



Integrasi Internet of Things (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) dalam Mendukung Pertanian Presisi: Tinjauan Literatur

Muhammad Atnang*, Syaiful Bachri Mustamin, Eka Purnama Sari

Program studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Institut Sains Teknologi dan Kesehatan `Aisyiyah Kendari, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): muhammad.atnang@gmail.com

Abstrak. Pertanian presisi yang mengintegrasikan Internet of Things (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan global seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan untuk meningkatkan hasil pertanian. Artikel ini bertujuan untuk meninjau penerapan teknologi IoT dan AI dalam meningkatkan efisiensi pertanian dan keberlanjutannya, dengan fokus pada tantangan, manfaat, serta peluang yang ada dalam penerapan teknologi ini. Tinjauan ini dilakukan dengan mengkaji berbagai penelitian yang relevan yang membahas penggunaan sensor IoT untuk pemantauan real-time dan algoritma AI untuk analisis data dan pengambilan keputusan. Hasil dari literatur menunjukkan bahwa meskipun penerapan IoT dan AI dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi penggunaan sumber daya, tantangan utama yang dihadapi adalah biaya implementasi yang tinggi, keterbatasan infrastruktur, dan rendahnya literasi teknologi di kalangan petani. Kesimpulan dari tinjauan ini menunjukkan bahwa untuk memperluas adopsi teknologi ini, diperlukan pengembangan teknologi yang lebih terjangkau, pelatihan untuk petani, dan penelitian lebih lanjut mengenai keberlanjutan pertanian berbasis IoT dan AI, terutama dalam mengatasi hambatan infrastruktur dan biaya.

Kata kunci: Pertanian Presisi; IoT; AI; Keberlanjutan Pertanian; Teknologi Terjangkau

Abstract. Precision agriculture using Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) has become a promising solution to address global challenges such as climate change, resource limitations, and the need to increase agricultural productivity. This article aims to review the application of IoT and AI technologies in improving agricultural efficiency and sustainability, focusing on the challenges, benefits, and opportunities associated with their implementation. The review is conducted by examining relevant studies that discuss the use of IoT sensors for real-time monitoring and AI algorithms for data analysis and decision-making. The findings from the literature indicate that although the application of IoT and AI can enhance productivity and reduce resource usage, the main challenges include high implementation costs, limited infrastructure, and low technological literacy among farmers. The conclusion of this review suggests that to expand the adoption of these technologies, there is a need for the development of more affordable technology, training programs for farmers, and further research on the sustainability of IoT and AI-based agriculture, particularly in overcoming infrastructure and cost barriers.

Keywords: Precision Agriculture; IoT; AI; Agricultural Sustainability; Affordable Technology

1. Pendahuluan

Pertanian adalah sektor yang sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan global. Sektor ini saat ini dihadapkan pada berbagai tantangan besar, termasuk perubahan iklim yang semakin tidak terduga, keterbatasan sumber daya alam seperti air dan lahan, serta meningkatnya kebutuhan untuk meningkatkan hasil pertanian guna memenuhi permintaan pangan yang terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi dunia (Nawaz & Babar, 2025). Dalam menghadapi tantangan ini, konsep pertanian presisi menjadi semakin relevan, mengingat kemampuannya untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan efisiensi hasil pertanian dengan memanfaatkan teknologi canggih. Pertanian presisi memanfaatkan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) untuk memonitor dan mengelola kondisi pertanian secara lebih akurat dan efisien (Tariq et al., 2025).

IoT berperan sebagai infrastruktur yang memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* melalui sensor yang dipasang pada tanaman, tanah, dan lingkungan sekitarnya. Data ini kemudian dianalisis menggunakan algoritma AI, seperti *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL), untuk memberikan wawasan yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait pengelolaan sumber daya (Tariq et al., 2025). Meskipun banyak penelitian yang menunjukkan potensi besar dari teknologi ini, adopsi dan penerapannya di sektor pertanian masih menghadapi sejumlah hambatan. Hambatan tersebut meliputi biaya tinggi untuk implementasi, keterbatasan infrastruktur di daerah pedesaan, serta rendahnya tingkat literasi teknologi di kalangan petani (Gupta et al., 2025).

