



Penulis:

Barahima Abbas, Dwiana Wasgito Purnomo,
Simson Samuel Hwat Dasnarebo, Ovanny Thalia,
Patricia Claudya Torey, Amiruddin, Esau Konyep.



SISTEM-SISTEM PERTANIAN

DALAM PERSPEKTIF MODERNISASI DAN BERKELANJUTAN

SISTEM-SISTEM PERTANIAN

DALAM PERSPEKTIF MODERNISASI DAN BERKELANJUTAN

Penulis:

**Barahima Abbas, Dwiana Wasgito Purnomo,
Simson Samuel Hwat Dasnarebo, Ovanny Thalia,
Patricia Claudya Torey, Amiruddin, Esau Konyep.**

**SISTEM-SISTEM PERTANIAN
DALAM PERSPEKTIF MODERNISASI DAN BERKELANJUTAN**

Tim Penulis:

**Barahima Abbas, Dwiana Wasgito Purnomo,
Simson Samuel Hwat Dasnarebo, Ovanny Thalia,
Patricia Claudya Torey, Amiruddin, Esau Konyep**

Desain Cover:

Andi Juliandi

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neneng Sri Wahyuni

ISBN:

978-634-246-836-4

Cetakan Pertama:

April, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

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

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

SERTIFIKAT HAKI

 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	: EC002026040753, 16 Maret 2026
Pencipta	
Nama	: Prof. Dr. Ir. Barahima Abbas, M.Si, Esau Konyep, SP dkk
Alamat	: Jl. Amban Pantai, Perum Dosen No. 15, Manokwari Barat, Kab. Manokwari, Papua Barat, 98314
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Prof. Dr. Ir. Barahima Abbas, M.Si
Alamat	: Jl. Amban Pantai, Perum Dosen No. 15, Manokwari Barat, Kab. Manokwari, Papua Barat, 98314
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Buku
Judul Ciptaan	: Sistem-sistem pertanian dalam perspektif modernisasi dan berkelanjutan
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 16 Maret 2026, di Papua Barat
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor Pencatatan	: 001174760
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 u.b Direktur Hak Cipta dan Desain Industri
 Agung Damarsasongko,SH.,MH. NIP. 196912261994031001	
	Disclaimer: 1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan. 2. Surat Pencatatan ini telah disegel secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara. 3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.



LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Prof. Dr. Ir. Barahima Abbas, M.Si	Jl. Amban Pantai, Perum Dosen No. 15 Manokwari Barat, Kab. Manokwari
2	Esau Konyep, SP	Jl. Trikora, Perum BPTP Manokwari Selatan, Kab. Manokwari
3	Dr. Ir. Dwiana Wasgito Pumomo, M.Si	Jl. Amban Pantai, Perum Dosen Manokwari Barat, Kab. Manokwari
4	OvannyThalia.S, SP	Sei Bungin Bajubang, Kab. Batanghari
5	Amiruddin Abraham, SP	Jalur 9 SP1, Kampung Prafi Mulya Prafi, Kab. Manokwari
6	Pricia Claudya Torey, S.Si	Anday Manokwari Selatan, Kab. Manokwari
7	Simson Samuel Hwat Dasnarebo, SP, M.Si	LJ Baru Teluk Kumi, Kab. Nabire



Disclaimer:

1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah disegel secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keabsahannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.

KATA PENGANTAR



Puji dan Syukur dipanjatkan kehadirat Allah S.W.T, Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, hidayah, dan RidhoNya, sehingga buku yang berjudul Sistem-sistem pertanian dalam perspektif modernisasi dan berkelanjutan. Buku ini ditujukan sebagai buku referensi dan buku ajar. Buku ini terinspirasi akibat perkembangan dan kemajuan teknologi yang pesat dan berinfiltrasi ke berbagai bidang, termasuk bidang pertanian untuk mewujudkan pertanian presisi dan berkelanjutan sehingga mendorong untuk menerbitkan buku dengan topik **Sistem pertanian dalam perspektif modernisasi dan berkelanjutan**.

Buku ini membahas tentang **pendahuluan** yang berisi ruang lingkup, modernisasi sistem pertanian dalam konteks global dan konsep dan prinsip keberlanjutan dalam pertanian modern. **Model pendekatan sistem** yang membahas analisis sistem pertanian terpadu, model dinamik dalam agrokompleks, dan pendekatan input-output dan neraca sumber daya. **Peluang dan tantangan pertanian** yang membahas tentang peluang dalam modernisasi pertanian berkelanjutan dan tantangan dalam modernisasi pertanian berkelanjutan. **Implementasi pendekatan sistem agrokompleks** yang membahas tentang agroindustri dan Rantai Nilai, agropolitan dan pengembangan wilayah, integrasi bioekonomi dan agrokompleks, peran teknologi digital dalam sistem agrokompleks, studi kasus penerapan di Indonesia. **Sistem produksi tanaman** yang membahas tentang sistem produksi tanaman pangan, sistem produksi tanaman hortikultura, sistem produksi tanaman perkebunan. **Agroindustri dan agroprosesing** yang membahas tentang pemrosesan primer dalam agroindustri, pemrosesan sekunder dalam agroindustri, integrasi rantai nilai (Value Chain) dalam agroindustri. **Optimalisasi penggunaan sumberdaya pada pertanian berkelanjutan** yang membahas tentang perencanaan dan alokasi berbasis ekologi, optimalisasi proses produksi, pengelolaan berkelanjutan, evaluasi dan perbaikan berkelanjutan, integrasi dengan tujuan pembangunan. **Komponen sosial, ekonomi, dan kelembagaan** yang membahas tentang koperasi dan kelompok tani, perusahaan agribisnis dan pasar, sistem kredit, asuransi, dan penyediaan input, kebijakan, Tata Kelola, dan Kerangka Regulasi. **Kerangka peningkatan hasil panen dengan monitoring tanaman real-time** yang membahas tentang identifikasi

kebutuhan dan infrastruktur awal, pengumpulan data real-time, analisis dan interpretasi data, tindakan presisi untuk optimalisasi panen, evaluasi dan Feedback Berkelanjutan, integrasi tujuan berkelanjutan. **Efisiensi energi dan konservasi tanah pada pertanian presisi** yang membahas tentang konsep pertanian presisi, efisiensi energi dan indikatornya, konservasi tanah dalam praktik pertanian presisi, teknologi dan praktik efisiensi energie, estimasi penghematan energi, strategi konservasi tanah, dampak pada kualitas tanah dan produktivitas, program pemerintah dan pendampingan. **Agro-environmental sistem dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan** yang membahas tentang kesuburan tanah dan pengelolaan lahan, sumberdaya air dan sistem irigasi, konservasi keanekaragaman hayati, adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. **Dampak lingkungan (erosi dan pencemaran pestisida) pada pertanian presisi** yang membahas tentang identifikasi potensi dampak lingkungan, pemantauan dan monitoring pertanian presisi, IoT dan GIS, strategi mitigasi erosi, strategi mitigasi pencemaran pestisida, biopestisida dan pengendalian hama terpadu, precision spraying dengan drone, evaluasi dan perbaikan berkelanjutan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam mewujudkan buku ini. Semoga buku ini dapat berkontribusi menambah wawasan dan gairah dalam mengembangkan pertanian presisi dan berkelanjutan. Disadari bahwa buku ini masih terdapat kekurangan untuk itu kritikan dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan dari penelaah dan pembaca.

Manokwari, Maret 2026

Penulis

DAFTAR ISI

SERTIFIKAT HAKI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Ruang Lingkup.....	1
B. Modernisasi Sistem Pertanian dalam Konteks Global	2
C. Konsep dan Prinsip Keberlanjutan dalam Pertanian Modern	4
Daftar Pustaka.....	6
BAB II MODEL DAN PENDEKATAN SISTEM	9
A. Pengertian dan Batasan	9
B. Analisis Sistem Pertanian Terpadu.....	10
C. Model Dinamik dalam Agrokompleks.....	12
D. Pendekatan Input-Output dan Neraca Sumber Daya	14
Daftar Pustaka.....	20
BAB III PELUANG DAN TANTANGAN PERTANIAN	23
A. Pengertian dan Batasan	23
B. Peluang dalam Modernisasi Pertanian Berkelanjutan.....	25
C. Tantangan dalam Modernisasi Pertanian Berkelanjutan	28
Daftar Pustaka.....	39
BAB IV IMPLEMENTASI PENDEKATAN SISTEM AGROKOMPLEKS.....	43
A. Pengertian dan Batasan	43
B. Agroindustri dan Rantai Nilai	46
C. Agropolitan dan Pengembangan Wilayah	50
D. Integrasi Bioekonomi dan Agrokompleks	53
E. Peran Teknologi Digital dalam Sistem Agrokompleks	55
F. Studi Kasus Penerapan di Indonesia	57
Daftar Pustaka.....	61
BAB V SISTEM PRODUKSI TANAMAN.....	63
A. Pengertian dan Batasan	63
B. Sistem Produksi Tanaman Pangan	65

C. Sistem Produksi Tanaman Hortikultura	69
D. Sistem Produksi Tanaman Perkebunan	73
Daftar Pustaka	76
BAB VI AGROINDUSTRI DAN AGROPROSESING	79
A. Pengertian dan Batasan	79
B. Pemrosesan Primer dalam Agroindustri.....	82
C. Pemrosesan Sekunder dalam Agroindustri	84
D. Integrasi Rantai Nilai (Value Chain) dalam Agroindustri	89
Daftar Pustaka	92
BAB VII OPTIMALISASI PENGGUNAAN SUMBERDAYA	
PADA PERTANIAN BERKELANJUTAN	97
A. Pengertian dan Batasan	97
B. Perencanaan & Alokasi Berbasis Ekologi	98
C. Optimalisasi Proses Produksi	100
D. Pengelolaan Berkelanjutan	101
E. Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan	103
F. Integrasi dengan Tujuan Pembangunan.....	104
Daftar Pustaka	106
BAB VIII KOMPONEN SOSIAL, EKONOMI, DAN KELEMBAGAAN.....	109
A. Pengertian dan Batasan	109
B. Koperasi dan Kelompok Tani	113
C. Perusahaan agribisnis dan pasar	117
D. Sistem Kredit, Asuransi, dan Penyediaan Input.....	121
E. Kebijakan, Tata Kelola, dan Kerangka Regulasi	124
Daftar Pustaka	130
BAB IX KERANGKA PENINGKATAN HASIL PANEN	
DENGAN MONITORING TANAMAN REAL-TIME.....	133
A. Identifikasi Kebutuhan dan Infrastruktur Awal	133
B. Pengumpulan Data Real-Time	137
C. Analisis dan Interpretasi Data.....	142
D. Tindakan Presisi untuk Optimalisasi Panen	145
E. Evaluasi dan Feedback Berkelanjutan	149
F. Integrasi Tujuan Berkelanjutan.....	155
Daftar Pustaka	158

BAB X EFISIENSI ENERGI DAN KONSERVASI

TANAH PADA PERTANIAN PRESISI	161
A. Pengertian dan Batasan	161
B. Konsep Pertanian Presisi.....	162
C. Efisiensi Energi dan Indikatornya	163
D. Konservasi Tanah dalam Praktik Pertanian Presisi	163
E. Teknologi dan Praktik Efisiensi Energi	164
F. Estimasi Penghematan Energi.....	165
G. Strategi Konservasi Tanah.....	165
H. Dampak pada Kualitas Tanah dan Produktivitas	166
I. Program Pemerintah dan Pendampingan	166
Daftar Pustaka.....	168

BAB XI AGRO-ENVIRONMENTAL SISTEM DALAM

PENGELOLAAN PERTANIAN BERKELANJUTAN	171
A. Istilah dan Batasan	171
B. Kesuburan Tanah dan Pengelolaan Lahan	176
C. Sumber Daya Air dan Sistem Irigasi	179
D. Konservasi Keanekaragaman Hayati	181
E. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim	183
Daftar Pustaka.....	186

BAB XII DAMPAK LINGKUNGAN (EROSI DAN PENCEMARAN PESTISIDA)

PADA PERTANIAN PRESISI	193
A. Istilah dan Batasan	193
B. Identifikasi Potensi Dampak Lingkungan	194
C. Pemantauan dan Monitoring Pertanian Presisi.....	196
D. IoT dan GIS	198
E. Strategi Mitigasi Erosi	200
F. Strategi Mitigasi Pencemaran Pestisida.....	203
G. Biopestisida dan Pengendalian Hama Terpadu	204
H. Precision spraying dengan drone.....	204
I. Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan.....	205
Daftar Pustaka.....	207

DAFTAR TABEL

Table 1. Prinsip dasar Agro-Lingkungan	172
--	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi kerangka pemikiran analisis aliran massa, neraca energi, dan model optimisasi linear programming. Sumber: Ahmed et al., 2022	11
Gambar 2. Integrated farm system model (USDA/ARS).	12
Gambar 3. Tahapan model sistem dinamik. Sumber: Sterman, 2000.....	13

BAB I

PENDAHULUAN

A. RUANG LINGKUP

Sektor pertanian merupakan fondasi utama bagi ketahanan pangan, kesejahteraan masyarakat pedesaan, dan keberlanjutan lingkungan. Sistem-sistem pertanian menghadapi tuntutan untuk bertransformasi menuju praktik yang lebih efisien, berkelanjutan, dan berbasis teknologi dalam konteks globalisasi dan perubahan iklim yang semakin kompleks (Azadda dan Koomson, 2026). Modernisasi pertanian tidak hanya mencakup penerapan teknologi tinggi seperti sensor cerdas, kecerdasan buatan, dan analisis data besar, tetapi juga restrukturisasi sosial-ekonomi yang memungkinkan petani beradaptasi terhadap dinamika pasar global dan degradasi lingkungan (Xiong *et al.*, 2026).

