yang hanya berorientasi pada peningkatan produksi jangka pendek dapat menimbulkan persoalan apabila mengabaikan kemampuan lingkungan untuk melakukan regenerasi. Kajian mengenai agroekologi menunjukkan bahwa keberlanjutan pertanian memerlukan pengelolaan hubungan antara komponen produksi dan lingkungan secara lebih seimbang (Sudarsih & Susilowati, 2025).

Perubahan lingkungan dan perubahan sosial juga menyebabkan sistem pertanian masyarakat mengalami proses penyesuaian. Petani tidak hanya berhadapan dengan persoalan teknis seperti kesuburan tanah, serangan organisme pengganggu tanaman, ketersediaan air, dan produktivitas, tetapi juga menghadapi perubahan iklim, perubahan pasar, keterbatasan tenaga kerja, perubahan pola konsumsi, dan perkembangan teknologi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembangunan pertanian membutuhkan pendekatan yang mampu menggabungkan pengetahuan ilmiah dengan pengetahuan yang telah dimiliki masyarakat. Pengetahuan lokal terbentuk melalui pengalaman panjang dalam membaca lingkungan dan mengelola sumber daya, sehingga dapat menjadi salah satu dasar dalam membangun sistem pertanian yang lebih adaptif (Kurnia et al., 2022).

Kearifan lokal dalam pertanian pada dasarnya tidak berdiri sendiri. Kearifan tersebut berkembang melalui interaksi antara manusia, lingkungan, dan kebudayaan. Pengalaman masyarakat dalam menentukan waktu tanam, memilih benih, mengatur

penggunaan lahan, mengelola air, memanfaatkan tanaman, serta menjaga sumber daya merupakan bagian dari proses pembelajaran antargenerasi. Pengetahuan semacam ini dapat berubah mengikuti kondisi lingkungan dan kebutuhan masyarakat. Dengan demikian, kearifan lokal tidak seharusnya dipahami hanya sebagai peninggalan masa lalu, tetapi sebagai pengetahuan yang dapat dikaji kembali relevansinya dalam menghadapi persoalan pertanian masa kini (Jamaluddin et al., 2023; Asrawijaya, 2024).

Pertanian Indonesia membutuhkan pendekatan yang mampu menjaga produktivitas sekaligus mempertahankan fungsi ekologis lahan. Dalam konteks tersebut, kearifan lokal dan kearifan ekologis menjadi dua unsur yang saling berhubungan. Kearifan lokal memberikan dasar sosial dan budaya dalam pengelolaan sumber daya, sedangkan kearifan ekologis memberikan pemahaman mengenai hubungan antara manusia dan proses ekologis. Integrasi keduanya dapat menjadi dasar untuk membangun sistem pertanian yang tidak hanya menghasilkan pangan, tetapi juga mempertahankan kualitas tanah, air, keanekaragaman hayati, serta kemampuan masyarakat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Oleh karena itu, pembahasan pertanian berbasis kearifan lokal tidak diarahkan untuk mempertentangkan pertanian tradisional dengan pertanian modern. Teknologi modern tetap memiliki peranan penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Permasalahannya terletak pada bagaimana teknologi tersebut digunakan agar sesuai dengan kondisi sosial-ekologis masyarakat. Pengetahuan lokal dapat menjadi dasar untuk menentukan teknologi yang tepat, sementara pengetahuan ilmiah dapat digunakan untuk memperkuat, menguji, dan mengembangkan praktik lokal agar lebih efektif. Pola hubungan semacam ini menjadi semakin relevan dalam pembangunan pertanian Indonesia yang menghadapi perubahan

