

Sawah Digital Nusantara, AI, IoT: Revolusi Agroteknologi untuk Ketahanan Pangan Berbasis Lokal

Fitria Nisail Laily^{1*}, Aditya Halindra Faridzky², Aldwin Hafidz Harsandy³

¹Program Studi S1 PJJ Hukum, Universitas Siber Muhammadiyah

²Program Studi S1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Muhammadiyah Lamongan

³Program Studi S2 Terapan Strategi Operasi Laut, Politeknik Angkatan Laut

*Email Korespondensi: fitriinnovator2018@gmail.com

Abstrak

Krisis pangan global, perubahan iklim, alih fungsi lahan, serta menurunnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian telah menjadi tantangan besar bagi negara berkembang, termasuk Indonesia. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, integrasi teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian menawarkan solusi transformasional untuk memperkuat ketahanan pangan berbasis lokal. Penelitian ini mengeksplorasi konsep “Sawah Digital Nusantara,” yaitu kerangka pertanian digital yang menggabungkan sistem smart farming, analitik berbasis AI, dan pemantauan berbasis IoT untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pertanian padi di Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung kajian literatur dan analisis komparatif, penelitian ini mengkaji bagaimana agroteknologi digital dapat memberdayakan petani lokal sekaligus mempertahankan kearifan pertanian tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi AI dan IoT mampu mengoptimalkan sistem irigasi, memprediksi serangan hama, memantau kesuburan tanah, serta mendukung pengambilan keputusan pertanian berbasis data. Selain itu, implementasi pertanian cerdas berkontribusi terhadap peningkatan hasil panen, penurunan biaya produksi, dan penguatan ketahanan terhadap ketidakpastian iklim. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya dukungan pemerintah, literasi digital, pembangunan infrastruktur, serta ekosistem kolaboratif antara akademisi, industri, dan masyarakat lokal. Pada akhirnya, Sawah Digital Nusantara merepresentasikan strategi inovatif untuk mempercepat modernisasi pertanian sekaligus mempertahankan identitas budaya dan kearifan lokal masyarakat tani Indonesia. Penelitian ini menyimpulkan bahwa transformasi digital di sektor pertanian sangat penting untuk mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan dan meningkatkan daya saing pertanian nasional di era Society 5.0.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence, Internet of Things, Smart Farming*, Ketahanan Pangan, Pertanian Digital, Indonesia

Abstract

The global food crisis, climate change, land conversion, and the declining interest of younger generations in agriculture have become major challenges for developing countries, including Indonesia. In response to these issues, the integration of Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies into agriculture offers a transformative solution to strengthen local-based food security. This study explores the concept of “Sawah Digital Nusantara,” a digital agriculture framework that combines smart farming systems, AI-driven analytics, and IoT-based monitoring to improve productivity, efficiency, and sustainability in Indonesian rice farming. Using a qualitative descriptive approach supported by literature review and comparative analysis, this paper examines how digital agrotechnology can empower local farmers while preserving indigenous agricultural wisdom. The findings indicate that AI and IoT technologies can optimize irrigation systems, predict pest attacks, monitor soil fertility, and support data-driven agricultural decision-making. Furthermore, the implementation of smart agriculture contributes to increased crop yields, reduced production costs, and stronger resilience against climate uncertainty. The study also highlights the importance of government support, digital literacy, infrastructure development, and collaborative ecosystems among academia, industry, and local communities. Ultimately, Sawah Digital Nusantara represents an innovative strategy to accelerate agricultural modernization while maintaining the cultural identity and local wisdom of Indonesian farming communities. This research concludes that digital transformation in agriculture is essential for achieving sustainable food security and enhancing national agricultural competitiveness in the era of Society 5.0.

Keywords: *Artificial Intelligence, Internet of Things, Smart Farming, Food Security, Digital Agriculture, Indonesia*

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan telah menjadi salah satu isu global paling krusial di abad ke-21. Pertumbuhan populasi, perubahan iklim, degradasi lingkungan, serta gangguan rantai pasok pertanian terus mengancam keberlanjutan sistem produksi pangan di seluruh dunia. Menurut Food and Agriculture Organization (FAO), permintaan pangan global diperkirakan akan meningkat secara signifikan pada tahun 2050 akibat pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Negara berkembang, termasuk Indonesia, menghadapi tantangan kompleks dalam menjaga stabilitas produktivitas pertanian sekaligus memastikan keberlanjutan lingkungan.

Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi pertanian yang sangat besar. Sawah, perkebunan, dan sistem pertanian tradisional telah lama menjadi bagian penting dalam struktur sosial-ekonomi nasional. Namun demikian, sektor pertanian masih menghadapi berbagai hambatan seperti rendahnya adopsi teknologi, meningkatnya usia petani, keterbatasan efisiensi irigasi, kondisi iklim yang tidak menentu, serangan hama, serta berkurangnya lahan pertanian akibat ekspansi perkotaan. Kondisi ini menurunkan produktivitas pertanian dan mengancam kedaulatan pangan nasional.

Dalam beberapa tahun terakhir, inovasi teknologi muncul sebagai solusi strategis terhadap tantangan pertanian. Perkembangan pesat Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), analitik big data, cloud computing, dan sensor pintar telah mempercepat transformasi pertanian konvensional menuju pertanian cerdas (smart agriculture). Smart farming mengintegrasikan teknologi digital ke dalam praktik pertanian untuk meningkatkan produktivitas, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Konsep “Sawah Digital Nusantara” merepresentasikan pendekatan inovatif dalam mengintegrasikan teknologi modern dengan kearifan pertanian lokal di Indonesia. Istilah “sawah” melambangkan lahan pertanian tradisional, sedangkan “digital” mencerminkan penerapan teknologi canggih seperti AI dan IoT dalam pengelolaan pertanian. Konsep ini menekankan bahwa kemajuan teknologi tidak seharusnya menggantikan budaya lokal, melainkan memperkuat sistem pertanian tradisional melalui inovasi.

Artificial Intelligence memungkinkan petani menganalisis data pertanian dalam jumlah besar dan mengambil keputusan yang akurat terkait irigasi, pemupukan, pengendalian hama, serta prediksi panen. Sementara itu, teknologi IoT memungkinkan pemantauan secara real-time melalui sensor yang saling terhubung untuk mengumpulkan

data lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan tinggi air. Teknologi tersebut mendukung praktik precision agriculture yang mampu mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi.

Integrasi AI dan IoT dalam sektor pertanian Indonesia memiliki potensi untuk menciptakan ekosistem pertanian tangguh yang mampu menghadapi tantangan ketahanan pangan di masa depan. Namun demikian, implementasi pertanian digital juga memerlukan dukungan kelembagaan yang kuat, pembangunan infrastruktur, pendidikan petani, dan akses teknologi yang inklusif.

Oleh karena itu, paper ini bertujuan untuk menganalisis peran teknologi AI dan IoT dalam merevolusi pertanian Indonesia melalui konsep Sawah Digital Nusantara. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkaji tantangan ketahanan pangan di Indonesia.
2. Menganalisis penerapan teknologi AI dan IoT dalam smart farming.
3. Mengeksplorasi integrasi kearifan lokal dengan pertanian digital.
4. Mengidentifikasi peluang dan tantangan implementasi pertanian digital di Indonesia.
5. Memberikan rekomendasi strategis untuk memperkuat ketahanan pangan berbasis lokal melalui inovasi agroteknologi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap diskusi akademik mengenai pertanian digital serta menjadi referensi bagi pembuat kebijakan, peneliti, dan praktisi pertanian dalam mengembangkan sistem pertanian berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian didasarkan pada studi literatur, analisis konseptual, dan studi komparatif mengenai pertanian digital, AI, IoT, dan ketahanan pangan.

3.1 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari Jurnal ilmiah, laporan pemerintah, publikasi organisasi internasional, buku yang berkaitan dengan smart agriculture, prosiding konferensi akademik dan studi kasus teknologi pertanian.

3.2 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan analisis isi (content analysis), analisis komparatif, interpretasi konseptual, dan analisis deskriptif. Analisis

difokuskan pada identifikasi peluang teknologi, tantangan implementasi, dan kerangka strategis pengembangan pertanian digital di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Urgensi Digitalisasi Pertanian di Indonesia

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan. Beberapa isu kritis meliputi:

Perubahan Iklim

Perubahan iklim telah mengganggu pola curah hujan, meningkatkan frekuensi kekeringan, dan memperbesar risiko banjir. Perubahan lingkungan ini menurunkan produktivitas pertanian dan meningkatkan risiko gagal panen.

Menurunnya Tenaga Kerja Pertanian

Banyak generasi muda Indonesia kurang tertarik pada sektor pertanian karena anggapan bahwa bertani tidak menguntungkan secara ekonomi dan tertinggal secara teknologi. Tren ini mengancam keberlanjutan produksi pangan di masa depan.

Alih Fungsi Lahan

Urbanisasi yang cepat dan ekspansi industri telah mengurangi ketersediaan lahan pertanian. Lahan sawah produktif semakin banyak dialihfungsikan menjadi kawasan permukiman dan komersial.

