ILMU PERTANIAN MODERN

Integrasi Sains, Teknologi, Produksi, dan Agribisnis Berkelanjutan



Dr. Zainal Abidin, S.P., M.Si.
Syamsir, S.P., M.Si.
Dr. Nining Haerani, S.P., M.P.
I Made Sudiarta, S.P., M.P.

ILMU PERTANIAN MODERN

Integrasi Sains, Teknologi, Produksi, dan Agribisnis Berkelanjutan

Dr. Zainal Abidin, S.P., M.Si.
Syamsir, S.P., M.Si.
Dr. Nining Haerani, S.P., M.P.
I Made Sudiarta, S.P., M.P.

Penerbit Widina

ILMU PERTANIAN MODERN:
Integrasi Sains, Teknologi, Produksi, dan Agribisnis Berkelanjutan

Penulis:
Dr. Zainal Abidin, S.P., M.Si.
Syamsir, S.P., M.Si.
Dr. Nining Haerani, S.P., M.P.
I Made Sudiarta, S.P., M.P.

Desain Cover:
Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:
www.freepik.com

Tata Letak:
Handarini Rohana

Editor:
Dr. Zainuddin Saleh, S.Si., M.Si.

ISBN:
978-634-317-422-6

Cetakan Pertama:
November, 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
Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku yang berjudul "Ilmu Pertanian Modern: Integrasi Sains, Teknologi, Produksi, dan Agribisnis Berkelanjutan" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Sektor pertanian saat ini berada pada titik krusial dalam sejarah peradaban manusia. Di tengah tantangan perubahan iklim global, degradasi lingkungan, dan kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dunia, pertanian tidak lagi sekadar aktivitas bercocok tanam konvensional. Pertanian telah bertransformasi menjadi sebuah ekosistem yang kompleks, di mana sains tingkat tinggi, teknologi mutakhir, manajemen produksi, dan strategi agribisnis berkelanjutan saling berintegrasi.

Buku ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai wajah pertanian modern. Diawali dengan kilas balik historis mengenai revolusi pertanian dan transformasi peradaban, pembaca diajak untuk memahami akar perkembangan ilmu pertanian. Selanjutnya, buku ini membedah berbagai aspek fundamental dan aplikatif, mulai dari paradigma tumpangsari yang adaptif, pengaruh unsur fisiologis dan iklim terhadap produksi tanaman, hingga peran krusial metabolisme lipid dalam agrobiosains.

Keunggulan utama buku ini terletak pada pembahasannya mengenai integrasi teknologi digital di era Industri 4.0. Implementasi *Internet of Things* (IoT), Kecerdasan Buatan (AI), penggunaan *drone*, robotika, hingga konsep Pertanian Presisi dipaparkan secara mendalam sebagai solusi untuk menciptakan efisiensi produksi dan daya saing agribisnis. Selain itu, aspek keberlanjutan juga menjadi perhatian utama melalui pembahasan mengenai pengelolaan limbah berbasis ekonomi sirkular dan teknik pengelolaan tanah dalam sistem pertanian terpadu.

Tujuan utama penulisan buku ini adalah untuk menyediakan literatur yang relevan dan mutakhir bagi akademisi, peneliti, mahasiswa, praktisi pertanian, maupun pengambil kebijakan. Diharapkan, materi yang disajikan dapat menjadi referensi dalam memahami bagaimana teknologi dan strategi pemasaran digital (*Marketing* 4.0) dapat memperkuat ketahanan pangan sekaligus meningkatkan kesejahteraan petani.

November, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI iv
BAB I PENDAHULUAN 1
BAB II PERTANIAN DALAM PERSPEKTIF HISTORIS DAN TRANSFORMASI PERADABAN 11
A. Pendahuluan 11
B. Revolusi Pertanian dan Dampaknya 16
C. Dampak 24
D. Perkembangan Pertanian Modern dan Revolusi Hijau 26
E. Makna Historis Revolusi Hijau bagi Perkembangan Pertanian 30
F. Revolusi Hijau terhadap Transformasi Sistem Pertanian 31
G. Tantangan dan Isu Pertanian Global (Ketahanan Pangan, Perubahan Iklim) 35
H. Pendekatan Pertanian Cerdas Mengatasi Tantangan 37
BAB III PARADIGMA PERTANIAN TUMPANGSARI 39
A. Pendahuluan 39
B. Pengertian dan Konsep Pertanian Tumpangsari 41
C. Sejarah Pertanian Tumpangsari 46
D. Perkembangan Pertanian Tumpangsari di Indonesia 50
E. Peran Pertanian Tumpangsari dalam Ketahanan Pangan dan Lingkungan 60
F. Kebijakan Pemerintah dan Dukungan terhadap Pertanian Tumpangsari 64
G. Keuntungan dan Tantangan dalam Pertanian Tumpangsari 67
BAB IV PENGARUH IKLIM TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI ... 73
A. Pendahuluan 73
B. Perspektif Fisiologi Tanaman dan Iklim 74
C. Pengaruh Unsur-Unsur Iklim terhadap Pertumbuhan Tanaman 78
D. Respon Fisiologis Tanaman terhadap Variabilitas Iklim 81
E. Kebutuhan Iklim pada Berbagai Komoditas Pertanian 86
F. Risiko Iklim terhadap Produksi dan Produktivitas Tanaman 89
G. Perubahan Iklim dan Tantangan Budidaya Tanaman Berkelanjutan 92
H. Strategi Adaptasi dan Mitigasi dalam Manajemen Budidaya Tanaman 97

I. Pemanfaatan Informasi Iklim dalam Pengambilan Keputusan Budidaya 101
J. Pengembangan Sistem Budidaya Tanaman Adaptif terhadap Perubahan Iklim 105
BAB V KOMPOSISI DAN PERAN ATMOSFER, AWAN, SUHU DAN KELEMBABAN UDARA DALAM PERTANIAN 111
A. Pendahuluan 111
B. Atmosfer 114
C. Peran Atmosfer Sektor Pertanian 122
D. Suhu 130
E. Kelembaban Udara 134
BAB VII MACAM DAN METABOLISME LEMAK (LIPID) AGROBIOSAINS ... 139
A. Pendahuluan 139
B. Metabolisme pada Tumbuhan 140
C. Jenis dan Sifat Asam Lemak 163
D. Hubungan Struktur Asam Lemak dan Sifat Fisik dan Fungsional .. 170
E. Biosintesis Asam Lemak 170
F. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Biosintesis Asam Lemak 177
G. Peran Asam Lemak bagi Tanaman 187
H. Biosintesis dan Akumulasi Minyak pada Tanaman 190
BAB VIII TEKNOLOGI PERTANIAN MODERN: PENGGERAK AGRIBISNIS KREATIF 199
A. Pendahuluan 199
B. Teknologi Pertanian Modern sebagai Inovasi Agribisnis 201
C. Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dalam Pertanian 206
D. Dampak IoT dalam Pertanian terhadap Agribisnis 212
E. Penerapan Kecerdasan Buatan dalam Pertanian 215
F. *Drone* dan Satelit dalam Pertanian 218
G. Robot dalam Pertanian 224
H. Agribisnis Kreatif Berbasis Teknologi 226
I. Agribisnis Kreatif: Konsep dan Implementasi 233
BAB IX AIR LIMBAH 239
A. Limbah 239
B. Pengertian dan Sumber Air Limbah 243
C. Jenis-Jenis Air Limbah 249
D. Karakteristik Air Limbah 254
E. Dampak Air Limbah terhadap Lingkungan dan Kesehatan 263
F. Prinsip dan Teknologi Pengolahan Air Limbah 271
G. Pengolahan Air Limbah Secara Biologis 280
H. Pemanfaatan Kembali dan Ekonomi Sirkular Air Limbah 287

I. Strategi Pengelolaan Air Limbah Berkelanjutan 296
BAB X PRODUKSI PERTANIAN DAN TEKNOLOGI 307
A. Pendahuluan..... 307
B. Konsep dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Pertanian 308
C. Inovasi dalam Produksi Pertanian 320
D. Peran Teknologi dalam Agribisnis..... 323
BAB XI ASPEK-ASPEK PERTANIAN PRESISI 333
A. Pendahuluan..... 333
B. Pertanian Presisi 335
C. Pengertian Pertanian Presisi..... 342
D. Aspek-Aspek Pertanian Presisi 350
BAB XII ISU KONTEMPORER: PEMASARAN INDUSTRI TEKNOLOGI 4.0 359
A. Pendahuluan..... 359
B. Pengertian *Marketing* 4.0..... 362
C. Perkembangan *Marketing* Manual Menuju *Marketing* 4.0 365
D. Indikator Ukuran Kinerja *Marketing* 4.0..... 370
E. Hubungan *Marketing* 4.0: Kesadaran Spiritual Kemanusiaan 375
F. Pentingnya *Digital Marketing* Era 4.0 380
G. Peran *Digital Marketing* Era Industri 4.0..... 381
H. Penerapan Efektif *Marketing* 4.0 383
I. Media Promosi Terbaik Era Industri 4.0 385
J. Efek Revolusi Industri 4.0 dalam *Digital Marketing* 387
K. Rangkuman..... 389
BAB XIII PARADIGMA MODERNISASI PERTANIAN 391
A. Pendahuluan..... 391
B. Teori Modernisasi..... 393
C. Mekanisasi dan Modernisasi Pertanian..... 396
D. Perspektif Modernisasi Pertanian 402
E. Paradigma Modernisasi Pertanian Pangan dan Petani 403
F. Modernisasi Pangan dan Tantangan 407
BAB XIV PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PERTANIAN INDONESIA DAN DUNIA 411
A. Pendahuluan..... 411
B. Lingkup Teknologi Pertanian 414
C. Perkembangan Teknologi Pertanian Indonesia 425
D. Perkembangan Teknologi Pertanian Dunia 433
E. Perkembangan Teknologi Pertanian Dunia dan Indonesia 441

BAB XV PERBANYAKAN TANAMAN SECARA VEGETATIF 445
A. Pendahuluan 445
B. Perbanyakan Tanaman Secara Vegetatif 449
C. Keuntungan dan Kelemahan Perbanyakan Vegetatif 451
D. Peran Perbanyakan Vegetatif dalam Pertanian dan Hortikultura. 454
E. Implikasi Perbanyakan Vegetatif terhadap Pengembangan Pertanian Berkelanjutan 455
BAB XVI TEKNIK PENGELOLAAN TANAH DALAM PERTANIAN TERPADU. 457
A. Pendahuluan 457
B. Karakteristik dan Penilaian Awal Kualitas Tanah dalam Pertanian Terpadu 459
C. Analisis Tanah dalam Pertanian Terpadu 463
D. Teknik Pengolahan Struktur Tanah dalam Pertanian Terpadu untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah 468
E. Teknik Integrasi Tanaman dan Ternak dalam Pengelolaan Tanah 471
F. Pengelolaan Tanah untuk Mendukung Keberlanjutan Pertanian Terpadu 475
G. Peran Pengolahan Tanah dalam Pertanian Terpadu 479
H. Strategi Pengelolaan Tanah Berbasis Ekosistem 484
I. Masa Depan Pengelolaan Tanah dalam Pertanian Terpadu 487
J. Penutup 489
PROFIL PENULIS 490
DAFTAR PUSTAKA 494

BAB I

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan ekonomi dan kehidupan masyarakat karena berperan dalam menyediakan pangan, bahan baku industri, lapangan pekerjaan, sumber pendapatan, serta berbagai jasa ekosistem yang mendukung kehidupan manusia. Sistem pertanian juga memiliki keterkaitan yang erat dengan sumber daya tanah, air, keanekaragaman hayati, energi, serta aktivitas ekonomi di sepanjang rantai nilai pangan (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* [FAO], 2021). Dengan demikian, pembangunan pertanian tidak hanya berkaitan dengan peningkatan produksi, tetapi juga dengan kemampuan mengelola sumber daya secara efisien, menjaga keberlanjutan lingkungan, meningkatkan nilai tambah, dan memperkuat ketahanan sistem pangan (FAO, 2021).

Perkembangan pertanian tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai perubahan dari sistem pertanian tradisional menuju pertanian modern, tetapi sebagai proses transformasi yang mencakup teknologi, sistem produksi, pengelolaan sumber daya alam, kelembagaan, rantai nilai, dan pemasaran hasil pertanian (FAO, 2022). Transformasi tersebut berlangsung dalam lingkungan yang semakin kompleks akibat pertumbuhan penduduk, meningkatnya permintaan pangan, perubahan iklim, keterbatasan tanah dan air, perubahan struktur tenaga kerja, perkembangan teknologi digital, serta perubahan preferensi konsumen (FAO, 2022; *Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC], 2022). Oleh karena itu, pertanian masa kini membutuhkan pendekatan yang mampu mengintegrasikan aspek biofisik, teknologi, ekonomi, sosial, dan kelembagaan dalam satu kerangka pembangunan pertanian yang berkelanjutan (FAO, 2022).