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, R. M. et al. (2024). Etnopedagogik dalam Pertanian Masyarakat Adat Desa Ciusul Citorek. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(4). Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis
- Alvayedo, M. B., & Erliyana, A. (2022). Tinjauan Hukum Kedudukan Dan Keterlibatan Kearifan Lokal Masyarakat Adat Maluku Berupa Sasi Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Jisip (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 6(3), 9730–9739. Sumber dari Jurnal dua penulis
- Anugrah, I. S. et al. (2026). *Local Knowledge and Practices of Land Management in Climate Change Mitigation in the Baduy Indigenous Community in Indonesia*. In *Climate Change, Land Degradation, and Sustainability: Insight Towards Innovative Solutions*. Sustainability Solutions Series. Singapore: Springer. Sumber dari Buku lebih dari tiga penulis
- Arti, L. P., Sendratari, L. P. & Yasa, I. W. P. (2024). Perubahan Sosial Akibat Alih Fungsi Lahan Subak Uma Panji di Desa Baktiseraga, Buleleng, Bali Dan Potensinya Sebagai Sumber Belajar Sosiologi di SMA. *Jurnal Pendidikan Sosiologi Universitas Pendidikan Ganesha*, 6(2), 151–163. Sumber dari Jurnal tiga penulis
- Asrawijaya, E. (2024). Traditional Ecological Wisdom for the Resilience of Indigenous Peoples in Indonesia. *Besari: Journal of Social and Cultural Studies*, 1(2), 59–77. Sumber dari Jurnal satu penulis
- Dako, F. X., et al. (2025). Traditional Agroforestry Models Based on Local Knowledge in the Mount Mutis-Timau Highlands, Timor Island, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 15(2), 192. Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis
- Irwandhi, I., et al. (2024). Current status and the significance of local wisdom biofertilizer in enhancing soil health and crop

- productivity for sustainable agriculture: A systematic literature review. *Kultivasi*, 23(3). *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Jamaluddin, J. et al. (2023). Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Hutan di Hutan Adat Marena di Desa Pekalobean Kecamatan Anggeraja Kabupaten Enrekang. *Forest Services*, 1(1), 43–56. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Kamakaula, Y., & Palinggi, Y. (2025). Integration of Sustainable Agriculture Concept and Local Ecological Knowledge in Shifting Cultivation Farming System, Review of Environmental Anthropology Study. *Techno Agriculturae Studium of Research*, 2(3). *Sumber dari Jurnal dua penulis*
- Kurnia, G., et al. (2022). Local Wisdom for Ensuring Agriculture Sustainability: A Case from Indonesia. *Sustainability*, 14(14), 8823. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Kurnianto, A. S., et al. (2024). Sustaining Biodiversity and Ecological Roles in a Heritage Landscape: The Role of Coffee Agroforestry in Kluncing, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(2), 459–471. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Lindawati et al. (2024). Huma rice management model and food security system of Baduy indigenous communities, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 119, Artikel 02004. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Mardiani, M. O., et al. (2022). Local ecological knowledge of coffee agroforestry farmers on earthworms and their relation to soil quality in East Java (Indonesia). *Biodiversitas*, 23(7), 3344–3354. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Matitaputty, K. J. (2021). Sasi dalam menunjang sustainable ekonomi masyarakat adat Saparua. *Lani: Jurnal Kajian Ilmu Sejarah & Budaya*, 2(1), 41–54. *Sumber dari Jurnal satu penulis*
- Persada, N. P. R., Mangunjaya, F. M., & Tobing, I. S. L. (2018). Sasi sebagai budaya konservasi sumber daya alam di Kepulauan