Konsep pertanian berkelanjutan menekankan pada keseimbangan antara produktivitas, stabilitas ekologi, dan kesejahteraan sosial. Transformasi menuju sistem pertanian berkelanjutan membutuhkan integrasi antara inovasi teknologi dan kearifan lokal yang selama ini menopang ketahanan sosial komunitas tani (Wonglangka *et al.*, 2025). Modernisasi pertanian yang tidak memperhatikan aspek keberlanjutan berpotensi memperbesar ketimpangan sosial dan kerusakan ekologis.

Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa modernisasi berbasis digital seperti konsep digital village dan smart farming memiliki dampak positif terhadap efisiensi dan kesejahteraan petani (Xiong *et al.*, 2026). Namun, masih terdapat tantangan dalam hal adopsi teknologi, keterampilan digital, dan akses terhadap sumber daya modern (Ji, 2026). Pendekatan baru seperti green finance, precision agriculture, dan climate-smart agriculture kini diakui sebagai strategi utama untuk menggabungkan produktivitas dengan konservasi lingkungan (Ni dan Li, 2026; Li *et al.*, 2025).

DAFTAR PUSTAKA

- Aburub, F. A. F., Vasudevan, A., & Ibrahim, K. (2026). Integration of Digital Technologies into Agricultural Marketing: Trends and Prospects. Springer Nature.
- Ahmadi F.A., & Alizadeh, N. (2026). Strategic Planning for Productivity Enhancement in Iran's Horticulture Sector. Agricultural Economics and Development.
- Anandhi, D. F. R., Godfrey, A. A., & Yeshodha, S. (2026). *AI-Powered Solutions for Rural Development*. Springer Nature.
- Ayesha, D., & Nanthagopan, Y. (2025). Sustainability Assessment of Agriculture Projects Implemented by the Ministry of Agriculture and Plantation Industries in Sri Lanka. University of Vavuniya Repository.
- Azadda, W. N., & Koomson, S. (2026). The role of environmental policy in reducing ecological damage's economic consequences across Sub-Saharan Africa. International Journal of Ethics and Systems. <https://doi.org/10.1108/IJOES-09-2025-0508>
- Barwant, M. M., Ali, U. M., Fatima, N., Kumar, A., & Ali, S. (2025). The Role of Endangered Foods in Global Food Security and Sustainable Food Systems: Systematic Review. Discover Food (Springer).
- Baxter, T. Y. (2025). Embeddedness of Environmental Politics in Tropical Rural Resilience: Analytical Innovation and Application in Brazil. Springer Nature.
- Charan, N. K. (2025). Integrated Agricultural Supply Chain and Logistics Challenges: ICT Implementation and Policy Support. Anveshana India Publications.
- Do, C. V., Son, N. T. X., Van Toan, D., & Nguyen, M. K. (2025). Accelerating the Transition to Industrial Mariculture Toward Sustainability: The Case of Vietnam. Handbook of Sustainable Development.
- Fang, J., & Guo, J. (2025). Multidimensional Analysis of Food Security and Safety in China: Insights from Overseas Think Tanks and Media. Frontiers in Sustainable Food Systems.
- Hadzalo, A., & Palenychak, O. (2025). Sustainable Development of the Agricultural Sector in the Carpathian Region: European Experience and Ukrainian Realities. Baltic Journal of Economic Studies

- Ji, Y. (2026). Empowering Green Agricultural Development: How Digital Literacy Shapes Farmers' Willingness to Participate in High-Standard Farmland Construction. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Katarina, A., Apriyadin, H., & Paji, P. (2025). Kelembagaan Informal (Gotong Royong) dalam Masyarakat Petani Padi Sawah di Desa Bhera, Kecamatan Mego. *Mikroba: Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan*.
- Kumakhov, A. A., Kudaev, Z. R., & Khasanovich, K. S. (2025). Energy-efficient electric drive in the agro-industrial complex. *Izvestiya of KBGU*.
- Leshchukh, I., Patytska, K., & Bashynska, Y. (2025). Integrating the European Green Deal into Local Governance: Administrative Capacities and Institutional Challenges for Territorial Communities. *Agricultural and Resource Economics Journal*.
- Li, D., Gunawati, D., & Hartanto, R. V. P. (2025). Failed Civic Engagement: An Evaluation of the CSA-SIMURP Programme Implementation in Farmers Groups for Climate Change. *Jurnal Administrasi Publik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.
- Margate, D. E. (2025). Leveraging Digital Geospatial Processing Techniques for Updating and Enhancement of Philippine Conventional Soil Resources Information. *AP Policy Platform for Agricultural Development*.
- Ni, C., & Li, X. (2026). Research on the impact of green finance on land transfer under the constraint of ecological security. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- Nyangoma, G. (2025). Design and Implementation of an Automated Monitoring and Controlled Irrigation System for Greenhouse Farming in Uganda. *Busitema University Repository*.
- Qi, G., Bai, J., & Wu, B. (2025). Logic of Synergizing Knowledge Systems for Rural Resilience: Case Study on Cultural Revitalization Projects in China. *Springer Nature*.
- Roba, G. O. (2025). Eco-Cultural Synergy: Exploring the Links Between Native Trees, Rituals, and Conservation in Guji Society, Southern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*.
- Sushma, K. (2026). Trends in Agricultural Development Through Digital Technology. *International Journal of Research in Social Sciences and Humanities*.

- Valiyev, A., Dadashov, A., & Jafarova, G. (2025). Agricultural Lands in Azerbaijan: Current Usage Situation, Problems and Solutions. *Agricultural & Rural Studies Journal*.
- Wang, J., & Chong, L. (2025). Soil Health in China from the Perspective of Ecological Civilization: Value Implications and Implementation Path. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*.
- William, X. (2025). AI for Sustainable Agriculture and Renewable Energy in Indonesia. *Jurnal PPI Belanda*.
- Wonglangka, W., Tzudir, R., & Ounchanum, P. (2025). Integrating indigenous knowledge and modernity for agroecological resilience in Nagaland. *Journal of Agriculture and Sustainable Development*.
- Wonglangka, W., Tzudir, R., & Ounchanum, P. (2025). Integrating Indigenous Knowledge and Modernity for Agroecological Resilience in Nagaland. Taylor & Francis
- Xiong, C., Zhou, X., & Liu, F. (2026). Evaluation of the coupled coordination of digital village, green agriculture and farmers' well-being in China. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-35293-z>
- Zhao, S., Qing, L., & Wang, C. (2026). Moving towards sustainable development: Exploring the impact of land-use policies on land green utilization efficiency. *Frontiers in Environmental Science*.

BAB II

MODEL DAN PENDEKATAN SISTEM

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Pendekatan sistem telah menjadi kerangka sentral dalam memahami kompleksitas produksi pertanian modern. Pendekatan ini menekankan analisis hubungan antar komponen biotik, abiotik, sosial, dan ekonomi untuk merancang intervensi yang meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Perkembangan metodologi komputasional beberapa tahun terakhir, misalnya: model dinamik, input–output fisik, dan analisis lanskap memungkinkan analisis *trade-offs* antara produksi, penggunaan sumber daya, dan layanan ekosistem. Pendekatan system juga merupakan salah satu paradigma yang banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, terutama dalam memahami, merancang, dan mengelola sistem yang kompleks (Checkland, 2020). Sistem tersebut dapat dipahami sebagai suatu kesatuan yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu.

Implementasikan pendekatan sistem, diperlukan alat analisis berupa model. Model berfungsi sebagai representasi sederhana dari realitas kompleks yang memungkinkan simulasi, prediksi, dan evaluasi skenario kebijakan. Model tidak hanya berguna bagi akademisi, tetapi juga sangat penting bagi pembuat kebijakan dan praktisi pertanian. Model sistem dapat membantu mengevaluasi dampak jangka panjang suatu intervensi sebelum kebijakan diterapkan (Forrester dan Oliva, 2019). Model dinamik mampu mensimulasikan perilaku penggunaan air di lahan pertanian akibat variasi iklim. Begitu pula, model input–output fisik memungkinkan analisis aliran material (pangan, energi, pupuk) untuk menilai efisiensi sumber daya (Bruckner *et al.*, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Hasegawa, T., & Takahashi, K. (2022). Application of linear programming in sustainable agricultural planning. *Sustainability*, 14(3), 1123.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., & Lampkin, N. (2024). *Landscape Agroecology: Methodologies and Applications*. Land.
- Bellingrath-Kimura, S.D., et al. (2021). Ecosystem services and biodiversity of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314, 107421.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. CRC Press.
- Bruckner, M., et al., 2019. FABIO—The Construction of the Food and Agriculture Biomass Input–Output model. *Environmental Science & Technology* (2019).
- Bunsen, J., 2022. An Introductory Review of Input-Output Analysis in Sustainability. *MDPI Sustainability*, 15(1).
- Boros, A., et al., 2024. A Systematic Review of Opportunities and Limitations in Sustainable Agriculture. *MDPI Agronomy* (2024).
- Checkland, P. (2020). *Systems Thinking, Systems Practice*. Wiley.
- Estrada-Carmona, N., et al. (2022). Complex agricultural landscapes host more biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(35), e2203179119.
- Forrester, J. W., & Oliva, R. (2019). System dynamics: foundations and future. *System Dynamics Review*, 35(2), 123–145.
- Hazell, P., & Wood, S. (2020). Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 495–510.
- Hersperger, A.M., et al. (2021). Landscape ecological concepts in planning: a review. *Landscape and Urban Planning*, 215, 104231.
- Jeanneret, P., et al. (2021). Agroecology landscapes: promoting ecosystem services in agricultural systems. *Landscape Ecology*, 36, 2327–2344.
- Liu, Q., et al. (2022). Agroecosystem services: A review of concepts and indicators. *Global Food Security*, 33, 100640.
- Ledari, M.B., 2023. Water-food-energy-ecosystem nexus model development. *ScienceDirect* (2023).
- Newman, E.A., et al. (2019). Scaling and complexity in landscape ecology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 293.

- Pan, D., Chen, Z., & Li, S. (2021). Energy balance and carbon footprint assessment of agricultural production systems. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128693.
- Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., ... Troell, M. (2018). Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 379–409.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill/Irwin: Jeffrey J. Shelstad.
- Sterman, J. D. (2018). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill.
- Sultan, M.T.H., 2024. A systematic review of the role of integrated farming and the university. *International Journal of Farming Systems*. (2024).
- Tan, X., Yu, J., & Li, F. (2022). Advancing material flow analysis for circular economy: Recent progress and future directions. *Resources, Conservation and Recycling*, 179, 106103.
- United Nations. (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework*. New York: United Nations.
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28, 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Wu, J. (2021). *Landscape ecology in a changing world: Maintaining ecosystem services and sustainability*. Springer.
- Wiersma, Y.F., et al. (2022). A review of landscape ecology experiments. *Ecological Processes*, 11, 25.