Secara historis, perkembangan pertanian menunjukkan adanya perubahan mendasar dalam cara manusia memanfaatkan sumber daya alam untuk menghasilkan pangan dan produk pertanian. Sistem pertanian tradisional pada umumnya lebih banyak mengandalkan tenaga manusia dan

BAB II

PERTANIAN DALAM PERSPEKTIF HISTORIS DAN TRANSFORMASI PERADABAN

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu tonggak fundamental dalam perkembangan peradaban manusia. Sejak manusia meninggalkan pola hidup berburu dan meramu, lahirlah apa yang dikenal sebagai Revolusi Pertanian Neolitik sekitar 10.000 tahun yang lalu. Pada fase ini, manusia mulai mendomestikasi berbagai jenis tanaman pangan, seperti gandum, padi, dan jagung, serta hewan ternak seperti kambing dan sapi. Perubahan tersebut tidak semata-mata merupakan transformasi dalam cara memperoleh pangan, tetapi menjadi titik balik yang mengubah struktur kehidupan manusia secara fundamental. Kemampuan menghasilkan dan mengendalikan sumber pangan mendorong manusia untuk hidup menetap, membentuk komunitas, mengembangkan pembagian kerja, menciptakan institusi sosial, serta membangun sistem ekonomi dan kebudayaan yang semakin kompleks. Dari proses inilah kemudian berkembang pusat-pusat peradaban awal di Mesopotamia, Lembah Indus, Tiongkok, dan Amerika Tengah (Diamond, 1997; Mazoyer & Roudart, 2006).

Dalam perspektif historis, pertanian dengan demikian tidak dapat dipahami hanya sebagai aktivitas produksi tanaman dan ternak, tetapi sebagai suatu sistem sosial-ekonomi yang menjadi fondasi pembentukan peradaban. Kemampuan manusia dalam mengelola tanah, air, benih, ternak, dan tenaga kerja secara lebih terorganisasi menciptakan surplus produksi yang memungkinkan berkembangnya perdagangan, spesialisasi pekerjaan, pemerintahan, ilmu pengetahuan, dan teknologi. Pertanian menjadi basis terbentuknya hubungan antara manusia dengan sumber daya alam sekaligus membentuk pola relasi sosial dan ekonomi dalam masyarakat. Oleh karena itu, perkembangan pertanian pada dasarnya merupakan refleksi dari kemampuan manusia dalam merespons perubahan lingkungan,

BAB III

PARADIGMA PERTANIAN TUMPANGSARI

A. PENDAHULUAN

Pertanian tumpangsari, atau yang sering disebut juga dengan pertanian *intercropping*, merupakan salah satu sistem pertanian yang telah lama dikenal dan dipraktikkan di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Sistem pertanian ini mengacu pada metode menanam dua atau lebih jenis tanaman secara bersamaan dalam satu lahan dengan tujuan untuk memaksimalkan penggunaan sumber daya alam seperti lahan, air, dan cahaya matahari. Dalam praktiknya, tumpangsari dapat memberikan keuntungan ekonomi yang lebih baik dan berkontribusi pada keberlanjutan ekosistem pertanian.

Sejarah pertanian tumpangsari dapat ditelusuri jauh ke belakang, ketika masyarakat agraris di berbagai wilayah dunia mulai mengembangkan teknik bertani yang lebih efisien. Di Indonesia, pertanian tumpangsari telah lama menjadi bagian dari tradisi pertanian masyarakat lokal, yang telah diwariskan turun-temurun. Sistem ini banyak ditemukan di daerah pedesaan, di mana masyarakat tidak hanya bergantung pada satu jenis tanaman, tetapi menggabungkan berbagai komoditas untuk memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi mereka.

Pada awalnya, pertanian tumpangsari muncul sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lahan yang terbatas atau kurang subur. Melalui teknik ini, petani dapat meningkatkan hasil panen dengan memanfaatkan berbagai jenis tanaman yang memiliki siklus hidup dan kebutuhan yang berbeda. Misalnya, tanaman jagung dapat ditanam bersama dengan kedelai atau kacang tanah, yang memiliki waktu panen yang lebih pendek, sementara jagung memerlukan waktu lebih lama untuk matang. Dengan demikian, petani dapat memperoleh hasil yang lebih optimal dalam satu kali musim tanam.

BAB IV

PENGARUH IKLIM TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI

A. PENDAHULUAN

Iklim merupakan salah satu determinan ekologis paling fundamental dalam sistem produksi pertanian karena menentukan batas-batas lingkungan tempat tanaman dapat tumbuh, berkembang, dan menghasilkan produk secara optimal. Berbeda dengan faktor produksi yang secara relatif dapat dikendalikan melalui intervensi manusia, seperti pemupukan, pengolahan tanah, irigasi, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman, kondisi iklim pada dasarnya merupakan faktor eksternal yang memiliki tingkat ketidakpastian dan variabilitas yang tinggi. Oleh karena itu, produktivitas tanaman tidak semata-mata ditentukan oleh potensi genetik dan teknik budidaya, tetapi merupakan hasil interaksi dinamis antara genotipe tanaman, kondisi tanah, ketersediaan air, unsur-unsur iklim, serta praktik pengelolaan yang diterapkan dalam suatu agroekosistem (Hatfield & Prueger, 2015; Taiz *et al*., 2023).

Secara ekologis, tanaman merupakan organisme yang pertumbuhan dan perkembangannya sangat bergantung pada kondisi atmosfer di sekitarnya. Suhu udara, radiasi matahari, curah hujan, kelembapan udara, konsentrasi karbon dioksida, dan angin berinteraksi dalam mengendalikan proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis, respirasi, transpirasi, pembentukan biomassa, pembungaan, pembentukan buah atau biji, pemasakan, serta akumulasi hasil. Dengan demikian, perubahan pada salah satu unsur iklim dapat memengaruhi keseluruhan proses pertumbuhan tanaman melalui mekanisme fisiologis yang kompleks. Suhu, misalnya, tidak hanya menentukan kecepatan perkembangan tanaman, tetapi juga memengaruhi keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi serta keberhasilan proses reproduktif. Suhu ekstrem pada fase pembungaan dan pengisian hasil bahkan dapat menyebabkan penurunan produksi yang lebih

BAB V

KOMPOSISI DAN PERAN ATMOSFER, AWAN, SUHU DAN KELEMBABAN UDARA DALAM PERTANIAN

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan suatu sistem produksi biologis yang berlangsung dalam lingkungan yang dinamis dan sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer. Pertumbuhan, perkembangan, produktivitas, dan kualitas tanaman pada dasarnya merupakan hasil interaksi antara faktor genetik dengan lingkungan, termasuk radiasi matahari, suhu udara, kelembaban, ketersediaan air, angin, dan komposisi gas atmosfer. Dalam konteks tersebut, atmosfer bukan sekadar lapisan gas yang menyelimuti permukaan Bumi, melainkan bagian integral dari sistem agroekosistem yang mengatur pertukaran energi dan materi antara permukaan bumi, tanaman, tanah, dan lingkungan sekitarnya. Perubahan pada salah satu komponen atmosfer dapat memengaruhi komponen lainnya dan selanjutnya menghasilkan respons yang berbeda terhadap proses fisiologis tanaman

Pemahaman mengenai atmosfer menjadi semakin penting karena produksi pertanian berlangsung dalam kondisi lingkungan yang terus berubah. Variabilitas suhu, perubahan pola curah hujan, peningkatan kejadian cuaca ekstrem, perubahan kelembaban udara, serta perubahan karakteristik awan merupakan bagian dari dinamika atmosfer yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi kegiatan budidaya. Kondisi tersebut menentukan ketersediaan air, keseimbangan energi tanaman, laju evapotranspirasi, efisiensi fotosintesis, respirasi, penyerapan unsur hara, serta perkembangan organisme pengganggu tanaman. Dengan demikian, atmosfer dapat dipandang sebagai salah satu komponen fundamental dalam menentukan kapasitas produktif suatu agroekosistem.

BAB VII

MACAM DAN METABOLISME LEMAK (LIPID) AGROBIOSAINS

A. PENDAHULUAN

Metabolisme merupakan keseluruhan reaksi biokimia yang berlangsung secara terkoordinasi di dalam sel untuk mempertahankan kehidupan, menghasilkan energi, serta membentuk berbagai senyawa yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Secara umum, metabolisme terdiri atas anabolisme, yaitu proses pembentukan senyawa kompleks dari molekul yang lebih sederhana dengan menggunakan energi, dan katabolisme, yaitu proses penguraian senyawa kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana yang pada umumnya menghasilkan energi (Nelson & Cox, 2021; Taiz *et al*., 2015).

Pada tumbuhan, metabolisme merupakan dasar berbagai proses fisiologis, seperti pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, perkecambahan, dan pembentukan hasil. Salah satu proses penting dalam metabolisme adalah respirasi, yaitu rangkaian reaksi katabolik yang mengubah senyawa organik menjadi energi dalam bentuk ATP yang digunakan untuk mendukung aktivitas sel (Taiz *et al*., 2015). Dengan demikian, metabolisme karbohidrat, protein, dan lipid saling berhubungan dalam menyediakan energi maupun bahan penyusun sel.

Lipid merupakan salah satu kelompok biomolekul penting dalam metabolisme tumbuhan. Lipid tidak hanya berfungsi sebagai cadangan energi, tetapi juga sebagai komponen struktural membran sel dan organel serta sebagai prekursor berbagai molekul yang berperan dalam regulasi dan respons tanaman terhadap lingkungan (Li-Beisson *et al*., 2013; Harwood, 2020). Pada biji, lipid terutama disimpan dalam bentuk triasilgliserol (TAG) yang berfungsi sebagai sumber energi dan karbon selama proses perkecambahan dan pertumbuhan awal kecambah (Baud & Lepiniec, 2010; Graham, 2008). Cadangan tersebut dimobilisasi melalui proses hidrolisis

BAB VIII

TEKNOLOGI PERTANIAN MODERN: PENGGERAK AGRIBISNIS KREATIF

A. PENDAHULUAN

Sektor pertanian Indonesia dalam satu dasawarsa terakhir mengalami transformasi yang semakin intensif seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi. Transformasi tersebut tidak lagi terbatas pada peningkatan produktivitas, tetapi telah mencakup perubahan dalam pengelolaan sumber daya, proses produksi, pengolahan hasil, distribusi, pemasaran, hingga pengambilan keputusan usaha. Dalam konteks ini, teknologi pertanian modern menjadi instrumen strategis untuk membangun sistem pertanian yang lebih efisien, produktif, adaptif, inovatif, dan berkelanjutan sekaligus memperkuat daya saing agribisnis nasional.

Indonesia memiliki potensi sumber daya pertanian yang besar, baik berupa lahan, keanekaragaman hayati, komoditas pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan, perikanan, maupun sumber daya manusia. Potensi tersebut memberikan peluang besar bagi pengembangan agribisnis berbasis teknologi. Namun, potensi sumber daya belum sepenuhnya menghasilkan nilai ekonomi yang optimal karena masih dihadapkan pada berbagai persoalan, seperti rendahnya efisiensi penggunaan *input*, kehilangan hasil, keterbatasan akses informasi dan pasar, perubahan iklim, keterbatasan infrastruktur, serta lemahnya keterhubungan antarpelaku dalam rantai nilai. Oleh karena itu, modernisasi pertanian perlu diarahkan tidak hanya untuk meningkatkan produksi, tetapi juga menciptakan nilai tambah, efisiensi, daya saing, dan keberlanjutan.

Perkembangan teknologi digital telah memperluas ruang inovasi dalam pertanian. Teknologi pertanian modern mencakup mekanisasi dan otomatisasi, irigasi cerdas, sensor, *Internet of Things* (IoT), penginderaan jauh, *drone*, *Global Positioning System* (GPS), kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), *big data*, komputasi awan (*cloud computing*), serta berbagai

BAB IX

AIR LIMBAH

A. LIMBAH

Limbah merupakan salah satu konsekuensi dari berbagai aktivitas manusia, baik aktivitas domestik, pertanian, perdagangan, pelayanan maupun industri. Kegiatan tersebut menghasilkan berbagai bentuk buangan yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat memberikan tekanan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (*United Nations Environment Programme* [UNEP], 2023). Secara umum, limbah dapat memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan sumber, proses pembentukan, komposisi, dan bentuk fisiknya. Dalam pengelolaan lingkungan, perbedaan karakteristik tersebut penting diperhatikan karena menentukan potensi pencemaran serta metode pengelolaan yang diperlukan (UNEP, 2023).

Dalam diskurs rumah tangga, aktivitas seperti mandi, mencuci, memasak, dan penggunaan toilet menghasilkan air buangan yang termasuk dalam kelompok air limbah domestik. Air limbah domestik perlu dikelola secara aman karena dapat mengandung bahan organik, nutrien, padatan, serta mikroorganisme yang berpotensi menimbulkan risiko terhadap lingkungan dan kesehatan apabila tidak ditangani dengan baik (*World Health Organization* [WHO], 2024).m. Konsep limbah perlu dibedakan dari sampah. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mendefinisikan sampah sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (Republik Indonesia, 2008). Dengan demikian, istilah sampah lebih tepat digunakan untuk material sisa berbentuk padat, sedangkan air buangan dari suatu kegiatan perlu dibahas dalam kerangka pengelolaan air limbah.

Pembedaan antara sampah dan air limbah penting karena keduanya mempunyai karakteristik, jalur pencemaran, serta metode pengelolaan yang berbeda. Pengelolaan air limbah terutama diarahkan untuk mengendalikan bahan pencemar sebelum air limbah dilepaskan ke lingkungan atau dimanfaatkan kembali secara aman (WHO, 2024)

BAB X

PRODUKSI PERTANIAN DAN TEKNOLOGI

A. PENDAHULUAN

Produksi pertanian merupakan salah satu sektor vital dalam perekonomian suatu negara, khususnya negara berkembang. Sektor ini tidak hanya berperan dalam menyediakan kebutuhan pangan masyarakat, tetapi juga memberikan kontribusi besar terhadap penciptaan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi. Di Indonesia, sebagian besar penduduknya masih bergantung pada sektor pertanian sebagai mata pencaharian utama. Oleh karena itu, meningkatkan produktivitas pertanian menjadi hal yang sangat penting untuk mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan.