- Maluku. *Ilmu dan Budaya*, 41(59), 6869–6900. *Sumber dari Jurnal tiga penulis*
- Prasetyani, W. H., & Sarwedi, S. (2025). Systematic Literature Review Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Usahatani Kelapa Sawit di Pulau Sumatera Indonesia. *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis): Jurnal Agribisnis dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, 10(5), 455–465. *Sumber dari Jurnal dua penulis*
- Putri, N. I. et al. (2021). Peranan Kearifan Lokal Sistem Sasi Dalam Pengelolaan Sumber Daya Laut Indonesia. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 2(1), 12–19. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Rettob, A. M., Kaswanto, R. L., & Yovi, E. Y. (2026). Identification and Mapping of Dusung System as Local Culture-Based Agroforestry in Ambon City, Maluku Province, Indonesia. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 13(1), 139–159. *Sumber dari Jurnal tiga penulis*
- Rusmana, I. P. E. et al. (2025). Pengembangan Kapasitas Subak dalam Menghadapi Tantangan Pertanian Modern dan Perubahan Iklim di Bali. *Jurnal Abdimas Kartika Wijayakusuma*, 6(2), 503–514. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Saraan, M., et al. (2025). Agroforestry-based plant diversity and its implications for ecosystem restoration in Gunung Leuser National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 26, 6367–6377. *Sumber dari Jurnal lebih dari tiga penulis*
- Sari, W. M., Mardiana, R., & Yulian, B. E. (2024). Modernization and Local Wisdom in the Agricultural System: The Case of Samin Indigenous Community in Baturejo Village, Pati Regency, Central Java. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*. *Sumber dari Jurnal tiga penulis*
- Sudarsih, R., & Susilowati, L. E. (2025). Agroekologi sebagai Solusi Berkelanjutan: Review Sistematis terhadap Praktik dan

- Dampaknya pada Sistem Pertanian. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 4(3), 943–953. *Sumber dari Jurnal dua penulis*
- Tarigan, H. et al. (2022). *Tata Kelola Pangan Regional berbasis Pembelajaran Komunitas Adat dalam Pemenuhan Pangan Berkelanjutan*. [Laporan Akhir TA 2022]. Pusat Riset Kesejahteraan Sosial, Desa dan Konektivitas-OR TKPEKM-Badan Riset dan Inovasi Nasional-BRIN. Jakarta. *Sumber dari Buku lebih dari tiga penulis*
- Tarigan, H. et al. (2023). *Tata Kelola Pangan Regional berbasis Pembelajaran Komunitas Adat dalam Pemenuhan Pangan Berkelanjutan*. [Laporan Akhir Penelitian CRC RP-A.TA 2023]. Pusat Riset Kesejahteraan Sosial, Desa dan Konektivitas-OR TKPEKM-Badan Riset dan Inovasi Nasional-BRIN. Jakarta. *Sumber dari Buku lebih dari tiga penulis*
- Yulisinta, F., Murniati, J., & Eigenstetter, M. (2024). Spiritual Ecology and Indigenous Wisdom: Cultural Foundations for Sustainable Environmental Practices in Indonesia. *Religious: Jurnal Studi Agama-Agama dan Lintas Budaya*, 8(3), 185–202. *Sumber dari Jurnal tiga penulis*
- Yusriadi, Y., Cahaya, A., & Hamzah, F. (2024). Farmer adaptation strategies through local farming systems in Enrekang, Indonesia. *Scientific Reports*, 14, Artikel 21652. *Sumber dari Jurnal tiga penulis*
- Yusuf, M., & Astiko, W. (2025). Agroforestry As an Ecological Approach to Support The Sustainability of Dryland Agroecosystems in Pringgabaya District, East Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4), 5309–5324. *Sumber dari Jurnal dua penulis*

PROFIL PENULIS



Geraldi William Waemese, S.P., M.Si.

