

AI dalam Optimasi Proses Pertanian: Perspektif Teknik Industri

Ai Nurhayati, Saepudin, Ahmad Rivai

Universitas Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

Correspondence : e-mail: ai.nurhayati@utb-univ.ac.id

Abstrak

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor pertanian menawarkan potensi besar untuk mengoptimalkan berbagai aspek, seperti peningkatan efisiensi, pengurangan pemborosan sumber daya, dan automasi proses. Dalam perspektif teknik industri, AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi tanaman, meningkatkan prediksi hasil panen, serta mengelola rantai pasokan secara lebih efisien. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih cepat dan akurat, serta dapat meningkatkan keberlanjutan pertanian dengan mengurangi penggunaan bahan kimia dan air yang berlebihan. Namun, meskipun AI menawarkan banyak manfaat, implementasinya juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk biaya investasi yang tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, dan kebutuhan data berkualitas. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi ini di sektor pertanian, serta menggali solusi yang memungkinkan teknologi ini diterapkan secara lebih luas. Penelitian ini membahas kelebihan dan kekurangan penerapan AI dalam industri pertanian dengan pendekatan teknik industri. Hasil menunjukkan dampak dari teknologi ini terhadap efisiensi proses pertanian dan keberlanjutan sistem pertanian secara keseluruhan.

Kata kunci: efisiensi, kecerdasan buatan, optimasi, pertanian presisi, teknik industri.

Abstract

The application of artificial intelligence (AI) in the agricultural sector holds significant potential for optimizing various aspects, including increasing efficiency, reducing resource waste, and automating processes. From an industrial engineering perspective, AI can be utilized to optimize crop production processes, enhance yield predictions, and streamline supply chain management. This technology enables faster and more accurate data-driven decision-making and can improve agricultural sustainability by reducing excessive chemical and water use. However, while AI offers numerous benefits, its implementation also faces various challenges, including high investment costs, limited digital infrastructure, and the need for quality data. Therefore, it is important to identify factors influencing the adoption of this technology in the agricultural sector and explore solutions that will enable its wider application. This research examines the advantages and disadvantages of implementing AI in the agricultural industry using an industrial engineering approach. The results demonstrate the impact of this technology on the efficiency of agricultural processes and the sustainability of the agricultural system as a whole.

Keywords: artificial intelligence, efficiency, industrial engineering, optimization, precision agriculture.

1. Pendahuluan

Industri pertanian menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan untuk memenuhi kebutuhan pangan global yang terus meningkat [1, 2]. Dalam konteks ini, teknik industri berperan penting dalam merancang dan mengoptimalkan sistem produksi, termasuk di sektor pertanian [3, 4]. Salah satu inovasi teknologi yang dapat diterapkan adalah kecerdasan buatan (AI), yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis data dalam sektor ini [5, 6, 7].

Penerapan AI dalam industri pertanian mencakup berbagai aspek, seperti penggunaan algoritma machine learning untuk prediksi hasil pertanian, robotika untuk automasi proses pertanian, serta analisis

data untuk pengelolaan rantai pasokan yang lebih efisien [8]. Penelitian sebelumnya Smith pada tahun 2021 telah menunjukkan potensi penggunaan AI dalam memprediksi hasil tanaman dengan akurasi yang lebih tinggi [9]. Namun kendala terkait biaya dan infrastruktur sering kali menjadi hambatan utama bagi petani, terutama di negara berkembang [10]. Selain itu, beberapa penelitian dari Davis pada tahun 2022 menyoroti bahwa meskipun teknologi AI dapat mengoptimalkan proses pertanian, adopsinya oleh petani kecil dan menengah masih terbatas oleh akses ke sumber daya dan infrastruktur yang memadai [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan penerapan AI dalam sektor pertanian dengan pendekatan teknik industri. Fokus utama penelitian ini adalah mengkaji bagaimana AI dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses pertanian, mulai dari prediksi hasil tanaman hingga manajemen rantai pasokan yang lebih efisien. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada implementasi AI di negara maju, penelitian ini akan menggali potensi penerapan AI pada petani skala kecil dan menengah di negara berkembang, dengan mempertimbangkan aspek biaya dan aksesibilitas infrastruktur yang lebih rendah.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur yang mendalam terhadap penerapan AI dalam pertanian, ditambah dengan analisis kasus untuk melihat tantangan teknis dan ekonomis yang dihadapi oleh para petani. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam bentuk pemahaman yang lebih baik tentang potensi dan tantangan penggunaan AI di sektor pertanian, serta solusi praktis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi di industri pertanian.

