

PERAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PREDIKSI HASIL TANAMAN: META-SINTESIS LITERATUR TERKINI

Adelia Angelina Pratiwi¹, Angelina Rahmawati², Anna Kurniasih³, Embay Nurhillah⁴,
Nabilla Dwi Permatasari⁵, Yeni Budiawati⁶

¹⁻⁶Jurusan Agribisnis, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Raya Palka Km 3 Sindangsari, Pabuaran, Kab Serang, Provinsi Banten

¹4441220004@untirta.ac.id, ²4441220034@untirta.ac.id, ³4441220038@untirta.ac.id,

⁴4441220040@untirta.ac.id, ⁵4441220048@untirta.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) dan algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) sebagai upaya mendukung pertanian presisi yang efisien dan berbasis data. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menelaah dan menganalisis berbagai publikasi ilmiah terkait penerapan IoT dan kecerdasan buatan dalam sektor pertanian, khususnya dalam prediksi kelembaban tanah. Dari hasil studi literatur, diperoleh pemahaman mendalam mengenai pendekatan teknis yang dapat digunakan dalam perancangan sistem *monitoring* dan prediksi. Model LSTM dipilih karena kemampuannya dalam memproses data deret waktu dan menghasilkan prediksi yang akurat. Penelitian ini menghasilkan rancangan konseptual sistem yang mengintegrasikan teknologi IoT dengan pemodelan prediktif, yang diharapkan dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan irigasi secara lebih tepat guna, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Kecerdasan Buatan, *Internet of Things* (IoT), Memori Jangka Pendek Panjang, Prediksi Hasil Tanaman, Tinjauan Literatur Sistematis.

Abstract

This study aims to develop a soil moisture prediction system based on the Internet of Things (IoT) and the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm as an effort to support efficient and data-driven precision agriculture. The research method used is Systematic Literature Review (SLR), which involves examining and analyzing various scientific publications related to the application of IoT and artificial intelligence in the agricultural sector, particularly for soil moisture prediction. The literature review provides in-depth insights into technical approaches that can be applied in designing monitoring and prediction systems. The LSTM model is chosen for its ability to process time-series data and generate accurate predictions. This study produces a conceptual design of a system that integrates IoT technology with predictive modeling, which is expected to assist farmers in making more efficient, accurate, and sustainable irrigation decisions.

Article History

Received: Juni 2025

Reviewed: Juni 2025

Published: Juni 2025

Plagirism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Musyari.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Musyari



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Keywords: <i>Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), Long Short-Term Memory (LSTM), Yield Forecasting, Systematic Literature Review (SLR).</i>	
---	--

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti di seluruh dunia semakin berkonsentrasi pada penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam industri pertanian. Untuk menjamin keamanan pangan global, sektor pertanian sangat penting, terutama di tengah laju pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Tantangan utama yang dihadapi sektor pertanian saat ini meliputi peningkatan kebutuhan pangan akibat pertumbuhan populasi global, perubahan iklim yang mempengaruhi pola cuaca dan kesuburan tanah, serta keterbatasan sumber daya alam seperti air dan lahan pertanian.

Permintaan pangan yang terus meningkat menciptakan tekanan besar terhadap sistem produksi pertanian untuk meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan. Di sisi lain, perubahan iklim global menyebabkan terjadinya ketidakpastian dalam siklus musim tanam, peningkatan frekuensi cuaca ekstrem, dan penurunan kualitas lahan yang secara langsung mengganggu kestabilan produksi. Selain itu, petani juga dihadapkan pada tantangan operasional seperti perlunya efisiensi dalam penggunaan input pertanian dan kebutuhan pengendalian hama yang efektif tanpa menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan. Para peneliti berusaha mencari solusi yang dapat mengatasi masalah-masalah ini dengan memanfaatkan teknologi AI untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan dalam praktik pertanian (Maulana et al., 2024).

Penelitian yang sudah ada menunjukkan bahwa teknologi AI dalam pertanian memiliki banyak manfaat untuk mencapai pertanian yang berkelanjutan. Teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) hadir sebagai pendekatan inovatif yang memungkinkan sistem pertanian presisi mengatasi kompleksitas data lingkungan, iklim, dan tanaman. Rozhkova et al. (2022) menjelaskan bahwa prospek pembangunan pertanian di masa depan akan menjadi sangat penting jika AI digunakan untuk modernisasi dan keberlanjutan pertanian. Teknologi seperti sensor pintar, pembelajaran mesin, dan perangkat otomatis dapat meningkatkan produksi pertanian secara signifikan. AI juga dapat membuat produksi lebih ramah lingkungan, mengurangi pemborosan sumber daya, dan mendukung ketahanan pangan global.

Industri pertanian telah mengalami kemajuan luar biasa berkat munculnya teknologi *Artificial Intelligence (AI)*, khususnya dalam memprediksi hasil tanaman (*yield forecasting*). Dengan mengintegrasikan data cuaca, iklim, dan informasi genetik tanaman, AI memungkinkan analisis yang lebih akurat dan adaptif terhadap variabilitas lingkungan. Studi meta-sintesis ini bertujuan untuk mengkaji literatur terkini mengenai peran AI dalam memodelkan prediksi hasil panen, menyoroti metode yang digunakan, data yang dimanfaatkan, serta tantangan dan potensi pengembangan di masa depan. Teknologi yang telah mendapatkan perhatian signifikan dalam bidang pertanian adalah *machine learning*. Komponen kecerdasan buatan yang disebut *machine learning* memungkinkan komputer untuk belajar dari informasi dan memperoleh kesimpulan atau prediksi dari pola yang ditemukan dalam informasi tersebut (Ferrag et al., 2022; Morota et al., 2018; Priyani et al., 2023).

Penerapan *machine learning* dalam industri pertanian dapat memfasilitasi terciptanya sistem yang memprediksi waktu terbaik untuk irigasi. Data historis tentang curah hujan, suhu udara, kelembaban tanah, dan variabel lain yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman digunakan dalam sistem ini. Dengan menganalisis pola yang ada, algoritma ML dapat merekomendasikan waktu dan volume penyiraman yang paling efisien (Mohan et al., 2023).

