

EVALUASI APLIKASI AI UNTUK ESTIMASI PRODUKTIVITAS PERTANIAN DI LAHAN SKALA KECIL: TINJAUAN LITERATUR KRITIS

Alibryan Liekardisro Vernando¹, Rahmat Ramadhan², Anugrah Dwiva Putra Bahtiar³,
Saputra Dwi Pramansyah⁴, Agim Mauzamma Ramadhan⁵, Yeni Budiawati⁶

¹⁻⁶Jurusan Agribisnis, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

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

¹4441220120@untirta.ac.id

ABSTRAK

Pertanian skala kecil memegang peranan krusial dalam ketahanan pangan nasional, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, namun masih dihadapkan pada keterbatasan sumber daya, akses teknologi, dan kerentanan terhadap perubahan iklim. Inovasi berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) menawarkan potensi signifikan untuk mengoptimalkan estimasi produktivitas, pengambilan keputusan berbasis data, serta efisiensi penggunaan input pertanian. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi secara kritis literatur terkini terkait aplikasi AI dalam estimasi hasil pertanian di lahan skala kecil, dengan fokus pada dampak sosial-ekonomi terhadap komunitas petani. Melalui metode tinjauan literatur kritis terhadap tujuh artikel terpilih (2020-2025), ditemukan bahwa penerapan AI seperti algoritma CNN, LSTM, serta sistem berbasis IoT (Internet of Things) mampu meningkatkan akurasi prediksi panen hingga 98%, efisiensi penggunaan air hingga 30%, serta mendukung otomatisasi proses irigasi dan pemupukan. Di sisi lain, studi juga mengungkap tantangan serius berupa rendahnya literasi digital, keterbatasan infrastruktur, serta biaya implementasi yang tinggi, yang dapat memperdalam ketimpangan teknologi di sektor pertanian. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan implementasi AI di lahan kecil tidak hanya bergantung pada efektivitas teknologinya, tetapi juga pada kesiapan sosial-ekonomi, dukungan kelembagaan, dan strategi inklusi digital. Penelitian ini merekomendasikan pendekatan kolaboratif antara pemerintah, penyedia teknologi, dan komunitas petani untuk menciptakan sistem pertanian berbasis AI yang berkelanjutan dan adil.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan (AI), Pertanian Skala Kecil, Estimasi Produktivitas

Article History

Received: Juni 2025

Reviewed: Juni 2025

Published: Juni 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Musytari.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Musytari



This work is licensed under

a [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Attribution-NonCommercial](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Pertanian skala kecil memiliki peranan penting dalam ketahanan pangan nasional, terutama di negara berkembang seperti Indonesia (Johan et al., 2022). Sektor ini menyumbang sebagian besar produksi pangan dan menjadi sumber penghidupan utama bagi jutaan rumah tangga petani (Hubeis et al., 2024). Namun, sektor ini menghadapi berbagai tantangan seperti keterbatasan lahan, minimnya akses terhadap informasi, teknologi, pendanaan, serta rentan terhadap perubahan iklim dan fluktuasi pasar (Aliudin et al., 2023). Ketimpangan digital semakin memperlebar jurang antara petani kecil dengan sektor pertanian yang sudah terdigitalisasi (Herdiana, 2023).

Inovasi teknologi, khususnya kecerdasan buatan (AI), membuka peluang baru dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan ketahanan sistem pertanian (Hubeis et al., 2024). Salah satu implementasi AI yang menjanjikan adalah dalam estimasi hasil panen, prediksi kondisi tanaman, dan manajemen input pertanian berbasis data (Aliudin et al., 2023). Dengan pendekatan ini, petani dapat mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan berbasis evidensi (Johan et al., 2022).

Namun, meskipun manfaat teknisnya signifikan, penerapan teknologi AI belum sepenuhnya inklusif. Petani kecil kerap menghadapi hambatan dalam mengadopsi teknologi baru, baik karena keterbatasan literasi digital, biaya, hingga resistensi sosial terhadap perubahan. Lebih jauh, integrasi AI juga membawa konsekuensi sosial-ekonomi seperti perubahan pola kerja, pengurangan tenaga kerja manual, dan potensi ketergantungan terhadap pihak ketiga penyedia teknologi (Herdiana, 2023).

Melihat kompleksitas permasalahan tersebut, pertanyaan utama yang muncul adalah: sejauh mana aplikasi kecerdasan buatan (AI) untuk estimasi produktivitas pertanian dapat memberikan manfaat nyata bagi petani kecil, dan apa dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkannya di tingkat komunitas pertanian skala kecil? Pertanyaan ini penting untuk dijawab karena keberhasilan adopsi AI tidak hanya ditentukan oleh efisiensi teknis, tetapi juga oleh penerimaannya dalam konteks sosial-ekonomi yang ada. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi secara kritis literatur yang membahas penerapan AI dalam estimasi hasil pertanian di lahan skala kecil, dengan fokus pada dampak sosial-ekonomi yang ditimbulkan terhadap petani kecil di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis maupun praktis dalam pengembangan teknologi pertanian yang inklusif dan berkelanjutan.