Rendahnya Adopsi Teknologi

Banyak petani masih mengandalkan metode pertanian tradisional dengan akses terbatas terhadap teknologi pertanian modern. Kondisi ini menyebabkan rendahnya produktivitas dan penggunaan sumber daya yang tidak efisien.

Transformasi digital dalam pertanian menjadi sangat penting untuk mengatasi tantangan tersebut dan meningkatkan ketahanan sektor pertanian.

Konsep Sawah Digital Nusantara

Sawah Digital Nusantara merupakan ekosistem pertanian cerdas yang mengintegrasikan AI, IoT, dan kearifan lokal ke dalam sistem pertanian Indonesia.

Kerangka ini terdiri atas beberapa komponen:

Sistem Pemantauan Cerdas

Sensor IoT yang dipasang di area persawahan mengumpulkan data lingkungan seperti kelembapan tanah, pH tanah, suhu, kelembapan udara, ketinggian air dan konsentrasi nutrisi. Data yang dikumpulkan dikirimkan ke sistem berbasis cloud untuk dianalisis.

Dukungan Keputusan Berbasis AI

Artificial Intelligence memproses data pertanian untuk memberikan rekomendasi terkait jadwal tanam optimal, pengelolaan irigasi, dosis pupuk, strategi pencegahan hama dan waktu panen. Petani dapat mengakses rekomendasi tersebut melalui aplikasi smartphone.

Pertanian Presisi

Precision agriculture meminimalkan pemborosan dengan menerapkan sumber daya hanya saat diperlukan. Air, pupuk, dan pestisida dapat didistribusikan secara efisien berdasarkan data sensor.

Platform Digital Berbasis Komunitas

Platform digital menghubungkan petani, pakar pertanian, koperasi, dan pasar. Platform ini meningkatkan pertukaran pengetahuan dan akses pasar.

Integrasi Kearifan Lokal

Praktik pertanian tradisional tetap menjadi bagian penting dalam ekosistem digital. Kalender tanam lokal, metode irigasi tradisional, dan nilai gotong royong diintegrasikan ke dalam sistem smart farming.

Penerapan AI dalam Pertanian Indonesia

Artificial Intelligence memberikan berbagai manfaat bagi modernisasi pertanian.

Deteksi Penyakit Tanaman

Sistem pengenalan citra berbasis AI dapat mengidentifikasi penyakit tanaman melalui kamera smartphone atau drone. Deteksi dini memungkinkan petani mencegah kerusakan tanaman dalam skala besar.

Analitik Prediktif

Model machine learning menganalisis data historis iklim dan produksi untuk memprediksi hasil panen dan potensi risiko.

Sistem Irigasi Otomatis

Sistem AI mengatur irigasi secara otomatis berdasarkan kelembapan tanah dan kondisi cuaca. Hal ini mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi irigasi.

Chatbot Pertanian

Chatbot berbasis AI dapat memberikan informasi pertanian secara instan, panduan teknis, dan bantuan pemecahan masalah kepada petani.

Prediksi Pasar Cerdas

AI membantu petani menganalisis tren pasar dan harga komoditas sehingga memungkinkan perencanaan ekonomi yang lebih baik.

Penerapan IoT dalam Smart Farming

Teknologi IoT memperkuat efisiensi pertanian melalui pemantauan real-time dan otomatisasi.

Sensor Pintar

Sensor memantau kondisi lingkungan secara terus-menerus dan mengirimkan peringatan ketika terjadi kondisi abnormal.

Teknologi Drone

Drone pertanian digunakan untuk pemantauan tanaman, deteksi hama, penyemprotan presisi, pemetaan lahan dan observasi irigasi.

Rumah Kaca Otomatis

Sistem rumah kaca berbasis IoT secara otomatis mengendalikan suhu, kelembapan, dan pencahayaan.

Sistem Pengelolaan Air

Sistem irigasi pintar mengurangi penggunaan air berlebihan dan meningkatkan keberlanjutan pertanian.

Peran Kearifan Lokal dalam Pertanian Digital

Modernisasi teknologi tidak seharusnya menghilangkan tradisi pertanian lokal. Kearifan lokal tetap penting karena mencerminkan adaptasi ekologis dan identitas budaya.

Sistem Irigasi Tradisional

Indonesia memiliki sistem irigasi tradisional yang menekankan harmoni lingkungan dan kerja sama komunal.

Konservasi Keanekaragaman Hayati

Praktik pertanian lokal sering kali mengutamakan pelestarian keanekaragaman hayati melalui diversifikasi tanaman.