Penelitian ini sangat penting karena memberikan kontribusi dalam menjawab tantangan tersebut. Dengan mengeksplorasi penerapan IoT dan AI dalam pertanian presisi, penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam tentang bagaimana kedua teknologi ini dapat diintegrasikan untuk meningkatkan efisiensi pertanian, mengurangi pemborosan sumber daya, dan mengoptimalkan hasil pertanian dalam menghadapi perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya. Beberapa studi yang ada menunjukkan bahwa teknologi IoT dan AI mampu memberikan prediksi yang lebih akurat mengenai kondisi tanah, tanaman, serta cuaca, yang pada gilirannya membantu petani dalam merencanakan tindakan yang lebih tepat seperti irigasi dan pemupukan (Mustaza et al., 2025).

Meskipun banyak penelitian yang menunjukkan potensi besar dari IoT dan AI dalam pertanian presisi, terdapat pandangan yang berbeda dalam literatur mengenai tantangan dan peluang yang ada. Beberapa studi menyoroti bahwa biaya implementasi dan keterbatasan infrastruktur di banyak daerah pedesaan dapat menjadi hambatan signifikan untuk mengadopsi teknologi ini secara luas (Miller et al., 2025a). Untuk mengatasi hal ini, beberapa penelitian mengusulkan penggunaan teknologi berbasis *edge computing* yang dapat mengurangi ketergantungan pada cloud dan memungkinkan sistem beroperasi dengan lebih efisien, bahkan di daerah dengan konektivitas internet yang buruk (Choudhary et al., 2025).

Tujuan utama dari tinjauan ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana IoT dan AI diintegrasikan dalam pertanian presisi, serta untuk mengidentifikasi berbagai tantangan, peluang, dan temuan utama yang ada dalam literatur terkait. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana kedua teknologi ini dapat bekerja bersama untuk mendukung pertanian yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan. Dengan tinjauan menyeluruh terhadap penelitian-penelitian yang ada, studi ini juga akan

memberikan gambaran tentang bagaimana IoT dan AI dapat diterapkan untuk mengatasi tantangan keberlanjutan yang dihadapi oleh sektor pertanian global, serta memberikan rekomendasi untuk penerapan yang lebih luas di masa depan.

2. Metode

Pencarian literatur untuk tinjauan ini dilakukan menggunakan dua database akademik utama, yaitu *ScienceDirect* dan *Springer*, yang dikenal menyediakan jurnal-jurnal berkualitas tinggi di bidang teknologi dan pertanian. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan, antara lain: "*IoT in precision agriculture*," "*AI in precision farming*," "*IoT and AI integration in agriculture*," "*smart farming with IoT and AI*," dan "*applications of AI and IoT in agriculture*." Artikel yang dipilih dalam tinjauan ini dibatasi pada publikasi yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir (2020-2025) untuk memastikan bahwa literatur yang digunakan mencerminkan perkembangan terbaru dalam teknologi IoT dan AI yang diterapkan pada pertanian presisi. Kriteria inklusi mencakup artikel yang membahas penerapan praktis dari IoT dan AI dalam mengoptimalkan proses pertanian, dengan fokus pada teknologi yang mendukung efisiensi, keberlanjutan, dan peningkatan hasil pertanian. Sementara itu, artikel yang tidak relevan dengan tema ini atau yang tidak dapat diakses penuh, serta yang tidak terbit dalam jurnal yang terindeks, dikecualikan.