TINJAUAN LITERATUR

1. Klasifikasi dan Jenis Aplikasi AI dalam Pertanian

Artificial Intelligence (AI) atau kecerdasan buatan adalah simulasi kecerdasan manusia yang dimodelkan pada mesin dan diprogram agar seperti manusia. Sedangkan menurut McLeod dan Schell (2007), kecerdasan buatan adalah penyediaan mesin seperti komputer yang menggunakan kemampuan untuk menunjukkan perilaku yang diklaim cerdas seolah-olah potensi ditampilkan oleh manusia. Dengan kata lain, AI adalah sistem laptop yang mampu melakukan pekerjaan yang biasanya membutuhkan tenaga manusia atau kecerdasan manusia untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut (Dicoding Intern, 2020). Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam sektor pertanian terus berkembang, khususnya dalam upaya meningkatkan estimasi produktivitas di lahan pertanian skala kecil. AI di bidang ini dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan fungsinya, mulai dari pemantauan kondisi lahan hingga pengambilan keputusan berbasis data.

Salah satu aplikasi utama AI dalam pertanian adalah integrasinya dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) melalui sensor tanah dan lingkungan. Sistem seperti *E-Tani* yang dikembangkan oleh Wihartiko et al. (2021) menggabungkan sensor suhu dan kelembaban dengan AI untuk menganalisis kondisi iklim mikro dan memberikan rekomendasi kepada petani secara

otomatis. Hasil analisis AI dari data lingkungan ini dapat memandu petani dalam menentukan waktu tanam, jumlah air, serta jenis tanaman yang sesuai untuk ditanam di lahan mereka (Wihartiko et al., 2021). Dalam konteks manajemen air dan irigasi, AI berperan penting dalam mengoptimalkan distribusi air berdasarkan kebutuhan aktual tanaman. Sebagai contoh, sistem *Smart Sprout* yang dikembangkan oleh Lestari et al. (2024) memanfaatkan mikrokontroler yang terhubung dengan sensor tanah serta modul komunikasi untuk mengatur irigasi secara otomatis. Sistem ini tidak hanya menghemat penggunaan air, tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi melalui irigasi yang lebih presisi dan sesuai kebutuhan tanaman

Aplikasi AI juga semakin luas digunakan untuk deteksi dini penyakit tanaman. Dengan memanfaatkan teknologi pengenalan pola dan pengolahan citra, sistem ini mampu menganalisis gejala penyakit pada daun atau batang tanaman dari foto atau citra digital (Siregar, M. A. (2024). Klasifikasi kesuburan tanah berbasis AI juga menjadi bagian penting dari strategi peningkatan produktivitas. Penelitian oleh Muchtar et al. (2023) menunjukkan bahwa algoritma AI dapat digunakan untuk menganalisis tekstur dan kandungan unsur hara tanah melalui citra digital. Berdasarkan hasil analisis ini, AI dapat merekomendasikan jenis tanaman yang paling cocok ditanam di suatu lahan, sehingga mengoptimalkan hasil panen petani kecil.

Kerangka pertanian cerdas atau *Smart Farming 4.0*, AI memainkan peran sebagai penghubung antara berbagai teknologi digital. Menurut Sinaga et al. (2022), AI dapat mengintegrasikan data dari sensor, drone, dan citra satelit untuk merancang sistem pertanian yang lebih adaptif dan efisien, dari pengolahan tanah hingga pascapanen. Penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam pertanian skala kecil telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Sebagai contoh, di Kenya, petani skala kecil yang menggunakan alat berbasis AI seperti *Virtual Agronomist* dan *PlantVillage* berhasil meningkatkan hasil panen mereka secara signifikan, dengan beberapa petani melaporkan peningkatan hasil panen kopi hingga tiga kali lipat (Wachira, 2024). Di India, penggunaan aplikasi AI untuk prediksi cuaca dan manajemen pertanian telah membantu petani kecil meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan mengurangi utang, yang pada gilirannya meningkatkan tabungan mereka (Srivastava, 2025). Selain itu, adopsi pertanian presisi yang didukung oleh AI di Amerika Serikat telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan hasil panen, yang berkontribusi pada ketahanan pangan nasional (Shoemaker, 2024).

2. Keberhasilan dan Tantangan Implementasi AI di Lahan Skala Kecil

AI berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian, namun tantangan struktural dan teknis di tingkat petani kecil masih menjadi penghambat utama. Studi oleh Ririh et al. (2020) mengidentifikasi bahwa meskipun teknologi AI, seperti pemrosesan citra dan pembelajaran mesin, sudah digunakan dalam sektor agrikultur nasional, penetrasi ke lahan pertanian skala kecil masih minim karena keterbatasan infrastruktur digital dan literasi teknologi di pedesaan (Ririh, K. R., Laili, N., & Wicaksono, A. (2020)). Teknologi seperti pengolahan citra (*image processing*), sensor *Internet of Things* (IoT), dan *machine learning* dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman dan memprediksi hasil panen. Namun, seperti diungkapkan oleh Sugihartati (2022), penggunaan AI seringkali tidak dibarengi dengan kesiapan sumber daya manusia di tingkat petani. Rendahnya literasi digital dan keterbatasan pemahaman terhadap teknologi menghambat proses adopsi di lapangan (Sugihartati, R. 2022).