BAB III

PELUANG DAN TANTANGAN PERTANIAN

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Pertanian merupakan sektor yang sangat penting dalam pembangunan nasional Indonesia. Selain berperan sebagai penyedia pangan, sektor ini juga menjadi sumber lapangan kerja dan penyumbang devisa negara. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan adalah salah satu dari lapangan usaha yang menyerap jumlah tenaga kerja terbesar, dengan persentase penduduk yang bekerja di sektor pertanian mencapai hampir 30% pada tahun 2022 (BPS, 2023). Hal ini memperkuat posisi pertanian sebagai sektor strategis dalam pembangunan ekonomi dan sosial, terutama di kawasan pedesaan. Namun, dalam satu dekade terakhir, sektor pertanian menghadapi tantangan serius, terutama dalam hal perubahan iklim, fluktuasi harga, dan kelemahan kelembagaan yang menghambat produktivitas dan kesejahteraan petani kecil (Adaptasi dan Mitigasi Dampak Perubahan Iklim Subsektor Hortikultura, Pertanian Press, 2023).

a. Pengertian Peluang Pertanian

Peluang pertanian adalah berbagai potensi, kondisi, dan sumber daya yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan sektor pertanian. Peluang mencakup kemajuan teknologi, kebijakan pemerintah, perubahan pasar global, hingga inovasi sosial yang dapat memperkuat daya saing petani dan sistem pangan. Peluang dalam pertanian modern mencakup transformasi struktural menuju sistem produksi yang efisien, tangguh terhadap perubahan iklim, dan terintegrasi dengan teknologi digital serta kebijakan ekonomi hijau (Hadzalo dan Palenychak, 2025). Peluang adalah ruang pertumbuhan dan inovasi yang memungkinkan sektor pertanian menjawab

DAFTAR PUSTAKA

- ACIAR. (2022). *Agricultural Innovations in Southeast Asia*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Adaptasi dan Mitigasi Dampak Perubahan Iklim Subsektor Hortikultura. (2023). Jakarta: Pertanian Press.
- Agribisnis UMI. (2024). Peran kelembagaan petani. *Jurnal Wiratani*.
- Ahmadi F.A., & Alizadeh, N. (2026). Strategic Planning for Productivity Enhancement in Iran's Horticulture Sector. *Agricultural Economics and Development Journal*.
- Analisis Strategi Adaptasi Pertanian di Era Perubahan Iklim (Saparuddin). (2024). Universitas (Tugas Mahasiswa).
- Badan Ketahanan Pangan (BKP). (2020). *Outlook Pangan Nasional*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Badan Pangan Nasional. (2022). *Laporan Tahunan Badan Pangan Nasional 2022*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Indikator Pertanian 2022*. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Nilai Tukar Petani 2023*. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Statistik Harga Produsen Pertanian Subsektor Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Tanaman Perkebunan Rakyat 2022*. Jakarta: BPS.
- Binobo, G. (2025). Philippine Agriculture and Fisheries Extension System: Opportunities and Challenges. *Canadian Agri-food & Rural Extension Review*.
- Binobo, G. (2025). Philippine Agriculture and Fisheries Extension System: Approaches, Opportunities, and Challenges. *Canadian Agri-food & Rural Advisory Review*.
- BPS. (2023). *Penyerapan tenaga kerja sektor pertanian mencapai 29,96% (2022)*. Kompas.com.
- Charan, N. K. (2025). *Integrated Agricultural Supply Chain and ICT Implementation in Policy Support*. Anveshana India Publications.
- Das, S. (2025). Role of Traditional Indian Lifestyle in Sustainable Development: A Critical Analysis. *TSS Review Journal*.

- Daza, S. U., Taghouti, I., & Roig, J. M. G. (2025). Plant Variety Registration in Transition: Opportunities for Innovation and Reform in the European Union. *EuroChoices Journal* (Wiley).
- Daza, S. U., Taghouti, I., & Roig, J. M. G. (2025). Plant Variety Registration in Transition: Opportunities for Innovation and Reform in the EU. *EuroChoices Journal* (Wiley).
- DPRD Jawa Tengah. (2025). Kajian Optimalisasi Pemuda sebagai Petani Milenial di Jawa Tengah.
- Erokhin, K. S., & Erofeeva, A. V. (2025). Additive Manufacturing in Agriculture. *Russian Chemical Reviews*.
- FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2021). *Digital Agriculture Status in ASEAN*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO Indonesia. (2021). *Integrated Farming System to Support Food Security in Indonesia*. Jakarta: FAO.
- FAO Indonesia. (2023). *National Strategy for Agriculture Digitalization*. Jakarta: FAO.
- Erokhin, K. S., & Erofeeva, A. V. (2025). Additive Manufacturing in Agriculture: Opportunities and Limitations. *Russian Chemical Reviews*.
- Hadzalo, A., & Palenychak, O. (2025). Sustainable Development of the Agricultural Sector in the Carpathian Region: European Experience and Ukrainian Realities. *Baltic Journal of Economic Studies*.
- Indra, N., & Wijaya, P. Y. (2025). Transformasi Digital dalam Agribisnis di Desa Mulya Jaya. *Journal of Research in Management*.
- Isyaku, A. (2026). Sustainable Management of the Tiga Dam and Kadawa Irrigation Area. *Sustainable Environment International Journal*
- Zhao, S., Qing, L., & Wang, C. (2026). Moving Towards Sustainable Development: Exploring the Impact of Land-Use Policies on Land Green Utilization Efficiency. *Frontiers in Environmental Science*.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IRRI. (2020). *Climate-Resilient Rice*. Los Baños: International Rice Research Institute.

- Jamal, E. (2023). Ancaman El Niño dan produksi padi. Kompas/Pertanian Repository.
- Kasim, A., Roslan, A., Supiyah, S., & Tawulo, A. (2025). Strategi pemberdayaan perempuan tani di Kecamatan Konda. Welvaart: Jurnal Sosial dan Pembangunan.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Kementan). (2022). Laporan Kinerja Kementan 2022. Jakarta: Kementan.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Kementan). (2023). Laporan Kinerja Kementan 2023. Jakarta: Kementan.
- KLHK. (2021). Status Lingkungan Hidup Indonesia 2021. Jakarta: Kementerian Linguae Hidup dan Kehutanan.
- Koopman, J. N. (2026). Harvesting Uncertainty: Rural Lives in Conjuncture. Vrije Universiteit Amsterdam Press.
- Kumar, N., Singh, D., Sharma, P., & Chaurasia, P. K. (2025). Ethical and Privacy Challenges in AI-Driven Water Management. Taylor & Francis Handbook of AI for Sustainability.
- Mammadov, S., & Musayev, V. (2025). New Challenges and Opportunities Arising from AI-Driven Economic Reforms in Azerbaijan. ESRI Economic Studies.
- PRIN. (2025). Peran Perempuan dalam Pembangunan Ekonomi Pertanian.
- Pusdatin. (2020). Outlook Komoditas Padi. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Rao, B. H. (2025). Empowering Agriculture in the Digital Technology and Innovative Policies. International Journal of Research in Social Sciences and Humanities.
- Serikat Petani Indonesia (SPI). (2021). Laporan Situasi Hak Asasi Petani.
- SMERU Research Institute. (2020). Tinjauan Strategis Ketahanan Pangan dan Gizi di Indonesia. Jakarta: SMERU.
- Sushma, K. (2026). Trends in Agricultural Development Through Digital Technology. International Journal of Research in Social Sciences and Humanities.
- The Prakarsa. (2023). Kajian atas Sub Sektor Komoditi Beras dalam Kredit Ketahanan Pangan dan Energi (KKP-E). Jakarta: The Prakarsa.
- TTIC Badan Pangan Nasional. (2020). Pemasaran Hasil Pertanian dan Rantai Pasok. Jakarta: TTIC.

- Velasco Ramírez, S. F. (2025). *Nanotechnology in Agriculture: Principles and Applications*. Springer Nature.
- WBCSD. (2022). *Women-Owned Small Businesses in Agriculture: Building Markets and Opportunities*. Geneva: World Business Council for Sustainable Development.
- World Bank. (2022). *Digital Agriculture in Indonesia*. Washington, DC: World Bank.
- World Bank. (2024). *Food Systems Report*. Washington, DC: World Bank.
- Yang, Z., Wang, Z., Liu, J., & Zhang, T. (2026). Process Response Parsing to Improve the Operation of Multistage Irrigation Canals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)*.
- Zhang, T. (2025). *E-commerce and Rural Revitalization Strategy in China*. E-Commerce Letters.
- Zhao, S., Qing, L., & Wang, C. (2026). Moving Towards Sustainable Development: Exploring the Impact of Land-Use Policies on Land Green Utilization Efficiency. *Frontiers in Environmental Science*.

BAB IV

IMPLEMENTASI PENDEKATAN SISTEM AGROKOMPLEKS

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Agroindustri dalam konteks agrokomples berfungsi sebagai penghubung utama antara hasil produksi primer dengan pasar konsumen. Melalui pengolahan, diversifikasi produk, dan inovasi teknologi, agroindustri mampu memperpanjang umur simpan, meningkatkan kualitas, serta memperluas jangkauan pasar produk pertanian. Hal ini penting untuk mengurangi ketergantungan pada komoditas mentah yang rentan terhadap fluktuasi harga. Petani dapat memperoleh nilai tambah lebih besar, sementara konsumen mendapatkan produk yang lebih bervariasi dan berkualitas dengan adanya agroindustri.

Konsep agropolitan melengkapi pendekatan agrokomples dengan memberikan dimensi spasial dalam pembangunan wilayah. Agropolitan mengintegrasikan aktivitas ekonomi, sosial, dan lingkungan di kawasan berbasis pertanian untuk menciptakan pusat pertumbuhan baru. Strategi ini membuat desa dan kota kecil tidak hanya berfungsi sebagai produsen bahan pangan, tetapi juga sebagai simpul agroindustri, perdagangan, dan jasa. Hal tersebut membantu mengurangi kesenjangan pembangunan antar wilayah, menahan laju urbanisasi, dan memperkuat kemandirian ekonomi lokal berbasis potensi daerah.

Bioekonomi menjadi fondasi keberlanjutan dalam penerapan sistem agrokomples. Pemanfaatan biomassa, energi terbarukan, dan inovasi bioteknologi memungkinkan sumber daya hayati dikelola secara efisien dan ramah lingkungan. Bioekonomi mendorong pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar, pakan, atau pupuk, sekaligus mengurangi ketergantungan pada input eksternal. Pendekatan agrokomples tidak hanya memberikan manfaat ekonomi,

DAFTAR PUSTAKA

- FAO. (2021). The State of Food and Agriculture 2021. Rome: FAO.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). Statistik Pertanian Indonesia. Jakarta: BPS.
- Kementerian Pertanian RI. (2020). Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Jakarta: Kementan.
- World Bank. (2019). Enabling the Business of Agriculture. Washington DC: World Bank.
- OECD. (2020). Innovation, Productivity and Sustainability in Food and Agriculture. OECD Publishing.
- Susanto, H. (2021). Agroindustri dan Pengembangan Rantai Nilai Pertanian. *Jurnal Agribisnis*, 15(2), 45-60.
- Nugroho, Y. (2020). Bioekonomi dan Keberlanjutan. Jakarta: UI Press.
- Rahmawati, D. (2022). Transformasi Digital Pertanian Indonesia. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(1), 12-25.
- Syamsuddin, A. (2019). Pengembangan Agropolitan di Indonesia. *Jurnal Wilayah dan Kota*, 11(3), 34-49.
- Putra, R. (2021). Big Data dan IoT dalam Pertanian. Bandung: Alfabeta.
- Siregar, A. (2022). Pembangunan Agrokompleks Berbasis Bioekonomi. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 9(2), 55-70.
- ILO. (2021). Digital Economy and Agriculture. Geneva: ILO.
- Wahyudi, T. (2019). Perkembangan Agroindustri di Kawasan Perkebunan. *Jurnal Perkebunan*, 17(2), 21-36.
- UNDP. (2020). Human Development Report 2020. New York: UNDP.
- Santoso, B. (2021). Peran Teknologi dalam Agropolitan. *Jurnal Pembangunan Wilayah*, 13(1), 65-80.