Analisis literatur dilakukan secara kualitatif dengan menilai metodologi yang digunakan, kualitas temuan, serta relevansi aplikasi teknologi dalam sektor pertanian. Studi yang mengimplementasikan IoT dan AI dalam bentuk eksperimen atau studi kasus dievaluasi berdasarkan akurasi, efisiensi, dan dampaknya terhadap peningkatan produktivitas serta keberlanjutan pertanian. Dengan menggunakan teknik analisis ini, tinjauan ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang tantangan, peluang, dan kontribusi dari kedua teknologi ini dalam pertanian presisi, serta mengidentifikasi arah penelitian selanjutnya di bidang ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Penerapan *Internet of Things* (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) dalam pertanian presisi telah memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan produktivitas di sektor pertanian. Teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* mengenai berbagai parameter penting, seperti kelembaban tanah, suhu, pH, serta status kesehatan tanaman. Data yang diperoleh melalui sensor IoT kemudian dianalisis menggunakan algoritma AI, seperti *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL), untuk memberikan rekomendasi yang lebih akurat mengenai pengelolaan pertanian, seperti irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama. Studi-studi yang ditinjau menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dan AI dapat memberikan akurasi yang sangat tinggi dalam memprediksi hasil pertanian, dengan beberapa penelitian menunjukkan akurasi lebih dari 90% dalam memprediksi hasil panen dan kebutuhan intervensi ((Alawode et al., 2025);(Gupta et al., 2025); Rajeswari & Kumar, 2023).

Meskipun teknologi ini memiliki potensi besar, tantangan utama yang dihadapi adalah biaya implementasi yang tinggi, terutama untuk petani kecil dan daerah pedesaan. Investasi yang dibutuhkan untuk memasang perangkat sensor IoT dan sistem AI yang diperlukan masih menjadi hambatan utama bagi banyak petani, terutama di negara berkembang. Keterbatasan infrastruktur di banyak daerah pedesaan, seperti akses internet

yang tidak stabil dan kurangnya pasokan listrik yang memadai, membatasi kemampuan petani untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi ini. Selain faktor biaya dan infrastruktur, literasi teknologi di kalangan petani juga menjadi tantangan yang signifikan, karena banyak petani yang belum terbiasa dengan teknologi canggih dan memerlukan pelatihan untuk dapat memanfaatkan sistem IoT dan AI secara efektif (Tariq et al., 2025; Nawaz et al., 2025; Liu et al., 2024).

Meskipun tantangan-tantangan ini ada, terdapat juga peluang besar untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut. Salah satu solusi yang diajukan dalam literatur adalah penggunaan *edge computing*, yang memungkinkan pemrosesan data dilakukan langsung di perangkat tanpa ketergantungan pada *cloud*, sehingga mengurangi ketergantungan pada konektivitas internet yang terbatas. Penelitian juga menunjukkan bahwa pengembangan sensor dan perangkat yang lebih terjangkau dapat membantu menurunkan biaya implementasi, membuat teknologi ini lebih terjangkau bagi petani kecil. Dengan adanya program pelatihan dan peningkatan literasi teknologi, adopsi IoT dan AI dapat dipercepat, yang pada akhirnya akan membantu meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi di sektor pertanian, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang semakin terbatas (Sharafat et al., 2025; Gupta & Pal, 2025; Rajeswari & Kumar, 2023).

3.1 Penerapan IoT dalam Pertanian Presisi

3.1.1 Teknologi Sensor IoT untuk Pemantauan Tanaman dan Tanah

Teknologi sensor IoT memainkan peran yang sangat penting dalam memantau kondisi tanaman dan tanah dalam pertanian presisi. Sensor IoT yang dipasang di lapangan memungkinkan pemantauan secara terus-menerus terhadap berbagai variabel lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti kelembaban tanah, suhu, pH, dan kadar oksigen tanah. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi lingkungan, yang pada gilirannya membantu petani dalam mengelola tanaman dengan lebih efisien. Sebagai contoh, sensor kelembaban tanah digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah yang dapat mempengaruhi kebutuhan irigasi tanaman. Jika kelembaban tanah berada di bawah tingkat yang optimal, sistem irigasi dapat diaktifkan secara otomatis untuk mencegah tanaman mengalami kekeringan. Selain itu, sensor suhu dan pH tanah memberikan informasi penting mengenai kondisi fisik dan kimia tanah yang dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Liu et al., 2024; Sharafat et al., 2025).