Salah satu hambatan utama dalam penerapan AI di bidang pertanian adalah kurangnya pengetahuan dan keterampilan sehingga banyak petani yang tidak memiliki waktu untuk mempelajari solusi AI sendiri. Untuk mengatasi ini, solusi AI baru harus bisa diintegrasikan dengan sistem dan alat yang sudah digunakan oleh petani. Selain itu, membangun infrastruktur data dan model AI yang kuat memerlukan waktu yang cukup lama. Dalam artikel yang ditulis Widiyanto, dijelaskan banyak karya ilmiah unggulan telah dikembangkan, menghasilkan berbagai artikel penelitian. Para penulis sering menganalisis potensi dan solusi dari berbagai sudut pandang untuk menentukan teknologi AI apa yang paling cocok. Misalnya, teknologi dalam Pertanian Cerdas menunjukkan peluang dan tantangan dalam memanfaatkan inovasi ini. Penelitian hanya berfokus pada apa yang dapat dilakukan kecerdasan buatan (AI) dalam *Smart Farming*, bukan pada metode pengembangan AI secara detail (Maulana et al., 2024).

TINJAUAN LITERATUR

Prediksi (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) adalah analisis data deret waktu untuk memprediksi kejadian di masa mendatang berdasarkan kejadian di masa lalu. Proses ini berlaku di berbagai bidang seperti ekonomi, keuangan, pemasaran, produksi, riset operasional, administrasi negara, meteorologi, geofisika, kependudukan, dan pendidikan (Wibisono et al., 2019). Tujuan dari prediksi (*forecasting*) adalah untuk mengumpulkan informasi tentang perubahan di masa mendatang yang dapat mempengaruhi pelaksanaan kebijakan serta konsekuensinya (Kafil, M. 2019).

Penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dalam *Forecasting* Pertanian

Artificial Intelligence (AI) atau yang dikenal sebagai kecerdasan buatan di Indonesia, adalah komputer yang ditujukan untuk pembuatan sistem, yang biasanya dikaitkan dengan mesin yang mampu melakukan tugas. AI mencakup penerapan algoritma dan kerangka matematika, yang melatih komputer dan sistem lain berdasarkan data, yang memungkinkan mereka untuk mengidentifikasi pola dan membuat pilihan yang cerdas. Dalam ranah AI, konsep utama seperti *machine learning* (pembelajaran mesin), *neural networks* (jaringan saraf tiruan), *natural language processing* (pemrosesan bahasa alami), dan beberapa lainnya. Kemajuan AI telah mempengaruhi berbagai sektor seperti pengenalan suara, pengenalan wajah, mobil otonom, pengobatan (Eriana & Zein. 2023).

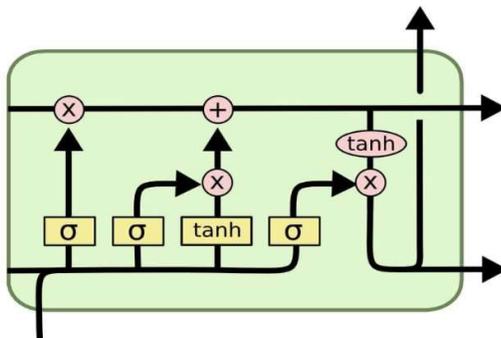
Peran *Internet Of Things* (IoT) dalam *Forecasting* Hasil Pertanian

Internet of thing (IoT) merupakan sebuah konsep yang ditujukan untuk meningkatkan keunggulan konektivitas internet yang berkelanjutan. *Internet of thing* (IoT) dapat diterapkan dalam berbagai struktur untuk mengelola perangkat elektronik seperti pencahayaan yang dapat dikontrol dari jarak jauh melalui jaringan komputer. Evolusi teknologi yang pesat tidak diragukan lagi harus bisa dimanfaatkan, dieksplorasi, serta diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, kemajuan teknologi kini dimanfaatkan dari adanya koneksi internet ini bisa mengakses peralatan elektronik seperti pencahayaan ruangan untuk dikelola secara daring melalui perangkat seluler. hal ini memungkinkan pengguna melacak atau menyesuaikan pencahayaan mereka dari mana saja, asalkan memiliki koneksi internet yang memadai. Fitur kendali jarak jauh menyederhanakan proses bagi pengguna untuk mengelola pencahayaan di gedung-gedung yang jauh (Panduardi, F., & Haq, E. S. 2016).

Prediksi Hasil Tanaman Menggunakan Algoritma *Long Short-Term Memory*

Tindakan memproyeksikan variabel masa depan yang lebih berdasarkan intuisi daripada data historis disebut prediksi. Meskipun menekankan intuisi, proyeksi harga seringkali menggunakan data kuantitatif sebagai informasi tambahan (I Gede Ngurah Eka Septiawan, 2020). *Long Short-Term Memory* adalah jaringan saraf yang unik, di mana LSTM ini merupakan bagian *Recurrent Neural Network* (RNN). RNN merupakan salah satu jenis *Deep Learning*. RNN

menggunakan umpan balik dari lapisan keluaran kembali ke lapisan masukan, di mana setiap tautan umpan balik digunakan untuk gerbang waktu tunda (Gambar 1. *Long Short-Term Memory*). Arsitektur RNN bisa secara eksplisit merepresentasikan efek dari nilai input sebelumnya dalam perhitungan *output* waktu ini, menjadikannya ideal buat memodelkan struktur data deret waktu yang dikoreksi secara otomatis (Wisyalidin, Luciana and Pariaman, 2020).



Gambar 1. *Long Short-Term Memory*

Long Short-Term Memory (LSTM) adalah jenis jaringan saraf tingkat lanjut yang sangat efektif untuk pemodelan data deret waktu. Dikembangkan oleh Hochreiter dan Schmidhuber pada tahun 1997, LSTM mengatasi keterbatasan utama dari Jaringan Syaraf Tiruan (JST) tradisional: ketidakmampuannya untuk secara efektif mengelola ketergantungan jangka panjang pada data input.

Meskipun RNN dirancang untuk data berurutan, mereka sering mengalami masalah gradien yang hilang dan meledak. Ini berarti bahwa ketika informasi melewati beberapa lapisan, nilainya dapat menjadi terlalu kecil (menghilang) atau terlalu besar (meledak), sehingga menghambat kemampuan pembelajaran jaringan.