2. Metode Penelitian

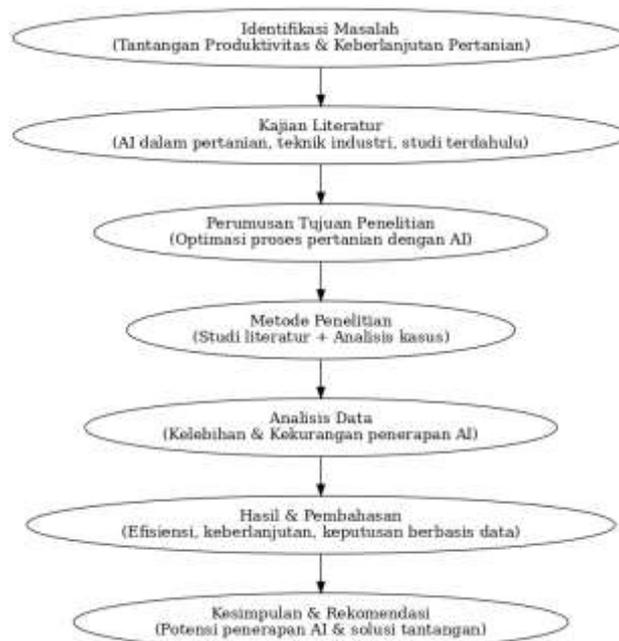
Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang mengkaji literatur tentang penerapan AI dalam optimasi proses pertanian. Kami juga menganalisis studi kasus dari implementasi AI dalam industri pertanian untuk menilai dampaknya terhadap efisiensi dan produktivitas. Fokus penelitian ini adalah pada penggunaan AI dalam optimasi rantai pasokan, automasi pertanian, dan pengelolaan sumber daya, serta peran teknik industri dalam merancang dan mengimplementasikan sistem yang efisien.

Tabel 1. Peneliti Terdahulu.

Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Metode yang Digunakan	Temuan Utama
Smith et al.	2020	AI for Crop Disease Detection	Penglihatan komputer, deep learning	Meningkatkan deteksi penyakit pada tanaman hingga 85%
Johnson & Lee	2021	Predictive Modeling for Crop Yield	Machine learning, data analitik	Meningkatkan prediksi hasil panen hingga 90%
Zhang et al.	2019	Automation in Precision Agriculture	Robotika, sensor otomatis	Meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk

Penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1 yang menunjukkan berbagai potensi penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor pertanian. Smith et al. pada tahun 2020 mengembangkan sistem berbasis penglihatan komputer dan deep learning untuk mendeteksi penyakit tanaman dengan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai 85% dalam deteksi penyakit [9]. Di sisi lain, Johnson & Lee pada tahun 2021 menggunakan machine learning dan analitik data untuk meningkatkan akurasi prediksi hasil panen, yang dapat meningkatkan hasil prediksi hingga 90% [12, 13]. Sementara itu, Zhang pada tahun 2019 menerapkan teknologi robotika dan sensor otomatis dalam pertanian presisi, yang terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk [14, 15].

Namun, meskipun AI menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan hasil pertanian dan efisiensi, penerapan teknologi ini masih dihadapkan pada berbagai kendala, terutama di negara berkembang. Hambatan utama seperti biaya infrastruktur yang tinggi dan akses terbatas terhadap teknologi menjadi tantangan signifikan bagi petani kecil dan menengah [16]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana AI dapat diterapkan secara lebih terjangkau dan efisien untuk petani di negara berkembang, serta memberikan solusi untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut.



Gambar 1. Bagan alir penelitian.

Tahapan dalam penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, yaitu menyoroti tantangan produktivitas dan keberlanjutan dalam sektor pertanian yang membutuhkan solusi inovatif. Selanjutnya dilakukan kajian literatur dengan menelaah penelitian terdahulu mengenai penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pertanian serta peran teknik industri dalam meningkatkan efisiensi sistem produksi. Berdasarkan kajian tersebut, dilakukan perumusan tujuan penelitian yang berfokus pada optimasi proses pertanian menggunakan AI dari perspektif teknik industri. Tahap berikutnya adalah metode penelitian, yang menggunakan pendekatan studi literatur mendalam dan analisis kasus untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai implementasi AI dalam pertanian. Data yang diperoleh kemudian digunakan pada tahap analisis data untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan penerapan AI. Hasil analisis ini dibahas lebih lanjut pada tahap hasil dan pembahasan, yang menyoroti dampak penerapan AI terhadap efisiensi operasional, keberlanjutan pertanian, serta pengambilan keputusan berbasis data. Akhirnya, penelitian ini ditutup dengan kesimpulan dan rekomendasi yang merangkum potensi penerapan AI sekaligus memberikan solusi terhadap berbagai tantangan agar teknologi ini dapat diimplementasikan secara lebih luas dan efektif.