Tantangan finansial juga menjadi isu utama dalam adopsi AI di lahan kecil. Instalasi sensor tanah, kamera pengawas, atau drone pengumpul data memerlukan biaya awal yang relatif tinggi dan tidak terjangkau oleh sebagian besar petani kecil. Meskipun terdapat program subsidi teknologi dari pemerintah daerah, distribusinya belum merata dan tidak semua wilayah pertanian mendapat prioritas. Model pembiayaan kolektif atau koperasi berbasis teknologi menjadi salah satu solusi potensial, namun masih memerlukan kerangka hukum dan kelembagaan yang kuat. AI dapat memberikan rekomendasi pemupukan, sistem irigasi

otomatis, serta prediksi cuaca mikro yang membantu petani membuat keputusan berbasis data dalam pengambilan keputusan (Karunathilake et al. (2023).

3. Dampak Sosial Ekonomi Aplikasi AI terhadap Petani Kecil

Transformasi digital dalam sektor pertanian melalui penerapan kecerdasan buatan (AI) telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi produksi, khususnya bagi petani kecil. Namun, selain manfaat teknis, penting untuk mengevaluasi secara menyeluruh dampak sosial dan ekonomi dari penerapan teknologi ini. Sejumlah studi dalam negeri menunjukkan bahwa dampak tersebut tidak hanya bersifat positif, namun juga menghadirkan tantangan struktural dan sosial yang signifikan. Menurut Qurani et al. (2022) dalam jurnal Sistem Informasi Pertanian Berbasis AI untuk Penguatan Ketahanan Sosial Ekonomi di Lahan Suboptimal, penggunaan sistem informasi berbasis AI dalam sektor pertanian mampu meningkatkan efisiensi input dan hasil produksi, sekaligus memperkuat aspek sosial ekonomi petani melalui akses informasi yang lebih cepat dan tepat.

Dalam studi ini, disebutkan bahwa integrasi AI dalam sistem pertanian berkelanjutan di lahan suboptimal berkontribusi pada ketahanan sosial-ekonomi komunitas petani kecil, khususnya melalui peningkatan pendapatan dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Selaras dengan temuan tersebut, Aroba dan Rudolph (2024) dalam penelitiannya juga menekankan bahwa penerapan *precision agriculture* berbasis AI tidak hanya memberikan lonjakan produktivitas bagi petani kecil di Afrika, tetapi juga mendorong transformasi sosial yang lebih luas. Mereka menyoroti pentingnya dukungan kebijakan dan pelatihan agar teknologi ini dapat diadopsi secara inklusif dan berkelanjutan oleh komunitas tani.

Setyawati & Arkeman (2020) menyoroti bahwa kendala adopsi teknologi AI pada petani kecil di Karawang disebabkan oleh minimnya sosialisasi dan pelatihan, yang kemudian berdampak pada kesenjangan literasi digital di kalangan petani. Hal ini menimbulkan kesenjangan sosial yang makin lebar antara petani yang mampu mengakses teknologi dan yang tidak. Penelitian oleh Nurjati (2023) menjelaskan bahwa penerapan pertanian presisi berbasis AI mendorong transformasi sosial melalui adaptasi teknologi secara kolektif oleh komunitas lokal. Namun, transformasi ini berjalan lambat jika tidak dibarengi dukungan kebijakan dan akses infrastruktur digital .

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Tinjauan Literatur Kritis (*Critical Literature Review*), Metode ini merupakan suatu cara baku yang digunakan untuk mengidentifikasi dan melakukan proses sintesis terhadap penelitian yang sudah dilakukan dan relevan terkait satu tema studi tertentu (Petticrew & Roberts, 2006). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara mendalam penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam estimasi produktivitas pertanian di lahan skala kecil. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan analisis reflektif terhadap kualitas, relevansi, dan kontribusi masing-masing studi terhadap pemahaman kolektif atas topik.

Penelitian ini menggunakan berbagai artikel yang terbit pada tahun 2020 sampai dengan 2025. Artikel jurnal pada penelitian ini diakses melalui situs resmi, seperti *google scholar* serta artikel lain yang relevan. Istilah yang digunakan untuk menelusuri artikel ilmiah yaitu “Aplikasi AI dalam Pertanian”, “Estimasi Produktivitas Pertanian Skala Kecil”, “Dampak Sosial Ekonomi Pertanian”. Selama proses analisis dokumen, artikel yang berisi kata kunci tersebut diunduh dan ditinjau satu persatu oleh peneliti.. Lima puluh dua artikel ditemukan dalam proses pencarian dokumen (n= 52) yang berfokus pada kata kunci dan Berdasarkan tinjauan, beberapa artikel dihapus dari penelitian: 1. Artikel dari prosiding, buku, dan bab buku (n= 5); 2 Artikel tidak berhubungan dengan tema (n= 40) dan hanya tujuh artikel yang sesuai dengan tema.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada zaman yang serba modern ini, tentunya teknologi modern sangat penting untuk membantu pekerjaan manusia. Contohnya pada bidang pertanian yaitu seperti Internet Of Things atau IoT yang dapat membantu para petani untuk mendapatkan data secara real-time mengenai kelembaban tanah, suhu, jadwal penyiraman dan sebagainya. Oleh karena itu pembahasan ini dibuat untuk menggali lebih dalam dari kumpulan jurnal yang sudah ditentukan sesuai kriteria untuk dibahas, harapannya supaya pembaca dapat mengetahui peran teknologi di bidang pertanian guna mendukung peningkatan ekonomi dan kesejahteraan sosial. Berikut adalah ringkasan dari jurnal yang sudah kami temukan.