LSTM mengatasi hal ini dengan memasukkan sel-sel memori khusus. Sel-sel ini menggunakan struktur “gerbang” untuk mengontrol aliran informasi dengan hati-hati. Secara khusus, setiap sel memori dalam LSTM memiliki tiga gerbang utama: gerbang masukan, gerbang lupa, dan gerbang keluaran. Beberapa deskripsi, seperti Wiranda dkk. (2019), memperluas ini dengan memasukkan “gerbang sel” juga, sehingga totalnya menjadi empat “Unit Gerbang”: Gerbang lupa, gerbang masukan, gerbang sel, dan gerbang keluaran. Mekanisme gerbang yang canggih ini memungkinkan LSTM untuk secara selektif mengingat atau melupakan informasi, sehingga memungkinkan mereka untuk menangkap ketergantungan jarak jauh dalam data secara lebih efektif daripada RNN standar.

Peningkatan Produktivitas melalui Teknologi AI

Artificial Intelligence (AI) memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas sektor pertanian. Salah satu aplikasi utama adalah deteksi penyakit tanaman menggunakan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN). Selain menggunakan algoritma CNN, algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) juga digunakan untuk memperkirakan hasil panen dengan mengolah data historis seperti curah hujan, suhu, dan kelembaban tanah, memberikan prediksi lebih akurat hingga 15% dibandingkan metode konvensional (Putra et al., 2025).

Keberlanjutan Pertanian dengan AI

Teknologi AI dapat mendukung keberlanjutan pertanian dengan meminimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan. Contohnya, integrasi AI dengan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan otomatisasi irigasi berbasis data kelembaban tanah. Selain itu, penggunaan algoritma optimasi untuk pemupukan dapat menurunkan jumlah pupuk yang diperlukan, sehingga mengurangi dampak pencemaran lingkungan (Putra et al., 2025).

Potensinya *Artificial Intelligence* (AI) dalam Sistem Pangan

Kecerdasan Buatan (AI) merupakan inovasi teknologi terdepan yang punya potensi besar untuk mengubah sistem pangan kita. Singkatnya, AI adalah simulasi kecerdasan manusia oleh komputer. Inti dari AI adalah pembelajaran mesin mendalam dan analisis data, yang memungkinkan komputer belajar dari pola data dan membuat keputusan cerdas.

Kemampuan AI untuk memproses dan menganalisis data dalam jumlah besar dengan efisien sangatlah penting. Ini menghasilkan wawasan berharga dan kemampuan untuk memprediksi berbagai hal. Karena kemampuannya ini, AI sudah banyak digunakan di berbagai industri, mendorong kemajuan di bidang otomatisasi, optimasi, dan pemecahan masalah.

Dalam konteks sistem pangan, AI sangat menjanjikan. AI dapat mengoptimalkan praktik pertanian, memprediksi tren pasokan dan permintaan, meningkatkan logistik distribusi, memperkuat keamanan pangan, dan mengurangi limbah di sepanjang rantai pasokan. Potensi transformatif ini menunjukkan bahwa AI berperan penting dalam mengatasi tantangan utama dan memfasilitasi transisi menuju sistem pangan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif (Susilo, R. & Athallah, S., 2023).

BAHAN DAN METODE

Dengan penekanan pada pengumpulan dan analisis data ilmiah, penelitian ini menggunakan metodologi studi literatur dengan teknik meta-sintesis. Jurnal ilmiah terakreditasi yang membahas penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) menjadi sumber data penelitian dalam bidang pertanian, khususnya terkait prediksi hasil tanaman dalam konteks *smart agriculture*. Artikel yang dianalisis dipilih secara *purposive*, dengan kriteria relevansi topik, kesesuaian dengan tema penelitian, dan tahun terbit maksimal lima tahun terakhir. Prosedur penelitian dilakukan dengan membaca secara mendalam setiap artikel yang terpilih, lalu mencatat informasi penting seperti tujuan penelitian, metode yang digunakan, hasil temuan, serta implikasi dari penggunaan AI dalam sektor pertanian. Seluruh data tersebut kemudian dianalisis dan disintesis untuk membentuk kesimpulan komprehensif mengenai peran AI dalam prediksi hasil tanaman di Indonesia.

Penelitian ini juga menggunakan pendekatan penelitian kualitatif yang mencakup studi pustaka (*literature review*). Pendekatan ini dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisis, dan menyimpulkan informasi dari berbagai referensi akademis yang sesuai. Data yang didapatkan saat proses pengumpulan data dilakukan adalah data sekunder, data-data dari publikasi ilmiah, sehingga dapat menjadi dasar yang kuat dalam isi atau pembahasan. Dalam penelitian ini terdapat isi yang berkaitan dengan penerapan metode penelitian *systematic literature review* serta diambil beberapa kesimpulan yang kemudian dianalisis secara mendetail dengan cara yang sistematis agar diperoleh hasil akhir yang optimal dan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Berdasarkan kriteria dan metode penelitian yang telah dijelaskan, empat jurnal ilmiah terakreditasi berikut dipilih secara *purposive* untuk dianalisis lebih lanjut. Pemilihan ini didasarkan pada relevansi topik, kesesuaian dengan tema penelitian, dan tahun terbit maksimal lima tahun terakhir (2020-2025). Jurnal-jurnal ini menjadi landasan utama dalam proses analisis dan sintesis data untuk menarik kesimpulan komprehensif mengenai peran AI dalam prediksi hasil tanaman di Indonesia. Berikut adalah jurnal-jurnal yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti (Author)	Metode Penelitian	Instrumen Penelitian	Intervention (Penerapan Teknologi)	Hasil
Maulana et al., 2024	Kualitatif	<i>Research Question (RQ), Strategi Pencarian Inclusion & Exclusion Criteria, Quality Assessment, Data Collection,</i>	Teknologi AI, ML, IoT, <i>Remote Sensing, Big Data, drone,</i> dan robotik diintegrasikan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Algoritma AI yang digunakan: SVM, CNN, PLSR, k-NN, <i>Bagged Trees.</i> 2. Tujuan penggunaan: Klasifikasi tanaman, deteksi penyakit, prediksi panen, analisis tanah. 3. Metode & teknologi dominan: <i>Machine Learning (ML), IoT, Computer Vision.</i> 4. Kombinasi terbaik: <i>ML + IoT + Remote Sensing + Big Data.</i> 5. Akurasi tertinggi: SVM (92,93% - 94,95%). 6. Implementasi AI: Irigasi otomatis, pemantauan kesehatan tanaman, prediksi hama. 7. Manfaat: Efisiensi sumber daya, produktivitas meningkat, ramah lingkungan. 8. Intervensi teknologi: Penerapan AI dan IoT dalam pertanian berkelanjutan.
Anggarda, et al., 2023	Kuantitatif	<i>Automatic Weather Station (AWS), Thingsboard, Postman.</i>	Menggunakan pendekatan <i>machine learning</i> berdasarkan data cuaca dari <i>Automatic Weather Station (AWS).</i>	Keberhasilan implementasi pendekatan <i>machine learning</i> untuk memprediksi waktu penyiraman yang optimal. Dengan memanfaatkan data dari <i>Automatic Weather Station (AWS)</i> dan mengikuti metodologi penelitian yang sistematis, sebuah model <i>classifier</i> berbasis <i>logistic regression</i> telah berhasil dikembangkan. Model ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam memberikan rekomendasi waktu penyiraman yang tepat.