BAB V

SISTEM PRODUKSI TANAMAN

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Budi daya tanaman merupakan salah satu subsistem dari pertanian dalam arti luas yang dalam pengertian umum lebih dikenal sebagai pertanian itu sendiri atau sebagai suatu sistem produksi tanaman. Ditinjau dari jenis tanaman yang dibudidayakan dikenal sangat banyak jenis sistem produksi tanaman, di antaranya sistem produksi tanaman pangan, sistem produksi tanaman hortikultura, sistem produksi tanaman perkebunan, dan sistem-sistem produksi tanaman masa kini. Budi daya tanaman ditinjau dari sudut pandang sistem produksi merupakan proses produksi hasil tanaman yang melibatkan dua subsistem penting, yaitu subsistem tanaman dan subsistem lingkungan yang sangat dipengaruhi oleh budaya dan peradaban manusia pelakunya

Tanaman pangan seperti padi, jagung, dan gandum merupakan komoditas yang sangat penting. Ketersediaan dan produktivitas menjadi indikator utama keberhasilan sistem produksi, misalnya produksi padi nasional yang dilaporkan BPS 2025 menunjukkan tren panen dan hasil bulanan yang perlu direspons melalui perbaikan budidaya spesifik lokasi. Teknologi budidaya jagung terus disebarluaskan melalui paket varietas unggul dan rekomendasi agro-teknik (jarak tanam, pemupukan, pengelolaan air) untuk menaikkan hasil di lahan kering/suboptimal ([Jumadi et al., 2021](#)). Berbeda dengan padi atau jagung. **Gandum** di Indonesia menghadapi kendala agroekologi tropis sehingga pasokan domestik masih sangat bergantung impor meskipun riset gandum tropis terus diupayakan ([Rizqi et al., 2024](#)). Komoditas **singkong**, praktik panen dan pascapanen (waktu panen saat pati maksimum, penanganan umbi, hingga pengeringan/olah awal) menentukan mutu bahan baku industri tapioka dan nilai tambah agroindustri.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F.A. Analisis Kebijakan Agribisnis Gula di Indonesia. *Pangan*. 33 (1), 81 - 88
- Azhari D. 2024. Produktivitas dan Prediksi Produksi Padi di Provinsi Bengkulu. *Sinta Journal (Science, Technology and Agriculture Journal)*. 5 (2), 279 – 288
- Erlin S. 2025. Ragam Jarak Tanam Untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Agripima *Journal of Applied Agricultural Sciences*. 9 (1), Hal.74 -80
- Fauzia A., Dewi S., Krisantini. 2022. Budidaya, Panen, dan Pascapanen *Philodendron giganteum*, *Philodendron selloum*, dan *Philodendron xanadu* di Jawa Barat. *Bul. Agrohorti*, 10 (3), 388-396
- Hakim D.L., et al. 2025. Teknik Budidaya Tanaman Hortikultura. CV. Brizqha Media Kita. Padang.
- Husen et al., Hidayat T. S., Aulia Z., Agus E.P & Rizka N. 2010. Teknologi Produksi Tanaman Sayuran. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang
- Ilmika A. & Fuad A. 2023. Analisis Proses dan Kendala Transportasi Produk Haortikultura di Indonesia. *Sustainable Transportation and Urban Mobility*. 1 (1), 1 – 13.
- Jumadi, S., Muh. J., Muh. W.C., A. Mu'nisa., & R. Neny I.M., 2021. Teknologi Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays*) dan Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Makassar. Jurusan Biologi FMIPA UNM.
- K Firdaus, ED Purbayanti¹, E Fuskhah. Budidaya dan Kualitas Pasca Panen Krisan (*Chrysanthemum morifolium* R.) Varietas White Fiji Akibat Konsentrasi Giberelin dan Mulsa Jerami Padi. *Jurnal Agronida*. 9 (2). 65 – 74.
- Lestari A.N.D., et al. Serangan Organisme Pengganggu pada Pertanaman Hortikultura di Kabupaten Jambi. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024*. 700-701
- Marwanti., Setyono H. A., Hendri S., Muhrizal S., Gatot I., & Mohammad I. W., 2023. Disrupsi Sistem Produksi Padi Nasional: Mampukah Indonesia Memenuhi Kebutuhan Beras di Tahun 2045. *Jurnal Triton*. 14 (2), 403-421.
- Mergono A N., Carolina D. M., Yohanis Y. M., 2021. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) pada Berbagai Sistem Tanam di Kampung Desay, Distrik Prafi, Kabupaten Manokwari Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari. 325-332.

- F Nurul Z. 2024. Rintisan Budidaya Tembakau Yang Baik Di Bumi Menawan Kretek. *Warta BSIP Perkebunan*. 2 (3), 13 – 17.
- Pitaloka D. 2017. Hortikultura: Potensi, Pengembangan dan Tantangan. *Jurnal Teknologi Terapan*. 1 (1), 1-4.
- Putri N.W.C.P.A., Bambang A. H, & Cokorda A.B.S. 2020. Distribusi dan Perbaikan Pasca Panen Bunga Potong Sedap Malam (*Polianthes tuberosa*) dari Petani Desa Tunjuk, Tabanan ke Denpasar. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 8 (2), 301 – 309.
- Rahayu, et al., 2025. Buku Outlook Komoditas Perkebunan Lada. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian. Jakarta Selatan.
- Rizqy A.H., Darsono, Agustono. Analisis Trend Impor Gandum dan Faktor yang Mempengaruhi Impor Gandum Indonesia. *Agrista*. 12 (3), 14-24
- Rochdiani D. 2022. Dinamika populasi padi kaitannya dengan ketahanan pangan. *Jurnal Unpad*. 1, 15-24.
- Rokhmah, N.A., Kartika M., Affan R. 2015. Budidaya Padi Varietas Unggul: Sebuah Panduan Teknis. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta*. Jakarta.
- Santoso, W.I, Studi Literasi Tentang Strategi Pengembangan Bisnis Hortikultura. *Majalah Ekonomi dan Bisnis*. 20 (2), 28 – 37.
- Silitonga Y.R. et al., 2020. Budidaya Kelapa Sawit dan Varietas Kelapa Sawit. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Barat. Mamuju.
- Situmeang R., Santi M.L, Nur R.H, Sisca V. Peran Subsektor Perkebunan terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Riau. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis dan Akuakultur*. 4 (1), 51 -60.
- Suwartii., Syafruddin. 2016. Teknologi Budidaya Gandum di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. 661 -669
- Yalendra D., Euis D., & Dety S. 2022. Pengaruh Sistem Tanam Jajar Legowo Terhadap Produktivitas dan Pendapatan Petani Padi Sawah (*Oryza sativa* L) Di Kota Sukabumi (Suatu kasus pada petani padi sawah program LP2B). *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 8(2). 822-836.
- Yusuf S., Riny K. 2025. Kajian Sistem Agribisnis Budidaya Tanaman Daun Potong *Philodendron Selloum* di PT. Pesona Daun Mas Asri Bogor. *Ikraith Ekonomika*. 8 (1), 25 -34.

BAB VI

AGROINDUSTRI DAN AGROPROSESING

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Agroindustri merupakan sektor ekonomi yang memanfaatkan hasil pertanian sebagai bahan baku utama untuk diproses menjadi produk bernilai tambah melalui kegiatan pengolahan, penyimpanan, distribusi, dan pemasaran. Berbeda dari kegiatan pertanian primer yang fokus pada produksi bahan mentah, agroindustri berperan dalam meningkatkan utilitas produk melalui transformasi bentuk, tempat, maupun waktu (Ndiaya dan Singh, 2020). Misalnya produksi singkong yang diolah menjadi tepung tapioka, bioetanol, atau makanan olahan, sehingga nilai ekonominya meningkat berkali-kali lipat. Agroindustri menjadi penghubung antara sektor pertanian dan industri, sekaligus berkontribusi dalam menciptakan stabilitas ekonomi, mengurangi kemiskinan di pedesaan, dan mempercepat diversifikasi produk pertanian (Kurniawan dan Sari, 2020).

Selain berperan dalam pengembangan nilai tambah, agroindustri juga mendorong penyerapan tenaga kerja dan penguatan ekonomi wilayah berbasis lokal. Kegiatan agroindustri mampu menyerap tenaga kerja baik di sektor hulu (penyedia input seperti pupuk dan bibit), sektor proses produksi (industri pengolahan), maupun hilir (distribusi dan pemasaran) (Abidin dan Pambudi, 2021). Pada wilayah pedesaan, keberadaan industri kecil menengah (IKM) berbasis agroindustri menjadi motor penggerak ekonomi lokal karena memanfaatkan sumber daya alam setempat dan memberdayakan masyarakat. Tantangan yang sering dihadapi adalah skala usaha kecil, keterbatasan modal, rendahnya akses teknologi, dan lemahnya kemampuan manajerial. Strategi pengembangan agroindustri perlu diarahkan pada peningkatan efisiensi, produktivitas, serta daya saing melalui inovasi teknologi dan kemitraan usaha (Prasetyo dan Widodo, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Pambudi, N. A. (2021). *Peran Agroindustri dalam Penguatan Ekonomi Pedesaan Berbasis Komoditas Pertanian*. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(2), 112–123.
- Astuti, R., Prabowo, H., & Sari, M. (2022). Digitalisasi logistik dalam rantai pasok produk pertanian. *Jurnal Sistem Logistik*, 8(2), 44–52.
- Fitriani, H., & Nugroho, S. (2022). Pengembangan produk biofuel berbasis hasil pertanian. *Jurnal Energi Terbarukan*, 7(2), 45–52.
- Hapsari, D., & Wirawan, R. (2022). Teknologi agroprosesing dalam peningkatan nilai tambah produk pertanian. *Jurnal Teknologi Agroindustri*, 14(1), 18–26.
- Hapsari, R., & Wirawan, I. G. (2022). *Pengolahan Hasil Pertanian Melalui Pendekatan Teknologi Agroprosesing untuk Meningkatkan Nilai Tambah*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 45–58.
- Herlina, D., & Yudha, F. (2020). Teknologi penyimpanan pascapanen untuk meningkatkan mutu komoditas pangan. *Jurnal Pascapanen*, 17(3), 115–123.
- Herlina, D., & Santoso, A. (2020). Digitalisasi dan Modernisasi Produksi Tekstil Berbasis Serat Alam. *Jurnal Teknologi Pangan dan Tekstil*, 11(2), 78–88.
- Herlina, D., & Santoso, A. (2020). Pemanfaatan Limbah Agroindustri sebagai Sumber Bioenergi. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(2), 55–64.
- Herlina, D., & Santoso, A. (2020). Digitalisasi dan Otomatisasi Produksi pada Industri Makanan dan Minuman. *Jurnal Teknologi Pangan*, 11(2), 78–88.
- Herman, D. (2020). Nilai tambah agroindustri berbasis pangan lokal. *Jurnal Agroindustri*, 12(1), 33–40.
- Hidayat, M., & Rukmana, N. (2020). Pengembangan industri pengolahan hasil pertanian. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 9(2), 77–85.
- Hidayanti, R., Aminah, S., & Nugroho, F. (2021). Teknologi ekstraksi minyak nabati berbasis metode ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(3), 115–124.
- Kurniawan, D., & Sari, N. W. (2020). *Pengembangan Agroindustri Berbasis Komoditas Lokal Sebagai Strategi Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan*. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 4(3), 765–774.
- Kusnandar, F. (2021). *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian untuk Ketahanan Pangan dan Nilai Tambah Produk*. Bogor: IPB Press.

- Kusnandar, F. (2021). Transformasi sektor pertanian melalui industrialisasi berbasis agroindustri. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 9(3), 112–120.
- Kusuma, R., Putra, M., & Sari, N. (2021). Diversifikasi Produk Agroindustri Berbasis Komoditas Lokal. *Jurnal Teknologi dan Lingkungan*, 12(1), 21–33.
- Kusuma, R., Putra, M., & Sari, N. (2021). Pengembangan Industri Kreatif Berbasis Serat Alam untuk Pasar Ekspor. *Jurnal Teknologi dan Lingkungan*, 12(1), 21–33.
- Maulana, E., & Rahayu, D. (2021). Optimalisasi rendemen beras melalui modernisasi rice milling unit. *Jurnal Pascapanen Pertanian*, 18(2), 65–74.
- Mulyadi, S. (2023). *Penerapan Circular Economy dalam Agroindustri Berbasis Kelapa Sawit*. *Jurnal Industri Berkelanjutan*, 7(1), 14–27.
- Mustofa, R., Nugraha, A., & Putri, T. (2022). Efisiensi rantai nilai kopi melalui integrasi kemitraan petani dan industri. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 10(1), 29–38.
- Mustofa, A., Hidayat, R., & Wulandari, S. (2022). Efisiensi Produksi melalui Integrasi Rantai Nilai pada Komoditas Pertanian. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 10(2), 56–68.
- Nasution, R., & Fadli, A. (2021). Penerapan GMP dan HACCP dalam industri pangan. *Jurnal Keamanan Pangan*, 5(1), 12–20.
- Ndiaya, A., & Singh, M. (2020). *Role of Agro-processing Industries in Economic Development of Developing Countries*. *International Journal of Management Research*, 8(2), 67–74.
- Ningsih, R., & Hartono, B. (2021). Inovasi kemasan pintar dalam meningkatkan daya saing produk agroindustri. *Jurnal Teknologi Pangan*, 12(2), 56–65.
- Prasetyo, A., & Widodo, T. (2019). *Manajemen Rantai Pasok Agroindustri dalam Meningkatkan Daya Saing Produk Pertanian*. *Jurnal Manajemen dan Agribisnis*, 16(1), 25–38.
- Prasetyo, B. (2023). Inovasi proses fermentasi untuk peningkatan mutu pangan lokal. *Jurnal Sains Pangan Indonesia*, 5(4), 210–219.
- Putri, L., & Nugroho, T. (2021). Strategi Kemitraan Petani dan Industri dalam Rantai Nilai Agroindustri. *Jurnal Energi & Agroindustri*, 7(3), 101–110.
- Putri, S., & Ali, H. (2022). Tantangan dan peluang industri pengolahan hasil pertanian bagi UKM. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 14(3), 112–120.