No	Judul Artikel	Penulis & Tahun	Hasil	Kelebihan	Kekurangan
1.	Smart Farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern	Rika Reviza Rachmawati (2020)	Dalam jurnal tersebut penerapan smart farming memiliki dampak yang baik secara sosial maupun ekonomi, pada penerapan smart farming tentunya menggunakan aplikasi seperti RiTx (Soil and weather sensor) untuk mengetahui data pada tanah, cuaca dan kelembaban selanjutnya yaitu Drone sprayer untuk menyiram pestisida atau pupuk agar lebih efisien. Pada jurnal ini juga menjelaskan sistem block chain jika digunakan oleh para petani akan memangkan rantai pasok menjadi lebih sederhana untuk para distribusi hasil panen	pada smart farming 4.0 tentunya memiliki kelebihan yang akan mendukung kesejahteraan para petani seperti efisiensi modal, tenaga, dan waktu selama proses tanam. pada masa modern ini smart farming 4.0 tentunya di dukung oleh digitalisasi sehingga memudahkan para petani mendistribusikan hasil panennya dengan lebih mudah	Dibalik kelebihan tentunya smart farming 4.0 memiliki kekurangan yang akan menghambat penerapan smart farming seperti biaya investasi awal yang cukup tinggi, kurangnya pemahaman tentang teknologi modern dan kurangnya infrastruktur yang memadai.

2.	Aplikasi Petani Millenial Meningkatkan Produktivitas Bidang Pertanian	Roissa Nathania Putri, Zuhud Rozaki , Retno Wulandari, Cahyaningrum Arie Suryani (2024)	Aplikasi Petani Milenial merupakan solusi inovatif berbasis teknologi seperti IoT, kecerdasan buatan, dan analisis data yang menyediakan pemantauan lahan real-time, panduan interaktif, serta forum kolaboratif untuk meningkatkan produktivitas pertanian, didukung oleh pelatihan intensif dan pembaruan konten agar petani milenial dapat memaksimalkan penggunaannya.	Jurnal ini memiliki kelebihan karena topiknya relevan dengan konteks lokal, mencakup variabel sosial ekonomi yang komprehensif, serta menyajikan hasil secara sistematis.	Kekurangan seperti kajian pustaka yang kurang mendalam, ukuran sampel yang terbatas, minimnya aspek kualitatif, analisis yang belum menjelaskan hubungan kausal secara mendalam, serta kurangnya visualisasi data untuk memperjelas temuan penelitian.
3.	Implementasi Kecerdasan Buatan untuk Memantau Lahan Pertanian	Anggit Prastika Setiany , Dian Noviyanto , Muhammad Irfansyahfalah , Siti Aisah , Yulianti, Irfan Kusyadi (2020)	Penelitian ini membahas tentang perancangan sistem pemantauan pertanian berbasis kecerdasan buatan yang dikenal dengan nama E-Tani. Sistem ini mengintegrasikan teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT) dan analisis sistem pertanian (<i>Farming System Analysis/FSA</i>) untuk memudahkan petani dalam mengelola lahan. Sistem E-Tani menyediakan berbagai fitur penting seperti sensor suhu, kelembaban, dan kondisi tanah, yang	Sistem E-Tani menawarkan beberapa keunggulan. Pertama, kemampuan pemantauan secara <i>real-time</i> memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang cepat dan akurat terkait kondisi lahan. Kedua, penggunaan teknologi IoT memungkinkan pemantauan tanpa batasan jarak dan waktu. Ketiga, integrasi dengan	terdapat beberapa kekurangan dalam sistem ini. Salah satunya adalah keterbatasan sistem operasi yang didukung, karena aplikasi ini hanya berjalan di perangkat Android. Selain itu, sistem belum bisa berfungsi secara offline, yang menjadi hambatan bagi petani di daerah tanpa koneksi internet stabil.

			datanya diproses secara real-time dan ditampilkan melalui aplikasi mobile maupun web. Dengan data tersebut, petani bisa memantau kondisi lingkungan secara akurat, melakukan penyiraman serta pemupukan secara tepat, dan mencatat informasi penting seperti waktu panen dan jenis tanaman. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pertanian dari tahap pra-tanam hingga panen dan membantu mengurangi kegagalan panen.	FSA memberikan pendekatan holistik terhadap aspek pertanian seperti tanah, tenaga kerja, dan modal. Keempat, sistem ini menyederhanakan proses pertanian dan menyediakan informasi komprehensif mulai dari suhu, kelembaban, kondisi tanah, hingga aktivitas penyiraman dan pemupukan.	Kekurangan lainnya terletak pada aspek keamanan data, yang masih belum dilengkapi dengan sistem enkripsi. Terakhir, metode pengembangan yang digunakan masih bisa ditingkatkan dengan pendekatan atau algoritma lain untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
4.	PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KEBERLANJUTAN PERTANIAN DI INDONESIA	Ahnaf Sofi'an Eka Putra, Chothibul Umam Hanif, Moch. Azriel Maulana R (2025)	Penerapan Artificial Intelligence (AI) dalam sektor pertanian di Indonesia, yang menghadapi tantangan signifikan seperti peningkatan kebutuhan pangan, keterbatasan sumber daya, dan perubahan iklim. Penelitian menunjukkan bahwa algoritma seperti Convolutional Neural Networks (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), dan Support Vector Machine (SVM) dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan	Aplikasi Artificial Intelligence (AI) dalam pertanian memiliki beberapa kelebihan, antara lain peningkatan akurasi dalam deteksi penyakit tanaman dan prediksi hasil panen, dengan algoritma seperti Convolutional Neural Networks (CNN) yang mencapai akurasi hingga 98%. Selain itu, integrasi AI dengan Internet	Terdapat kekurangan dalam penerapan aplikasi AI ini. Keterbatasan infrastruktur digital di daerah pedesaan menjadi hambatan utama, di mana akses internet yang tidak memadai mengganggu penggunaan Rendahnya literasi digital di kalangan petani juga menghambat adopsi AI,