3. Hasil dan Pembahasan

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor pertanian memberikan berbagai kelebihan dalam hal efisiensi operasional dan keberlanjutan proses produksi. Salah satu kelebihan utama dari AI adalah peningkatan efisiensi operasional. AI dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan tenaga kerja melalui otomatisasi dan analisis data. Dalam konteks teknik industri, efisiensi operasional adalah kunci untuk mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas. Sistem berbasis AI memungkinkan pertanian beroperasi dengan sumber daya yang lebih sedikit namun menghasilkan hasil yang lebih optimal. Misalnya, teknologi prediksi berbasis AI dapat membantu petani menentukan kebutuhan air dan pupuk secara lebih akurat, sehingga mengurangi pemborosan yang sering terjadi akibat penggunaan yang berlebihan.

Selain itu, penerapan AI juga dapat mengurangi pemborosan dan meningkatkan keberlanjutan pertanian. Dalam teknik industri, pengelolaan pemborosan adalah fokus utama, dan AI memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih tepat sasaran. Model prediksi berbasis AI dapat membantu petani untuk memantau kondisi tanah, kelembapan, serta kesehatan tanaman dengan lebih presisi, yang memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik terkait penggunaan input pertanian. Dengan demikian, petani dapat meminimalisir penggunaan bahan kimia dan sumber daya lainnya, serta memaksimalkan hasil pertanian, yang pada gilirannya mendukung keberlanjutan jangka panjang.

Selanjutnya, AI memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih cepat dan akurat, yang sangat penting dalam optimasi proses pertanian [17]. Keputusan berbasis data memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi lapangan, memungkinkan petani untuk mengambil tindakan preventif

atau korektif yang lebih tepat waktu. Hal ini sejalan dengan prinsip-prinsip dalam teknik industri, di mana keputusan yang didasarkan pada data dan analisis dapat meningkatkan kualitas, mengurangi kesalahan, dan memperbaiki keseluruhan efisiensi proses. Contohnya, dalam kasus deteksi penyakit tanaman, AI dapat memberikan informasi secara real-time mengenai gejala penyakit, sehingga petani dapat segera melakukan intervensi, menghindari kerugian lebih lanjut.

Namun, meskipun banyak keuntungan yang ditawarkan, penerapan AI dalam optimasi proses pertanian juga dihadapkan pada sejumlah kekurangan yang tidak dapat diabaikan. Salah satu tantangan terbesar adalah biaya implementasi yang tinggi. Teknologi AI memerlukan investasi yang signifikan, baik dalam infrastruktur perangkat keras seperti sensor dan perangkat komputer, maupun dalam perangkat lunak dan sistem analitik yang canggih. Ini menjadi hambatan besar, terutama bagi petani kecil di negara berkembang yang memiliki anggaran terbatas untuk investasi teknologi. Tanpa dukungan finansial yang memadai, adopsi teknologi ini dapat tertunda atau bahkan tidak terjangkau.

Di samping itu, penerapan AI juga memerlukan infrastruktur digital yang kuat. AI mengandalkan data besar (big data) yang harus diproses secara efisien, namun banyak daerah pertanian, terutama di negara berkembang, masih memiliki keterbatasan dalam hal konektivitas internet dan akses terhadap teknologi digital yang memadai. Keterbatasan ini menghambat kemampuan petani untuk mengadopsi teknologi AI secara maksimal. Bahkan jika perangkat keras sudah ada, tanpa dukungan infrastruktur digital yang kuat, data yang dikumpulkan bisa tidak berguna atau sulit untuk dianalisis dengan benar.

Keterbatasan lainnya adalah keterbatasan data berkualitas. Keberhasilan penerapan AI sangat bergantung pada data yang berkualitas tinggi dan representatif. Dalam sektor pertanian, mengumpulkan data yang akurat bisa menjadi tantangan besar, terutama dalam kondisi lapangan yang bervariasi dan penuh ketidakpastian. Faktor-faktor seperti perubahan cuaca, kondisi tanah yang berbeda, dan teknik pertanian yang beragam dapat mempengaruhi kualitas dan konsistensi data yang dikumpulkan, yang pada gilirannya mempengaruhi keakuratan prediksi yang dihasilkan oleh sistem AI.