Namun, produksi pertanian tidak lepas dari berbagai tantangan yang memengaruhi hasilnya. Salah satu tantangan terbesar adalah faktor alam, seperti perubahan iklim yang berdampak pada pola curah hujan, suhu, dan kejadian cuaca ekstrim. Selain itu, keterbatasan lahan yang subur dan peningkatan degradasi tanah menjadi masalah yang semakin kompleks dalam memproduksi hasil pertanian secara optimal. Dalam menghadapi tantangan ini, penggunaan teknologi dan inovasi dalam bidang pertanian sangat dibutuhkan untuk mendukung produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Di sisi lain, peningkatan teknologi dalam sektor pertanian memberikan peluang besar untuk meningkatkan hasil pertanian secara signifikan. Penggunaan mesin pertanian modern, pemupukan yang tepat, serta sistem irigasi yang efisien adalah beberapa contoh teknologi yang dapat mendongkrak produktivitas pertanian. Selain itu, inovasi dalam bidang bioteknologi, seperti penggunaan varietas tanaman unggul yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit, juga berperan besar dalam meningkatkan hasil produksi. Teknologi ini bukan hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga membantu petani untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan.

BAB XI

ASPEK-ASPEK PERTANIAN PRESISI

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan kegiatan pemanfaatan sumber daya alam dan hayati untuk menghasilkan pangan, bahan baku industri, sumber energi, serta memenuhi kebutuhan hidup masyarakat. Dalam arti luas, pertanian mencakup tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan, perikanan, dan kehutanan. Kegiatan pertanian melibatkan beberapa komponen utama, yaitu petani sebagai pelaku usaha, lahan sebagai tempat produksi, proses produksi, serta pengelolaan usaha tani. Pertanian memiliki peran penting dalam pembangunan Indonesia karena menjadi sumber pangan, lapangan kerja, pendapatan masyarakat, bahan baku industri, dan sumber devisa. Namun, sektor pertanian menghadapi berbagai tantangan, seperti pertumbuhan penduduk, keterbatasan lahan, perubahan iklim, keterbatasan air, meningkatnya biaya produksi, serta tuntutan terhadap kualitas dan keamanan pangan. Kondisi tersebut menuntut peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian.

Peningkatan jumlah penduduk dunia menyebabkan kebutuhan pangan terus meningkat. FAO memproyeksikan jumlah penduduk dunia akan mencapai sekitar 9,7 miliar jiwa pada tahun 2050. Kondisi ini menuntut sistem pertanian mampu menghasilkan pangan lebih banyak dengan sumber daya yang semakin terbatas. Oleh karena itu, peningkatan produksi tidak cukup dilakukan melalui perluasan lahan, tetapi juga melalui penerapan teknologi dan pengelolaan sumber daya secara lebih efektif dan efisien. Pada sebagian usaha tani, khususnya skala kecil, kegiatan produksi masih dilakukan secara konvensional. Penggunaan tenaga manusia masih dominan, sedangkan pemanfaatan data dan teknologi relatif terbatas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penggunaan pupuk, air, pestisida, tenaga kerja, dan *input* lainnya kurang efisien. Pengambilan keputusan juga masih banyak didasarkan pada pengalaman sehingga respons terhadap

BAB XII

ISU KONTEMPORER: PEMASARAN INDUSTRI TEKNOLOGI 4.0

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan yang sangat signifikan terhadap dunia bisnis dan pemasaran. Kemajuan internet, perangkat digital, media sosial, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), analitik data, serta berbagai *platform* digital telah mengubah cara perusahaan berkomunikasi dengan konsumen, menawarkan produk, membangun hubungan, dan menciptakan nilai. Konsumen saat ini tidak lagi hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi telah menjadi aktor yang aktif dalam mencari informasi, membandingkan produk, memberikan ulasan, membangun komunitas, serta memengaruhi keputusan pembelian konsumen lainnya. Kondisi tersebut menjadikan lingkungan pemasaran semakin dinamis, kompetitif, dan kompleks.

Di tengah arus informasi yang semakin padat, konsumen menghadapi berbagai pesan pemasaran yang hadir hampir setiap saat melalui berbagai saluran digital. Keadaan ini menciptakan tantangan bagi perusahaan untuk memperoleh perhatian konsumen sekaligus membangun komunikasi yang relevan dan berkelanjutan. Perusahaan tidak cukup hanya meningkatkan intensitas promosi, tetapi dituntut mampu memahami kebutuhan, karakteristik, perilaku, dan preferensi konsumen dengan memanfaatkan teknologi digital. Oleh karena itu, penguasaan konsep dan strategi digital *marketing* menjadi salah satu aspek penting dalam meningkatkan efektivitas pemasaran dan daya saing perusahaan.

Transformasi digital juga telah memperluas ruang lingkup pasar yang dapat dijangkau oleh perusahaan. Pemanfaatan situs web, mesin pencari, media sosial, *marketplace*, aplikasi seluler, dan berbagai *platform* perdagangan elektronik memungkinkan perusahaan, termasuk usaha mikro,

BAB XIII

PARADIGMA MODERNISASI PERTANIAN

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu cara yang digunakan oleh manusia sejak dahulu untuk memenuhi kebutuhan pangannya. Usaha ini telah lama dilakukan sejak zaman kehidupan purba yang ditandai dengan perubahan pola hidup dari berladang dan berpindah-pindah menjadi menetap di suatu daerah. Mengingat perannya yang penting itu, maka dicarilah berbagai cara untuk mempercepat pemenuhan kebutuhan itu, salah satu caranya adalah melalui modernisasi pertanian. Pada sebagian besar negara sedang berkembang, teknologi baru di bidang pertanian dan inovasi-inovasi dalam kegiatan-kegiatan pertanian merupakan prasyarat bagi upaya-upaya dalam peningkatan *output* dan produktivitas. Sairi (2015) mengungkapkan Ada 3 tahap perkembangan modernisasi pertanian yakni, (1) Tahap pertanian tradisional yang produktivitasnya rendah. (2). Tahap penganekaragaman produk pertanian sudah mulai terjadi dimana produk pertanian sudah ada yang dijual ke sektor komersial, tetapi pemakaian modal dan teknologi masih rendah. (3). Tahap yang menggambarkan pertanian modern yang produktivitasnya sangat tinggi. Modernisasi pertanian dari tahap tradisional *(subsisten)* menuju pertanian modern membutuhkan banyak upaya lain selain pengaturan kembali struktur ekonomi pertanian atau penerapan teknologi pertanian yang baru.

Konsep pertanian modern bukan hanya usaha untuk pemenuhan kebutuhan pangan. Tetapi sekarang konsep pertanian modern lebih ke arah mengoptimalisasikan usaha tani untuk menghasilkan bahan pangan yang bermutu. Konsep optimalisasi usaha tani ini dijabarkan oleh sebuah sistem terpadu yang mampu melingkupi semua sektor, termasuk industri, dan mengaitkannya menjadi sebuah rantai perekonomian Indonesia. Sistem ini merupakan penerapan dari konsep pertanian modern, yaitu agribisnis. Sistem agribisnis merupakan konsep yang lebih konkrit dan komprehensif untuk pengembangan sektor pertanian ke arah yang lebih baik. Dengan

BAB XIV

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PERTANIAN INDONESIA DAN DUNIA

A. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor strategis dalam kehidupan manusia karena berkaitan langsung dengan pemenuhan kebutuhan pangan, penyediaan bahan baku industri, penciptaan lapangan kerja, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, perubahan pola konsumsi, keterbatasan sumber daya alam, perubahan iklim, dan meningkatnya tuntutan terhadap mutu pangan, sistem pertanian menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Kondisi tersebut mendorong kebutuhan akan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi, kualitas hasil, serta keberlanjutan sistem pertanian. Oleh karena itu, perkembangan teknologi pertanian menjadi salah satu faktor penting dalam membangun sistem pangan yang produktif, efisien, adaptif, dan berkelanjutan.

Perkembangan teknologi pertanian berlangsung pada seluruh tahapan sistem produksi, mulai dari prapanen, budidaya, panen, pascapanen, pengolahan, hingga distribusi dan pemasaran hasil pertanian. Pada tahap prapanen dan budidaya, teknologi digunakan dalam pengelolaan tanah, penyediaan benih unggul, pemupukan, pengendalian organisme pengganggu tanaman, irigasi, mekanisasi, serta pemantauan kondisi lahan dan tanaman. Pada tahap panen dan pascapanen, teknologi berperan dalam meningkatkan efisiensi pemanenan, mengurangi kehilangan hasil, mempertahankan mutu, serta meningkatkan nilai tambah produk.

Perkembangan tersebut kemudian semakin terintegrasi dengan teknologi digital melalui penggunaan *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI), sensor, *drone*, sistem informasi geografis, teknologi penginderaan jauh, robotika, *big data*, dan sistem pertanian presisi. Transformasi tersebut menunjukkan bahwa teknologi pertanian

BAB XV

PERBANYAKAN TANAMAN SECARA VEGETATIF

A. PENDAHULUAN

Perbanyakan tanaman merupakan salah satu aspek fundamental dalam ilmu budidaya tanaman, hortikultura, dan produksi benih maupun bibit. Ketersediaan bibit yang sehat, bermutu, seragam, dan memiliki karakter agronomis sesuai dengan tujuan produksi menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan usaha pertanian. Perbanyakan tanaman pada dasarnya merupakan proses menghasilkan individu tanaman baru dari tanaman induk melalui mekanisme reproduksi generatif maupun vegetatif. Perbanyakan generatif berlangsung melalui pembentukan dan perkecambahan biji sebagai hasil reproduksi seksual, sedangkan perbanyakan vegetatif memanfaatkan bagian vegetatif tanaman, seperti batang, akar, daun, tunas, atau jaringan tanaman tertentu untuk membentuk individu baru (Hartmann *et al*., 2011; George *et al*., 2008).

Perbanyakan vegetatif memiliki kedudukan penting karena memungkinkan tanaman baru mempertahankan sebagian besar karakter genetik tanaman induknya. Tanaman hasil perbanyakan vegetatif pada umumnya memiliki susunan genetik yang sangat mirip dengan tanaman induk dan secara praktis dikenal sebagai klon. Karakteristik tersebut memberikan keuntungan dalam mempertahankan sifat-sifat unggul yang telah dimiliki tanaman induk, seperti produktivitas tinggi, mutu hasil, bentuk dan ukuran buah, cita rasa, ketahanan terhadap kondisi lingkungan tertentu, maupun karakter morfologi yang dikehendaki. Oleh karena itu, perbanyakan vegetatif banyak digunakan pada tanaman hortikultura dan tanaman tahunan yang memiliki karakter unggul tetapi sulit dipertahankan melalui perbanyakan generatif (Hartmann *et al*., 2011; Davies *et al*., 2018).

BAB XVI

TEKNIK PENGELOLAAN TANAH DALAM PERTANIAN TERPADU

A. PENDAHULUAN

Pertanian terpadu adalah pendekatan sistem pertanian yang menggabungkan berbagai komponen seperti tanaman, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu kesatuan ekosistem yang saling berinteraksi. Tujuan utama dari pertanian terpadu adalah untuk memaksimalkan produktivitas lahan secara berkelanjutan dengan cara mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal dan memanfaatkan sumber daya lokal secara optimal. Dalam praktiknya, pertanian terpadu dirancang untuk mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta meningkatkan kesejahteraan petani melalui diversifikasi sumber penghasilan. Dengan pendekatan ini, ekosistem pertanian menjadi lebih seimbang, dan keberlanjutan jangka panjang dapat terjaga.

Konsep dasar dari pertanian terpadu menekankan pentingnya interaksi antara berbagai elemen ekosistem, di mana satu komponen seperti ternak, tanaman, atau pohon saling mendukung dan menguntungkan komponen lainnya. Misalnya, limbah ternak dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman, sementara tanaman menyediakan pakan bagi ternak. Sistem pertanian terpadu ini bertujuan untuk menciptakan siklus nutrisi tertutup yang mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia dan bahan *input* lainnya. Selain itu, keberagaman komponen dalam sistem ini dapat mengurangi risiko kegagalan panen atau penyakit yang sering terjadi dalam sistem pertanian monokultur.

Pengelolaan tanah memainkan peran yang sangat penting dalam sistem pertanian terpadu karena tanah adalah komponen dasar yang mendukung pertumbuhan tanaman, penyimpanan air, dan siklus nutrisi. Tanah yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan kesuburan, memperbaiki struktur

PROFIL PENULIS

Dr. Zainal Abidin, S.P., M.Si.