Putra et al (2025)	Kualitatif	<i>Systematic Literature Review (SLR)</i>	Metode <i>Systematic Literature Review (SLR)</i> untuk mengkaji implementasi AI dengan fokus pada algoritma (SVM, CNN, dan LSTM)	Penerapan <i>Artificial Intelligence (AI)</i> dalam sektor pertanian memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Algoritma seperti CNN, LSTM, dan SVM efektif dalam memprediksi hasil panen, mendeteksi penyakit tanaman, dan mengelola sumber daya seperti air dan pupuk, yang berkontribusi pada pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
Fareza et al (2022)	Kuantitatif	<i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i> .	Prediksi hasil panen tanaman <i>biofarmaka</i> dengan metode <i>Extreme Learning Machine</i> .	Telah didapatkan parameter optimal berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Pada pengujian pertama adalah pengujian Rasio data dengan hasil rata-rata MAPE terkecil adalah pada Rasio 90%:10%. Pada terhadap penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak data <i>training</i> yang digunakan maka akan memberikan Rasio 90%:10% tersebut mendapatkan rata-rata MAPE sebesar 28,63. Dengan hasil pengujian tersebut hasil nilai MAPE yang paling optimal.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)*. Metode SLR adalah suatu pendekatan penelitian khusus yang digunakan untuk mengumpulkan serta menilai penelitian yang berkaitan dengan fokus topik tertentu (Lusiana dan Suryani, 2018). Manfaat dari penelitian menggunakan metode SLR adalah kemampuannya dalam mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan memberikan interpretasi terhadap semua penelitian yang ada berkenaan dengan fokus topik pada fenomena tertentu (Traiandini et al., 2019). SLR adalah pendekatan penelitian yang bertujuan untuk mengintegrasikan hasil-hasil penelitian, sehingga informasi dapat disajikan dengan lebih menyeluruh dan seimbang bagi para penentu kebijakan (Siswanto, 2010).

Tahap perencanaan mencakup proses mengidentifikasi kebutuhan *review* yang terstruktur, menyusun protokol *review*, serta menilai protokol *review*. Tahap pelaksanaan mencakup langkah-langkah mencari sumber utama untuk *review*, memilih serta menyaring sumber tersebut, mengumpulkan data dari bahan utama, mengevaluasi kualitas sumber, dan menyintesis data. Tahap pelaporan terdiri dari tahap penyebarluasan gagasan pokok. Metode SLR dalam praktiknya memerlukan usaha agar fokus dari penelitian tetap terjaga, salah

satu cara untuk mencapai hal tersebut adalah dengan menyusun pertanyaan (*research questions*) yang ingin diperoleh dari proses *review* tersebut. Pertanyaan-pertanyaan tersebut akhirnya akan terjawab berdasarkan hasil sintesis dari berbagai sumber. Model penyusunan pertanyaan yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti prinsip OFTA, yakni Objek, Fokus, Tujuan, dan Aspek.

Jurnal 1 "Literatur Review Implementasi *Artificial Intelligence* dalam Pertanian"

- **Objek (O):** Implementasi *Artificial Intelligence* (AI).
- **Fokus (F):** Implementasi AI dalam sektor pertanian.
- **Tujuan (T):** Mengkaji dan menganalisis berbagai studi tentang implementasi AI dalam pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan praktik di sektor pertanian.
- **Aspek (A):**
 - Algoritma AI yang digunakan dalam pertanian (misalnya SVM, CNN, LSTM).
 - Metode dan teknologi AI yang paling banyak dibahas dalam penelitian pertanian (misalnya ML, *Computer Vision*, *Deep Learning*, IoT, *Remote Sensing*).
 - Efektivitas metode dan teknologi dalam hal akurasi implementasi AI di pertanian (misalnya akurasi SVM dengan IoT, *remote sensing* dengan *machine learning*, dan integrasi AI dengan *Big Data*).
 - Penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk menangani tantangan yang dihadapi dalam pertanian berkelanjutan, seperti peningkatan efisiensi (contohnya sistem irigasi otomatis menggunakan algoritma SARIMAX dan platform QUHOMA) serta peningkatan hasil panen (seperti identifikasi cuaca ekstrem dan penyakit pada tanaman melalui pemanfaatan *drone* dan IoT, pemilihan varietas tanaman yang tepat dan waktu penanaman, serta aplikasi pestisida secara tepat menggunakan *drone* dan robot *sprayer*).