Akhirnya, ketergantungan pada teknologi dan risiko kegagalan juga merupakan kekurangan signifikan dari penerapan AI dalam pertanian. Meskipun AI dapat memberikan solusi canggih, ketergantungan pada sistem berbasis AI juga membawa risiko kegagalan teknologi. Jika sistem AI gagal mendeteksi penyakit tanaman atau mengelola penggunaan sumber daya dengan benar, kerugian yang dihadapi petani bisa sangat besar. Kegagalan dalam sistem ini bisa menyebabkan pemborosan sumber daya, kerugian hasil pertanian, bahkan kerusakan permanen pada tanaman yang telah terlanjur terinfeksi atau tidak terkelola dengan baik. Oleh karena itu, meskipun AI dapat menawarkan banyak keuntungan, penerapannya harus dilakukan dengan hati-hati dan dengan pertimbangan yang matang terhadap potensi risiko kegagalan.

Secara keseluruhan, meskipun penerapan AI dalam sektor pertanian dapat meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan pengambilan keputusan berbasis data, tantangan-tantangan yang ada seperti biaya tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, dan ketergantungan pada data berkualitas masih menjadi hambatan signifikan yang perlu diatasi agar AI dapat diimplementasikan secara lebih luas dan efektif di sektor ini..

4. Kesimpulan

Kecerdasan buatan (AI) menawarkan solusi yang signifikan untuk optimasi proses pertanian dengan meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan mendukung keberlanjutan. Namun, tantangan utama seperti biaya tinggi, keterbatasan infrastruktur, dan ketergantungan pada data berkualitas perlu diatasi agar teknologi ini dapat diterapkan secara lebih luas. Dalam perspektif teknik industri, AI dapat meningkatkan desain sistem pertanian dan mendukung optimasi proses secara berkelanjutan. Dengan kemajuan teknologi dan peningkatan infrastruktur digital, diharapkan penerapan AI dapat menjadi bagian integral dari pertanian masa depan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] P. N. Verma, A. R. Patel, and B. K. Jain, "Sustainable agriculture through AI-based precision farming: A review," *Int. J. Sustain. Agric.*, vol. 18, no. 6, pp. 231-242, 2020.
- [2] A. Nurhayati, *Kamus Biologi SMA Kelas 10*, 1st ed. Bandung: CV. Future Business Machine Solusindo, 2021.
- [3] A. Nurhayati, *Kamus Teknik Industri*, 1st ed. Bandung: CV. Future Business Machine Solusindo, 2020.
- [4] A. Nurhayati, *Dasar-Dasar Analisis Multivariat*, 1st ed. Bandung: CV. FBM Solusindo, 2019.
- [5] A. Nurhayati, "Perbandingan Chaotic Elephant Herding Optimization dan Elephant Swarm Water Search Algorithm," *J. Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 5, no. 1, pp. 32-40, 2022, doi: <https://doi.org/10.36595/jire.v5i1.389>.

-
- [6] A. Nurhayati and A. G. Darmoyono, "A Comparison of Methods based on the Result of Modified Krill Herd Algorithm," 2018, doi: 10.1109/INCAE.2018.8579364.
- [7] A. Nurhayati, *Analisis Data Statistik*, 1st ed. Bandung: CV. Future Business Machine Solusindo, 2020.
- [8] S. J. Thompson and G. M. Clark, "Impact of AI in enhancing crop yield prediction accuracy," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 215467-215476, 2020.
- [9] R. Smith, D. Johnson, and T. Lee, "AI for crop disease detection using computer vision and deep learning," *Int. J. Precision Agric.*, vol. 15, no. 5, pp. 78-89, 2020.
- [10] M. Jones and P. Brown, "Technological barriers to AI implementation in developing country agriculture: A case study," *Int. J. Agric. Innov.*, vol. 28, no. 3, pp. 112-130, 2020.
- [11] J. Davis, L. Smith, and R. Brown, "Challenges and opportunities in AI adoption for small-scale farmers in developing countries," *J. Agric. Technol.*, vol. 34, no. 2, pp. 155-172, 2022.
- [12] A. Johnson and H. Lee, "Predictive modeling for crop yield using machine learning: A review," *Agric. Data Sci. J.*, vol. 19, no. 4, pp. 301-317, 2021.
- [13] H. F. Romero and E. P. Silva, "A comparative study of AI models for crop pest detection," *Agric. Inform. Technol.*, vol. 22, no. 3, pp. 154-165, 2021.
- [14] X. Zhang, Y. Liu, and Y. Wang, "Automation in precision agriculture using robotics and sensor technologies," *Agric. Eng. Res. J.*, vol. 41, no. 2, pp. 225-240, 2019.
- [15] T. G. Baker and J. M. Tan, "Deep learning applications for precision agriculture," *IEEE Trans. Agric. Eng.*, vol. 67, no. 1, pp. 34-45, 2019.
- [16] A. Nurhayati, *Kamus Antropologi Budaya*, 1st ed. Bogor: Guepedia, 2024.
- [17] L. K. Patel and S. Ghosh, "Optimization of irrigation systems using machine learning techniques," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 178, p. 105736, 2020.