Penulis lahir di Camming 19 November 1964. Saat ini merupakan dosen tetap sekaligus mengemban tugas tambahan sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Ichsan Gorontalo. Menyelesaikan studi Sarjana Muda dan S1 Ilmu Sosial Unismuh Makassar, S1 Ilmu Pertanian di Universitas 45 Makassar. Mahasiswa terbatas pada Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar (2012–2014). Gelar Magister dan Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian diperoleh dari Universitas Hasanuddin Makassar. Dalam pengembangan profesional, aktif mengikuti berbagai pelatihan dan program peningkatan kapasitas, antara lain *Consultant* SMEs kerja sama RI–JICA Jepang), Pelatihan Kewirausahaan CEFE, Diklat Pengembangan Kemitrausahaan BKPM RI, Diklat Pengembangan KKB/BDS Indonesia, TOT Wiraswastaan Muda Kadin Sul-Sel-*Project* Canada), delegasi Sul-Sel pada BIMP-EAGA bidang SME di Manado, serta berbagai diklat koperasi, PEKERTI, *Applied Approach* (AA), dan Metodologi Penelitian. Keterlibat dalam sejumlah organisasi akademik dan profesi, seperti BDS Indonesia, PERHEPI, APTISI Wilayah XVI Gorontalo, Asosiasi Dosen Indonesia Gorontalo, serta Dewan Pembina Ikatan Ahli Ekonomi Islam Indonesia Komisariat Universitas Ichsan Gorontalo. Karya buku terbaru *Problem Solving and Decision Making*, Seni Menguasai Diri, Arsitektur Unggul Diri dan Manajemen UMKM Agribisnis Perspektif Membangun Desa. Buku tersebut, mendukung Mata Kuliah MBKM Berdampak bagi Individu, mahasiswa dan dunia Industri. Sebagai peneliti Hibah Fundamental tahun 2024 dan 2025, serta aktif melaksanakan berbagai program PKM-DRPTM Dikti, yaitu program inovasi teknologi tepat guna (PTTG) meliputi alat pengering cabai tenaga surya, inovasi pakan lokal (*Viotermin, Heroter*, dan *Complete Feed*), serta alat pemipil cengkeh. Sebagai pesan reflektif, mengajak untuk memaknai slogan *World Library Day*: *"Reading the Past, Writing the Future"*, sebagai motivasi untuk terus berkarya dan mengukir kontribusi terbaik melalui ilmu pengetahuan dan tulisan.

Syamsir, S.P., M.Si.



Penulis lahir di Pamanggolo, Desa Benteng Malewang, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan, pada 16 September 1991. Pendidikan dasar ditempuh di SD 42 Ompoa pada tahun 1997–2003, kemudian melanjutkan pendidikan di MTs Al-Murais Banyorang, Kabupaten Bantaeng, tahun 2003–2006, dan MA Al-Murais Banyorang, Kabupaten Bantaeng, tahun 2006–2009. Pendidikan Sarjana (S1) ditempuh pada Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Makassar, Program Studi Agribisnis dengan konsentrasi Penyuluhan Pertanian pada tahun 2009-2014. Selanjutnya, pendidikan Magister (S2) ditempuh pada Program Studi Agribisnis, Universitas Islam Makassar, tahun 2014-2016. Sejak menempuh pendidikan tinggi, Syamsir aktif dalam berbagai kegiatan kelembagaan, baik di lingkungan akademik maupun masyarakat. Saat ini, merupakan dosen tetap pada Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Ichsan Gorontalo, dan dipercaya sebagai Ketua Program Studi Agribisnis. Selain itu, juga aktif dalam kegiatan penelitian, pengabdian kepada masyarakat, publikasi ilmiah, serta pengelolaan jurnal sebagai *Chief in Editor* pada dua jurnal ilmiah dan editor pada beberapa jurnal penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

Dalam bidang kepenulisan, telah menghasilkan sejumlah buku, yaitu Hilirisasi Produk Pertanian Budidaya Cabai: Teknologi Tepat Guna Pengering Tenaga Surya *(2021),* Perkoperasian *(2022),* Koperasi dan Kemitraan Pertanian *(2022),* Sosiologi Pertanian dan Pola Hidup Masyarakat Marjinal *(2024), Problem Solving and Decision Making*: Berdampak Individu, Organisasi dan Dunia Kerja *(2025),* Eksistensi Usahatani Padi Ladang Varietas Lokal Ponelo: Identifikasi Potensi, Tantangan dan Keberlanjutan Pangan *(2025), serta* Seni Menguasai Diri: Kunci Utama Kepemimpinan Diri dan Pengembangan Potensi *(2026). Buku ini merupakan* bagian dari pengembangan karya akademik dan intelektualnya dalam bidang pertanian dan agribisnis.

Selain itu, pernah terlibat sebagai pendamping Kampus Mengajar Angkatan ke-6 dalam program Kampus Merdeka Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Telah menghasilkan 7 prototipe yang didiseminasikan kepada masyarakat dan memiliki 9 HKI terdaftar. Dalam bidang penelitian, ia dipercaya sebagai Ketua Penelitian Dosen Pemula Reguler tahun 2024 serta anggota Penelitian Fundamental tahun 2024 dan 2025.

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



Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Kehutanan Universitas Muslim Maros, yang saat ini mengemban amanah sebagai Wakil Dekan II. Ia menyelesaikan seluruh jenjang pendidikan akademiknya (S1, S2, dan S3) di Universitas Hasanuddin. Selain menjalankan tugas struktural dan pengajaran, ia aktif dalam organisasi profesi sebagai pengurus Perhimpunan Agronomi Indonesia (PERAGI) dan Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHORTI) Komda Sulawesi Selatan, serta terdaftar sebagai Asesor BKD Nasional.

Bidang kepakaran dan riset yang didalaminya mencakup budidaya tanaman pangan dan hortikultura, nutrisi tanaman, perbenihan, serta bioteknologi pertanian. Penulis juga aktif menelurkan berbagai karya akademik melalui penulisan buku serta publikasi artikel ilmiah di jurnal bereputasi.

Dalam lingkup akademis, ia mengampu berbagai mata kuliah seperti Budidaya Tanaman Hortikultura, Teknologi Produksi Tanaman, Ilmu dan Teknologi Benih, Bioteknologi Pertanian, hingga Mikrobiologi Pertanian. Di samping kegiatan Tridharma di bidang pengajaran dan penelitian, ia secara konsisten berkontribusi dalam berbagai kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM), khususnya di wilayah Kabupaten Maros dan Pangkajene Kepulauan (Pangkep).

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

I Made Sudiarta, S.P., M.P.



Penulis lahir di Gorontalo, 7 Maret 1983 adalah staf pengajar dan peneliti di Fakultas pertanian Universitas Ichsan Gorontalo Utara. Pendidikan dasarnya diselesaikan di SD Inpres 4 Bongo tahun 2000, lalu melanjutkan ke sekolah lanjutan tingkat pertama (SLTA) 4 Paguyaman, selesai pada tahun 2000 kemudian melanjutkan lagi kesekolah menengah atas (SMEA) Negeri 1 Limboto dan Lulus Pada Tahun 2003, sementara pendidikan Sarjana (STRATA 1) di lanjutkan pada Fakultas Pertanian Universitas Ichsan Gorontalo dengan mengambil jurusan Agronomi dan lulus pada tahun 2006, Program Magister ditempuh di Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2013 dengan mengambil Program Studi Sistem-Sistem Pertanian dan lulus pada tahun 2016. Saat ini penulis aktif mengajar di Fakultas Pertanian Universitas Ichsan Gorontalo Utara, penulis juga aktif melakukan kegiatan penulisan pada jurnal ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

Aaam Basataman (2020). *Marketing* di Era 4.0: Kesadaran Spiritualitas dan Semangat Kemanusiaan. Gerakan Masyarakat Mandiri Universitas Trologi.

Abidin, *et al* (2022). Perkembangan teknologi pertanian di Indoensia dan dunia (Ed): Ronal Watrianthos 2022. Yayasan Kita Menulis.

Abidin, Z (2023). Sistem pertanian presisi: Aspek-Aspel Pertanian Presesi.(Ed). Abdul Karim. Yayasan Kita Menulis.

Abidin, Z. (2023). Teknologi IoT bidang pertanian. Dalam R. Watrianthos (Ed.), *Teknologi IoT bidang pertanian*. Yayasan Kita Menulis.

Abidin, Z., Sadat A dkk (2025). Agribisnis Pangan. Perubahan Iklim Dalam Agribisn. Penerbit Wedina Bandung.

Abidin, Z., Siregar, R.A., Rukmnan, D., Nompo, Z (2016). Optimalisasi Model Usaha Tanai Tanaman, Mangga dan Terkan Terintegrasi di Sulawei Selatan. Disertasi Universitas hasanuddin Makassar.

Abidin, Z., syamsir., Ashari.U., Sudiarta.M.I. (2024). Eksistensi Usahatani Padi Ladang Vareitas Lokal Ponelo; Identifikasi Potensi,Tantangan dan Keberlanjutan Pangan. Penerrbit Wedina Media Utama Bandung Jawa Barat.

Abidin, Z., syamsir., Ashari.U., Sudiarta.M.I. (2025). Pengembangan Sistem Budidaya Padi Ladang Ponelo Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan di Gorontalo Utara. Laporan Penelitian dan Pengembangan.

Abidin, Z.,Hertasning,Y dkk (2023). Paradigma Ilmu Usahatani. Eksistensi Usahatani dan Faktor Pembatas. Penerbit Yayasan Kita Menulis,

Ach. Fauzan Mas'udi1, Indarto Indarto1, Marga Mandala (2021). Pemetaan Indeks Kualitas Tanah pada Lahan Tegalan di Kabupaten Jember. Mapping of Soil Quality Index for Upland in Jember Regency. http://dx.doi.org/10.21082/jti.v45n2.2021.133-144.

Achmad Rizal (2020). Buku Ajar Manajemen Pemasaran Di Era Masyarakat Industri 4.0 ISBN: 978-623-02-0557-6ss

Acquaah, G. (2012). *Principles of plant genetics and breeding* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Adiwibowo, S. and Agung Riyadi. Dampak Ekologi dan Sosial Ekonomi Revolusi Hijau: Kasus Pedesaan di Pulau Jawa. (Ecological and social economic impacts of the Green Revolution in rural Java). Jakarta: Konpalindo. 1993.

Adiwirman (2020); Pengantar Ilmu Pertanian Edisi 2 / 2 SKS / 6 Modul 268 Halaman: ilustrasi; 21 cm ISBN: 9786023926381 / E-ISBN: 9786023926398 Tangerang Selatan: Universitas Terbuka, https://pustaka.ut.ac.id/lib/luht4219.

AeroFarms. (2020). Aeroponic Farming: A Breakthrough in Sustainable Agriculture. AeroFarms Official Report.

Agung, S.,Raharjo (2021). Analisis Ketahanan Pangan. Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian.

Ahanou, Z., Mrabti, F., & Dhassi, Y. (2026). Big data analytics in precision agriculture: An automated systematic literature review. Computers and Electronics in Agriculture, 243, 111401.

Ahrens, C. D., & Henson, R. (2019). Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment (12th ed.). Cengage Learning.

Ali, A., Hassan, M. U., & Kaul, H. P. (2024*).* Broad scope of site-specific crop management and specific role of remote sensing technologies within it—A review. Journal of Agronomy and Crop Science, 210, e12732.

Ali, M., *et al*. (2024). Broad scope of site-specific crop management and specific role of remote sensing technologies within it—A review. Journal of Agronomy and Crop Science. https://doi.org/10.1111/jac.12732.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements—FAO irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Alotaibi, M., *et al*. (2023). Climate change, its impact on crop production, challenges and possible solutions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51(1), 13020.

Al-Salem, S. S., & Abouzaid, H. (2006). Wastewater reuse for agriculture: Regional health perspective. Eastern Mediterranean Health Journal, 12(3–4).

Altieri, M. A. (2018). Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. CRC Press.

Altieri, M.A. & Nicholls, C.I. (2004). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. CRC Press.

Amador, J. A., & Loomis, G. W. (2018). Characteristics of wastewater. In *Biological wastewater treatment*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America

Ananto, E. E., & Alihamsyah, T. (2008). Mekanisasi pertanian dalam sistem usaha tani padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Kementerian Pertanian Republik Indonesia

Andriyanto, Irwin. 2021. "Peranan Digital *Marketing* di Era Industri 4.0". Diakses dari https://www.course-net.com/peranan-digital-*marketing*.

Anwariani, Destari (2022). Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai. urusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

Arief, Latar Muhammad., (2016) Pengolahan Limbah Industri Dasar Dasar. Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja, Andi Offset, Yogyakarta.

Arif, Sritua and Sasono, Adi. Indonesia: Dependency and Under Development. Kuala Lumpur: Meta. 1981.

Atmojo, T. (2003). Peran Bahan Organik dalam Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah. Repository Pertanian Indonesia. Repository Pertanian

ATTRA – National Center for Appropriate Technology. (2020). Integrating Livestock and Crops: Improving Soil, Solving Problems, Increasing Income. https://attra.ncat.Org &#8203.

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2009). Kebijakan Pertanian dan Pembangunan Desa. Penerbit Pustaka Agung.

Bailey-Serres, J., Fukao, T., Gibbs, D. J., Holdsworth, M. J., Lee, S. C., Licausi, F.,... & van Dongen, J. T. (2019). Flooding stress: Acclimations and genetic diversity. Annual Review of Plant Biology, 70, 313–339.

Barlow, C., & Schiffer, H. (2006). Land Use in Indonesia: Historical Trends and Sustainability. Wageningen Academic Publishers.

Basso, B. & Antle, J. (2020). Digital Agriculture to Design Sustainable Agricultural Systems. Nature Sustainability, 3, 254-256.

Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research, 5*, 1554. https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1

Bates, P. D. (2016). Understanding the control of acyl flux through the lipid metabolic network of plant oilseeds. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids, 1861(9), 1214–1225.

Bates, p. D., j. B. Ohlrogge, and m. Pollard. 2007. Incorporation of newly synthesized fatty acids into cytosolic glycerolipids in pea leaves occurs via acyl editing. Journal of biological chemistry vol. 282 no. 43: pp 31206-31216.

Batjes, N. H. (1996). Total Carbon and Nitrogen in the Soils of the World. European Journal of Soil Science, 47(2), 151-163.