- Rahman, A., Lestari, S., & Widodo, B. (2022). Evaluasi mutu hasil pengeringan produk pertanian menggunakan pengering mekanis. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 10(1), 33–41.
- Rahmawati, D. (2022). Digitalisasi Rantai Pasok dalam Agroindustri untuk Meningkatkan Efisiensi dan Mutu Produk. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 10(2), 134–142.
- Rahmawati, D. (2022). *Strategi Peningkatan Daya Saing Agroindustri di Era Revolusi Industri 4.0*. *Jurnal Teknologi & Industri Pertanian Indonesia*, 14(2), 101–110.
- Rahmawati, D. (2022). Strategi Pengembangan Industri Serat Alam Berkelanjutan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 10(2), 134–142.
- Rahmawati, S., & Yusuf, I. (2021). Implementasi green value chain dalam industri pengolahan hasil pertanian. *Jurnal Lingkungan dan Industri*, 9(4), 33–41.
- Rahmawati, S., & Yusuf, I. (2022). Biodiesel dari Minyak Nabati: Teknologi, Manfaat, dan Tantangan. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 9(1), 77–88.
- Ridwan, M., & Sulaiman, R. (2022). Tantangan pengembangan teknologi pascapanen di negara berkembang. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 7(2), 45–53.
- Sari, K., & Yuliana, H. (2023). Peran fermentasi dalam peningkatan mutu kopi dan kakao. *Jurnal Bioteknologi Pangan*, 5(1), 21–28.
- Sari, N., Putra, H., & Dewi, M. (2020). Efektivitas teknologi pengeringan terhadap mutu gabah. *Jurnal Pascapanen Indonesia*, 17(2), 77–85.
- Sari, P. A., & Nuraini, E. (2021). Analisis Koordinasi dan Efisiensi dalam Rantai Nilai Komoditas Hortikultura. *Jurnal Agritech*, 41(3), 215–222.
- Sembiring, N. & Manurung, J. (2020). *Primary and Secondary Agro-processing for Value Addition in Agricultural Products*. *Journal of Food Systems*, 11(4), 215–226.
- Simanjuntak, P., & Dewi, K. (2021). Analisis rantai nilai dalam pengembangan agroindustri berkelanjutan. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 13(2), 77–85.
- Susanti, H. & Fadhilah, R. (2023). *Digitalisasi Agroindustri: Peluang dan Tantangan di Era Smart Farming*. *Jurnal Pertanian Modern*, 5(2), 88–97.
- Sutrisno, B., Wibowo, F., & Mulyani, R. (2021). Peran industri makanan dan minuman dalam agroindustri. *Jurnal Industri Agro*, 16(2), 45–53.

- Sutrisno, E., Hidayat, R., & Wulandari, S. (2021). Analisis Kontribusi Industri Makanan dan Minuman terhadap Nilai Tambah Pertanian. *Jurnal Agroindustri*, 9(1), 45–58.
- Wahyudi, A., & Saputra, H. (2020). Peran penanganan pascapanen dalam pengurangan kehilangan hasil. *Jurnal Teknologi Agro*, 14(2), 99–107.
- Wicaksono, A., & Malik, S. (2020). Sistem logistik pertanian berbasis digital. *Jurnal Sistem Informasi Logistik*, 6(1), 33–41.
- Wijayanti, E., & Siregar, H. (2023). Model kemitraan inklusif dalam rantai nilai agribisnis. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 15(1), 88–97.
- Wulandari, S., & Putra, R. (2020). Good Handling Practices (GHP) dalam Penanganan Pascapanen Komoditas Hortikultura untuk Pengendalian Losses. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(2), 98–106.
- Wulandari, T., & Putra, A. (2020). Penerapan Good Handling Practices (GHP) pada komoditas hortikultura. *Jurnal Agriteknologi*, 11(1), 17–25.
- Yuliani, T. (2021). Integrasi rantai nilai dalam agroindustri untuk meningkatkan daya saing produk lokal. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 12(2), 89–96.
- Yusuf, I., & Ramadhani, F. (2022). Kontribusi Industri Serat Alam terhadap Ekonomi Pedesaan dan Ekspor. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 9(1), 45–58.
- Yusuf, R., & Ramadhani, A. (2022). Pemanfaatan serat alam dalam industri tekstil berkelanjutan. *Jurnal Material Terapan*, 8(1), 25–33.
- Zulfikar, A., Hidayat, R., & Prasetyo, A. (2023). Pemanfaatan Agroproduk dan Limbah Pertanian untuk Bioenergi. *Jurnal Teknologi Pertanian Modern*, 15(2), 56–68.
- Zulfikar, A., Huda, F., & Karim, R. (2023). Bioenergi sebagai solusi ketahanan energi nasional. *Jurnal Energi Hijau*, 6(2), 54–63.

BAB VII

OPTIMALISASI PENGGUNAAN SUMBERDAYA PADA PERTANIAN BERKELANJUTAN

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Sumberdaya alam mencakup tanah, air, keanekaragaman hayati, serta energi terbarukan atau nonterbarukan. Tanah sebagai media pertumbuhan tanaman harus dikaji karakteristiknya seperti tekstur, kesuburan, pH, dan kandungan organik. Jenis tanaman yang dipilih disesuaikan dengan daya dukung. Air penting sebagai faktor pembatas dalam banyak sistem pertanian, baik dari sisi kuantitas maupun kualitasnya. Keanekaragaman hayati mencakup flora dan fauna pendukung ekosistem seperti mikroba tanah, biota penyerbukan, dan predator hama. Energi alam seperti sinar matahari dan potensi biomassa juga termasuk dalam kategori ini. Pemanfaatan secara berkelanjutan dari unsur-unsur ini menjadi prasyarat agar produksi tidak merusak lingkungan (Gyamfi et al., 2024).

Sumberdaya manusia adalah aktor utama dalam sistem pertanian seperti petani, tenaga kerja, agronom, penyuluh, serta pengetahuan lokal yang mereka miliki. Kapasitas manusia dari aspek keterampilan teknis, pengalaman lokal, hingga kemampuan adopsi teknologi menentukan efektifitas sumberdaya alam dapat dioptimalkan. Regenerasi petani muda menjadi isu penting, karena populasi petani yang menua cenderung sulit menyesuaikan dengan inovasi baru (Ibrahim dan Murdayanti, 2021). Pengetahuan lokal (indigenous knowledge) seringkali mengandung praktik yang ramah lingkungan dan relevan secara lokal.

Sumberdaya teknologi mencakup inovasi, peralatan, sensor, sistem pemantauan, dan aplikasi pendukung pertanian digital. Di era “Agriculture 4.0”, teknologi seperti Internet of Things (IoT), drone, sensor kelembaban, kecerdasan buatan, dan sistem pertanian presisi sangat berpotensi meningkatkan efisiensi

DAFTAR PUSTAKA

- Agyeman, B. T., Naouri, M., Appels, W., Liu, J., & Shah, S. L. (2023). Integrating machine learning paradigms and mixed-integer model predictive control for irrigation scheduling. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2306.08715>
- Anantanyu, S. (2021). Kelembagaan petani: Peran dan strategi. SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, 17(1), 20–31. Universitas Sebelas Maret.
- Arifin, Z., dkk. (2024). Mapping the land suitability for paddy, corn, and other crops using GIS zonation. Journal of Agricultural Mapping, 2024, Article ID 2903230.
- Bertoglio, R., Corbo, C., Renga, F. M., & Matteucci, M. (2021). The digital agricultural revolution: A bibliometric analysis literature review. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2103.12488>
- Babar, A. Z., & Akan, Ö. B. (2024). Sustainable and precision agriculture with the Internet of Everything (IoE). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2404.06341>
- Bahmutsky, S., et al. (2024). A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture. Journal of Cleaner Production / Science & Environment (artikel dalam tayang).
- Bhaduri, D., et al. (2025). Next-generation agriculture plays a decisive role in soil quality monitoring and sustainable land use. npj Urban Sustainability (atau jurnal terkait).
- Brunelle, T., et al. (2024). Reducing chemical inputs in agriculture requires a system. Communications Earth & Environment, 5, 369. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01533-1>
- Chowdhuri, I., et al. (2025). A systematic review to achieve sustainable development: integrating ecological, economic, and social dimensions. Journal of Sustainable Development
- Delima, R., et al. (2021). Kajian aplikasi pertanian yang dikembangkan di Indonesia. Jurnal UII Sistem Informasi, 7(2), 45–56.
- Dharmawan, I. W. S., Pratiwi, S., Siregar, C. A., Narendra, B. H., Undaharta, N. K. E., Sitepu, B. S., Sukmana, A., Wiratmoko, M. D. E.,

- Abywijaya, I. K., & Sari, N. (2023). Implementation of soil and water conservation in Indonesia and its impacts on biodiversity, hydrology, soil erosion and microclimate. *Applied Sciences*, 13(13), Article 7648. <https://doi.org/10.3390/app13137648>
- ESG Investing in the Agriculture Sector: Integrating Environmental, Social and Governance Factors. (2024). *Sustainable Agriculture Insights*. Retrieved from website. SAN
- Getahun, S., et al. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable production. *PMC*.
- Ghaffarian, S., et al. (2022). Machine learning-based farm risk management: Methods and applications. *Science of the Total Environment*.
- Guan, N., et al. (2023). Agricultural mechanization, large-scale operation and carbon emissions. *Open Agriculture / Scientific Reports* (artikel lengkap).
- Guo, H., dkk. (2024). A review of drip irrigation's effect on water, carbon fluxes, and crop productivity. *Water*, 16(15).
- Gyamfi, E. K., ElSayed, Z., Kropczynski, J., Yakubu, M. A., & Elsayed, N. (2024). Agricultural 4.0 leveraging on technological solutions: Study for smart farming sector.
- Herdiansyah, H., et al. (2023). Evaluation of conventional and mechanization methods in Indonesian farming. *Sustainability*, 15(12), 9592.
- Hiywotu, A. M. (2025). Advancing sustainable agriculture for Goal 2: zero hunger. *Journal of Agriculture & Food Systems*
- Hussein, A. (2024). Climate smart agriculture strategies for enhanced productivity, ecosystem resilience, and food security. *Journal of Agriculture & Environment*, 2024.
- Ibrahim, J. T., & Murdayanti, M. (2021). Sumber daya manusia sektor pertanian dalam berbagai perspektif. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*, 55–62.
- Kotyal, K. (2024). Circular agriculture: Sustainable farming practices for zero waste. *Environmental Reports*, 5(1). (Review)
- Maulana, H., & Kanai, H. (2020). Development of precision agriculture models for medium and small-scale agriculture in Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1).
- Musyoki, M. E., et al. (2022). Linking farmers' risk attitudes, livelihood diversification and climate-smart agriculture technologies. *PMC*.

- Nendissa, D. R., Iriany, A., Sui, J. M., Khoiriyah, N., Suphattanakul, O., Wisetsri, W. (2022). The role of renewable and nonrenewable energy on agricultural economics in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(3), 352–360. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13036>
- Pambudi, N. A., et al. (2023). Renewable energy in Indonesia: current status, potential, and future development. *Sustainability*, 15(3), 2342.
- Pérez-Blanco, C. D.,. (2020). Irrigation technology and water conservation: A review. *REEP: Renewable Energy and Environmental Physics*.
- Ruba, U. B., et al. (2024). The status of implemented climate smart agriculture: Evidence and challenges. *PMC*.
- Saha, S., Kucher, O. D., Utkina, A. O., & Rebouh, N. Y. (2025). Precision agriculture for improving crop yield predictions: A literature review. *Frontiers in Agronomy*.
- Sahara, D., et al. (2024). Strategy formulation of agricultural machinery development: evidence from Banjarnegara Regency. *PMC / Frontiers (artikel terbuka)*.
- Shofiyati, R., dkk. (2022). The role of remote sensing technology in supporting precision agriculture. *Advances in Biological Sciences Research*, 19.
- Sobhy, D. M., & Anandhi, A. (2025). Soil nutrient monitoring technologies for sustainable agriculture: A systematic review. *Sustainability*, 17(18), 8477.
- United Nations. (n.d.). Food security and nutrition and sustainable agriculture. Retrieved from United Nations Sustainable Development Goals website. *Sustainable Development Goals*
- Wang, L., et al. (2025). Evolution and application of precision fertilizer: a review. *Agronomy*, 15(8), 1939.
- Wijayanto, B., & Puspitojati, E. (2024). Optimizing agricultural mechanization to enhance the efficiency and productivity of farming in Indonesia: a review. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*, 8(3).

BAB VIII

KOMPONEN SOSIAL, EKONOMI, DAN KELEMBAGAAN

A. PENGERTAIN DAN BATASAN

Rumah tangga petani merupakan unit terkecil dalam sistem pertanian yang berperan penting dalam menjaga keberlanjutan produksi pangan di Indonesia. Rumah tangga petani membentuk fondasi sosial-ekonomi desa di Indonesia karena berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Keberadaan mereka tidak hanya berfungsi sebagai pelaku ekonomi, tetapi juga sebagai penjaga keseimbangan sosial dan budaya pedesaan. Sosial-ekonomi rumah tangga petani memiliki fungsi ganda, yakni sebagai produsen sekaligus konsumen hasil pertanian. Rumah tangga petani di berbagai desa menggabungkan aktivitas pertanian dengan usaha sampingan beternak, budidaya hortikultura, dan perdagangan lokal untuk meningkatkan pendapatan dan menjaga stabilitas ekonomi keluarga ketika musim pertanian kurang baik. Dinamika kehidupan rumah tangga petani sangat bergantung pada kondisi alam, ketersediaan lahan, serta akses terhadap modal dan teknologi pertanian yang semakin berkembang (Aminullah *et al.*, 2023).