Penulis merupakan Kepala Satuan Pemenuhan Gizi di Papua Barat Daya sejak tahun 2026. Bidang kepakaran penulis sesuai jabatan instansi adalah Sosial Ekonomi Pertanian yang fokus pada bidang Agribisnis. Pendidikan formal penulis linier yaitu S1 Jurusan Agribisnis Universitas Pattimura Ambon (UNPATTI) dan melanjutkan studi S2 Jurusan Agribisnis Universitas Pattimura Ambon (UNPATTI). Sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya sebagai Kepala SPPG, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya penulis juga mengikuti berbagai pelatihan seperti pelatihan Bimbingan Teknis Manajemen Catering yang dilaksanakan oleh Asosiasi Pengusaha Jasaboga Indonesia (APJI) dan pernah mengikuti Pendidikan Dasar Militer dan Pelatihan Manajerial Sarjana Penggerak Pembangunan Indonesia (SPPI) Batch-3 Tahun 2025 yang dilaksanakan oleh Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Beberapa Jurnal yang penulis telah hasilkan, di antaranya 1) Korelasi Hak Kepemilikan Tanah (Dusung) dan Pendapatan dengan Ketahanan Pangan: Studi Kasus Petani dan Nelayan Di Negeri Waai, Kabupaten Maluku Tengah, Maluku; 2) Kontribusi Industri Pengolahan Minyak Kayu Putih Terhadap Pendapatan Rumahtangga Di Desa Wamana Baru Kecamatan Fena Leisela Kabupaten Buru; 3) Gerakan Pertanian Ramah Lingkungan: Penanaman Bibit Pohon Dan Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Rumah Tangga (Air Cucian Beras Dan Kulit Pisang). Selain itu, penulis juga aktif melakukan penelitian yang diterbitkan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.

Email: gwaemese@gmail.com

BAB 12

MASA DEPAN PERTANIAN

BERKELANJUTAN DAN SOCIETY 5.0

Vina Oktaviani, M.T.

Universitas Negeri Jakarta

A. PENGANTAR

Pertanian menempati posisi yang tidak lazim di antara sektor-sektor ekonomi lain. Ia sekaligus menjadi penopang kehidupan manusia dan, pada saat yang sama, salah satu penyumbang terbesar tekanan terhadap sistem bumi. Sistem pangan global diperkirakan menyumbang sekitar sepertiga emisi gas rumah kaca antropogenik (Crippa et al., 2021), sementara perluasan lahan pertanian tetap menjadi pendorong utama hilangnya keanekaragaman hayati dan degradasi tanah (Foley et al., 2011). Ketegangan antara kebutuhan memberi makan populasi yang terus bertambah dan keharusan menjaga daya dukung lingkungan inilah yang menjadikan wacana pertanian berkelanjutan tidak pernah selesai diperdebatkan sejak dasawarsa 1980-an.

Pada dua dekade terakhir, perdebatan itu memperoleh dimensi baru ketika teknologi digital mulai merambah lahan usaha tani. Sensor, citra satelit, mesin pertanian otonom, dan analitik data besar menjanjikan efisiensi masukan yang sebelumnya sulit dibayangkan (Wolfert et al., 2017; Walter et al., 2017). Bersamaan dengan itu, pemerintah Jepang meluncurkan gagasan Society 5.0, suatu visi

masyarakat yang menempatkan manusia sebagai pusat integrasi ruang siber dan ruang fisik (Cabinet Office, 2016; Fukuyama, 2018). Bab ini mengkaji titik temu kedua wacana tersebut: bagaimana pertanian berkelanjutan dapat dibayangkan ulang dalam bingkai Society 5.0, apa yang dijanjikan konvergensi itu, dan persoalan apa yang justru mengemuka ketika keduanya dipertemukan.

Mempertemukan kedua wacana ini bukan sekadar latihan konseptual. Dalam praktik kebijakan, keduanya sering berjalan di jalur yang terpisah: agenda keberlanjutan digarap oleh kementerian pertanian dan lingkungan dengan bahasa konservasi, sedangkan agenda digital digarap oleh kementerian komunikasi dan industri dengan bahasa produktivitas dan daya saing. Akibatnya, investasi teknologi pertanian kerap dinilai semata dari kenaikan hasil, sementara program keberlanjutan jarang memanfaatkan kapasitas pemantauan yang ditawarkan teknologi digital. Society 5.0 menarik justru karena ia menuntut integrasi lintas sektor semacam itu sebagai prinsip, bukan sebagai pengecualian. Namun tuntutan itu sekaligus mengandung kesulitannya sendiri, karena integrasi menuntut kesepakatan tentang tujuan bersama yang tidak selalu tersedia (Deguchi et al., 2020).