Baud, s. And l. Lepiniec. 2010. Review: physiological and developmental regulation of seed oil production. Progress in lipid research. Doi:10.1016/j.plipres.2010.01.001.

Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., Prieur, L., & Justes, E. (2021). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. Agronomy for Sustainable Development, 41, Article 24. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z

Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., Prieur, L., & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming: A review. Agronomy for Sustainable Development, 35, 911–935. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7

Begna, T. (2025). Climate-Smart Agriculture: Effect of Climate Change on Agricultural Productivity and Sustainable Adaptation Strategies. International Open Access Journa

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3rd ed.). Springer.

Bezner Kerr, R., Madsen, S., Stüber, M., Liebert, J., Enloe, S., Borghino, N., Parros, P., Mutyambai, D. M., Prudhon, M., & Wezel, A. (2021). Can agroecology improve food security and nutrition? A review. Global Food Security, 29, 100540.

BMKG. (2024). Informasi Prakiraan Musim dan Kalender Tanam Indonesia. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

Board, J. E., & Kahlon, C. S. (2018). Soybean yield formation and climate interactions. Agronomy Journal, 110(5), 1711–1722.

Bora, S. K., Prasad, S. V., & Dutta, M. (2019). Remote Sensing for Agriculture: Opportunities and Challenges. Agricultural Systems, 171, 101-113.

BPS (Badan Pusat Statistik). (2020). Statistik Pertanian Indonesia. Badan Pusat Statistik.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils (15th ed.). Pearson.

Brady, N.C., & Weil, R.R. (2016). The Nature and Properties of Soils (15th Edition). Prentice Hall.

Brooker, R. W., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P. M., Jones, H. G., Karley, A. J., Li, L., McKenzie, B. M., Pakeman, R. J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C. A., & Bazeley-White, E. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist, 206(1), 107–117. https://doi.org/10.1111/nph.13132

Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (Eds.). (2015). Biochemistry and molecular biology of plants (2nd ed.). Wiley Blackwell.

Budi Harsanto (2024). Inovasi Internet Of Things Pada Sektor Pertanian: Pendekatan Analisis Scientometrics Internet Of Things Innovation In Agriculture Sector: A Scientometrics Analysis.

Budiadi, Wiyono, L. D., Sofiyulloh, M., & Suyanto. (2023). Tumpangsari dan hutan rakyat: Dinamika budidaya kayu dan pangan petani Jawa. World Agroforestry (ICRAF).

Burton, C. H., & Turner, C. (2003). Manure management: Treatment strategies for sustainable agriculture (2nd ed.). Silsoe Research Institute.

Bustamin. 2020. “Revolusi Industri Mengubah Cara Hidup Manusia Tiap Fase”. Diakses dari https://pattae.com/revolusi-industri-mengubah-cara-hidup/

Cambridge University Press. (2020). Diversification And Ecosystem Services For Conservation Agriculture: Outcomes From Pastures And Integrated Crop–Livestock Systems. Renewable Agriculture And Food Systems. https: //www.cambridge.org/ core/journals/ renewable-agriculture-and-food-systems/

Carducci (2020). learning is... social distancing, psychological distancing. https: // www. researchgate, net.covid

Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications, 8(3), 559–568. https://doi.org/10.1890/1051

Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S., & McCampbell, M. (2022). Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). Digital *marketing*: Strategy, implementation and practice (7th ed.). Pearson.

Chapman, K.D.; Ohlrogge, J.B. Compartmentation of triacylglycerol accumulation in plants. J. Biol. Chem. 2012, 287, 2288–2294.

Chris Anderson, "Agricultural *Drone*s Relatively cheap *drone*s with advanced sensors and imaging capabilities are giving farmers new ways to increase yields and reduce crop damage." Diarsipkan 2017-03-07 di Wayback Machine., MIT Technology Review, May/June 2014. Retrieved Maret, 2023.

Christou, A., Beretsou, V. G., Iakovides, I. C., Karaolia, P., Michael, C., Benmarhnia, T., Chefetz, B., Donner, E., Gawlik, B. M., Lee, Y., Lim, T. T., Lundy, L., Maffettone, R., Rizzo, L., Topp, E., & Fatta-Kassinos, D. (2024). Sustainable wastewater reuse for agriculture. Nature Reviews Earth & Environment, 5, 504–521.

Colantoni A, Monarca D, Laurendi V, Villarini M, Gambella F, Cecchini M. 2018. Smart Machines, Remote Sensing, Precision Farming, Processes, Mechatronic, Materials and Policies for Safety and Health Aspects. Jurnal Agriculture. Vol: 8(47). Diakses pada tanggal 14 Maret 2023

Conn, E.E. *et al*. 1987. Outlines of Biochemistry 5/E. John Wiley and Sons Inc. New York, pp. 413-455

Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). The Oil Palm (5th ed.). Wiley-Blackwell.

Corwin, D. L. (2013). Site-specific management and delineating management zones. In M. Oliver (Ed.), *Precision Agriculture for Food Security and Environmental Protection*. Earthscan.

Cotrina-Cabello, G. G., *et al*. (2023). Plant adaptability to climate change and drought stress for sustainable crop production. CABI Reviews, 18(4), 1–15.

Dahlqvist, a., u. Stahl, m. Lenman, a. Banas, m. Lee, l. Sandager, and h. Ronne, and s. Stymne. 2000. Phospholipid diacylglycerol acyltransferase: an enzyme that catalyzes the acyl-coa-independent formation of triacylglycerol in yeast and plants. Proceeding of national academy of sciences vol. 97 no. 12: pp 6487-6492.

Damatta, F. M., Rahn, E., Läderach, P., Ghini, R., & Ramalho, J. C. (2019). Why could the coffee crop endure climate change and global warming? Climatic Change, 152(1), 167–178.

Daryanto, A. (2020). Agribisnis Kreatif: Mengembangkan Industri Pertanian dengan Pendekatan Inovatif. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Daum, T. (2022). Agricultural mechanization and sustainable agrifood system transformation in the Global South (FAO Agricultural Development Economics Working Paper No. 22-11). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc2625en

Davies, F. T., Jr., Geneve, R. L., & Wilson, S. B. (2018). *Hartmann & Kester's plant propagation: Principles and practices* (9th ed.). Pearson.

Dewi, F. (2021), "Inovasi dan Branding dalam Agribisnis Kreatif", Jurnal Pengembangan Usaha, 8(2), 114-126.

Diamond, J. (1997). Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies. W.W. Norton & Company

Dirr, M. A., & Heuser, C. W., Jr. (2006). The reference manual of woody plant propagation: From seed to tissue culture (2nd ed.). Varsity Press.

Dittmer, K. M., Burns, S., Shelton, S., & Wollenberg, E. (2024). *Principles for socially inclusive digital tools for smallholder farmers: A guide* (Version 2). CGIAR/FAO-related digital agriculture initiative.

Dodi Yudo Setyawan, Warsito, Roniyus Marjunus, Sumaryo4 (2024) Automasi dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Cerdas: Review Artikel pada Jurnal Terakreditasi Kemenristek Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2024. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta,

Dove, M. K. (1988). Sistem Perladangan di Indonesia. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Dudung, A.A. (eds) (2001). Membangun Pertanian Modern. Jakarta: Yayasan Pengembangan Sinar Tani.

Durrett, t. P. C. Benning, and j. Ohlrogge. 2008. Plant triacylglycerols as feedstocks for the production of biofuels. The plant journal vol. 54: pp 593–607.

Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. IEEE Internet of Things Journal, 5(5), 3758–3773. https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296

Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. Science, 300(5620), 758–762. https://doi.org/10.1126/science.1078710

Eviota, Uy Elizabeth. The Political economy of Gender London: Zed Books Ltd. 1992.

FAO (2015). The State of Food and Agriculture-Climate Change, Agriculture and Food Security. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO (2017). Guidelines for the Integrated Production of Fruits and Vegetables: Integrated Pest Management.
FAO (2017). The State of the World's Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO (2018). Climate Change and Agriculture: A Review of Impacts and Adaptation Strategies. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO. (2005). The Importance of Soil Organic Matter: Key to Drought-resistant Soil and Sustained Food Production.
FAO. (2011). Save and Grow: A Policymaker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production.
FAO. (2012). The Role of Sustainable Agriculture in Reducing Poverty. Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAO. (2017). Conservation Agriculture: What is Conservation Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/conservation-agriculture/en
FAO. (2017). Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture: A Report to Improve the Agricultural Sector. 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. (2018). Digital Agriculture: Farmers in a Changing World. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO. (2018). Digital Agriculture: Farmers in a Changing World. Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAO. (2020). Climate-Smart Agriculture: Building Resilience to Climate Change.
FAO. (2020). Sustainable Soil Management: A Guide for Farmers.
FAO. (2022). Climatology and Agroclimatology Atlas. Food and Agriculture Organization.
FAO. (2024). Climate-smart agriculture sourcebook. Rome: Food and Agriculture Organization.
FAO. (2024). Integrated Crop-Livestock Systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.Org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managingecosystems/integrated-crop-livestock-systems.

FAO. (2026). Extreme heat is pushing agrifood systems to the brink worldwide. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fateta ipb. 2016. sistem pertanian presisi dan sistem pelacakan rantai produksi untuk mewujudkan agroindustri berkelanjutan. proseding seminar. bogor.

Fathrio, I. (2025). Prediksi Iklim untuk Ketahanan Pangan. Jakarta: BRIN Press.

Faure, G., Geck, M., Paracchini, M.-L., & Andrieu, N. (2024). *What agroecology brings to food security and ecosystem services: A review of scientific evidence*. Agroecology Coalition

Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. Annual Review of Resource Economics, 11, 313–335. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093929.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). An international technical workshop: Investing in sustainable crop intensification—The case for improving soil health. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). The 10 elements of agroecology: Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). The 10 elements of agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *FAO.*

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). The state of food and agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Scaling up inclusive innovation in agrifood chains in Asia and the Pacific. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Biotechnologies in crop production and conservation. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022a). The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging agricultural automation for transforming agrifood systems. FAO. https://doi.org/10.4060/cb9479en

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022b). Transforming agriculture with digital automation (FAO Agricultural Development Economics Policy Brief No. 54). FAO.

https://doi.org/10.4060/cc2689en
Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Sustainable agribusiness and agrifood value chain development: Digital innovations. FAO.
Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Feasibility study for application of digital technologies for improved traceability and transparency along the agrifood value chains. FAO.
Food and Agriculture Organization. (2015). The State of Food and Agriculture: Social Protection and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
Friedmann, John. 1981. Kemiskinan Urban di Amerika Latin dalam Kemiskinan dan Strategi Memerangi Kemiskinan. Andre BayoAla. Yogyakarta: liberty.
Friedrich C. (1998). "Physiology and genetics of sulfur-oxidizing bacteria". Adv Microb Physiol. Advances in Microbial Physiology. 39: 235–89. doi:10.1016/S0065-2911(08)60018-1. ISBN 9780120277391. PMID 9328649.
George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G.-J. (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer
Ghaitidak, D. M., & Yadav, K. D. (2013). Characteristics and treatment of greywater—A review. Environmental Science and Pollution Research, 20, 2795–2809. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1533-0
Gliessman, S. R. (2014). Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems (3rd Edition). CRC Press.
Goldschmidt, E. E. (2014). Plant grafting: New mechanisms, evolutionary implications. Frontiers in Plant Science, 5, 727. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00727
Gorai, T., Yadav, P. K., Choudhary, G. L., & Kumar, A. (2021). Site-specific crop nutrient management for precision agriculture: A review. *Current Journal of Applied Science and Technology, 40*(10), 37–52.
Graham, I. A. (2008). Seed storage oil mobilization. *Annual Review of Plant Biology, 59*, 115–136.
Grossiord, C., Buckley, T. N., Cernusak, L. A., Novick, K. A., Poulter, B., Siegwolf, R. T. W., Sperry, J. S., & McDowell, N. G. (2020). Plant responses to rising vapor pressure deficit. New Phytologist, 226(6), 1550–1566. https://doi.org/10.1111/nph.16485
Gunawan, D. (2015). Sejarah Pertanian Indonesia: Dari Masa Kolonial hingga Era Modern. Penerbit Mitra Wacana.
Hakeem, K. R., Ozturk, M., & Wani, S. H. (2014). Biotechnology in Agriculture and Forestry. Springer.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Jr., Geneve, R. L., & Wilson, S. B. (2023). Hartmann & Kester's plant propagation: Principles and practices (10th ed.). Pearson.

Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., & Geneve, R.L. (2011). Plant Propagation: Principles and Practices (8th ed.). Prentice Hall.

Harwood, J. L. (1996). Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism, 1301(1–2), 7–56

Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. Weather and Climate Extremes, 10, 4–10. https://doi.org /10.1016/ j. wace.2015.08.001.

Hatfield, J. L., Sivakumar, M. V. K., & Prueger, J. H. (2021). Agroclimatology: Linking Agriculture to Climate. American Society of Agronomy.

Hayart. 2021. "Inilah Job Descriptions Digital *Marketing*, Pekerjaan Yang Lagi Dibutuhkan Banyak Perusahaan!". Diakses dari https://lemoot.com/digital-*marketing*-job-descriptions/

Hermawan Kertajaya (2011). Menuju Indonesia 3.0; sebuah perspektif Pemasaran. The Dancing Leader Universitas Pancasila. ISBN 978-979-606-9. Penerbit PT Kompas Media Nusantara.