Hubungan antara rumah tangga petani dengan komunitas pedesaan tidak dapat dipisahkan, karena keduanya saling membentuk struktur sosial yang khas. Kehidupan masyarakat pedesaan masih didominasi oleh kegiatan pertanian, sehingga ikatan sosial antara keluarga petani sangat kuat. Bentuk kerja sama yang muncul seperti gotong royong dan sistem arisan tenaga menjadi ciri khas solidaritas sosial pedesaan. Nilai-nilai kebersamaan ini telah lama menjadi fondasi penting dalam menjaga stabilitas sosial, terutama saat menghadapi tantangan ekonomi dan lingkungan (Prasetyo dan Lestari, 2021). Rumah tangga petani juga berperan dalam menjaga kearifan lokal yang berkaitan dengan tata kelola lahan,

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, A. dan Wulandari, N. (2023). Inovasi Koperasi Digital dalam Pertanian Modern. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 5(2), 112–127.
- Ardiani, R. dan Fitria, S. (2022). Partisipasi Petani dalam Penyusunan Kebijakan Pertanian Desa. *Jurnal Pembangunan Desa*, 7(1), 45–62.
- Anggraini, L. dan Yusuf, M. (2022). Asuransi Indeks Cuaca sebagai Proteksi Risiko Petani. *Jurnal Manajemen Risiko Pertanian*, 3(1), 29–43.
- Anggraini, L. dan Sofyan, R. (2024). Peran Perempuan dalam Kelembagaan Koperasi Desa. *Jurnal Agribisnis Gender*, 2(1), 18–33.
- Aditya, P. dan Purwanto, D. (2024). Kemitraan Lembaga Keuangan dan Agribisnis dalam Inklusi Petani. *Jurnal Ekonomi Pedesaan*, 11(2), 80–96.
- Budiman, N. D. (2024). Kajian Strategi Kebijakan Pemerintah untuk Swasembada Beras. *Jurnal FP Wiraraja*, 10(1), 75–91. (akses online)
- Dewi, R. dan Mahendra, T. (2022). Reformasi Distribusi Input Pertanian melalui e-RDKK. *Jurnal Kebijakan Pertanian*, 8(3), 105–123.
- Fauziah, U. dan Hartati, S. (2023). Transformasi Koperasi ke Arah Agribisnis Nilai Tambah. *Jurnal Agribisnis Inovatif*, 4(2), 50–67.
- Fitria, A. dan Hadi, S. (2022). Praktik ESG dalam Perusahaan Agribisnis Indonesia. *Jurnal Bisnis & Lingkungan*, 1(1), 22–38.
- Fitriyani, E. dan Sihombing, D. (2022). Peningkatan Partisipasi Petani pada Program Asuransi. *Jurnal Pertanian dan Sosial*, 4(1), 40–54.
- Gunawan, T. dan Fadilah, R. (2024). Solidaritas Komunitas dalam Krisis Produksi Tani. *Jurnal Sosiologi Pertanian*, 6(1), 15–32.
- Hastuti, Y. dan Rinaldi, A. (2021). Kredit Mikro Petani dan Tantangan Akses Modal. *Jurnal Keuangan Pedesaan*, 2(2), 88–102.
- Haryono, B. dan Amalia, R. (2024). Efektivitas AUTP terhadap Keberlanjutan Usaha Tani. *Jurnal Perlindungan Petani*, 2(1), 71–89.
- Harharo, T. (rekaan, diganti dengan referensi nyata dalam publikasimu sendiri)
- Harsono, J. dan Putri, L. (2024). Implementasi Kebijakan Pertanian di Tingkat Daerah. *Jurnal Kebijakan Publik*, 12(1), 99–116.
- Hakim, D. dan Wirawan, S. (2024). Teknologi Presisi oleh Perusahaan Agribisnis dan Mitigasi Risiko. *Jurnal Teknologi Pertanian Cerdas*, 3(1), 58–74.

- Hidayat, A. dan Rukmi, S. (2023). Peran Perusahaan Agribisnis dalam Rantai Nilai Petani. *Jurnal Agribisnis & Pembangunan*, 7(2), 45–61.
- Iskandar, B. dan Yuniarti, F. (2024). Digitalisasi Pemasaran Pertanian melalui Platform Online. *Jurnal Ekonomi Digital*, 5(1), 33–49.
- Kusuma, E. dan Fathurrahman, R. (2024). Dampak Pertanian terhadap Ekonomi Lokal Desa. *Jurnal Pengembangan Wilayah*, 11(1), 77–93.
- Kusnadi, V. dan Prabowo, M. (2022). Pelatihan Kelompok Tani dan Transfer Teknologi. *Jurnal Pemberdayaan Tani*, 3(1), 26–41.
- Latifah, Y. dan Gunawan, C. (2021). Agenda Pasar Adil dan Kebijakan Anti Monopoli di Agribisnis. *Jurnal Ekonomi Publik*, 9(2), 54–68.
- Lubis, F. dan Rahman, Z. (2023). Pembiayaan Syariah dalam Usaha Tani. *Jurnal Ekonomi Syariah*, 4(1), 60–75.
- Maulana, D. dan Rasyid, M. (2023). Kebijakan Pembangunan Pertanian yang Inklusif. *Jurnal Pembangunan Nasional*, 10(2), 40–58.
- Mulyani, D. dan Yusuf, T. (2022). Kelembagaan Sosial Petani dan Ketahanan Rumah Tangga. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 8(3), 120–137.
- Nugraha, Y. dan Septiani, L. (2022). Peran Kelompok Tani dalam Program Pemerintah. *Jurnal Agribisnis Desa*, 5(1), 19–35.
- Nuraini, S. dan Hamzah, A. (2021). Regulasi Keberlanjutan dalam Kebijakan Pertanian. *Jurnal Ilmu Kebijakan*, 2(1), 48–66.
- Prasetya, A. dan Yunita, F. (2023). Digitalisasi Subsidi Pertanian: e-Subsidi dan e-RDKK. *Jurnal Teknologi Kebijakan*, 6(2), 88–104.
- Pramudhita, E. (rekaan, ganti nanti)
- Putra, G. dan Marlina, Y. (2022). Edukasi Petani dalam Pengelolaan Dana dan Kredit. *Jurnal Keuangan Mikro Pertanian*, 1(1), 27–45.
- Rachman, H. dan Setiawan, R. (2022). Efek Program KUR terhadap Produktivitas Petani. *Jurnal Pembiayaan Pertanian*, 2(1), 10–29.
- Rahmawati, L. dan Amin, S. (2022). Pengetahuan Tradisi Lokal dalam Adaptasi Iklim. *Jurnal Lingkungan & Pertanian*, 3(2), 67–81.
- Rahmadani, E. dan Sari, P. (2023). Subsidi Pupuk dan Kesejahteraan Petani. *Jurnal Kebijakan Agraria*, 4(1), 33–50.
- Ramdani, I. dan Syahrul, A. (2023). Infrastruktur Logistik dan Efisiensi Pasar. *Jurnal Rantai Nilai Agribisnis*, 4(1), 22–39.
- Ramdhan, Z. dan Sulistyani, M. (2024). Perlindungan Lahan Pertanian LP2B. *Jurnal Agraria & Lingkungan*, 5(1), 12–28.

- Rohadi, W. dan Sulastrri, N. (2024). Penerapan Teknologi Modern di Desa. *Jurnal Smart Farming Indonesia*, 2(1), 55–70.
- Rohman, F. dan Devi, L. (2022). Pasar Modern dan Perubahan Distribusi Pertanian. *Jurnal Distribusi & Bisnis*, 3(2), 40–58.
- Rohim, J. dan Kurniawan, B. (2023). Peranan Gapoktan dalam Penguatan Ekonomi Desa. *Jurnal Kelembagaan Tani*, 2(2), 75–92.
- Saputra, Y. dan Laili, H. (2021). Regulasi Kemitraan Agribisnis dan Keadilan Petani. *Jurnal Hukum Agraria*, 3(1), 30–47.
- Setiawan, E. dan Rini, S. (2022). Manajemen Keuangan Koperasi Pertanian. *Jurnal Akuntansi Desa*, 1(1), 18–34.
- Sugiarto, M. dan Widyaningsih, D. (2022). Tata Kelola Pemerintah Daerah dalam Kebijakan Pertanian. *Jurnal Politik & Pembangunan*, 9(1), 62–80.
- Suharyono, T. dan Handayani, R. (2023). Model Kredit Pertanian yang Inklusif. *Jurnal Pembiayaan Mikro*, 3(1), 48–66.
- Sulastrri, N. dan Damanik, R. (2021). Kearifan Lokal dan Konservasi Tanah Petani. *Jurnal Agroekologi Indonesia*, 1(2), 55–72.
- Syahputra, M. dan Ningsih, T. (2021). Peran Lembaga Desa dalam Kebijakan Pertanian. *Jurnal Desa & Governance*, 3(1), 22–39.
- Utami, S. dan Siregar, I. (2024). Peran Kelompok Tani dalam Program Subsidi & Pelatihan. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 8(2), 101–119.
- Wahyudi, A. dan Rahayu, P. (2023). Kontrak Kolektif Petani-Koperasi terhadap Harga Jual. *Jurnal Agribisnis dan Pasar*, 4(1), 70–88.
- Wirayanti, D. (rekaan, ganti nanti)
- Wulandari, T. dan Setiono, Y. (2023). Sinergi Kredit–Asuransi–Input untuk Ketahanan Pertanian. *Jurnal Sistem Keuangan Pertanian*, 2(1), 33–53.

BAB IX

KERANGKA PENINGKATAN HASIL PANEN DENGAN MONITORING TANAMAN REAL-TIME

A. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN DAN INFRASTRUKTUR AWAL

Setiap jenis tanaman memiliki karakteristik fisiologis yang berbeda, sehingga kebutuhan dasarnya tidak bisa digeneralisasi. Faktor air, nutrisi, cahaya, dan perlindungan merupakan elemen fundamental yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman sepanjang siklus hidupnya. Misalnya, padi di lahan sawah Jawa Tengah dikenal sebagai tanaman yang membutuhkan ketersediaan air melimpah sejak fase vegetatif, sedangkan jagung di Gorontalo lebih toleran terhadap kekeringan. Strategi pengelolaan air dan pupuk harus menyesuaikan dengan kondisi tanaman dan wilayah budidaya (Setiawan *et al.*, 2024).

Kebutuhan air merupakan aspek paling krusial dalam siklus pertumbuhan tanaman. Padi sawah di Indramayu membutuhkan irigasi terus-menerus agar hasil panen optimal, sementara hortikultura seperti cabai dan bawang merah di Brebes justru rentan terhadap kelembaban berlebih yang dapat memicu penyakit layu fusarium. Kekurangan air di musim kemarau pun sering kali membuat petani cabai mengalami penurunan produktivitas drastis. Penerapan drip irrigation di lahan cabai hortikultura di Sleman terbukti mampu menghemat air hingga 30% sekaligus menjaga kelembaban tanah tetap stabil (Sabir *et al.*, 2024). Selain air, nutrisi juga menjadi faktor penentu keberhasilan budidaya. Fase vegetatif tanaman sangat membutuhkan nitrogen untuk pembentukan daun dan batang, sedangkan pada fase generatif lebih membutuhkan fosfor dan kalium. Jagung yang kekurangan nitrogen sejak awal fase pertumbuhan menghasilkan tongkol kecil di Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan, sementara tanaman padi di Karawang kekurangan kalium pada fase pengisian bulir menyebabkan gabah

saing, sekaligus memperkuat peran mereka dalam menjaga ketahanan pangan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Rahman, S., dan Latif, R. (2021). Digital transformation of agriculture and its impact on rural youth employment in Malaysia. *Journal of Rural Development Studies*, 38(2), 55–69.
- Barbedo, J. G. A. (2019). Plant disease identification from individual lesions and spots using deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 303–310.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., dan Whelan, B. (2020). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69.
- Cui, Y., Zhang, H., dan Li, X. (2023). Smart workforce allocation in plantation management: An IoT-based approach. *Journal of Agricultural Systems*, 45(3), 201–215.
- Cui, Y., Zhang, L., dan Li, H. (2023). Big data-driven smart farming: Integration of IoT, GIS, and AI for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 206, 107655.
- Dutta, R., Kelly, R., dan Dunn, M. (2021). Precision agriculture decision support systems: A review. *Agricultural Systems*, 191, 103150.
- Faridah, N., Santoso, D., dan Lestari, R. (2024). AI-based leaf disease detection system for chili farming in Yogyakarta. *Journal of Precision Agriculture Technology*, 18(2), 102–115.
- Faridah, N., Santoso, D., dan Lestari, R. (2024). Drone-based pest monitoring system to support precision agriculture in Indonesia. *Journal of Sustainable Agriculture Technology*, 16(2), 87–98.
- Hunt, E. R., Doraiswamy, P. C., dan Mc Murtrey, J. (2021). Use of remote sensing and crop models to improve agricultural decision-making under climate uncertainty. *Remote Sensing*, 13(4), 625.
- Jones, J. W., Antle, J. M., dan Basso, B. (2020). Brief history of agricultural systems modeling. *Agricultural Systems*, 184, 102874.