			pertanian. AI berperan penting dalam deteksi penyakit tanaman dan prediksi hasil panen, yang memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih baik dan mengurangi penggunaan pestisida. Integrasi AI dengan Internet of Things (IoT) juga terbukti efektif dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya, seperti air, yang dapat mengurangi pemborosan hingga 30%. Namun, penerapan AI di Indonesia masih terhambat oleh keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi digital di kalangan petani, dan biaya implementasi yang tinggi.	of Things (IoT) memungkinkan otomatisasi irigasi yang efisien, mengurangi penggunaan air hingga 30%, serta membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih baik berdasarkan data analitik.	sementara biaya implementasi yang tinggi untuk perangkat keras seperti sensor IoT sering kali tidak terjangkau oleh petani kecil. Selain itu, penelitian ini mungkin tidak mencakup semua aspek yang diperlukan untuk memahami sepenuhnya dampak aplikasi AI dalam pertanian di Indonesia, sehingga memerlukan studi lebih lanjut.
5.	SHANKARA: APLIKASI SMART FARMING MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING BERBASIS DATA GEOSPASIAL SEBAGAI AKSELERASI PEREKONOMIA	Darell Liu Hermawan, Siti Nur'Azizah , Wanwha Sonia P.A.S , Ika Qutsiati Utami, S.Kom., M.Sc (2023)	Shankara merupakan aplikasi android yang dirancang guna mewujudkan <i>smart farming</i> . Aplikasi tersebut memanfaatkan teknologi machine learning dengan berbasis data geospasial. Pada aplikasi "Shankara" memiliki 2 fitur	Ada penerapan inovasi teknologi kecerdasan buatan dalam sektor pertanian dengan metode yang praktis dan secara langsung memenuhi kebutuhan petani setempat. Model prediksi yang	Kekurangan pada jurnal tersebut terbagi menjadi dua, yaitu: pertama, data yang dipakai untuk model rekomendasi tanaman utamanya diambil dari

	N PERTANIAN MENUJU PENCAPAIAN SDGS DI INDONESIA (STUDI KASUS: KABUPATEN TABANAN, BALI		utama yaitu rekomendasi tanaman dan pemasaran hasil pertanian. Fitur rekomendasi tersebut menggunakan model Long Short - Term Memory (LSTM) untuk memperkirakan kondisi geospasial seperti cuaca, suhu, kelembaban, serta curah hujan yang digunakan untuk menentukan rekomendasi tanaman. Sedangkan fitur pemasaran menerapkan konsep <i>Short Food Supply Chain (SFCs)</i> untuk menurunkan masalah over supply dengan menghubungkan petani langsung pada konsumen lokal	diterapkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan klasifikasi tanaman mencapai lebih dari 95%. Pendekatan Sistem Pengadaan Makanan Pendek (SFSCs) juga menawarkan solusi yang berkelanjutan untuk pengelolaan rantai pasok, sekaligus memperkuat aspek sosial dan ekonomi para petani. Di samping itu, metode penelitian ini sangat sesuai dengan tujuan SDGs, terutama dalam upaya mengurangi kemiskinan dan kelaparan.	platform internasional seperti Kaggle yang berdasarkan pada situasi iklim di India, sehingga kurang mencerminkan sepenuhnya kondisi agroklimat di Indonesia. Kedua, aplikasi ini belum menggunakan data kimia tanah seperti kadar nitrogen, fosfor, dan pH, yang sebenarnya sangat penting untuk menentukan kesesuaian tanaman. Terakhir, implementasinya masih terbatas pada daerah Kabupaten Tabanan, sehingga efektivitasnya jika diterapkan di wilayah lain yang memiliki karakteristik berbeda belum dapat diketahui. Keterbatasan dalam sumber
--	--	--	---	---	---