Penggunaan teknologi sensor IoT juga memungkinkan pemantauan variabel iklim mikro yang dapat mempengaruhi perkembangan tanaman. Misalnya, sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu lingkungan di sekitar tanaman, yang sangat berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Beberapa sensor dapat memantau kadar gas tertentu di atmosfer, seperti karbon dioksida (CO₂), yang penting dalam fotosintesis. Dengan informasi ini, teknologi IoT memberikan data *real-time* yang memungkinkan petani untuk melakukan penyesuaian yang diperlukan, seperti pemberian pupuk atau perubahan metode pengelolaan tanaman sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah (Rajeswari & Kumar, 2023; Gupta & Pal, 2025).

3.1.2 Penggunaan Jaringan Sensor dan Komunikasi Data

Untuk memastikan pengumpulan data yang efektif dari berbagai sensor IoT, teknologi jaringan sensor dan komunikasi data sangat penting dalam sistem pertanian presisi. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor IoT kemudian dikirimkan melalui jaringan komunikasi seperti *Zigbee*, *LoRaWAN*, dan *NB-IoT* untuk dianalisis lebih lanjut. *Zigbee* dan *LoRaWAN* adalah teknologi komunikasi nirkabel yang sangat efisien dalam menghubungkan sensor di lapangan dengan pusat pengolahan data tanpa memerlukan banyak daya, menjadikannya sangat sesuai untuk aplikasi di pertanian presisi yang membutuhkan sistem mandiri dan hemat energi (Liu et al., 2024). *LoRaWAN* khususnya sangat populer di area pedesaan karena kemampuannya untuk mengirimkan data dalam jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, yang memungkinkan pertanian presisi diterapkan pada area yang lebih luas dengan infrastruktur terbatas.

Setelah data dikirim melalui jaringan komunikasi ini, data kemudian dianalisis melalui sistem cloud atau perangkat *edge computing*. Analisis ini memungkinkan pembuatan keputusan berbasis data untuk tindakan otomatis, seperti pengaturan irigasi atau pemberian pupuk. Teknologi komunikasi yang efisien juga memungkinkan pemantauan tanaman dan tanah di area yang sulit dijangkau, memberikan manfaat besar bagi petani di wilayah terpencil. Penggunaan jaringan sensor IoT memungkinkan integrasi berbagai jenis data, termasuk informasi cuaca, data dari drone atau satelit, serta data dari sensor tanah dan tanaman, yang memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi pertanian secara keseluruhan (Tariq et al., 2025; Sharafat et al., 2025).

3.2 Penerapan AI dalam Pertanian Presisi

3.2.1 Model AI untuk Prediksi dan Pengambilan Keputusan

Model AI, terutama yang berbasis *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL), telah digunakan secara luas untuk menganalisis data yang dikumpulkan oleh sensor IoT dalam pertanian presisi. Dengan memanfaatkan algoritma seperti regresi dan *neural networks*, model AI dapat mengidentifikasi pola dalam data dan memberikan prediksi yang lebih akurat mengenai hasil pertanian, kebutuhan irigasi, dan pemupukan yang tepat. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih efisien, yang membantu petani untuk melakukan intervensi secara tepat waktu dan sesuai kebutuhan, meningkatkan hasil panen, dan mengurangi pemborosan sumber daya (Liu et al., 2024; Gupta & Pal, 2025).

3.2.2 AI untuk Deteksi Penyakit dan Hama pada Tanaman

Teknologi AI juga digunakan untuk mendeteksi penyakit dan hama pada tanaman melalui *image recognition*. Dengan menggunakan teknik *computer vision*, sistem AI menganalisis gambar tanaman yang diambil oleh drone atau kamera yang dipasang di lapangan untuk mendeteksi gejala penyakit atau serangan hama. Penggunaan *deep learning* memungkinkan model untuk mengenali pola visual yang sangat halus dan mendeteksi masalah pada tanaman lebih awal, sehingga memungkinkan petani untuk melakukan tindakan pencegahan atau pengobatan dengan lebih cepat dan akurat. Hal ini dapat mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan dan meminimalkan kerugian tanaman (Sharafat et al., 2025; Rajeswari & Kumar, 2023).