Higashi, Y., Okazaki, Y., Myouga, F., Shinozaki, K., & Saito, K. (2015). Tuning of the fatty acid composition of glycerolipids in chloroplasts by temperature stress. Plant Physiology, 169(3), 1950–1961

Hirunyakorn, P., Panjakajornsak, V., & Suksri, J. (2020). Impact of Internet of Things (IoT) on agriculture: A review. International Journal of Agricultural Technology, 16(3), 541-556.

Hobbs, P.R., Sayre, K., & Gupta, R. (2008). The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1491), 543-555.

Hölzl, G., & Dörmann, P. (2019). Chloroplast lipids and their biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology, 70*, 51–81.

Hölzl, G., & Dörmann, P. (2019). Chloroplast lipids and their biosynthesis. Annual Review of Plant Biology, 70, 51–81

Howden, S. M., & White, D. H. (2016). Climate and crop production. In Soils, Plant Growth and Crop Production. EOLSS Publishers.

Huang, A. H. C. (2018). Plant lipid droplets and their associated proteins: Potential for biofuel production. Current Opinion in Plant Biology, 45, 88–95.

Husemann, K. C., & Eckhardt, G. M. (2019). Consumer spirituality. Journal of Consumer Research, 46(6), 1088–1105. https://doi.org/10.1086/700444

Hydroponic Society of America (HSA). (2022). Hydroponic Systems: Efficient Solutions for Urban Agriculture.

I Made Adnyana, M. (2011). Peningkatan Kualitas Tanah Dalam Mewujudkan Produktivitas Lahan Pertanian Secara Berkelanjutan. Jurnal Bumi Lestari, Volume 11 No. 1, Pebruari 2011, hlm. 131 – 137

Indriani, S. (2021). Agrowisata dan Potensi Pengembangan Ekonomi Desa. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

Information Technology vs Information Systems: What's The Difference?". CityU of Seattle (dalam bahasa Inggris). 2020-01-16. Diakses tanggal 07 Maret 2023

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. IPCC. (IPCC Report)

International Journal of Agricultural Sustainability. (2019). Agro-tourism: A New Concept for Rural Development. Taylor & Francis.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

Irawan, M. Anwari. 2007. "Glukosa dan Metabolisme *Energy*". Polton Sports Science & Performance Lab. Volume 01. No. 06

Irundu, *et al*. (2016). *Kajian Indeks Kualitas Tanah di Lahan Kering Kabupaten Aceh Besar.* Jurnal Budidaya Pertanian Vol. 12(1): 34-41.

Iryadi *et al*. (2021) — sangat relevan untuk konteks Indonesia Iryadi, R., Darma, I. D. P., & Sutomo. (2021). Pemanfaatan data *drone* dalam monitoring pertanian padi (Kajian di sebagian lahan pertanian di Bogor dan Tabanan). *Prosiding Seminar Nasional PERAGI*.

Israni, S., Meharkure, H., & Yelore, P. (2015). Application of IOT Based System for Advance Agriculture in India. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, 3(11), 10831-10837

J. V. Stafford, "Implementing precision agriculture in the 21st century," J. Agric. Eng. Res., vol. 76, no. 3, pp. 267–275, 2000

James A. O'Brien (2007:45)Management Information Systems-10th edition.Palgrave, BasingstokeJessup, Leonard M.; Joseph S. Valacich (2008). Information Systems Today (3rd ed.). Pearson Publishing. Glossary p. 416

Janni, M., Gullì, M., Maestri, E., Marmiroli, N., & Valliyodan, B. (2024). Plant responses to climate change: How global warming may impact crop productivity and food security. Plants, 13(1), 1–25.

Journal of Agriculture and Food Chemistry. (2020). Trends in Agricultural Products Processing and Value Added Innovations. American Chemical Society.

Kader, A. A. (2022). Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops (5th ed.). University of California Press.

Kannan, P. K., & Li, H. A. (2017). Digital *marketing*: A framework, review and research agenda. International Journal of Research in *Marketing*, 34(1), 22–45. https:// doi.org/10.1016/ j. ijresmar.2016.11.006

Kaspar, T.C, Colvin, T.S., Jaynes, B., Karlen, D.L., James, D.E, Meek, D.W., 2003. Relationship between six years of corn yields and terrain attributes. Precision Agriculture, 4, 87-101

Kazmi, S. H. A., Foroudi, P., & others. (2021). Effect of spirituality and ethics on green advertising, and the multi-mediating roles of green buying and green satisfaction. Cogent Business & Management, 8(1), 1920559. https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1920559

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2019). *Sejarah pertanian Indonesia*. Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2020). Strategi Pengembangan Agrowisata di Indonesia. Direktorat Jenderal Hortikultura

Kementerian Pertanian RI. (2024). Kalender Tanam Terpadu (KATAM) Nasional. Jakarta Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Kertajaya, Hermawan. 2017. Digital Self-Service. Jakarta: Majalah Bisnis *Marketing*, Juli Thn.17. (Juli 2017)

Kertajaya, Hermawan.2017. CITIZEN 4.0 Menjejakan Prinsip-Prinsip Pemasaran Humanis di Era Digital. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.

Kessler, J. J., & Giller, K. E. (2014). Agroforestry and Landscape Restoration: Best Practices. Springer

Kipps, MS. (1978). Productions of Field Crops. New Delhi: Tata Mc.Graw – Hill Publishing Company Ltd.

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing* 4.0: Moving from traditional to digital. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Data bibliografis edisi tersebut tercatat sebagai karya Kotler, Kartajaya, dan Setiawan yang diterbitkan oleh Wiley

Kour, V. P., & Arora, S. (2020). Recent developments of the Internet of Things in agriculture: A survey. IEEE Access, 8, 129924–129957. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3009298

Kumar, A., Gupta, R., & Sharma, S. (2020). Agriculture robots: The future of farming. Agricultural Robotics: Automation in the Farming Sector, 45(6), 1678-1686

Kumar, A., Singh, R., Sharma, P., & Gupta, S. (2025). Adapting crops to rising temperatures: Understanding physiological and molecular responses to heat stress. International Journal of Molecular Sciences, 26(21), 10426.

Kumar, S. V., Singh, C. D., & Upendar, K. (2020). Review on IoT based precision irrigation system in agriculture. Current Journal of Applied Science and Technology, 39(45), 15–26. https://doi.org/10.9734/cjast/2020/v39i4531156

Kurniawan, Sigit.2017. Mengenal *Marketing* 4.0 Dalam Konteks Ekonomi Digital. Diambil dari: www.marketeers.com/mengenal-*marketing*-4-0-dalam-konteks-ekonomi-digital. Diakses pada 25 Juli 2022.

Lal, R. (2006). Enhancing Crop Yields in the Developing Countries through Restoration of the Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands. Land Degradation & Development, 17(2), 197-209.

Lal, R. (2014). Soil Conservation and Ecosystem Services. International Soil and Water Conservation Research, 2(3), 36-47

Lal, R. (2015). Climate Change and Soil Carbon Sequestration. Journal of Soil and Water Conservation, 70(3), 15A-20A.

Lal, R. (2020). Soil health and carbon management. Journal of Soil and Water Conservation.

Lal, R. (2020). Soil Health and Climate Change: An Overview. In R. Lal (Ed.), Encyclopedia of Soil Science (3rd Edition). CRC Press. Loyola-Vargas, V. M., & Ochoa-Alejo, N. (Eds.). (2018). Plant cell culture protocols (3rd ed.). Humana Press.

Lal, R., & Stewart, B.A. (2010). Soil Management for Sustainability. Springer..

Larkin, P. J., & Scowcroft, W. R. (1981). Somaclonal variation—A novel source of variability from cell cultures for plant improvement. *Theoretical and Applied Genetics, 60*, 197–214.

Laudon, Kenneth C.; Laudon, Jane P. (2007:42)Sistem Informasi Manajemen. Palgrave, Basingstoke.

Lee, H.G.; Kim, H.; Suh, M.C.; Kim, H.U.; Seo, P.J. The MYB96 transcription factor regulates triacylglycerol accumulation by activating DGAT1 and PDAT1 expression in Arabidopsis seeds. Plant Cell Physiol. 2018, 59, 1432–1442

Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature, 529*, 84–87. https://doi.org/10.1038/nature16467

Li Hang, Chen Houjin,(2011). Key technology and application prospect of the internet of things, Forum on Science and Technology in China, 2011

Li, C., Hoffland, E., Kuyper, T. W., Yu, Y., Zhang, C., Li, H., Zhang, F., & van der Werf, W. (2020). Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use; A meta-analysis. Field Crops Research, 246, 107661. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107661

Li, H.-M.; Yu, C.-W. Chloroplast galactolipids: The link between photosynthesis, chloroplast shape, jasmonates, phosphate starvation and freezing tolerance. Plant Cell Physiol. 2018, 59, 1128–1134.

Li, N., & colleagues. (2022). Transcriptional regulation of oil biosynthesis in seed plants: Current understanding, applications, and perspectives. Plant Communications, 3(5), 100328.

Li, W., *et al*. (2020). Review of sensor network-based irrigation systems using IoT and remote sensing. *Advances in Meteorology*, 2020, Article 8396164. https://doi.org/10.1155/2020/8396164

Li, Y., Beisson, F., Ohlrogge, J., & Pollard, M. (2024). Multi-omics-driven advances in the understanding of triacylglycerol biosynthesis in oil seeds. The Plant Journal. (Wiley Online Library)

Li-Beisson, Y.; Shorrosh, B.; Beisson, F.; Andersson, M.X.; Arondel, V.; Bates, P.D.; Baud, S.; Bird, D.; Debono, A.; Durrett, T.P.; *et al*. Acyl-lipid metabolism. Arab. Book 2013, 11, e0161. (CrossRef) 3. Chapman, K.D.; Ohlrogge, J.B. Compartmentation of triacylglycerol accumulation in plants. J. Biol. Chem. 2012, 287, 2288–2294.

Lim, C. W., Baek, W., Jung, J., Kim, J. H., & Lee, S. C. (2015). Function of ABA in stomatal defense against biotic and drought stresses. *International Journal of Molecular Sciences, 16*(7), 15251–15270. https://doi.org/10.3390/ijms160715251

Limpo, Y,S, (2021). Tantangan Sektor Pertanian Pada perubahan Iklim dan Lahan Pertanian. Menteri Pertanian Republik Indonesia.

Liu, Y., Li, X., Liu, M., & Zhang, X. (2021). Agroforestry for sustainable agriculture. Sustainability 13(18): 10428.

Liu, Y., Stomph, T. J., Zhang, F., Li, C., & van der Werf, W. (2024). Nitrogen *input* strategies impact fertilizer nitrogen saving by intercropping: A global meta-analysis. *Field Crops Research, 318*, 109607. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109607

Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology, 160*(4), 1686–1697. https://doi.org/10.1104/pp.112.208298

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2014). Climate trends and global crop production since 1980. Science, 333(6042), 616–620.

Lu, Q., Du, X., & Qiu, H. (2022). Adoption patterns and productivity impacts of agricultural mechanization services. *Agricultural Economics, 53*, 747–763.

Lubis, K (2021: Perkembangan Teknologi Pertanian Indonesia. dab Dan Humaniora, Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang.

Manalu, L.P. (2013). Aplikasi kontrol digital untuk pemupukan secara variable rate pada sistem pertanian presisi. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, Vol: 15(3). Diakses pada tanggal 27 Desember 2020.

Mangunwidjaja, D. dan Sailah, I. 2009. Pengantar Teknologi Pertanian. Penebar Swadaya. Bogor.

Mara, D., *et al*. (2018). Epidemiological evidence and health risks associated with agricultural reuse of partially treated and untreated wastewater: A review. Frontiers in Public Health, 6, 337. https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00337

Marpaung, D. S. S., Hanum, F., Abidin, Z., *et al*. (2023). *Sistem Pertanian Presisi*. Yayasan Kita Menulis. ISBN 978-623-342-796-8.

Marschner, P. (Ed.). (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.

Martin-Guay, M.-O., Paquette, A., Dupras, J., Rivest, D., & Paré, D. (2018). The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment, 615*, 767–772.

Mas'udi, A. F., *et al*. (2021). *Pemetaan Indeks Kualitas Tanah pada Lahan Tegalan Menggunakan Citra Satelit Sentinel 2A.* Jurnal Tanah dan Iklim, Vol. 45 No. 2, 133-144.

Mayer, k. M. And j. Shanklin. 2007. Identification of amino acid residues involved in substrate specificit y of plant acyl-acp thioesterases using a bioinformatics-guided approach. Bmc plant biology 7:1.

Mazoyer, M., & Roudart, L. (2006). A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis. Earthscan.

Mazzia, V., Comba, L., Khaliq, A., Chiaberge, M., & Gay, P. (2020). UAV and machine learning based refinement of a satellite-driven vegetation index for precision agriculture. *Sensors, 20*(9), 2530. https://doi.org/10.3390/s20092530

McBratney, A.B. & Pringle, M.J. Precision Agriculture (1999) 1: 125. https: // doi. Org /10. 1023/ A:1009995404447

McCampbell, M. (2022). *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies* (FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc2914en

McFadden, J., Casalini, F., Griffin, T., & Antón, J. (2022). *The digitalisation of agriculture: A literature review and emerging policy issues*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/285cc27d-en

Mead, R., & Willey, R. W. (1980). The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture, 16(3), 217–228.

Metcalf & Eddy/AECOM. (2014). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Metcalf & Eddy/AECOM. (2014). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). Wetlands (5th Edition). John Wiley & Sons.