					daya dan data lokal menjadi tantangan utama dalam pengembangan aplikasi ini ke depan.
6.	Perancangan Sistem Monitoring Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Algoritma Random Forest Regression untuk Deteksi Ketinggian pada Tanaman Tomat Cherry	Vito Hafizh Cahaya Putra, Muhammad Al-Husaini, Ari Purno Wahyu, Agung Rachmat Raharja (2025)	Penelitian ini menggunakan beberapa aplikasi utama untuk mendukung sistem monitoring cerdas, yaitu Thingspeak, Google Colab, Telegram, dan Wokwi Simulator. Thingspeak digunakan sebagai platform penyimpanan dan visualisasi data sensor secara cloud. Google Colab digunakan untuk menjalankan algoritma <i>Random Forest Regression</i> dalam memprediksi tinggi tanaman berdasarkan data yang dikirim dari Thingspeak. Telegram berfungsi sebagai media notifikasi otomatis jika nilai pH tanah berada di luar batas aman. Sementara itu, Wokwi digunakan sebagai simulator perangkat keras untuk menguji seluruh sistem secara virtual sebelum implementasi nyata.	Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini saling mendukung dan efisien. Thingspeak memudahkan penyimpanan dan visualisasi data secara real-time, Google Colab memungkinkan pemrosesan machine learning tanpa perlu perangkat lokal, Telegram memberikan notifikasi otomatis yang cepat, dan Wokwi membantu simulasi perangkat keras tanpa biaya tambahan.	Thingspeak versi gratis membatasi jumlah dan frekuensi pengiriman data, yang dapat menghambat pemantauan intensif. Google Colab memerlukan koneksi internet stabil dan memiliki batas waktu penggunaan, sehingga kurang cocok untuk pelatihan model jangka panjang. Telegram hanya mendukung notifikasi satu arah tanpa interaksi pengguna. Sementara itu, Wokwi hanya mensimulasikan perangkat secara virtual, sehingga tidak mencerminkan kondisi fisik nyata seperti gangguan

					sinyal atau respons aktual perangkat keras.
7.	<i>Artificial Intelligence in Agriculture: Enhancing Productivity and Sustainability</i>	Hamed, M. A., El-Habibi, M. F., Sababa, R. Z., Al-Hanjori, M. M., Abunasser, B. S., & Abu-Naser, S. S. (n.d.). (2024)	Kecerdasan Buatan (AI) telah muncul sebagai kekuatan transformatif dalam bidang pertanian, menawarkan kemajuan yang signifikan dalam produktivitas, optimalisasi sumber daya, dan keberlanjutan. Penelitian ini menyoroti dampak mendalam dari teknologi AI terhadap praktik pertanian modern dan menekankan potensinya dalam mengatasi tantangan-tantangan kritis di sektor pertanian.	Jurnal ini memiliki kelebihan dalam menyajikan pemanfaatan teknologi AI secara komprehensif untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan sektor pertanian melalui analisis data, prediksi cuaca, dan otomatisasi	memiliki kekurangan karena kurang membahas tantangan implementasi seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, akses internet di daerah terpencil, biaya adopsi yang tinggi, serta kurangnya kesiapan sumber daya manusia seperti pelatihan dan literasi digital di kalangan petani.

Tabel 1. Hasil Pembahasan

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pertanian terus berkembang dan mulai menyentuh lahan-lahan skala kecil. Di balik kemajuan ini, muncul berbagai perubahan yang dirasakan langsung oleh para petani, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam menjalankan usaha tani mereka. ada beberapa dampak yang dirasakan oleh petani dengan diadakannya *Artificial Intelligence* (AI), contohnya seperti dampak ekonomi dan juga dampak sosial. Oleh karena itu pembahasan di bawah bertujuan untuk mengetahui dampak sosial dan dampak ekonomi dari setiap jurnal yang sudah di kumpulkan, yang nantinya memberikan kita gambaran bahwa tidak hanya peluang saja yang ditawarkan oleh teknologi, tetapi juga tantangan dan risiko yang perlu diperhatikan agar penerapan AI benar-benar dapat membawa manfaat yang merata dan berkelanjutan.

Judul	Dampak Ekonomi	Dampak Sosial
Smart Farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern	Penerapan teknologi modern tentunya untuk mendukung kemajuan para petani,oleh karena itu penggunaan teknologi modern seperti AI,Drone Sprayer, <i>Blockchain</i> tentunya meningkatkan efisiensi di kalangan para petani,contohnya seperti penggunaan <i>Cultivate Water Management</i> yang dapat meingkatkan produksi pertanian mencapai hingga 20% dan menurunkan penggunaan air sebanyak 30 % yang tentunya berdampak besar bagi para petani.	Dengan penerapan Smart farming tentunya dapat membantu meningkatkan minat generasi muda untuk ikut terlibat pada sektor pertanian, tentunya hal ini dapat mengatasi masalah besar pada bidang pertanian mengenai regenerasi para petani, karena pada saat ini petani di Indonesia di dominasi oleh para orang tua. Pemerintah dan lembaga pendidikan juga tentunya dapat ikut andil dalam hal tersebut dengan mengadakan pelatihan untuk menarik minat generasi muda.
Aplikasi Petani Millenial Meningkatkan Produktivitas Bidang Pertanian	Dengan menyediakan informasi teknis secara cepat dan akurat, seperti waktu tanam yang tepat, rekomendasi pupuk, serta peringatan cuaca, aplikasi ini membantu petani mengelola lahan secara lebih efisien. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan hasil panen karena kesalahan dalam proses budidaya dapat diminimalkan. Selain itu, fitur kalkulasi kebutuhan produksi membantu petani menghindari pembelian bahan secara berlebihan, sehingga biaya produksi bisa ditekan dan efisiensi meningkat.	Pendekatan digital yang digunakan dalam aplikasi ini menjadikan dunia pertanian terlihat lebih modern, sehingga dapat menarik perhatian dari generasi muda dan menarik sebagai pilihan karier. Selain itu, keberadaan aplikasi ini mengurangi ketergantungan petani pada penyuluh pertanian konvensional, karena informasi yang dibutuhkan dapat diakses langsung dari perangkat mereka kapan saja. Ini sangat membantu khususnya di daerah terpencil yang seringkali kekurangan tenaga penyuluh. Seiring dengan itu, penggunaan aplikasi juga meningkatkan literasi digital di kalangan petani, yang semula menggunakan ponsel hanya untuk komunikasi pribadi, kini mulai memanfaatkannya untuk kebutuhan profesional.
Implementasi Kecerdasan Buatan untuk Memantau Lahan Pertanian	Dengan adanya sistem E-Tani, tentunya membantu para petani untuk meingkatkan hasil produksi dan peningkatan efisiensi operasional. Hal ini merupakan salah satu manfaat penggunaan	Dengan adanya E-Tani yang mempermudah para petani untuk mengelola lahan pertanian,tentunya dapat mengurangi ketergantungan para petani terhadap cara yang