Jurnal 2 "Pengembangan Sistem Prediksi Waktu Penyiraman Optimal pada Perkebunan: Pendekatan *Machine Learning* untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian"

- **Objek (O):** Sistem prediksi waktu penyiraman optimal.
- **Fokus (F):** Pendekatan Pembelajaran Mesin untuk menciptakan sistem yang paling efektif dalam memprediksi waktu penyiraman di kebun dan lahan pertanian.
- **Tujuan (T):** Mengembangkan untuk memprediksi waktu penyiraman yang paling efisien dengan memanfaatkan *machine learning* menggunakan data dari *automatic weather station* (AWS) dan menilai berbagai algoritma klasifikasi guna menemukan model yang paling optimal.
- **Aspek (A):**
 - Pengambilan dan persiapan data cuaca dari stasiun cuaca otomatis (AWS).
 - Penggunaan dan perbandingan berbagai model pembelajaran mesin (regresi logistik, hutan acak, dan pohon keputusan) sebagai pengklasifikasi.
 - Penilaian performa model dengan menggunakan matriks kebingungan (akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score*).
 - Penyajian visual dari hasil prediksi waktu yang tepat untuk penyiraman.
 - Penentuan variabel sensor yang paling berpengaruh dalam memprediksi waktu penyiraman yang optimal (curah hujan, radiasi matahari, dan kelembaban).

Jurnal 3 "Penerapan *Artificial Intelligence* Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Keberlanjutan Pertanian Di Indonesia"

- **Objek (O):** Penerapan *Artificial Intelligence* (AI).
- **Fokus (F):** Peningkatan produktivitas dan keberlanjutan pertanian di Indonesia.
- **Tujuan (T):** Mengkaji implementasi AI dalam sektor pertanian, dengan fokus pada algoritma dan teknologi yang efektif, serta mengidentifikasi strategi untuk mengatasi tantangan dalam implementasinya di Indonesia.
- **Aspek (A):**
 - Kontribusi AI dalam meningkatkan praktik pertanian berkelanjutan.
 - Algoritma AI yang paling efektif dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian.
 - Tantangan utama dalam penerapan AI di sektor pertanian Indonesia.
 - Bagaimana AI dapat membantu pertanian di negara berkembang, khususnya Indonesia, dan strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan adopsi AI di sektor pertanian Indonesia.

Jurnal 4 "Prediksi Hasil Panen Tanaman *Biofarmaka* di Indonesia dengan Menggunakan Metode *Extreme Learning Machine*"

- **Objek (O):** Hasil panen tanaman *biofarmaka*
- **Fokus (F):** Perkiraan hasil panen tanaman *biofarmaka* di Indonesia
- **Tujuan (T):** Mengembangkan sebuah prediksi hasil panen tanaman *biofarmaka* menggunakan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) untuk memperkirakan hasil panen tanaman *biofarmaka* di masa mendatang
- **Aspek (A):**
 - Tahapan prediksi dengan metode ELM (pra-pemrosesan, normalisasi data, proses *training*, proses *testing*, denormalisasi, dan evaluasi nilai *error* menggunakan MAPE).
 - Pengujian parameter rasio data.
 - Pengujian fitur.
 - Pengujian *hidden neuron*.

Berdasarkan prinsip OFTA yang telah disebutkan, merumuskan pertanyaan menjadi bagian dari proses pembuatan protokol yang disertai dengan penilaian protokol. Oleh karena itu, rincian tentang pertanyaan tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pertanyaan Penelitian

No	Pertanyaan	Evaluasi Protokol
1	Bagaimana implementasi <i>Artificial Intelligence</i> (AI) dan <i>Machine Learning</i> (ML) berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam sektor pertanian di Indonesia, dengan fokus pada jenis algoritma dan teknologi yang digunakan?	Mengidentifikasi algoritma dan teknologi yang digunakan, serta kontribusinya terhadap efisiensi dan produktivitas di pertanian Indonesia.
2	Seberapa efektif berbagai metode dan teknologi AI dan ML dalam mencapai akurasi prediksi dan pengelolaan di sektor pertanian, dan faktor-faktor apa yang paling berpengaruh terhadap kinerja ini?	Mengevaluasi efektivitas melalui akurasi dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja.

3	Apa saja hambatan utama yang dihadapi dalam penerapan AI di sektor pertanian Indonesia, dan strategi kolaboratif apa yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan adopsi teknologi ini demi pertanian yang lebih berkelanjutan?	Mengidentifikasi hambatan implementasi dan strategi solusi di konteks Indonesia.
---	--	--

DISKUSI

Berdasarkan jurnal ke-1, jurnal ini merupakan tinjauan literatur sistematis (SLR) yang membahas implementasi *Artificial Intelligence* (AI) di bidang pertanian dengan tujuan meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan praktik pertanian. Meski sudah banyak penelitian terkait, masih terdapat kesenjangan dalam kajian mengenai potensi implementasi, pemecahan masalah, serta algoritma dan teknik yang digunakan. Informasi dalam jurnal ini diperoleh dari berbagai sumber akademik, termasuk jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan publikasi relevan lainnya.

Studi ini mengidentifikasi bahwa algoritma seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Convolutional Neural Networks* (CNN), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) memiliki efektivitas tinggi dalam diagnosis penyakit tanaman, perkiraan hasil panen, serta optimalisasi pemanfaatan sumber daya. Selain itu, *Machine Learning* (ML), *Computer Vision*, *Deep Learning*, *IoT*, dan *Remote Sensing* sering diterapkan dalam riset AI di bidang pertanian. Teknologi AI memungkinkan pemilihan jenis tanaman yang tepat, penentuan waktu tanam yang optimal, serta penerapan pestisida presisi menggunakan *drone* dan robot penyemprot guna meminimalkan dampak lingkungan. Meskipun AI memiliki potensi yang besar, masih diperlukan penelitian lebih lanjut yang menitikberatkan pada pengembangan algoritma guna meningkatkan pemanfaatan teknologi ini dalam sektor pertanian.

Berdasarkan jurnal ke-2, jurnal ini membahas pengembangan sistem prediksi waktu penyiraman optimal pada perkebunan menggunakan pendekatan *machine learning* untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Pertanian modern sangat bergantung pada teknologi, terutama dalam hal manajemen irigasi dan penyiraman tanaman. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menerapkan teknik prediktif yang berbasis pada data lapangan untuk meningkatkan hasil panen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengumpulan data, pra-pemrosesan, evaluasi serta pengujian model, validasi, dan visualisasi. Data diperoleh dari *automatic weather station* (AWS) melalui *Thingsboard*. Tahap pra-pemrosesan mencakup pembersihan data, pemilihan variabel, integrasi data, dan menghasilkan *dataset* yang bersih.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem prediksi waktu penyiraman tanaman yang memanfaatkan data dari AWS. Sistem ini mengimplementasikan dan membandingkan beberapa algoritma *machine learning* sebagai *classifier* untuk mengidentifikasi model terbaik.