Pembahasan disusun dalam beberapa subbab. Subbab B meninjau alasan struktural mengapa pertanian harus berubah. Subbab C membahas konsepsi pertanian berkelanjutan beserta ketegangan internal di dalamnya. Subbab D mengulas Society 5.0 sebagai kerangka kebijakan dan gagasan filosofis. Subbab E menelaah konvergensi keduanya dalam praktik pertanian digital. Subbab F mengangkat persoalan sosial, etis, dan tata kelola yang mengiringi transformasi tersebut, dan Subbab G menempatkan seluruh diskusi dalam konteks Indonesia sebelum ditutup dengan refleksi singkat pada Subbab H.

B. TEKANAN STRUKTURAL TERHADAP SISTEM PANGAN

Proyeksi kebutuhan pangan pada pertengahan abad ini sering dikutip sebagai titik berangkat pembahasan. Godfray et al. (2010) memperkirakan permintaan pangan akan meningkat 70 hingga 100 persen pada 2050, sementara Tilman et al. (2011) menghitung bahwa jika laju intensifikasi mengikuti pola negara berkembang dewasa ini, permintaan tersebut akan menuntut konversi lahan hingga satu miliar hektare. Angka-angka semacam itu perlu dibaca dengan hati-hati karena sangat bergantung pada asumsi mengenai pola konsumsi, tingkat pemborosan pangan, dan pertumbuhan pendapatan. Namun arah pesannya cukup jelas: pendekatan yang sekadar melanjutkan praktik lama tidak akan memadai.

Kajian batas-batas planet memberi kerangka analitis yang lebih tajam. Springmann et al. (2018) menunjukkan bahwa tanpa perubahan mendasar dalam teknologi produksi, pola makan, dan pengelolaan limbah, dampak lingkungan sistem pangan pada 2050 akan melampaui ambang aman untuk emisi, penggunaan lahan, air tawar, serta siklus nitrogen dan fosfor. Komisi EAT-Lancet menegaskan bahwa transformasi sistem pangan bukan pilihan melainkan keharusan, dan bahwa pergeseran menuju pola makan yang lebih sehat harus berjalan seiring dengan peningkatan mutu praktik produksi (Willett et al., 2019). FAO (2017) merangkum tekanan ini dalam istilah tren dan tantangan: urbanisasi, perubahan iklim, persaingan atas sumber daya alam, dan ketimpangan akses menjadi latar yang tidak bisa diabaikan dalam merancang masa depan pertanian.

Satu hal yang kerap terlewat dalam pembicaraan tentang skala global adalah kenyataan bahwa mayoritas produsen pangan dunia adalah petani kecil. Lowder, Scoet, dan Raney (2016) memperkirakan lebih dari 570 juta usaha tani di dunia, sekitar 84 persen di antaranya

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023 – Tahap I*. Jakarta: Badan Pusat Statistik. <https://sensus.bps.go.id/st2023>
- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(4), 254–256. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-4>
- Bronson, K., & Knezevic, I. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.1177/2053951716648174>
- Cabinet Office, Government of Japan. (2016). *The 5th Science and Technology Basic Plan*. Tokyo: Cabinet Office. <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/5thbasicplan.pdf>
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198–209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- Deguchi, A., Hirai, C., Matsuoka, H., Nakano, T., Oshima, K., Tai, M., & Tani, S. (2020). What is Society 5.0? In Hitachi-UTokyo Laboratory (Ed.), *Society 5.0: A people-centric super-smart society* (pp. 1–23). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4_1
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>

