E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 7 Tahun 2025

ANALISIS STRATEGI BARU TEKNOLOGI PERTANIAN DALAM PENGOPTIMALAN PRODUKSI PANGAN MENUJU REVOLUSI TEKNOLOGI 4.0

Muthia Amira Nasution[1], Nur Akhlul Nita Br Sembiring[2], Nazwa Aina Ramadhani Daulay[3], Inrika Aritonang[4], Andika Erlangga[5]
Teknologi Informasi, Fakultas Sains Komputasi dan Kecerdasan Digital,
Universitas Pembangunan Panca Budi
E-mail: muthiaamira06@gmail.com, lunisembiring@gmail.com, nazwaaina1@gmail.com, inrikaart31@gmail.com, andikaerlangga52@gmail.com

ABSTRACT

The agricultural sector has undergone a significant transformation as a direct impact of the Industrial Revolution 4.0. Technological innovation has become an essential prerequisite for improving efficiency and food productivity in response to global challenges, including population growth, limited land availability, climate change, and declining soil quality. This study focuses on strategies involving contemporary agricultural technologies, including the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), drone-based monitoring, vertical farming, agrivoltaics, big data analytics, and the application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). This research employs a literature review method by examining various relevant and recent scientific sources.The findings indicate that data-driven precision land management enabled by digital technologies effectively improves the efficiency of water, fertilizer, and energy use. In addition, modern agricultural technologies accelerate the early identification of crop-related problems, leading to improvements in the quality of agricultural outputs. The use of PGPR has also been proven effective in enhancing soil fertility while reducing dependence on chemical fertilizers. Furthermore, the digitalization of agricultural extension services accelerates technology adoption among farmers. This study concludes that the integration of agricultural technologies represents a crucial strategy for supporting national food security in the era of the Industrial Revolution 4.0.

Keywords: Agricultural Technology, IoT, AI, Smart Farming, Technological Revolution 4.0

ABSTRAK

Sektor pertanian mengalami transformasi signifikan sebagai dampak langsung dari Revolusi Industri 4.0. Inovasi teknologi menjadi prasyarat mutlak untuk meningkatkan efisiensi, juga produktivitas pangan, guna merespons berbagai tantangan global: mulai dari peningkatan jumlah penduduk, keterbatasan lahan, perubahan iklim, hingga degradasi kualitas tanah. Studi ini memfokuskan pembahasan pada strategi yang melibatkan teknologi pertanian kontemporer. Ini mencakup Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), drone monitoring, pertanian

Article History
Received: Desember 2025
Reviewed:Desember 2025
Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 235
Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

vertikal, agrivoltaics, big data analytics, serta penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Penelitian ini dilakukan menggunakan metode studi literatur yang mengkaji berbagai sumber ilmiah relevan dan terkini. Temuan mengindikasikan bahwa pengelolaan lahan presisi berbasis data oleh teknologi digital secara efektif meningkatkan efisiensi pemakaian air, pupuk, bahkan energi. Di samping itu, teknologi pertanian modern mempercepat identifikasi dini masalah tanaman, berimbas pada perbaikan mutu hasil produksi. PGPR sendiri terbukti efektif memperbaiki kesuburan tanah, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Selain itu, digitalisasi penyuluhan pertanian mempercepat adopsi teknologi oleh petani. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi teknologi pertanian merupakan strategi penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional di masa Revolusi Teknologi 4.0.
Kata Kunci: **Teknologi Pertanian, IoT, AI, Pertanian Cerdas, Revolusi Industri 4.0**

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital di era Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan yang mendasar dalam sektor pertanian. Berbagai permasalahan global, seperti peningkatan jumlah penduduk, keterbatasan lahan pertanian, perubahan iklim, serta degradasi kualitas tanah, menuntut adanya inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pangan secara berkelanjutan. Dalam hal ini, penerapan teknologi informasi dan bioteknologi menjadi pendekatan strategis dalam pengembangan sistem pertanian modern yang mengandalkan data dan otomatisasi [1], [6].