Pada fase evaluasi, *dataset* dibagi menjadi data latih dan data uji. Tiga model utama yang diterapkan dan dibandingkan adalah Regresi Logistik, *Random Forest*, dan *Decision Tree*. Hasil studi menunjukkan bahwa penggunaan model *machine learning* secara signifikan meningkatkan akurasi prediksi, yang pada gilirannya membuktikan efektivitas sistem dalam memberikan rekomendasi waktu penyiraman yang lebih tepat. Hal ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian.

Dari ketiga model yang diuji, Regresi Logistik menunjukkan performa terbaik dengan akurasi prediksi tertinggi mencapai 84%. Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa variabel yang paling berpengaruh dalam memprediksi waktu penyiraman adalah curah hujan (*Rainfall*), radiasi matahari (*Solar Radiation*), dan kelembaban (*humidity*).

Berdasarkan jurnal ke-3, jurnal ini mengkaji implementasi AI dalam sektor pertanian di Indonesia untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Pertanian Indonesia menghadapi tantangan seperti peningkatan kebutuhan pangan, keterbatasan sumber daya, dan perubahan iklim. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Algoritma seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Convolutional Neural Networks* (CNN), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) menunjukkan hasil yang baik dalam deteksi penyakit tanaman, prediksi hasil panen, dan pengelolaan sumber daya.

Jurnal ini menyoroti bahwa integrasi AI dengan *Internet of Things* (IoT) dan *remote sensing* dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi dampak lingkungan. Contohnya, CNN mampu mendeteksi penyakit tanaman dengan akurasi hingga 98% dari citra daun, dan LSTM digunakan untuk memprediksi hasil panen dengan mengolah data historis seperti curah hujan, suhu, dan kelembaban tanah, memberikan prediksi lebih akurat hingga 15% dibandingkan metode konvensional. Sistem irigasi berbasis AI dapat mengurangi penggunaan air hingga 30%. Namun, penerapan AI di sektor pertanian Indonesia masih menghadapi tantangan dalam aksesibilitas teknologi dan infrastruktur, antara lain adanya kesenjangan infrastruktur digital di wilayah pedesaan, minimnya pemahaman teknologi di kalangan petani, dan beban modal awal yang tinggi. Untuk mengatasi tantangan ini, direkomendasikan pelatihan berbasis komunitas bagi petani, kolaborasi antara pemerintah dan industri teknologi untuk subsidi perangkat AI, serta pengembangan infrastruktur digital.

Berdasarkan Jurnal ke-4 dengan judul “Perkiraan produksi tanaman *biofarmaka* di Indonesia dengan menerapkan metode *Extreme Learning Machine*” (*Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 6, No. 11, 2022), penelitian ini mengembangkan model perkiraan produksi tanaman *biofarmaka* di Indonesia dengan memanfaatkan metode *Extreme Learning Machine* (ELM) dengan data triwulanan dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2003-2021. ELM dipilih karena kecepatan komputasinya yang tinggi dan stabilitas dalam menangani data *time-series*, serta kemampuan menghasilkan prediksi akurat dengan nilai MAPE 9,34% setelah melalui tahapan normalisasi data, pelatihan model, dan validasi menggunakan *nested cross validation*. Hasil ini menunjukkan keunggulan ELM dibanding metode jaringan saraf tiruan konvensional seperti *backpropagation*, sekaligus membuktikan potensinya sebagai alat pendukung keputusan dalam perencanaan produksi dan distribusi tanaman *biofarmaka*. Meskipun efektif, model ini memiliki keterbatasan seperti ketergantungan pada data agregat nasional dan belum mempertimbangkan faktor eksternal seperti cuaca atau kebijakan pemerintah. Implementasi lebih lanjut disarankan untuk menguji model pada level kabupaten atau jenis tanaman spesifik, serta menambahkan variabel pendukung guna meningkatkan akurasi prediksi. Temuan ini relevan bagi industri obat tradisional dan pemerintah dalam mengoptimalkan pasokan bahan baku *biofarmaka*, terutama mengingat tingginya permintaan domestik dan ekspor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran *Artificial Intelligence* (AI) dalam Prediksi Hasil Tanaman dengan Meta-Sintesis Literatur Terkini. Penelitian ini menerapkan pendekatan Tinjauan Literatur Sistematis (TLS) untuk mengevaluasi berbagai penelitian yang sebelumnya telah dilakukan terkait dengan tema ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa AI dapat menyediakan solusi inovatif dalam berbagai aspek pertanian seperti manajemen sumber daya, pemantauan kesehatan tanaman, dan optimalisasi penggunaan air. Berikut adalah hasil kesimpulan dari literatur yang menjawab *Research Question*.

RQ1. *Artificial Intelligence (AI)* dan *Machine Learning (ML)*

Penerapan Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (ML) telah memberikan dampak besar dalam meningkatkan efisiensi serta produktivitas di industri pertanian di Indonesia melalui berbagai teknologi canggih dan algoritma (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Algoritma seperti *Support Vector Machine (SVM)*, *Convolutional Neural Networks (CNN)*, dan *Long Short-Term Memory (LSTM)* telah terbukti mampu secara akurat mengidentifikasi penyakit tanaman, memperkirakan hasil panen, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Misalnya, CNN telah digunakan secara efektif untuk mendeteksi berbagai penyakit pada tanaman padi dengan akurasi mencapai 98%, memungkinkan petani mengambil tindakan preventif lebih cepat dan mengurangi kerugian tanaman (Putra et al., 2025). LSTM juga digunakan untuk memprediksi hasil panen dengan mengolah data historis seperti cuaca, kelembaban tanah, dan kondisi tanaman, yang menghasilkan prediksi lebih akurat hingga 15% dibandingkan metode konvensional (Putra et al., 2025).