Nilai Pertanian Komunal

Kolaborasi masyarakat tetap menjadi elemen penting dalam sistem pertanian pedesaan. Integrasi nilai-nilai tersebut ke dalam pertanian digital menciptakan inovasi yang berkelanjutan dan relevan secara budaya.

Tantangan Implementasi Pertanian Digital

Meskipun pertanian digital menawarkan peluang besar, masih terdapat beberapa tantangan.

Keterbatasan Infrastruktur

Konektivitas internet dan akses listrik masih terbatas di banyak wilayah pedesaan.

Tingginya Biaya Teknologi

Peralatan smart farming dan infrastruktur digital memerlukan investasi yang besar.

Rendahnya Literasi Digital

Banyak petani belum memiliki keterampilan digital yang diperlukan untuk mengoperasikan teknologi canggih.

Kekhawatiran Keamanan Data

Digitalisasi pertanian meningkatkan risiko keamanan siber terkait privasi data dan kerentanan sistem.

Permasalahan Kebijakan dan Regulasi

Regulasi pemerintah dan kerangka kelembagaan untuk pertanian digital masih terus berkembang.

Strategi Percepatan Digitalisasi Pertanian

Beberapa langkah strategis diperlukan untuk memperkuat implementasi pertanian digital.

Dukungan Pemerintah

Pemerintah perlu memperluas infrastruktur internet pedesaan, memberikan subsidi teknologi pertanian, mengembangkan kebijakan pertanian digital, dan memperkuat lembaga riset pertanian.

Pendidikan dan Pelatihan Petani

Program literasi digital diperlukan untuk meningkatkan kemampuan teknologi petani.

Ekosistem Kolaborasi

Kemitraan antara universitas, startup, institusi pemerintah, dan masyarakat lokal sangat penting.

Inovasi Berkelanjutan

Teknologi pertanian harus mengutamakan keterjangkauan, keberlanjutan lingkungan, dan kemampuan adaptasi lokal.

Keterlibatan Generasi Muda

Menarik minat generasi muda ke sektor pertanian memerlukan modernisasi citra pertanian dan peningkatan integrasi teknologi.

Prospek Masa Depan Sawah Digital Nusantara

Masa depan pertanian Indonesia terletak pada inovasi teknologi yang dipadukan dengan nilai budaya lokal. Sawah Digital Nusantara memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas pangan nasional, mengurangi inefisiensi pertanian, memperkuat ketahanan iklim, meningkatkan kesejahteraan petani, mendorong partisipasi generasi muda, meningkatkan daya saing ekspor dan mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan. Dalam jangka panjang, Indonesia dapat menjadi pemimpin global dalam smart agriculture tropis dengan memanfaatkan keanekaragaman hayati pertanian dan potensi teknologinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Integrasi teknologi Artificial Intelligence dan Internet of Things ke dalam pertanian Indonesia merepresentasikan pendekatan transformasional untuk memperkuat ketahanan pangan berbasis lokal. Melalui konsep Sawah Digital Nusantara, inovasi digital mampu memodernisasi sistem pertanian sekaligus melestarikan kearifan pertanian tradisional.

Teknologi AI meningkatkan pengambilan keputusan pertanian melalui analitik prediktif, otomatisasi, dan sistem precision farming. Sementara itu, teknologi IoT memungkinkan pemantauan lingkungan secara real-time dan pengelolaan sumber daya yang efisien. Secara bersama-sama, teknologi ini berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas, pengurangan biaya operasional, dan keberlanjutan pertanian.

Namun demikian, implementasi yang berhasil memerlukan kolaborasi kuat antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan masyarakat lokal. Pembangunan infrastruktur, program literasi digital, dan kebijakan yang inklusif sangat penting untuk memastikan akses yang merata terhadap teknologi pertanian.

Masa depan pertanian Indonesia tidak hanya bergantung pada kemajuan teknologi, tetapi juga pada kemampuan untuk menyelaraskan inovasi dengan nilai budaya lokal. Sawah Digital Nusantara menunjukkan bahwa transformasi digital dapat menjadi jalur strategis menuju ketahanan pangan berkelanjutan, pemberdayaan pedesaan, dan ketahanan pertanian nasional di era Society 5.0.

DAFTAR PUSTAKA

Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. CRC Press.

- Food and Agriculture Organization. (2022). *The state of food security and nutrition in the world 2022*. FAO.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 203–217.
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Laporan statistik pertanian Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.
- Zhang, Y., Wang, G., Wang, J., & Zhao, H. (2020). Smart agriculture and agricultural Internet of Things technologies. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(5), 1–15.
- United Nations. (2021). *Sustainable development goals report 2021*. United Nations Publications.