3.2.3 Integrasi IoT dan AI untuk Pengelolaan Sumber Daya

Integrasi antara IoT dan AI memungkinkan pengelolaan sumber daya alam secara lebih efisien dalam pertanian presisi. IoT menyediakan data *real-time* tentang kondisi lingkungan, seperti kelembaban tanah dan suhu, sementara AI menganalisis data tersebut untuk memberikan rekomendasi mengenai penggunaan air, pupuk, dan pestisida yang optimal. Dengan pengelolaan yang lebih efisien, petani dapat mengurangi pemborosan dan memaksimalkan hasil pertanian. Misalnya, teknologi AI dapat mengidentifikasi kapan dan seberapa banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor IoT, yang mengurangi penggunaan air dan mengoptimalkan distribusinya (Nawaz et al., 2025; Liu et al., 2024).

3.3 Tantangan dalam Penerapan IoT dan AI dalam Pertanian Presisi

3.3.1 Tantangan Biaya dan Infrastruktur

Salah satu tantangan utama dalam penerapan teknologi IoT dan AI dalam pertanian presisi adalah biaya implementasi yang tinggi. Teknologi ini memerlukan investasi besar untuk memasang perangkat sensor IoT, sistem AI, serta infrastruktur pendukung seperti *cloud computing* dan *edge computing*. Biaya tinggi ini menjadi hambatan besar, terutama bagi petani kecil atau petani yang beroperasi di negara berkembang, di mana anggaran terbatas untuk teknologi baru. Keterbatasan infrastruktur, seperti kurangnya akses listrik yang stabil dan koneksi internet yang terbatas di daerah pedesaan, memperburuk adopsi teknologi ini. Dalam konteks ini, meskipun teknologi ini menawarkan efisiensi dan keberlanjutan, biaya dan infrastruktur yang tidak memadai menghalangi potensi penerapannya di skala yang lebih luas (Dhillon et al., 2023a).

3.3.2 Literasi Teknologi dan Pelatihan Petani

Keterbatasan literasi teknologi juga merupakan tantangan besar dalam mengadopsi teknologi IoT dan AI di kalangan petani. Banyak petani, terutama di daerah pedesaan, tidak memiliki pengetahuan atau keterampilan yang cukup untuk mengoperasikan perangkat teknologi canggih seperti sensor IoT atau sistem berbasis AI. Hal ini dapat mengurangi efektivitas penggunaan teknologi tersebut, meskipun perangkat tersebut dapat memberikan keuntungan yang signifikan dalam pengelolaan pertanian. Program pelatihan dan edukasi yang efektif sangat penting untuk meningkatkan keterampilan teknis petani, sehingga mereka dapat memanfaatkan teknologi ini secara maksimal. Penelitian menunjukkan bahwa program pelatihan yang komprehensif dapat meningkatkan penerimaan dan efektivitas penggunaan IoT dan AI, yang pada akhirnya berdampak positif pada produktivitas dan keberlanjutan pertanian (Ahmed & Shakoore, 2025).

3.3.3 Skalabilitas Teknologi di Pertanian Kecil

Skalabilitas teknologi IoT dan AI juga menjadi tantangan, terutama dalam konteks pertanian kecil. Meskipun teknologi ini efektif dalam pertanian skala besar, pengadopsiannya di pertanian kecil menghadapi kesulitan terkait biaya rendah dan kemampuan teknologi untuk berfungsi dengan baik di tingkat lokal. Untuk petani kecil, biaya yang diperlukan untuk membeli dan menginstal perangkat IoT serta untuk mengimplementasikan sistem AI sering kali tidak terjangkau. Ada tantangan terkait dengan penyesuaian teknologi yang lebih besar agar sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas

pertanian skala kecil. Mengatasi tantangan ini memerlukan pengembangan solusi teknologi yang lebih terjangkau dan lebih mudah diimplementasikan, serta penyesuaian pada model bisnis untuk membantu petani kecil mengakses dan memanfaatkan teknologi ini secara efektif (Miller et al., 2025b).