Mo Lianguang, Study on Supply-Chain of Agricultural Products Based on IOT, 2014 Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2014, 627 – 631..

Mohr H, Schopfer P. 1995. Plant Physiology. Translated by Gudrun and D.W. Lawlor. Springer.

Montgomery, D.R. (2007). Dirt: The Erosion of Civilizations. University of California Press.

Mudge, K., Janick, J., Scofield, S., & Goldschmidt, E. E. (2009). A history of grafting. Horticultural Reviews, 35, 437–493

Mulila-Mitti, J., & Ajayi, O. (2019). Harnessing synergies of crop-livestock integration for climate-smart agriculture. https:// www.cta.int&#8203

Mulyani.S (2019). Pertanian Presesi. Cara Bertani Cerdas Di Era Industri 4.0. Penyuluah Pertanian Badan Pusat Pengembangan Sumberdaya Manusia Kementerian Pertanian

Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2004). Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology, 31*(3), 203–216. https://doi.org/10.1071/FP03236

Murray R Kataren, *et al*. Harper's Biochemistry 25th ed. Appleton & Lange. America 2005: Stryer L.1995. Biochemistry 4th, page 603 – 623.

Mursalim. 2013. Teknologi Pertanian Motor Penggerak Pembangunan Pertanian. Penerbit Masagena Press.

Nabil Zaydan. (2023). Mulsa Organik: Pengertian, Jenis, Kelebihan, Kekurangan dan Pemasangan. https://www.nabilzaydan.com/

Nasoetion, A.H. (1991). Pengantar ke Ilmu-Ilmu Pertanian. Bogor: Pustaka Litera Antar Nusa.

Nasution, M. (2022). Strategi Kolaborasi dalam Agribisnis Kreatif: Membangun Ekosistem yang Berkelanjutan. Medan: Universitas Sumatera Utara Press.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). Lehninger principles of biochemistry (8th ed.). W. H. Freeman.

Nikolau, b. J., j. B. Ohlrogge, and e. S. Wurtele. 2003. Plant biotin-containing carboxylases. Archives of biochemistry and biophysics vol. 414: pp 211–222.

Nishida, I., & Murata, N. (1996). Chilling sensitivity in plants and cyanobacteria: The crucial contribution of membrane lipids. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 47, 541–568

Nugroho, P.A. 2018. memahami konsep pertanian presisi dan implementasinya di indonesia. Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta

Nyitdah, K. (2011). *Pentingnya Sifat Biologi Tanah dalam Menentukan Kesehatan Ekosistem Tanah.* Jurnal Bumi Lestari, Volume 11 No. 1, 131-137.

O'Hara, Margaret; Watson, Richard; Cavan, Bruce (1999). "Managing the three levels of change". Information Systems Management. 16 (3): 64. doi: 10. 1201/ 1078/ 43197. 16.3. 19990601 /31317.9. Diakses tanggal 25 November 2018.

Ohlrogge, J., & Browse, J. (1995). Lipid biosynthesis. The Plant Cell, 7(7), 957–970.

Oldeman, L. R. (1975). An Agroclimatic Map of Java and Madura. Central Research Institute for Agriculture.

Onyeaka, H., Nwabor, O. F., Eze, P. M., & Chukwuma, C. I. (2024). The ripple effects of climate change on agricultural productivity and food systems. Food and *Energy* Security, 13(2), e567.

Ophardt, c. E. 2003. Overview of metabolism. Virtual chem book ofelmhurstcollege.
Http: //www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/590 0verviewmet.html. Diakses tanggal 22 Agustus 2023.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). Digital opportunities for better agricultural policies. OECD Publishing.

Pairunan, H., *et al*. (1985). Pengaruh Pengolahan Tanah Terhadap Struktur dan Kesuburan.

Pakpahan, A., Irawan, B., & Hendiarto. (1983). Keragaan tumpangsari hutan dalam peremajaan hutan dan penghasil pangan: Analisis kasus tumpangsari di KPH Cepu. *Forum Penelitian Agro Ekonomi, 1*(2), 19–36. https://doi.org/10.21082/fae.v1n2.1983.19-36

Pambudi, A. (2025). Agri Cuaca: Aplikasi Android untuk rekomendasi kegiatan pertanian berbasis cuaca. Jurnal Pustaka Data, 5(2), 45–58.

Pangestika, M., *et al*. (2021). Smart Farming: Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0. Jakarta: Penerbit Gramedia.

Paramita, Octavianti. 2010. "Pengaruh Memar terhadap Perubahan Pola Respirasi, Produksi Etilen dan Jaringan Buah Mangga (Mangifera Indica L) Var Gedong Gincu pada Berbagai Suhu Penyimpanan". Jurnal Kompetensi Teknik Vol.2, No.1.

Parjo (2016). Mekanisasi dan Modernisasi Pertanian. Penyuluh Pertanian Madya BPPK Pakis.

Parolini, G. (2022). Weather, climate, and agriculture: Historical contributions and perspectives from agricultural meteorology. WIREs Climate Change, 13(2), e766.

Partyka, M. L., & Bond, R. F. (2022). Wastewater reuse for irrigation of produce: A review of research, regulations, and risks. Science of the Total Environment, 828, 154385. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154385

Pearce, M. (2005). The Propagation of Plants by Cuttings and Grafting. Oxford University Press.

Peng, S., Huang, J., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X.,... & Cassman, K. G. (2021). Rice yields decline with higher night temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences, 101(27), 9971–9975.

Peyghami, S., *et al*. (2017). Plastic mulches for the production of vegetable crops. Dalam A guide to the manufacture, performance, and potential of plastics in agriculture. Elsevier

Philip Khotler, Hermawan Kertajaya & Iwan Setiawan, *Marketing* 4.0Bergerak dari Tradisional ke Digital (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2017), 43

Philip Kolter (2009). *Marketing* 3.0. From Products to Customers to The Human Spirit. The Dancing Leader Universitas Pancasila. ISBN 978-979-606-9. Penerbit PT Kompas Media Nusantara.

Piccoli, Gabriele; Pigni, Federico (July 2018). Information systems for managers: with cases (edisi ke-4.0). Prospect Press. hlm. 28. ISBN 978-1-943153-50-3. Diakses tanggal 05 maret 2023

Pidkowich, m. S., h. T. Nguyen, i. Heilmann, t. Ischebeck, and j. Shanklin. 2007. Modulating seed β-ketoacyl-acyl carrier protein synthase ii level converts the composition of a temperate seed oil to that of a palm-like tropical oil. Proceeding of national academy of sciences vol. 104 no. 11: pp 4742-4747

Pimentel, D., & Burgess, M. (2015). Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. Environmental Development, 15(1), 3–10.

Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(31), 12302–12308. https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109

Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(31), 12302–12308.

Plant, R. E. (2001). Site-specific management: The application of information technology to crop production. Computers and Electronics in Agriculture, 30(1–3), 9–15.

Plant, R. E. (2001). Site-specific management: The application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture, 30*(1), 9–29.

Pratama, I., & Sumarni, E. (2023). Pengembangan Agribisnis Kreatif Berbasis Kearifan Lokal. Semarang: Universitas Diponegoro Press.

Pratama, M. R. (2023). Inovasi Internet of Things pada Sektor Pertanian: Pendekatan Analisis. Repository Pertanian Jurnal Repo Teknologi, 3(1). of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1491), 447-465.

Pratama, M. S., Karna, N. B. A., & Mulyana, A. (2022). *Website monitoring tanaman padi dengan metode hidroponik berbasis IoT*. eProceedings of Engineering, 9(6)

Pretty, J. (2008). Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. Philosophical Transactions

Pretty, J., Toulmin, C., & Williams, S. (2011). Sustainable Intensification in African Agriculture. International Journal of Agricultural Sustainability, 9(1), 5-24.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2021). Sustainable Agribusiness: Menumbuhkan Bisnis Pertanian yang Berkelanjutan di Era Baru. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.

R. Anggarendra, C. S. Guritno, M. Singh, S. Kaneko, and M. Kawanishi, “Climate Change Policies and Challenges in Indonesia,” pp. 295–304, 2016.

Rachmawati, R. R. (2021). Smart farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi, 38*(2), 137–154.

Rahma, Novitasari (2017). Proses Respirasi Seluler Pada Tumbuhan. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

Rahmawati, R., & Aisyah, R. (2021). "Pentingnya Branding dalam Membangun Kepercayaan Konsumen pada Produk Agribisnis Kreatif". Jurnal Pemasaran Agribisnis, 8(2), 45-56.

Rajakumar, R., & Nirmala, M. (2021). Artificial Intelligence in Agriculture: The Future of Smart Farming. Journal of Agricultural Engineering and Technology, 29(4), 212-227.

Ramli, U. S., D. S. Baker, P. A. Quant, and J. L. Harwood. Control analysis of lipid biosynthesis in tissue cultures from oil crops shows that flux control is shared between fatty acid synthesis and lipid assembly. Biochemical Journal 364: pp 393–401.

Rangkuti, F. (2022). Kreativitas dan Kolaborasi dalam Agribisnis Lokal. Bandung: Alfabeta.

Republik Indonesia. (2017). Peraturan Presiden Nomor 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. (Peraturan.go.id)

Republik Indonesia. (2019). Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan. Regulasi Badan Pemeriksa Keuangan (BPK)

Republik Indonesia. (2023). Peraturan Presiden Nomor 62 Tahun 2023 tentang Percepatan Pelaksanaan Reforma Agraria.

Republik Indonesia. (2026). Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 2026 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan.

Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H. *et al*. Precision Agriculture (2002) 3: 169. https://doi.org/ 10.1023/A:1013823603735

Rinallo, D., & Alemany Oliver, M. (2019). The *marketing* and consumption of spirituality and religion. Journal of Management, Spirituality & Religion, 16(1), 1–5. https://doi.org/10.1080/ 14766086.2019.1555885

Rostati (2019) Modernisasi Dalam Involusi Pertanian Pada Masyarakat Petani Di Desa Soki Kecamatan Belo Kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat.

Sahara, D., Kushartanti, E., Hermawan, A., Ambarsari, I., & Ismail Wahab, M. (2015). *Inovasi mekanisasi pertanian untuk swasembada beras: Implementasi dan diseminasi*. BPTP Jawa Tengah/IAARD Press.

Sahuri, S., Ghulamahdi, M., & Suwarto. (2023). Growth, yield, and land use efficiency of soybean-maize relay cropping under saturated soil culture on tidal swamps. *Jurnal Agronomi Indonesia, 51*(1), 27–36. https://doi.org/10.24831/ija.v51i1.45811

Sairi, Ahmad. 2015. Peran Petugas Penyuluh Pertanian dalam Mengembangkan Budidaya Padi di Desa Sumber Sari Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara. Diakses dari http://ejournal.ilkom.fisip-unmul.ac.id/diaksestanggal 19 juni 2018

Saleem, A., *et al*. (2025). The climate change threat to agriculture, food security, and sustainable development. Discover Agriculture, 1(1), 1–25.

Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Terjemahan dari Plant Physiology oleh D.R Lukman dan Sumaryono, Penerbit ITB Bandung.

Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Terjemahan dari Plant Physiology oleh D.R Lukman dan Sumaryono, Penerbit ITB Bandung, hal. 133-139. Ebook.

Salma Suleman, Ulfiyah A. Rajamuddin, dan Isrun2 (2016). Penilaian Kualitas Tanah Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. e-J. Agrotekbis 4 (6): 712 – 718

Samat, A. T., Abdullah, N., Rahman, M. A., & Hassan, M. Y. (2025). Plant responses to heat stress and advances in mitigation strategies. Frontiers in Plant Science, 16, 1638213.

Sanchez, P. A. (2019). Properties and Management of Soils in the Tropics (2nd Edition). Cambridge University Press.

Sanchez, P., Sanginga, N., & Thies, J. (Eds.). (2006). *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press.

Sari, Putri Puspita. 2012. Metabolisme Primer dan Sekunder. Surakarta: Universitas Setia Budi.

Sari, S. H., Ghulamahdi, M., Suwarno, W. B., & Melati, M. (2020). Kajian berbagai pola tanam terhadap peningkatan produktivitas jagung dan kedelai dengan berbagai varietas jagung. Jurnal Agronomi Indonesia, 48(3), 227–234. https://doi.org/10.24831/jai.v48i3.32267

Sastrahidajat, I.R dan Soemarno. (1991). Budidaya Tanaman Tropika. (Surabaya) Usaha Nasional.

Sathasivam, M., Allen, D. K., Shankar, V., Saha, R., & Narayanan, S. (2026). Conserved mechanisms of plant lipidome remodeling under heat and cold stresses revealed through a systematic review and meta-analysis. Journal of Experimental Botany, 77(11), 3445–3464. https://doi.org/10.1093/jxb/erag183

Sayre, L. B. (2010). The pre-history of soil science: Jethro Tull, the invention of the seed drill, and the foundations of modern agriculture. *Plant and Soil*, 327, 1–12

Schimmelpfennig, D. (2016). Precision agriculture technologies and factors affecting their adoption. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

Schimmelpfennig, D., & Ebel, R. (2011). On the doorstep of the information age: Recent adoption of precision agriculture (Economic Information Bulletin No. 80). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

Schmidt, M.W.I., *et al*. (2011). "Persistence of soil organic matter as an ecosystem property." Nature 478(7367): 49-56.

Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum.

Scott, James C. 1981. Moral Ekonomi Petani, Pergolakan dan Subsistensi di Asia Tenggara. LP3ES: Jakarta.