	pemantauan AI berbasis IoT, penggunaan teknologi modern juga tentunya membuka peluang untuk memperluas pemasaran hasil pertanian	konvensional. Selain itu E-Tani juga membantu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat
PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KEBERLANJUTAN PERTANIAN DI INDONESIA	Penerapan teknologi Artificial Intelligence pada sektor pertanian tentunya memiliki dampak positif yang signifikan untuk perekonomian Indonesia, kontribusi AI pada peningkatan produktivitas bisa dilihat pada efisiensi penggunaan sumber daya dan penurunan dampak buruk pada lingkungan. Contohnya pada penggunaan Convolutional Neural Networks (CNN) yang mempunyai akurasi sampai 98% untuk mendeteksi penyakit pada tanaman padi, selain itu penggunaan Long Short- Term Memory (LSTM) juga membantu para petani untuk menentukan jadwal yang tepat untuk melakukan pemanenan berdasarkan data cuaca dan kelembaban tanah yang didapat. LSTM juga membantu efisiensi penggunaan sumber daya seperti air untuk mengurangi pemborosan.	Selain adanya dampak ekonomi, tentunya dampak sosial juga akan terasa oleh para petani, dengan penerapan AI yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian tentunya mendorong kesadaran para petani untuk mengikuti pelatihan guna menunjang kemampuannya dalam mengaplikasikan teknologi AI.
SHANKARA: APLIKASI SMART FARMING MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING BERBASIS DATA GEOSPASIAL SEBAGAI AKSELERASI PEREKONOMIAN PERTANIAN MENUJU PENCAPAIAN SDGS DI INDONESIA (STUDI KASUS: KABUPATEN	Dampak ekonomi dari penggunaan Shankara ini tampak melalui peningkatan penghasilan petani dengan menerapkan Rantai Pasokan Makanan Pendek (SFSCs) yang memungkinkan petani menjual langsung kepada konsumen tanpa perantara. Ini berkontribusi untuk menstabilkan harga produk pertanian, mengurangi kerugian akibat kelebihan pasokan, dan menghasilkan pendapatan yang lebih berkelanjutan. Di samping itu, aplikasi ini juga mendukung efisiensi dalam proses produksi dan distribusi, yang secara	pemberdayaan petani lokal sebagai aktor utama dalam sistem distribusi pertanian. Melalui pendekatan Short Food Supply Chain (SFSCs), para petani bisa berhubungan langsung dengan pembeli, yang meningkatkan kepercayaan diri dan kepuasan dalam pekerjaan mereka. Inisiatif ini juga mendorong kerjasama antar petani, memperkuat jaringan komunitas, dan menumbuhkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengonsumsi produk lokal yang sehat. Dengan meningkatnya kesejahteraan petani, inisiatif ini