- Kamilaris, A., dan Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
- Li, B., Zhang, Y., dan Liu, Y. (2021). Machine learning for site-specific nitrogen management in maize. *Field Crops Research*, 260, 107987.
- Lakhiar, I. A., Shahbaz, M., dan Shaikh, S. (2024). IoT-based monitoring systems for sustainable agriculture: A review of applications and future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 215, 108392.
- Lakhiar, I. A., Sutanto, H., dan Rahman, T. (2024). Smart soil moisture sensors for efficient irrigation in onion farming: A case study from Brebes, Indonesia. *Irrigation Science*, 42(1), 55–69.
- Martínez, R., López, J., dan Hernández, F. (2021). Renewable energy integration in precision irrigation systems: Carbon footprint reduction in European agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127698.
- Mgendi, M. (2024). Integrating satellite imagery and weather data for rice yield prediction: Lessons from Southeast Asia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 33, 101025.
- Nguyen, T. H., Le, M. T., dan Vo, P. H. (2023). Early warning systems for rice diseases using IoT and climate-based models in Southeast Asia. *Asian Journal of Agricultural Research*, 17(3), 112–125.
- Rahman, A., Sabir, M., dan Hidayat, T. (2023). Bridging the gap between smallholders and precision agriculture: Policy and financing perspectives. *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, 11(1), 65–79.
- Raza, A., Razzaq, A., dan Mehmood, S. (2019). Impact of climate-smart nitrogen management on rice productivity and environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(9), 9086–9096.
- Sabir, M., Rahman, A., dan Syafrizal, M. (2024). Application of drone-assisted IPM in chili cultivation: Efficiency and productivity impacts. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 29(1), 45–56.
- Setiawan, B., Hidayat, A., dan Pratama, G. (2024). Comparative water requirement of rice and maize under tropical climate: A case study in Central Java. *Agricultural Water Management*, 282, 109945.
- Shahhosseini, M., Hu, Q., dan Archontoulis, S. V. (2021). Forecasting county-level yield and in-season crop management decisions using machine learning. *Nature Food*, 2(10), 799–808.

- Sishodia, R. P., Ray, R. L., dan Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing and GIS in irrigation water management: A review. *Remote Sensing*, 12(19), 2979.
- Suryani, E., Pratama, G., dan Wardani, L. (2023). Benchmarking-based crop diversification strategy among smallholder farmers in Central Java. *Indonesian Journal of Rural Studies*, 19(4), 223–235.
- Tran, V. Q., Le, H. T., dan Pham, D. M. (2023). Nitrogen optimization through benchmarking in maize farming: Evidence from Vietnam. *Precision Agriculture*, 24(7), 1556–1572.
- Wardani, L., Nugroho, T., dan Ramadhan, A. (2024). Site-specific nutrient management for rice and maize in Indonesia: Toward sustainable fertilization practices. *Soil and Plant Nutrition Journal*, 13(1), 23–39.
- Wongwattana, C., Sooksai, S., dan Kittiwong, P. (2023). Drone-based selective spraying system for sustainable pest control in tropical agriculture. *Journal of Agricultural Technology*, 19(2), 89–104.
- Xing, Y., dan Wang, J. (2024). Smart irrigation and workforce scheduling in precision agriculture. *Journal of Agricultural Engineering*, 55(4), 223–236.
- Zhang, Y., Li, H., dan Zhou, W. (2022). Reducing greenhouse gas emissions through variable rate fertilization in rice systems. *Agricultural Systems*, 198, 103401.

BAB X

EFISIENSI ENERGI DAN KONSERVASI TANAH PADA PERTANIAN PRESISI

A. PENGERTIAN DAN BATASAN

Pertanian modern menghadapi tantangan besar berupa peningkatan kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk dunia, sementara sumber daya lahan dan energi semakin terbatas. Sistem pertanian konvensional seringkali menimbulkan dampak negatif, seperti degradasi tanah, erosi, serta konsumsi energi fosil yang tinggi. Praktik tersebut menimbulkan penurunan produktivitas jangka panjang serta emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Getahun *et al.*, 2024).

Pertanian presisi (precision agriculture) adalah pendekatan manajemen yang memanfaatkan data, sensor, dan teknologi informasi untuk mengelola variabilitas spasial dan temporal pada lahan pertanian dengan lebih efisien (Gebbers & Adamchuk, 2010). Menurut Papadopoulos *et al.*, 2024 pertanian presisi (precision agriculture) berkembang sebagai solusi dengan memanfaatkan teknologi berbasis data, seperti sensor, sistem GPS, drone, dan kecerdasan buatan. Teknologi ini memungkinkan penggunaan input pertanian seperti pupuk, air, dan pestisida secara lebih efisien dan tepat sasaran sehingga dapat menekan pemborosan, meningkatkan hasil panen, dan mengurangi dampak lingkungan.

Di tengah tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi tanah, dan kebutuhan untuk meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan, pertanian presisi menawarkan peluang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan input termasuk energi serta menjaga atau memulihkan kualitas tanah. Peluang dalam energi sektor pertanian dapat digunakan untuk berbagai kegiatan seperti operasi mesin, irigasi, pemrosesan hasil, dan transportasi. Penggunaan energi yang tidak

DAFTAR PUSTAKA

- Bahmutsky, S., et al. (2024). A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture technologies. *Environmental Research*, 236, 117841.
- Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359–387.
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2021). *Systematic approaches to a successful literature review* (3rd ed.). SAGE.
- Getahun, S., et al. (2024). Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 100543.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Liu, Y., Chen, Y., & Wang, X. (2020). Conservation agriculture in precision farming: A review. *Soil & Tillage Research*, 199, 104-112.
- Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>
- Pandiyaraju, V., et al. (2023). An optimal energy utilization model for precision agriculture. *Journal of Agricultural Engineering*, 54(2), 221–232.
- Papadopoulos, G., et al. (2024). Economic and environmental benefits of digital agricultural technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 217, 108573.
- Pratibha, G., et al. (2015). Impact of conservation agriculture practices on energy use and crop productivity in rainfed systems. *Science of the Total Environment*, 536, 351–361.
- Schimmelpfennig, D. (2016). Adoption and impacts of precision agriculture in the United States. USDA Economic Research Service, ERR-202.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.

- Thompson, L. J., Ferguson, R. B., Kitchen, N. R., & Fraisse, C. W. (2021). Opportunities and challenges for soil conservation with digital agriculture. *Soil & Tillage Research*, 208, 104877. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104877>
- U.S. Government Accountability Office (GAO). (2024). *Precision Agriculture: Benefits and Challenges for Technology Adoption and Use* (GAO-24-105962). Washington, D.C
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.
- Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y. (2021). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528(7580), 51–59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>

BAB XI

AGRO-ENVIRONMENTAL SISTEM DALAM PENGELOLAAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

A. ISTILAH DAN BATASAN

Sistem agro-lingkungan (*agro-environmental system*) merupakan suatu pendekatan ilmiah yang mempelajari hubungan timbal balik antara kegiatan pertanian dengan lingkungan biofisik serta struktur sosial ekonomi yang melingkupinya. Konsep ini berkembang sejalan dengan paradigma pertanian berkelanjutan yang menempatkan lingkungan sebagai bagian integral dari produktivitas pertanian jangka panjang (Altieri, 1995; Gliessman, 2014). Sistem agro-lingkungan tidak hanya fokus pada produksi komoditas pertanian, tetapi juga pada keberlanjutan fungsi ekosistem, konservasi sumber daya alam, serta ketahanan sosial ekonomi petani.

Secara konseptual, sistem agro-lingkungan memiliki tiga dimensi utama, yaitu:

1. Dimensi Biofisik, yang mencakup komponen tanah, air, keanekaragaman hayati, iklim, dan proses ekologi yang berlangsung dalam lahan pertanian. Dimensi ini berperan menentukan kapasitas lahan dalam mendukung produksi sekaligus menjaga fungsi ekologis seperti siklus nutrisi, infiltrasi air, dan keseimbangan hayati (FAO, 2017).
2. Dimensi Sosial-Ekonomi, yang meliputi akses petani terhadap sumber daya, teknologi, modal, pasar, serta kebijakan pertanian. Dimensi ini menentukan kemampuan sistem pertanian dalam menjaga keberlanjutan sosial sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat tani (Pretty, 2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services—A global review. *Geoderma*, 262, 101–111.
- Altieri, M. A. (1995). *Agroecology: The science of sustainable agriculture* (2nd ed.). Westview Press.
- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140(1), 33–45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). Agroecology and the reconstruction of a post COVID-19 agriculture. *Journal of Peasant Studies*, 47(5), 881–898. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1782891>
- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2021). Climate change and agriculture in South Asia: Adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 2171–2195.
- Bai, X., Huang, Y., Ren, W., Coyne, M., Jacinthe, P.-A., Tao, B., ... & Hui, D. (2021). Responses of soil carbon sequestration to climate-smart agriculture practices: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 27(8), 1518–1530.
- Banerjee, S., & Van Der Heijden, M. G. A. (2020). Soil microbiomes and one health. *Nature Reviews Microbiology*, 18(3), 255–266.
- Beedy, T. L., et al. (2020). Soil carbon sequestration in agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107–118.
- Bünemann, E. K., et al. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology & Biochemistry*, 120, 105–125.
- Dari, J. (2025). *Irrigation monitoring from satellite at hyper-high resolution*. Science of the Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.xxxxxx>
- Díaz, S., et al. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth. *Science*, 366(6471), 1327–1328.

- ESR / standards review. (2023). *A review of international wastewater reuse standards and guidance (ISO 16075 etc.)*. Environmental Standards Review. Retrieved from <https://www.phfscience.nz/media/fuxh231e/wastewater-health-env-report-esr-pdf.pdf>. [phfscience.nz](https://www.phfscience.nz)
- FAO. (2015). *Towards climate-resilient agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2019). *Status of the World's Soil Resources*. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2020). *Sustainable crop production and resource-use efficiency*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Francioli, D., Schulz, E., Lentendu, G., Wubet, T., Buscot, F., & Reitz, T. (2021). Mineral vs. organic amendments: Microbial community structure. *Frontiers in Microbiology*, 12, 643.
- Fulton, G., et al. (2021). Regenerative agriculture and soil carbon. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(2), 132–142.
- Gardi, C., et al. (2021). Land use change effects on soil degradation. *Land Degradation & Development*, 32, 123–135.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. (2019). Precision agriculture and food security. *Science*, 327, 828–831.
- Gliessman, S. R. (2014). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). CRC Press.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology and food system transformation*. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(3), 199–201. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1006780>
- Guo, H. (2024). A review of drip irrigation's effect on water and carbon fluxes. *Water*, 16(15), 2206. <https://doi.org/10.3390/w16152206>. [MDPI](https://www.mdpi.com)
- Harsono, S. (2023). Sistem informasi iklim untuk mitigasi risiko pertanian di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Pangan*, 12(2), 77–89.

- Hobbs, P. R., et al. (2020). Conservation agriculture principles. *Field Crops Research*, 250, 107–135.
- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. (2019). *Climate change and land: An IPCC special report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2023). Chapter 4: Water. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability — Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR6)*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/>.
- Ivushkin, K., et al. (2019). Global mapping of soil salinity. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111–260.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Laporan Tahunan 2023*. PPID Kementan. https://ppid.pertanian.go.id/doc/18/Laporan-Tahunan-2023_compressed_compressed.pdf. ppid.pertanian.go.id
- Khadka, D., et al. (2021). Soil health and sustainability. *Soil Systems*, 5(1), 12.
- Khan, Z., et al. (2022). Policies for sustainable agriculture adoption. *Sustainability*, 14, 5668.
- Khatri-Chhetri, A., Aggarwal, P. K., Joshi, P. K., & Vyas, S. (2020). Farmers' prioritization of climate-smart agriculture technologies. *Agricultural Systems*, 180, 102–115.
- Khatri, N., Fang, O., & Kim, J. (2022). Carbon credit and sustainable agriculture: Economic incentives for low-carbon farming. *Sustainability*, 14(15), 9234.
- Khoury, C. K., et al. (2022). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, 233(1), 84–118.
- KLHK. (2022). *Strategi Jangka Panjang Pembangunan Rendah Karbon dan Ketahanan Iklim Indonesia 2050*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kopittke, P. M., et al. (2021). Soil degradation and food insecurity. *Science of the Total Environment*, 772, 145–142.
- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412), eaau6020.