3.4 Peluang dan Potensi Pengembangan

3.4.1 Pengembangan Teknologi IoT dan AI yang Lebih Terjangkau

Salah satu peluang utama untuk memperluas adopsi IoT dan AI dalam pertanian presisi adalah pengembangan teknologi yang lebih terjangkau, yang memungkinkan petani kecil untuk mengaksesnya. Meskipun teknologi IoT dan AI dapat meningkatkan efisiensi pertanian, biaya yang tinggi untuk perangkat keras dan perangkat lunak menjadi hambatan bagi banyak petani, terutama di negara berkembang. Penurunan biaya perangkat keras, seperti sensor yang lebih murah dan sistem pengolahan data yang lebih efisien, menjadi prioritas dalam penelitian teknologi pertanian. Penelitian menunjukkan bahwa pengembangan sensor dengan biaya rendah yang dapat dioperasikan dalam jaringan IoT yang besar dapat membantu mengurangi biaya implementasi dan memungkinkan petani kecil untuk memanfaatkan teknologi ini secara lebih luas. Inovasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak berbasis *open-source* dapat memfasilitasi penyebaran teknologi ini, mempercepat adopsi, dan memungkinkan petani untuk memperoleh manfaat maksimal dari teknologi IoT dan AI (Dhanaraju et al., 2022).

3.4.2 Keberlanjutan dan Dampak Lingkungan

Teknologi IoT dan AI juga menawarkan potensi besar untuk menciptakan pertanian yang lebih berkelanjutan dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam yang terbatas, seperti air, energi, dan pupuk. Melalui pemantauan *real-time* yang dilakukan oleh sensor IoT, data yang terkumpul memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengelola penggunaan air dan pupuk. Sebagai contoh, algoritma AI yang dianalisis dari data IoT dapat memperkirakan dengan tepat kapan dan seberapa banyak air yang dibutuhkan tanaman, sehingga mengurangi pemborosan air. Dengan kemampuan AI untuk menganalisis kondisi tanaman dan tanah secara lebih presisi, penggunaan pupuk dan pestisida dapat dikurangi, yang mengarah pada pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan. Adopsi IoT dan AI dalam pertanian berpotensi mendukung tujuan keberlanjutan global, dengan meminimalkan penggunaan bahan kimia berbahaya dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam (Dhillon et al., 2023b).

3.4.3 Pengembangan Solusi *Edge Computing*

Pengembangan *edge computing* merupakan salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan yang terkait dengan ketergantungan pada *cloud computing* dalam sistem IoT dan AI untuk pertanian presisi. *Edge computing* memungkinkan pemrosesan data dilakukan di perangkat yang terpasang langsung di lapangan, sehingga mengurangi kebutuhan akan koneksi internet yang stabil dan mengurangi latensi dalam pengolahan data. Teknologi ini memungkinkan pengolahan data secara *real-time*, yang penting untuk pengambilan keputusan cepat dan responsif di lapangan, terutama dalam situasi yang membutuhkan intervensi segera, seperti deteksi penyakit tanaman atau kondisi cuaca yang ekstrem. Dengan mengurangi ketergantungan pada *cloud*, *edge computing* juga mengurangi

biaya operasional terkait dengan penyimpanan dan pemrosesan data di server jarak jauh, serta memungkinkan sistem beroperasi lebih efisien dan hemat energi. Penelitian lebih lanjut tentang pengembangan *edge computing* dalam konteks pertanian presisi dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem IoT dan AI, serta memperluas penerapannya di daerah yang memiliki keterbatasan infrastruktur internet (Liu et al., 2024; Zhang & Wang, 2023).

Kesimpulan

Tinjauan literatur ini menunjukkan bahwa penerapan *Internet of Things* (IoT) dan Kecerdasan Buatan (AI) dalam pertanian presisi dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas sektor pertanian secara signifikan. Teknologi IoT yang digunakan untuk memantau kondisi tanaman dan tanah, serta teknologi AI untuk menganalisis data yang diperoleh, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data. Studi yang ditinjau menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan akurasi prediksi hasil pertanian, mengurangi pemborosan sumber daya seperti air dan pupuk, serta mengoptimalkan penggunaan pestisida. Tantangan utama yang dihadapi adalah biaya tinggi untuk implementasi teknologi ini dan keterbatasan infrastruktur, terutama di daerah pedesaan dan pada petani kecil.