Selain algoritma tertentu, teknologi umum seperti Pembelajaran Mesin (ML), *Computer Vision*, *Deep Learning*, *Internet of Things (IoT)*, dan *Remote Sensing* juga banyak digunakan dalam penelitian kecerdasan buatan di bidang pertanian (Maulana et al., 2024). Kombinasi AI dengan IoT memungkinkan pengaturan irigasi otomatis berdasarkan data kelembaban tanah, yang dapat mengurangi pemborosan air hingga 30% (Putra et al., 2025). Sistem berbasis AI juga mampu melakukan optimalisasi presisi terhadap varietas tanaman, jadwal penanaman, dan aplikasi pestisida dengan menggunakan *drone* serta robot penyemprot untuk meminimalkan akibat terhadap lingkungan (Maulana et al., 2024). Dalam konteks tertentu, pengembangan sistem untuk memprediksi waktu penyiraman yang paling efisien menggunakan ML, dengan model seperti regresi logistik, *random forest*, dan pohon keputusan yang dilatih dengan data dari stasiun cuaca otomatis (AWS) (Anggarda et al., 2023). Untuk memprediksi hasil panen dari tanaman *biofarmaka*, metode *Extreme Learning Machine (ELM)* digunakan pada data produksi historis yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang secara langsung mendukung peningkatan hasil pertanian (Fareza et al., 2022).

RQ2. Efektifitas Berbagai Metode dan Teknologi AI dan ML

Berbagai metode dan teknologi AI serta ML menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam mencapai akurasi prediksi dan pengelolaan di sektor pertanian, dengan tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada kombinasi teknologi dan tujuan aplikasinya (Maulana et al., 2024). *Support Vector Machine (SVM)* dengan dukungan IoT terbukti efektif dalam mengklasifikasikan data pertanian dengan akurasi mencapai 78,1% - 87,4% (Maulana et al., 2022). Penggunaan *remote sensing* yang dikombinasikan dengan *machine learning* memberikan hasil yang mengesankan dengan rentang akurasi 81,5% - 99% untuk identifikasi lahan yang memerlukan intervensi pestisida serta suplementasi nutrisi (Maulana et al., 2024). Selain itu, penggabungan kecerdasan buatan dan data besar dalam pengawasan jarak jauh dapat mencapai tingkat ketepatan yang sangat tinggi, yakni antara 95% hingga 99%, dalam mengidentifikasi penyakit tanaman dan serangan hama secara dini (Maulana et al., 2024). SVM juga mencatat akurasi rata-rata 92,93% - 94,95% dalam klasifikasi jenis tanah (Maulana et al., 2024).

Dalam sistem peramalan waktu penyiraman yang paling efisien, model regresi logistik mendapatkan tingkat ketepatan sebesar 84% (Anggarda et al., 2023). Faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kinerja prediksi ini adalah curah hujan (*rainfall*), radiasi matahari (*solar radiation*), dan kelembaban (*humidity*) (Anggarda et al., 2023). Untuk memperkirakan hasil panen tanaman *biofarmaka* dengan menggunakan metode *Extreme Learning Machine (ELM)*, penelitian ini berhasil memperoleh angka *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* terendah yaitu 9,34% (Fareza et al., 2022). Faktor-faktor yang sangat memengaruhi nilai MAPE ini meliputi rasio data pelatihan dan pengujian (rasio 90%:10% menghasilkan MAPE optimal),

jumlah fitur data (6 fitur terbukti optimal), dan jumlah *hidden neuron* (semakin banyak *hidden neuron* cenderung menghasilkan MAPE yang lebih kecil) % (Fareza et al., 2022).

RQ3. Hambatan Utama yang Dihadapi dalam Implementasi AI di Bidang Pertanian Indonesia

Penerapan kecerdasan buatan di bidang pertanian Indonesia mengalami beberapa hambatan utama yang menghalangi penggunaan teknologi ini (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Salah satu hambatan signifikan adalah keterbatasan infrastruktur digital di wilayah pedesaan, di mana banyak daerah tidak memiliki akses internet atau jaringan yang memadai untuk mendukung teknologi berbasis IoT dan AI ((Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Selain itu, rendahnya literasi digital di kalangan petani menjadi kendala karena sebagian besar dari mereka belum terbiasa dengan teknologi digital dan pemrograman, sehingga memperlambat proses adopsi AI (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Tantangan lain adalah biaya implementasi yang tinggi untuk perangkat keras yang dibutuhkan, seperti sensor IoT dan perangkat pemrosesan data, yang seringkali tidak terjangkau oleh petani kecil atau menengah (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025).

Untuk meningkatkan adopsi teknologi AI demi pertanian yang lebih berkelanjutan, diperlukan strategi kolaboratif yang terarah (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Hal ini mencakup peningkatan literasi digital petani melalui program pelatihan dan pendidikan yang mengajarkan penggunaan teknologi AI dalam praktik pertanian (Putra et al., 2025). Program-program ini dapat dilaksanakan oleh pemerintah dan lembaga pendidikan (Putra et al., 2025). Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, lembaga riset, dan industri teknologi juga sangat penting untuk menciptakan solusi teknologi yang terjangkau dan sesuai dengan kebutuhan petani (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025). Selanjutnya, perlu adanya upaya untuk menyediakan subsidi atau insentif bagi petani agar dapat mengakses perangkat AI dengan biaya yang lebih terjangkau (Putra et al., 2025). Pengembangan infrastruktur digital, termasuk perluasan akses internet dan penyediaan perangkat yang dibutuhkan untuk teknologi berbasis AI di daerah pedesaan, juga merupakan langkah krusial untuk mendukung adopsi AI secara luas (Maulana et al., 2024; Putra et al., 2025).

Berdasarkan analisis dari empat jurnal, temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa penerapan Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (ML) di bidang pertanian Indonesia telah menunjukkan peluang substansial untuk mengoptimalkan efisiensi, produktivitas, dan ketepatan dalam pengambilan keputusan. Berbagai algoritma canggih seperti SVM, CNN, LSTM, dan ELM telah berhasil diterapkan untuk berbagai keperluan mulai dari deteksi penyakit tanaman, prediksi hasil panen, hingga optimalisasi penggunaan air dan input pertanian lainnya. Teknologi pendukung seperti *Internet of Things* (IoT), penginderaan jauh, dan pembelajaran mendalam turut meningkatkan kapabilitas sistem pertanian presisi. Hal ini memungkinkan pemantauan dan pengelolaan lahan yang berbasis data dan berlangsung secara langsung, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi sumber daya serta mengurangi kerugian.