- FAO. (2018). *Transforming food and agriculture to achieve the SDGs: 20 interconnected actions to guide decision-makers*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>
- Fielke, S., Taylor, B., & Jakku, E. (2020). Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*, 180, 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102763>
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan SPOTLIGHT*, July/August 2018, 47–50. Japan Economic Foundation.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Ingram, J., & Maye, D. (2020). What are the implications of digitalisation for agricultural knowledge? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 66. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00066>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global*

- Food Security*, 24, 100347.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315.
<https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Lowder, S. K., Skoet, J., & Raney, T. (2016). The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development*, 87, 16–29.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., ... Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- Rojas, C. N., Peñafiel, G. A. A., Buitrago, D. F. L., & Romero, C. A. T. (2021). Society 5.0: A Japanese concept for a superintelligent society. *Sustainability*, 13(12), 6567.
<https://doi.org/10.3390/su13126567>
- Rose, D. C., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 87.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728), 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>

- 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>
- Trendov, N. M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). *Digital technologies in agriculture and rural areas: Status report*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ca4985en/ca4985en.pdf>
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24), 6148–6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

PROFIL PENULIS



Vina Oktaviani, M.T.

Penulis adalah dosen Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta sejak tahun 2018, setelah sebelumnya mengajar pada Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer pada 2016–2017. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana Pendidikan Teknik Elektronika di Universitas Negeri Padang (2012) dan magister Teknik Elektro bidang Jaringan Cerdas Multimedia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2015). Bidang kajian yang ditekuni meliputi sistem kendali dan robotika, Internet of Things, energi terbarukan, sistem informasi, dan rekayasa sistem elektronika. Sejumlah penelitiannya berkaitan langsung dengan tema bab ini, antara lain pengembangan sistem kendali trainer berbasis IoT, penerapan panel surya pada mobil listrik UNJ, perancangan elektrokardiogram portabel, serta pelatihan sistem smart control pengendalian hama berbasis IoT bagi petani dalam kerangka penguatan ketahanan pangan. Hasil penelitiannya diterbitkan pada jurnal dan prosiding nasional maupun internasional, di antaranya International Journal of Evaluation and Research in Education, E3S Web of Conferences, dan Journal of Physics: Conference Series, dan penulis telah memperoleh empat hak kekayaan intelektual berupa modul, program komputer, dan poster. Penulis dapat dihubungi melalui surel vinaoktaviani@unj.ac.id.

PERTANIAN BERKELANJUTAN:

**KONSEP, TEKNOLOGI, DAN INOVASI
UNTUK KETAHANAN PANGAN
MASA DEPAN**

Pertanian memiliki posisi yang sangat strategis dalam kehidupan manusia karena berperan sebagai penyedia pangan, sumber penghidupan masyarakat, penggerak perekonomian, sekaligus bagian penting dari keberlanjutan lingkungan. Namun, sektor pertanian saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks, antara lain perubahan iklim, degradasi lahan, keterbatasan sumber daya air, kehilangan keanekaragaman hayati, perubahan pola konsumsi, serta meningkatnya kebutuhan pangan. Kondisi tersebut menuntut hadirnya paradigma pertanian yang mampu menyeimbangkan aspek produktivitas, ekonomi, sosial, dan ekologis secara berkelanjutan.

Buku ini hadir dengan pembahasan yang mengintegrasikan konsep, pengelolaan sumber daya, teknologi, dan inovasi sebagai bagian dari transformasi menuju pertanian masa depan. Pertanian berkelanjutan tidak dipahami sekadar sebagai upaya mempertahankan produktivitas, tetapi sebagai suatu sistem yang menghubungkan manusia, sumber daya alam, teknologi, kelembagaan, dan lingkungan. Dalam perspektif tersebut, produktivitas dan keberlanjutan bukanlah dua tujuan yang saling bertentangan, melainkan perlu dikembangkan secara terpadu untuk menghasilkan sistem pertanian yang lebih efisien, adaptif, inklusif, dan tangguh.



CV. Tahta Media Group
Sukoharjo, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.co.id
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896 5427 3996