Penerapan konsep pertanian cerdas (*smart farming*) terus berkembang melalui integrasi Internet of Things (IoT), big data, dan sistem analitik yang memungkinkan pemantauan kondisi pertanian secara real-time serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat [1]. Selain itu, pemanfaatan Artificial Intelligence dan teknologi drone berperan penting dalam mendeteksi penyakit tanaman, kekurangan unsur hara, serta tingkat stres tanaman sejak dini, sehingga potensi kerugian hasil panen dapat ditekan [3]. Inovasi lain, seperti pertanian vertikal, juga menunjukkan efektivitas dalam mengatasi keterbatasan lahan, khususnya di wilayah perkotaan, melalui peningkatan hasil produksi dan efisiensi penggunaan air [4], [5], [8].

Dari aspek bioteknologi, penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) terbukti mampu meningkatkan kesuburan tanah serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia [2]. Meskipun berbagai teknologi pertanian modern telah banyak diteliti secara terpisah, kajian yang membahas integrasi teknologi digital, bioteknologi, dan sistem informasi sebagai satu strategi pertanian terpadu masih relatif terbatas [6], [9]. Oleh karena itu, penelitian ini

difokuskan pada analisis peran dan strategi integrasi teknologi pertanian modern dalam mengoptimalkan produksi pangan guna mendukung ketahanan pangan nasional pada era Revolusi Industri 4.0.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (literature review), yaitu suatu pendekatan penelitian yang dilakukan dengan menghimpun, menelaah, dan menganalisis berbagai sumber pustaka ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Metode ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengkaji serta mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu yang membahas strategi penerapan teknologi pertanian modern dalam meningkatkan produktivitas pangan pada era Revolusi Industri 4.0.

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif deskriptif. Pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis perkembangan serta pemanfaatan berbagai teknologi pertanian modern, meliputi Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), drone monitoring, pertanian vertikal, agrivoltaics, big data analytics, serta penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), berdasarkan temuan-temuan ilmiah dari penelitian sebelumnya.

2.2 Sumber Data Penelitian

Sumber data penelitian diperoleh dari jurnal ilmiah nasional dan prosiding ilmiah yang relevan dengan kajian teknologi pertanian modern. Pemilihan literatur dilakukan dengan memperhatikan beberapa kriteria, yaitu literatur yang membahas penerapan teknologi digital maupun bioteknologi di sektor pertanian, diterbitkan dalam kurun waktu yang relatif terkini, serta memiliki keterkaitan langsung dengan upaya optimalisasi produksi pangan dan penerapan pertanian presisi. Seluruh sumber data yang digunakan telah dicantumkan dalam daftar pustaka jurnal ini.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap awal dimulai dengan identifikasi literatur, yaitu penelusuran jurnal-jurnal yang membahas teknologi pertanian modern. Tahap selanjutnya adalah seleksi literatur berdasarkan kesesuaian topik, kredibilitas sumber, serta kelengkapan informasi yang disajikan. Setelah itu, dilakukan ekstraksi data, yaitu pengumpulan informasi penting dari setiap literatur terpilih yang mencakup konsep teknologi, metode penelitian, serta hasil dan temuan utama.

2.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah reduksi data, yaitu memilah dan mengelompokkan informasi berdasarkan tema teknologi pertanian, seperti IoT, AI, PGPR, pertanian vertikal, dan big data. Tahap berikutnya adalah penyajian data, yang disusun dalam bentuk narasi ilmiah dan didukung oleh tabel perbandingan untuk memperjelas hasil kajian. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan, yang dilakukan melalui proses sintesis untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai peran teknologi pertanian dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pangan.

2.5 Alur Penelitian

Alur penelitian dalam studi ini dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan. Proses penelitian diawali dengan penelusuran dan identifikasi literatur yang relevan dengan teknologi pertanian modern. Selanjutnya, literatur yang diperoleh diseleksi dan dievaluasi berdasarkan kesesuaian topik, tingkat kredibilitas, serta relevansinya dengan tujuan penelitian.