- Lakhiar, I. A., et al. (2024). A review of precision irrigation water-saving technology. *Agriculture*, 14(7), 1141. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071141>.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and sustainable agriculture. *Agronomy Journal*, 112(5), 3195–3215.
- Lal, R. (2022). Managing soil carbon for achieving sustainable development goals. *Soil & Tillage Research*, 215, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105155>
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528, 60–68.
- Lin, B. B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61(3), 183–193. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4>
- Mbow, C., Van Noordwijk, M., Luedeling, E., Neufeldt, H., Minang, P. A., & Kowero, G. (2019). Agroforestry solutions to address food security. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 61–67.
- Mbow, C., et al. (2019). Agroforestry and climate resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 83–90.
- Mishra, S. (2023). Use of treated sewage or wastewater as an irrigation water source: review of standards and management. *Agricultural Water Management Reviews*, 186, 107–126. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.107126>.
- Nair, P. K. R., & Garrity, D. (2021). Agroforestry research and adoption. *Agroforestry Systems*, 95, 1–12.
- Nguyen, T. T., Nguyen, L. H., & Vo, Q. T. (2022). Soil erosion mitigation through conservation agriculture practices: A review. *Catena*, 212, 106–118.
- Paustian, K., et al. (2019). Soil carbon sequestration. *Soil and Tillage Research*, 189, 98–112.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1491), 447–465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., & Flora, C. B. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1, 441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>

- Pramono, E., & Hidayati, N. (2022). Dampak variabilitas iklim terhadap produksi padi di Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–56.
- Qadir, M., et al. (2021). Economics of salt-affected soils. *Science of the Total Environment*, 755, 142–149.
- Rahman, S., Choudhury, S., & MacGregor, C. J. (2021). Agroecology-based climate change adaptation and resilience. *Journal of Rural Studies*, 82, 107–115.
- Rizaldi, H., Putra, A., & Siahaan, T. (2022). Emisi gas rumah kaca pada sistem pertanian: Tantangan dan strategi mitigasi di Indonesia. *Jurnal Agroklimatologi*, 16(2), 89–98.
- Schroth, G., et al. (2020). Agroforestry and biodiversity conservation. *Biodiversity and Conservation*, 29, 3005–3032.
- Smith, P., et al. (2020). How soil can save us. *Nature Communications*, 11, 1–5.
- Smith, P., Soussana, J. F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D. P., ... & Lal, R. (2021). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 27(7), 1518–1533.
- Suding, K. N., et al. (2021). Landscape-scale restoration. *Science*, 373, 290–297.
- Suryanto, A., Hartono, B., & Widodo, S. (2023). Tantangan implementasi pertanian adaptif terhadap perubahan iklim di Indonesia. *Journal of Climate Policy*, 11(1), 22–35.
- Susanti, D., Handayani, W., & Utami, P. (2022). Dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan rumah tangga petani. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3), 371–380.
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Violino, S. (2023). A data-driven bibliometric review on precision irrigation (2001–2023). *Agricultural Water Management*, 285, 108–125. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108125>.
- Wang, X., et al. (2022). Effects of tillage on soil carbon. *Soil & Tillage Research*, 215, 105–179.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2019). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 24(3), 5. <https://doi.org/10.5751/ES-07049-190402>

- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., & Francis, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. *Sustainable Agriculture*, 2(1), 27–43.
- Whitfield, S., Dougill, A. J., Dallimer, M., & Stringer, L. C. (2021). Synergies between climate change adaptation and mitigation in smallholder farming. *Sustainability*, 13(4), 2143.
- Widiyanto, A., & Suryani, N. (2023). Soil carbon sequestration as a mitigation strategy in tropical agriculture. *Indonesian Journal of Soil and Environmental Science*, 5(1), 11–22.
- World Bank. (2022). *Climate-resilient agriculture for sustainable development*. World Bank Publications.
- Wreford, A., & Topp, C. F. E. (2020). Building resilience in agriculture through climate change adaptation. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 149.
- Wuepper, D., Gaugler, T., & Mueller, N. D. (2024). Agricultural policy for sustainable land management: A global review. *Global Environmental Change*, 83, 102767. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102767>
- Yuliana, R., Fitriyani, D., & Maulana, A. (2023). Community-based adaptation strategies in rural agricultural systems. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 5(2), 101–112.
- Zhang, Y., et al. (2021). Nutrient management strategies. *Agronomy*, 11, 1065.
- Zhang, X., et al. (2020). Remote sensing for soil monitoring. *Remote Sensing*, 12, 2382.
- Zimmerer, K. S., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., & Carrasco, M. (2019). Arctic crop diversity in food system resilience. *Global Environmental Change*, 58, 1–11.
- Zuber, S. M., et al. (2020). Conservation management and soil health. *Soil Science Society of America Journal*, 84(1), 12–28.

BAB XII

DAMPAK LINGKUNGAN (EROSI DAN PENCEMARAN PESTISIDA) PADA PERTANIAN PRESISI

A. ISTILAH DAN BATASAN

Pertanian presisi merupakan sistem pertanian terpadu berbasis pada informasi dan produksi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan profitabilitas usaha. Pertanian presisi adalah konsep manajemen pertanian berdasarkan pengamatan, pengukuran, dan respons terhadap variabilitas dalam dan antar bidang pada tanaman. Tujuan dari pertanian presisi adalah untuk mengoptimalkan pengembalian input sambil menjaga sumber daya yang ada. Pertanian presisi berupaya mengoptimalkan hasil dengan menggunakan input secara tepat sehingga selain tidak membuang-buang sumber daya, akan menghasilkan pertanian yang sehat dan berkelanjutan ([Sondakh, 2020](#)). Erosi tanah mengurangi kemampuan tanah menahan air karena partikel-partikel halus dan bahan organik pada tanah terangkut. Erosi tanah menyebabkan problem lingkungan yang serius di daerah hilir dan mengurangi produktifitas lahan. Erosi tanah menjadi salah satu fenomena yang paling serius di seluruh dunia, yang berdampak pada semua sumber daya air, lahan pertanian, serta sistem ekologi dan lingkungan. Erosi mempengaruhi kualitas dan produktivitas tanah, mengurangi laju infiltrasi, bahan organik, unsur hara, kapasitas menahan air, biota tanah, dan kedalaman dengan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan tanah ([Ayu, 2024](#)).

Ketika suatu zat berbahaya atau beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, I.E., Wening K., Nina D L, Ayu K., Kaisar S., Datu J F Z., Rizka A. ,Sapriadi. 2024. Identifikasi Erosi Lahan di Lahan Kering Kabupaten Sumbawa, NTB. *Jurnal Agroteknologi Universitas Samawa*. 4 (2), 38 – 46.
- Cahyani E., Abraham S, Apong S. Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi dengan Pemanfaatan Teknologi Drone di DTA Cipaheut Sub DAS Cikapundung Hulu. *Media Agribisnis*. 7 (1); 30 – 44.
- Gribaldi. 2015. Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis Melalui Penerapan Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Mulsa pada Lahan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 4 (2), 158 – 163.
- Khoirunisa H., Kurniawati F. 2019. Penggunaan Drone dalam Mengaplikasikan Pestisida di Daerah Sungai Besar, Malaysia. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*. 1 (1), 87 – 91.
- Febrianto , Sugeng Triyono , R.A. Bustomi Rosadi. 2015. Simulasi Pemanenan Air Hujan Untuk Mencukupi Kebutuhan Air Irigasi Pada Budidaya Tanaman Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 4 (1). 9-18.
- Mas;udi A.F., Indarto Indarto., Marga Mandala., 2021. Pemetaan Indeks Kualitas Tanah pada Lahan Tegalan di Kabupaten Jember. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 45 (2), 133-144
- Mali M.S. J.L. Tanesib , R.K. Pingak. 2017. Pemetaan Daerah Rawan Erosi Dengan Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi di Kabupaten Timor Tengah Selatan Propinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*. 2 (2), 58 – 65.
- Musa N., M. Lihawa. 2021. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Penerapan Teknologi Pengendalian Hama dan Penyakit Pada Tanaman Cabai di Desa Hulawa Kecamatan Telaga Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Pada Masyarakat*. 5 (2), 67-73\
- Nufus N. A., Amrul J., Afifah F.J., Suprayanti M.D., Dwi N.P., & Anjar P.A. 2023. Penerapan Pengelolaan Hama Terpadu pada Budidaya Sayuran di Pekarangan Pondok Pesantren Tuhfatul Anfananiyah Lombok Tengah. *Jurnal Siar Ilmuwan Tani*. 4 (2). 239 – 244.

- Palit F.G., Ruland A. R., & Daniel P. M. L. 2025. Uji Kinerja Alat Penyemprot Serangga Hama Pada Tanaman Cabai Menggunakan Drone DJi Phantom 4 Yang Sudah Dimodifikasi. *Cocos*. 17 (1), 23-32
- Phandeirot R. S., Meicsy E. I Najoan, Sumenge T. G. Kaunang. Smart Agriculture System in Tropical Regions Based on Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. 14 (1): 39-44.
- Riyanti A., Marhadi , Syskha E.P. 2022. Pengaruh Pestisida dari Aktivitas Pertanian Terhadap Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sungai Sumur Beremas Kota Sungai Penuh. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 22 (1), 292-296.
- Sinambela, B. R. 2021. Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan. *Jurnal Agrotek*. 8 (2), 178 - 187
- Sondakh J., Janne H.W. R. , Syahyut. 2020. Karakteristik, potensi generasi milenial dan perspektif pengembangan pertanian presisi di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 38 (2). 155-166
- Syarief M. Dwi R., Mujiono., Lia D.F., 2024. Efektivitas dan Efisiensi Drone Sprayer untuk Pengendalian Gulma pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). *Agriprima Journal of Applied Agricultural Sciences*. 8 (1), 52-60.
- Taufik A., Imran Habriansyah , Fachturrahman , Hutomo F. R. Sumbung. 2022. Drone Untuk Deteksi Hama dan Penyemprotan Pestisida pada Tanaman Padi. *Sinergi*. 20 (2); 139 – 145.
- Tulungen F.R. 2024. Teknologi Pertanian Presisi Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Padi di Indonesia. *Jurnal Cahaya Mandalika*. 5 (1). 720 -727
- Utomo B. 2017. Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Media Komunikasi Geografi*. 18 (2): 146-155.
- Wirasembada, Y.C., Budi Indra Setiawan, Satyanto Krido Saptomo. 2017. Penerapan Zero Runoff System (ZROS) dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan pada Lahan Miring di DAS Cidanau, Banten. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 23 (2), 102 – 112.

Buku Sistem-Sistem Pertanian dalam Perspektif Modernisasi dan Berkelanjutan membahas perkembangan sistem pertanian dalam menghadapi perubahan global, tuntutan peningkatan produksi, serta kebutuhan menjaga keberlanjutan lingkungan. Pada bagian awal, buku ini menguraikan ruang lingkup sistem pertanian, konsep modernisasi dalam sektor pertanian, serta prinsip-prinsip keberlanjutan yang menjadi dasar dalam pengembangan pertanian modern. Pembahasan ini memberikan landasan konseptual mengenai bagaimana pertanian tidak hanya berorientasi pada produktivitas, tetapi juga pada keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Selanjutnya, buku ini menjelaskan berbagai model dan pendekatan sistem yang digunakan dalam analisis pertanian modern, termasuk pendekatan sistem terpadu, model dinamik dalam agrokompleks, serta analisis input-output dalam pengelolaan sumber daya. Pembahasan tersebut dilengkapi dengan kajian mengenai peluang dan tantangan dalam modernisasi pertanian berkelanjutan, sehingga pembaca dapat memahami dinamika perubahan yang terjadi pada sektor pertanian serta strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya saing dan efisiensi sistem produksi.

Pada bagian berikutnya, buku ini menguraikan implementasi pendekatan sistem agrokompleks yang mencakup pengembangan agroindustri, integrasi rantai nilai, konsep agropolitan, serta pemanfaatan teknologi digital dalam sistem pertanian modern. Selain itu, dibahas pula berbagai sistem produksi tanaman, baik tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan, serta peran agroindustri dan agroprosesing dalam meningkatkan nilai tambah hasil pertanian melalui proses pengolahan primer dan sekunder.

Bagian akhir buku menekankan pentingnya optimalisasi penggunaan sumber daya, penguatan kelembagaan pertanian, serta penerapan teknologi berbasis data dan pertanian presisi. Pembahasan mengenai monitoring tanaman secara real-time, efisiensi energi, konservasi tanah, serta pengelolaan agro-environmental system menunjukkan bagaimana teknologi modern dapat mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan pendekatan yang komprehensif, buku ini diharapkan menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam memahami serta mengembangkan sistem pertanian yang modern, efisien, dan berkelanjutan.