Implikasi praktis dari temuan ini menyoroti bahwa meskipun teknologi ini dapat meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi pertanian, adopsi di lapangan masih terbatas oleh faktor biaya dan infrastruktur yang tidak memadai. Pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan mudah diakses oleh petani kecil akan mempercepat adopsi dan memaksimalkan manfaat dari teknologi ini. Pelatihan dan edukasi tentang penggunaan teknologi IoT dan AI sangat penting untuk meningkatkan literasi teknologi di kalangan petani, agar mereka dapat memanfaatkan teknologi ini dengan lebih efisien dalam pengelolaan pertanian mereka.

Penelitian selanjutnya perlu fokus pada pengembangan teknologi yang lebih murah dan mudah diimplementasikan, serta penelitian lebih lanjut tentang program pelatihan untuk meningkatkan keterampilan petani. Pengaruh jangka panjang dari penggunaan IoT dan AI terhadap keberlanjutan pertanian dan ketahanan pangan global juga harus dieksplorasi. Penelitian dalam bidang *edge computing* dan integrasi *cloud* juga perlu diperluas untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur dan meningkatkan efisiensi dalam pengolahan data secara *real-time* di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam penyusunan literatur review ini. Kami mengapresiasi bantuan yang diberikan oleh para peneliti, praktisi, dan pihak terkait lainnya yang telah menyediakan data, informasi, dan wawasan berharga. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan pertanian presisi di masa depan.

Daftar Pustaka

- Ahmed, N. and Shakoor, N. (2025) "Advancing agriculture through IoT, Big Data, and AI: A review of smart technologies enabling sustainability," *Smart Agricultural Technology*, 10, p. 100848. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.ATECH.2025.100848>.
- Alawode, A., Blessing, A.O. and Chiamaka, O.T. (2025) "Integrating IoT and AI in Sustainable Agriculture to Mitigate Environmental Risk and Financial Misuse," *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6(6), pp. 2810–2828. Available at: <https://doi.org/10.55248/GENGPI.6.0625.2187>.
- Choudhary, V. *et al.* (2025) "An overview of smart agriculture using internet of things (IoT) and web services," *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, p. 100607. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.INDIC.2025.100607>.
- Dahabieh, M.S., Bröring, S. and Maine, E. (2018) "Overcoming barriers to innovation in food and agricultural biotechnology," *Trends in Food Science and Technology*, 79, pp. 204–213. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.07.004>.
- Dhanaraju, M. *et al.* (2022) "Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture," *Agriculture* 2022, Vol. 12, 12(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12101745>.
- Dhillon, R. *et al.* (2023b) "Small-Scale Farming: A Review of Challenges and Potential Opportunities Offered by Technological Advancements," *Sustainability* 2023, Vol. 15, 15(21). Available at: <https://doi.org/10.3390/SU152115478>.
- Gupta, G., Sudhir, · and Pal, K. (2025) "Applications of AI in precision agriculture," *Discover Agriculture* 2025 3:1, 3(1), pp. 61-. Available at: <https://doi.org/10.1007/S44279-025-00220-9>.
- Miller, T. *et al.* (2025a) "The IoT and AI in Agriculture: The Time Is Now A Systematic Review of Smart Sensing Technologies," *Sensors*, 25(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/S25123583>.
- Mustaza, S.M. *et al.* (2025) "Artificial Intelligence in Precision Agriculture: A Review," *Jurnal Kejuruteraan*, 37(2), pp. 1025–1047. Available at: [https://doi.org/10.17576/JKUKM-2025-37\(2\)-38](https://doi.org/10.17576/JKUKM-2025-37(2)-38).
- Nawaz, M. and Babar, M.I.K. (2025a) "IoT and AI for smart agriculture in resource-constrained environments: challenges, opportunities and solutions," *Discover Internet of Things*, 5(1). Available at: <https://doi.org/10.1007/S43926-025-00119-3>.
- Tariq, M.U. *et al.* (2025) "Edge-enabled smart agriculture framework: Integrating IoT, lightweight deep learning, and agentic AI for context-aware farming," *Results in Engineering*, 28, p. 107342. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.107342>.

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