Seminar, K. B. 2016. Sistem Pertanian Persisi dan Sistem Pelacakan Rantai Produksi Untuk Mewujudkan Agroindustri Berkelanjutan. IPB. Bogor.

Setyawan, D. Y., Syahputri, R., Nurfiana, N., & Nurjoko, N. (2023). Internet of Things (IoT) application in smart farming to optimize tomato growth. Proceeding International Conference on Information Technology and Business (ICITB).

Setyawan, D. Y., Warsito, W., Marjunus, R., & Sumaryo, S. (2024). A novel controlling system for smart farming-based Internet of Things (IoT). International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 15(5). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150563

Shanklin, J., & Cahoon, E. B. (1998). Desaturation and related modifications of fatty acids. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 49, 611–641

Shibusawa, S. (1998). Precision farming approaches to sustainable agriculture. Dalam berbagai publikasi awal mengenai konsep precision farming sebagai sistem pertanian low-*input* dan efisiensi tinggi.

Sihombing, M. (2010). Pertanian Berkelanjutan: Teori dan Praktik. Yogyakarta.

Sims, B. G., Hilmi, M., & Kienzle, J. (2016). *Agricultural mechanization: A key input for sub-Saharan Africa smallholders*. FAO

Sims, B., & Kienzle, J. (2017). Sustainable agricultural mechanization for smallholders: What is it and how can we implement it? *Agriculture, 7*(6), 50

Singh, R.P., & Dubey, H.P. (2009). Horticultural Crop Production. Wiley-Blackwell. Smith, D.C. (2009). Vegetative Propagation of Woody Plants. Springer

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization Mechanisms of Soil Organic Matter: Implications for C-Saturation of Soils. Plant and Soil, 241(2), 155-176.

Smith, D.C. (2009). Vegetative Propagation of Woody Plants. Springer.

Soekartawi, M. (2000). Ekonomi Pertanian: Prinsip Dasar dan Aplikasi. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.

Soemarno, D. (2007). Pengantar Agronomi: Ilmu Tanaman untuk Kehidupan Manusia. Penerbit Universitas Gadjah Mada.

Soemarno, D., & Gunawan, I. (2009). Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia: Strategi dan Aplikasi. Penerbit Andi.

Soeprodjo. 1994. Pengembangan Bidang Ilmu dalam Disiplin Teknologi Pertanian. Konsorsium Ilmu-Ilmu Pertanian, Direktorat Jendral Perguruan Tinggi, Depdikbud. Jakarta

Sudarsono. (2006). Teknik Penggunaan Pupuk Hijau dalam Pertanian. KLOROFIL IX, Universitas Muhammadiyah Palembang. Jurnal UM Palembang.

Sulaiman, A. A., Jamil, A., Bahrun, A. H., Alihamsyah, T., Andri, K. B., Arsyad, M., & Hermanto. (2023). *Pengembangan pertanian presisi: Solusi dan jawaban pembangunan pertanian ke depan*. Pertanian Press.

Sumarni, S., *et al*. (2010). Pupuk Hijau dalam Menunjang Pertanian Berkelanjutan. ALAM TANI.

Sundari, T., & Mutmaidah, S. (2018). Kesesuaian galur-galur harapan kedelai untuk tumpangsari jagung +kedelai. *Jurnal Agronomi Indonesia, 46*(1), 40–47. https://doi.org/10.24831/jai.v46i1.14880

Suntari, Ghulamahdi, M., & Melati, M. (2023). Relay-cropping soybean-maize in saturated soil culture increases efficiency of land use and nitrogen fertilizer. Jurnal Agronomi Indonesia, *51*(1). https://doi.org/10.24831/ija.v51i1.44905

Suranto, A., & Wibowo, H. (2019). Digitalisasi Agribisnis: Transformasi dan Peluang di Era Industri 4.0. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.

Swastika, D. K. S., Priyanti, A., Hasibuan, A. M., Sahara, D., Arya, N. N., Malik, A., Ilham, N., Sayekti, A. L., Triastono, J., Asnawi, R., & Hayati, N. Q. (2024). Pursuing circular economics through the integrated crop-livestock systems: An integrative review on practices, strategies and challenges post Green Revolution in Indonesia. *Journal of Agriculture and Food Research, 18*, 101269. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101269 (DOI)

Tadele, K., & Getachew, A. (2011). Agroecology and the Future of Food Security. Springer.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2023). Plant Physiology and Development (8th ed.). Oxford University Press.

Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2014). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Terence, S., & Purushothaman, G. (2020). Systematic review of Internet of Things in smart farming. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 31(6), e3958. https://doi.org/10.1002/ett.3958

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418(6898): 671-677

Tisdale, S.L. W.L. Nelsond, and J.D. Beaton 1985. Soil Fertility and Fertilizers. John Wiley and Sons, New York.

Trendov, N. M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Digital technologies in agriculture and rural areas: Status report. Food and Agriculture Organization of the United Nations

United Nations Environment Programme. (2021). Sanitation, wastewater management and sustainability: From waste disposal to resource recovery (2nd ed.). UNEP.

United Nations Environment Programme. (2023). Facts about wastewater and nutrient management. UNEP. Sumber resmi UNEP – Wastewater and Nutrient Management

United Nations Environment Programme. (2023). Wastewater: Turning problem to solution. UNEP. Sumber resmi UNEP

United States Department of Agriculture (USDA). (2025). Climate-Smart Agriculture and Forestry Strategy. Washington, DC: USDA.

Upchurch, R. G. (2008). Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in plant responses to stress. Biotechnology Letters, 30, 967–977.

Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E.C.M., Herren, H.R., Husson, O., Palm, C., Pretty, J., Sanchez, P., Sanginga, N., & Thies, J. (Eds.). (2006). Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. CRC Press.

Vander Zanden, M.J., & Shreeve, B.A. (2007). Reproductive Biology of Plants: A Review. Journal of Plant Ecology, 1(2), 24-30.

Vanlauwe, B., & Coyne, D. (2017). Sustainable Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa. Springer.

Vanlauwe, B., Wendt, J., & Zingore, S. (2016). Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Good Intentions and Hard Realities. Frontiers in Plant Science, 7, 1-8.

Wallis, J.G.; Browse, J. Mutants of Arabidopsis reveal many roles for membrane lipids. Prog. Lipid Res. 2002, 41, 254–278

Wan, N., *et al*. (2023). Intercropping enhances beneficial arthropods and controls pests: A systematic review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 356*, 108617. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108617

Wasternack, C., & Song, S. (2017). Jasmonates: Biosynthesis, metabolism, and signaling by proteins activating and repressing transcription. Journal of Experimental Botany, 68(6), 1303–1321.

Wedel, M., & Kannan, P. K. (2016). *Marketing* analytics for data-rich environments. Journal of *Marketing*, 80(6), 97–121. https://doi.org/10.1509/jm.15.0413

Weete, J.D. 1980. Lipid Biochemistry. Prenum Press New York, pp. 1-129.

Whelan, B. M., & Taylor, J. A. (2013). Precision agriculture for grain production systems. CSIRO Publishing. https://doi.org/10.1071/9780643107489.

Widjaja, H. (2021). Agribisnis Global: Peluang dan Tantangan Produk Kreatif Lokal. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Widodo, S. (2010). Pertanian Berkelanjutan: Tumpangsari dan Agroekosistem. Penerbit Pradnya Paramita.

Widyastuti, S., & Hadi, H. (2008). Pembangunan Pertanian Berkelanjutan: Integrasi Ekonomi dan Ekologi dalam Tumpangsari. Penerbit Lembaga Penerbit Fakultas Pertanian.

Wijaya, E. S., & Fitriani, L. (2020). "Strategi Branding dalam Meningkatkan Daya Saing Produk Pertanian Kreatif". Jurnal Agribisnis dan Pemasaran, 15(1), 23-34.

Wijayanto, Y. (2013). Kajian penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pertanian presisi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember

Wijayanto, Y. 2013. Kajian Penggunaan Sistem Informasi GEOGRAFIS (SIG) Untuk Pertanian Presisi'. Makalah. Jember: Universitas Jember

Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D., & Joyce, D.C. (2007). Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. CABI Publishing.

Winarno, F.G dan M. Aman Kartakusuma. 1981. Fisiologi Lepas Panen. Jakarta: Sentra Hudaya.

Wiraatmaja, Wayan.,I (2017). Metabolisme pada Tumbuhan. Bahan Ajar Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

WMO. (2021). Guide to Agricultural Meteorological Practices. World Meteorological Organization.

WMO. (2024). Climate Services for Agriculture: Strengthening Resilience and Food Security. Geneva: World Meteorological Organization.

World Bank. (2016). Agricultural Policy and Rural Development in Asia. World Bank Publications.

World Bank. (2021). A roadmap for building the digital future of food and agriculture. World Bank.

World Bank. (2024). Digital Agriculture and Climate Risk Management. Washington, DC: World Bank.

World Bank. (2025). Climate-Smart Agriculture: Building Resilience to Climate Change. Washington, DC: World Bank.

World Economic Forum. (2020). The future of jobs report 2020. World Economic Forum.

World Health Organization & United Nations Human Settlements Programme. (2024). Progress on the proportion of domestic and industrial wastewater flows safely treated: Mid-term status of SDG Indicator 6.3.1 and acceleration needs, with a special focus on climate change, wastewater reuse and health. World Health Organization. Sumber resmi WHO – Wastewater Treatment Progress

World Health Organization. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 2—Wastewater use in agriculture. World Health Organization.

World Health Organization. (2024). Progress on the proportion of domestic and industrial wastewater flows safely treated: Mid-term status of SDG Indicator 6.3.1 and acceleration needs, with a special focus on climate change, wastewater reuse and health. World Health Organization

Xu, Z., Li, C., Zhang, C., Yu, Y., van der Werf, W., & Zhang, F. (2020). Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use: A meta-analysis. *Field Crops Research, 246*, 107661

Yang, C., & Lee, W. S. (2013). Precision agricultural systems. In Q. Zhang & F. J. Pierce (Eds.), *Agricultural automation: Fundamentals and practices* (pp. 63–94). Springer.

Yardiansyah Reihan (2022). Strategi Pemasaran Bisnis Di Era Revolusi Industri 4. Universitas Nusa Putr

Yeats, T.H.; Rose, J.K. The formation and function of plant cuticles. Plant Physiol. 2013, 163, 5–20.

Young, Jay A. (2002). "Chemical Laboratory Information Profile: Oleic Acid". Journal of Chemical Education. 79 (1): 24. Bibcode:2002JChEd..79...24Y. doi:10.1021/ed079p24.

Yu, w. L., w. Ansari, n. G. Schoepp, m. J. Hannon, s. P. Mayfield, and m. D. burkart. 2011. Modifications of the metabolic pathways of lipid and triacylglycerol production in microalgae. Microbial cell factories vol. 10 no. 91.

Yu, Y., Stomph, T. J., Makowski, D., & van der Werf, W. (2015). Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. *Field Crops Research, 184*, 133–144. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.010

Yudiabisma, P.,D (2021). Menkanisasi Pertaian, Pangan dan Petani. https://idnglobe.com

Z. Noer (2022). Penerapan Teknologi Pertanian di Indonesia. Dosen Prodi Agribisis Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.

Zaman, N., Mahyati, Arti, I. M., Sitorus, E., Zainuddin, A., Destryana, R. A., A'yunin, N. A. Q., Syah, I. T., Amruddin, Siregar, E. I. S., Abidin, Z., & Defriyanti, W. T. (2022). Pengantar teknologi pertanian. Yayasan Kita Menulis.

Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperature. *Physiologia Plantarum, 162*(1), 2–12. https://doi.org/10.1111/ppl.12540

Zhang, C., *et al*. (2023). Global navigation satellite systems as state-of-the-art solutions in precision agriculture: A review of studies indexed in the Web of Science. *Agriculture, 13*(7), 1417.

ILMU PERTANIAN MODERN

Integrasi Sains, Teknologi, Produksi, dan Agribisnis Berkelanjutan

Ilmu Pertanian Modern: Integrasi Sains, Produksi, Teknologi, dan Agribisnis Berkelanjutan membahas pertanian sebagai suatu sistem multidimensional yang mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, proses produksi, agribisnis, sumber daya manusia, lingkungan, dan pasar. Perkembangan ilmu dan teknologi, perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dinamika pasar, serta tuntutan ketahanan pangan menuntut transformasi pertanian menuju sistem yang produktif, efisien, adaptif, berdaya saing, dan berkelanjutan.

Buku ini menguraikan prinsip dan perkembangan pertanian modern, teknologi produksi dan pertanian presisi, digitalisasi dan inovasi pertanian, pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan, serta pengembangan agribisnis dari hulu hingga hilir. Integrasi teknologi digital, data, kecerdasan buatan, IoT, mekanisasi, dan inovasi bisnis ditempatkan sebagai instrumen strategis untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, nilai tambah, dan daya saing sektor pertanian.

Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, buku ini menekankan pentingnya keseimbangan antara produktivitas, profitabilitas, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat. Modernisasi pertanian juga diarahkan untuk memperkuat potensi lokal, kearifan masyarakat, kelembagaan petani, pangan lokal, dan ekonomi perdesaan.

Dengan pendekatan integratif tersebut, buku ini diharapkan menjadi referensi akademik bagi mahasiswa, dosen, peneliti, penyuluh, praktisi agribisnis, pemerintah, dan pemangku kepentingan dalam memahami serta mengembangkan pertanian sebagai sistem ilmu, teknologi, ekonomi, dan sosial yang mampu menjawab tantangan pangan dan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699

SCANME

Pertanian

ISBN 978-634-317-422-6

9 786343 174226