Efektivitas dari berbagai metode dan teknologi AI terbukti dalam hasil penelitian yang mencatat tingkat akurasi tinggi dalam berbagai aplikasi, seperti klasifikasi tanah, prediksi panen, dan pengelolaan penyiraman tanaman. Akurasi prediksi dan klasifikasi yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa AI dan ML mampu menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang andal dalam praktik pertanian. Namun, keberhasilan tersebut sangat bergantung pada kualitas data, pemilihan algoritma yang tepat, dan pengaturan parameter yang optimal. Oleh karena itu, penerapan teknologi ini memerlukan pemahaman teknis yang memadai serta dukungan sumber daya yang tepat agar hasilnya maksimal.

Meski potensinya besar, tantangan implementasi AI di sektor pertanian Indonesia tidak bisa diabaikan. Hambatan utama mencakup keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi digital petani, serta biaya tinggi untuk perangkat keras dan pelatihan. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan pendekatan kolaboratif yang melibatkan berbagai pihak, termasuk pemerintah, akademisi, dan industri teknologi. Investasi dalam pendidikan, pelatihan, dan pengembangan infrastruktur digital harus menjadi prioritas guna menciptakan ekosistem pertanian yang adaptif terhadap teknologi. Dengan strategi yang tepat, AI dan ML memiliki potensi besar untuk mentransformasi sektor pertanian Indonesia menjadi lebih cerdas, berkelanjutan, dan kompetitif secara global.

KESIMPULAN

Penerapan Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (ML) dalam sektor pertanian di Indonesia menawarkan peluang besar untuk memperbaiki efisiensi, hasil, dan keakuratan dalam pengambilan keputusan. Berbagai algoritma, seperti *Support Vector Machine (SVM)*, *Convolutional Neural Network (CNN)*, *Long Short-Term Memory (LSTM)*, dan *Extreme Learning Machine (ELM)*, telah digunakan untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman, memprediksi hasil panen, serta mengoptimalkan penggunaan air dan bahan pertanian lainnya. Teknologi pendukung seperti *Internet of Things (IoT)*, *remote sensing*, dan *deep learning* juga memperkuat sistem pertanian berbasis data. Kombinasi teknologi ini memungkinkan praktik pertanian presisi yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan dan kebutuhan lahan secara *real-time*.

Efektivitas teknologi AI dan ML tercermin dari tingkat akurasi yang tinggi dalam berbagai aplikasi. CNN mencapai tingkat akurasi hingga 98% dalam mengenali penyakit pada tanaman, SVM mendapatkan rata-rata akurasi antara 92% hingga 95% dalam pengklasifikasian jenis tanah, dan teknik ELM menunjukkan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* terendah sebesar 9,34% dalam memprediksi hasil panen. Model regresi logistik, hutan acak, dan pohon keputusan juga berhasil dalam meramalkan waktu penyiraman yang paling efisien dengan berdasarkan data cuaca dan tingkat kelembaban. Hasil-hasil ini membuktikan bahwa teknologi AI dapat berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang sangat andal dalam manajemen pertanian modern, terutama bila didukung oleh data historis berkualitas dan konfigurasi model yang tepat.

Namun demikian, implementasi AI dalam sektor pertanian Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan besar. Kendala utama meliputi keterbatasan infrastruktur digital di wilayah pedesaan, rendahnya literasi digital petani, serta tingginya biaya perangkat keras seperti sensor dan sistem pemrosesan data. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan strategi kolaboratif yang mencakup pelatihan digital bagi petani, pembangunan infrastruktur teknologi, dan dukungan pemerintah dalam bentuk subsidi atau insentif teknologi. Kerjasama antara pihak pemerintah, institusi pendidikan, sektor teknologi, dan komunitas pertanian merupakan hal yang penting untuk membangun ekosistem pertanian yang cerdas, terbuka, dan berkelanjutan dengan dukungan kecerdasan buatan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abendroth, B., Kleiner, A. & Nicholas, P. (2017). *Cybersecurity policy for the internet of things*. USA: Microsoft Corporation.
- Agrawal, S. & Vieira, D. (2013). "A survey on internet of things". *Abakós*, 1(2), 78-95.
- Anggarda, M. F., Kustiawan, I., Nurjanah, D. R., & Hakim, N. F. (2023). "Pengembangan sistem prediksi waktu penyiraman optimal pada perkebunan: Pendekatan machine learning untuk peningkatan produktivitas pertanian". *Jurnal Budidaya Pertanian*, 19(2), 124-136.
- Eriana, E. S., & Zein, A. (2023). *Artificial Intelligence (AI)*.
- Fareza, Z. A. N. A., Cholissodin, I., & Muflikhah, L. (2022). "Prediksi hasil panen tanaman biofarmaka di Indonesia dengan menggunakan metode extreme learning machine". *Jurnal pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(11), 5331-5338.
- "Implications for the Agri-Food Sector," *Agronomy*, vol. 13, no. 5, p. 1397, 2023. doi:10.3390/agronomy13051397.
- Junaidi, A. (2015). "Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya: review". *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3), 62-66.
- Kurniawan, A., Riadi, I. & Luthfi, A. (2017). "Forensic analysis and prevent of cross site scripting in single victim attack using open web application security project (OWASP) framework". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 95(6), 1363-1371.
- Maulana, A., & Sari, N. L. D. M. (2024, August). "Literatur Review Implementasi Artificial Intelligence dalam Pertanian". *In Prosiding Seminar Nasional Informatika* (Vol. 2, pp. 516-530).
- Putra, A. S. A. E., Hanif, C. U., & Racmadhani, M. A. M. (2025). "PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KEBERLANJUTAN PERTANIAN DI INDONESIA". *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 407-413.
- Said, K., Kurniawan, A. & Anton, O. (2018). "Development of media-based learning using android mobile learning". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(3), 668-676.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L. & Zorzi, M. (2014). "Internet of things for smart cities". *IEEE Internet Things Journal*, 1(1), 22-32.