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data dan informasi, di mana peneliti menghimpun poin-poin penting dari setiap sumber terpilih, meliputi konsep teknologi, metode yang digunakan, serta hasil penelitian. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis secara kualitatif deskriptif dengan mengelompokkan temuan berdasarkan tema teknologi pertanian. Tahap akhir dari alur penelitian ini adalah sintesis dan penarikan kesimpulan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai strategi penerapan teknologi pertanian modern sebagai solusi dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan pada era Revolusi Industri 4.0.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan IoT dalam pertanian mampu mengoptimalkan penggunaan air melalui sensor yang mendeteksi kelembaban tanah secara real-time. Sistem ini dapat mengurangi pemborosan air dan pupuk sehingga produktivitas tanaman meningkat. Selain itu, pemanfaatan big data membantu petani dalam menganalisis pola pertumbuhan tanaman dan memprediksi hasil panen secara lebih akurat [1].

Pemanfaatan PGPR memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memperbaiki struktur tanah, menyediakan nitrogen alami, serta membantu tanaman bertahan dalam kondisi stres lingkungan. Penggunaan PGPR secara berkelanjutan juga berkontribusi dalam menurunkan ketergantungan petani terhadap pupuk kimia [2].

Teknologi drone dan AI memiliki kemampuan mendeteksi penyakit serta kekurangan nutrisi tanaman melalui citra multispektral. Dengan tingkat akurasi yang tinggi, teknologi ini memungkinkan petani melakukan intervensi lebih awal sebelum kerusakan tanaman semakin meluas, sehingga kerugian hasil panen dapat diminimalkan [3].

Pertanian vertikal yang terintegrasi dengan IoT dan pencahayaan LED mampu menghasilkan produksi pangan yang stabil sepanjang tahun. Teknologi ini sangat sesuai diterapkan di wilayah perkotaan karena tidak memerlukan lahan yang luas dan mampu menghemat penggunaan air secara signifikan [4].

Di sisi analisis, Peran big data dalam pertanian cerdas juga mencakup analisis pola cuaca, komposisi unsur hara tanah, dan tren pasar, yang secara keseluruhan meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung manajemen risiko secara komprehensif. Integrasi berbagai teknologi ini mengarah pada konsep *integrated smart farming* yang tidak hanya berorientasi pada produktivitas, tetapi juga keberlanjutan lingkungan dan mitigasi perubahan iklim [1], [6]. Inovasi lain seperti Agrivoltaics (penggabungan panel surya dan lahan pertanian) juga menunjukkan potensi besar untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan ganda dan sekaligus memperkuat ketahanan energi sektor pertanian.

Secara keseluruhan, integrasi IoT, drone, big data, PGPR, dan vertical farming memberikan manfaat besar bagi pertanian modern. Teknologi ini meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya produksi, mempercepat deteksi penyakit, dan mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan di masa depan.

4. KESIMPULAN

Tinjauan literatur menyimpulkan bahwa kemajuan teknologi di era Revolusi Industri 4.0 secara substansial meningkatkan efesiensi, pun produktivitas di sektor pertanian. Integrasi berbagai teknologi termasuk loT, Artificial Intelligence, drone monitoring, pertanian vertical, agrivoltaics, big data analytics, serta PGPR telah membuktikan kemampuannya mengoptimalkan pemakaian air, pupuk, dan energi melalui system pengelolaan lahan berbasis data presisi.

Di samping itu, teknologi tersebut memfasilitasi deteksi dini penyakit, termasuk stres tanaman. Hal ini sangat krusial untuk meminimalkan risiko kegagalan panen. PGPR sendiri berkontribusi memperbaiki kesuburan tanah, di samping mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Pada saat yang sama, digitalisasi penyuluhan pertanian mendorong percepatan adopsi inovasi di kalangan petani.

Dalam rangka memaksimalkan pemanfaatan Revolusi Industri 4.0 di lapangan pertanian, fokus utama saat ini harus diarahkan pada dua pilar: perbaikan fondasi digital dan pengembangan sumber daya manusia.

Pemerintah sesungguhnya memiliki tugas krusial untuk memastikan ketersediaan dan pemerataan akses internet di seluruh wilayah pertanian. Selain itu, pemberian insentif finansial sangat diperlukan agar petani benar-benar mampu mengadopsi perangkat presisi seperti drone dan IoT yang kini sudah tersedia. Untuk mendorong integrasi Big Data sebuah proses yang vital dibutuhkan standardisasi data dan kerangka regulasi yang kuat. Integrasi ini akan memungkinkan lahirnya algoritma Kecerdasan Buatan (AI) yang adaptif terhadap kondisi lahan spesifik di Indonesia, sehingga mendukung pengambilan keputusan operasional yang jauh lebih akurat.

Di sisi lain, tidak kalah pentingnya adalah akselerasi inovasi dan peningkatan kapabilitas petani. Layanan penyuluhan pertanian seharusnya bertransformasi total menjadi platform digital, dengan kurikulum yang fokus pada keterampilan praktis teknologi baru. Dalam riset, investasi harus ditingkatkan untuk mengoptimalkan solusi bioteknologi, misalnya memanfaatkan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Tujuannya jelas: mengembalikan kesuburan tanah secara alami dan mengurangi ketergantungan yang tinggi pada pupuk kimia. Selain itu, pengembangan model pertanian inovatif seperti Vertical Farming di perkotaan harus didorong secara agresif untuk menjamin stabilitas suplai pangan dan efisiensi sumber daya. Secara keseluruhan, langkah-langkah nyata ini adalah prasyarat untuk membentuk sistem pangan nasional yang tangguh, efisien, dan benar-benar berkelanjutan dalam menghadapi tantangan masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Swasono MAH, Pradana D, Sari N. Pemanfaatan teknologi informasi dalam optimalisasi produksi tanaman pangan. Jurnal Multidisiplin West Science. 2023;2(8):247–256. URL : https://pdfs.semanticscholar.org/f4d9/82d3fdc8608d46787e6b8d04eb4a7d855aa9.pdf
[2] Ekawati D. Smart farming berbasis plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) untuk pertanian berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Sumber Daya Lokal. 2019;1(1):27–35. URL: https://www.ejournalwiraraja.com/index.php/PROSD/article/view/882
[3] Nawangsari YR. Penerapan teknologi sensor dan artificial intelligence untuk deteksi dini penyakit tanaman. Jurnal Literasi Indonesia. 2024;1(2):69–76. URL: https://jli.staiku.ac.id/index.php/st/article/view/9
[4] Saputra E, Rozaki Z, Wulandari R, Amalia A. Pertanian vertikal berbasis teknologi digital untuk produksi pangan yang lebih efisien. Jurnal Teknologi Pertanian. 2024;15(1):27–35. URL: https://prosiding.umy.ac.id/semnasagriumy/index.php/ag/article/view/111

[5] Novandika RN, Rozaki Z, Wulandari R, Amalia A. Teknologi digital sebagai solusi untuk mengoptimalkan pertanian. Jurnal Inovasi Pertanian. 2025;10(1):61–68. URL: https://prosiding.umy.ac.id/semnasagriumy/index.php/ag/article/view/89
[6] Mendrofa MT, Wahyuni. Integrasi sistem dalam efisiensi pertanian berkelanjutan. Jurnal Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan. 2025;4(1):82–90. URL: https://sihojurnal.com/index.php/penarik/article/view/292
[7] Patria I. Strategi transformasi penyuluhan pertanian melalui teknologi digital: literature Review. Jurnal Penyuluhan Pertanian. 2025;20(1):115–121. URL: https://www.journal.literasisains.id/index.php/insologi/article/view/6307
[8] Rizal FJ, Rahman MA, Maulana AA, Setiowati Y. Implementasi smart farming dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Lomba Karya Tulis Ilmiah Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. 2022. URL: https://prosiding.umy.ac.id/semnasagriumy/index.php/ag/article/view/57