TABANAN, BALI	keseluruhan mendorong kemajuan ekonomi lokal di Kabupaten Tabanan.	juga berperan dalam menurunkan angka migrasi ke kota dan memperkuat ketahanan sosial di wilayah pedesaan.
Perancangan Sistem Monitoring Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Algoritma Random Forest Regression untuk Deteksi Ketinggian pada Tanaman Tomat Cherry	Penerapan teknologi Artificial Intelligence of Things (AloT) pada pertanian modern tentunya memberikan positif yang signifikan. Sistem monitoring berbasis IoT tentunya dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penggunaan algoritma Random Forest Regression membantu para petani untuk menentukan pertumbuhan tanaman secara akurat serta menurunkan resiko gagal panen, karena algoritma Random Forest Regression juga meliputi sistem irigasi cerdas, waktu penyiraman berdasarkan kelembaban pada tanah sehingga meningkatkan efisiensi dan meningkatkan margin.	Pada jurnal ini menjelaskan penggunaan IoT dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia. Walaupun mengurangi kebutuhan pekerja, tetapi hal tersebut mendorong para petani untuk mengasah keterampilan supaya mendapatkan akses informasi yang lebih baik dan dapat mengaplikasikan teknologi yang lebih baik. Dengan bantuan IoT petani dapat mengambil keputusan yang lebih baik, karena memiliki data yang akurat. Teknologi yang semakin modern dan membantu para petani tentunya meningkatkan kualitas hidup para petani.
Artificial Intelligence in Agriculture: Enhancing Productivity and Sustainability	Teknologi AI dapat membantu petani dalam banyak hal, mulai dari menentukan waktu tanam yang tepat, memperkirakan hasil panen, hingga mendeteksi hama atau penyakit secara dini. Dengan dukungan data yang akurat dan analisis yang cepat, petani jadi bisa mengambil keputusan dengan lebih percaya diri dan berdasarkan fakta, bukan sekadar pengalaman atau perkiraan. Hal ini tentu saja membuat hasil panen lebih maksimal dan risiko gagal panen bisa ditekan. Selain itu, AI juga bisa menekan biaya produksi. Misalnya, dengan sistem irigasi otomatis yang berbasis sensor, petani tidak perlu lagi membuang-buang air atau tenaga untuk menyiram lahan secara manual.	Salah satu hal yang paling terlihat dari dampak sosial yang dijelaskan jurnal ini adalah mulai tumbuhnya minat generasi muda untuk terjun ke dunia pertanian. Dulu, banyak anak muda enggan bertani karena dianggap ketinggalan zaman dan penuh kerja kasar. Tapi sekarang, dengan adanya teknologi seperti AI, pertanian jadi terlihat keren dan menjanjikan. Banyak anak muda mulai melihat peluang di sektor ini baik sebagai petani modern, pengusaha agritech, maupun tenaga ahli yang mengelola teknologi pertanian. AI juga mengubah cara petani belajar dan berinteraksi. Mereka kini bisa mengakses informasi lewat aplikasi, berdiskusi dengan petani lain secara online, atau mengikuti pelatihan digital.

Tabel 2. Hasil Pembahasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil tinjauan dari delapan jurnal, penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) terbukti membawa banyak manfaat bagi petani skala kecil. Teknologi seperti sensor tanah, drone, aplikasi prediksi cuaca, dan sistem pemantauan berbasis IoT sangat membantu petani dalam mengelola lahannya. Dengan bantuan AI, petani bisa mengetahui waktu tanam yang tepat, memantau kelembaban tanah, serta menentukan waktu penyiraman dan pemupukan secara otomatis.

Penggunaan AI juga terbukti meningkatkan hasil panen dan menghemat biaya produksi. Beberapa teknologi bahkan mampu meningkatkan hasil panen hingga 30% dan mengurangi penggunaan air sampai 30%. Selain itu, sistem seperti E-Tani dan Shankara memudahkan petani untuk mengakses informasi secara langsung dan memasarkan hasil panennya tanpa perantara, sehingga keuntungan menjadi lebih besar. (sumber)

Dari sisi sosial, teknologi AI juga membawa perubahan positif. Banyak generasi muda mulai tertarik kembali ke sektor pertanian karena adanya teknologi yang membuat pekerjaan tani lebih modern dan efisien. Selain itu, penggunaan aplikasi pertanian membuat petani menjadi lebih mandiri karena tidak perlu selalu menunggu penyuluh untuk mendapatkan informasi. Namun, masih ada beberapa tantangan. Banyak petani belum memahami teknologi digital, terutama yang berada di pedesaan. Jaringan internet yang belum merata, biaya alat yang mahal, dan kurangnya pelatihan juga menjadi kendala utama. Jika tantangan ini tidak segera diatasi, maka teknologi ini hanya akan dinikmati oleh sebagian kecil petani saja.

Secara keseluruhan, AI memang sangat membantu dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian. Tapi untuk bisa berhasil secara luas, perlu ada dukungan pelatihan, infrastruktur yang memadai, dan bantuan dari pemerintah agar semua petani bisa ikut merasakan manfaatnya.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis literatur kritis terhadap delapan studi yang relevan, dapat disimpulkan bahwa penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam pertanian skala kecil di Indonesia memiliki potensi transformasi yang sangat besar, baik dari aspek teknis maupun sosial-ekonomi. AI berfungsi sebagai pendorong utama dalam meningkatkan efisiensi produksi, akurasi estimasi hasil panen, dan pengambilan keputusan berbasis data, yang sangat penting mengingat keterbatasan sumber daya yang dihadapi oleh petani kecil. Teknologi AI seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) telah terbukti meningkatkan akurasi prediksi cuaca, diagnosis penyakit tanaman, dan klasifikasi kesuburan tanah. Sistem seperti E-Tani, *Smart Farming 4.0*, dan Shankara berhasil mengintegrasikan sensor IoT dan analisis data *real-time* untuk mengoptimalkan proses pertanian dari pra-tanam hingga panen, dengan peningkatan produktivitas hingga 20-30% dan efisiensi penggunaan air sebesar 30%.

Dari perspektif sosial dan ekonomi, penerapan AI telah mendorong peningkatan literasi digital, perubahan pola kerja petani, serta memperluas akses pasar melalui pendekatan seperti *Short Food Supply Chain* (SFSCs). Aplikasi berbasis AI menciptakan peluang baru untuk regenerasi sektor pertanian dengan menarik minat generasi muda dan mengurangi ketergantungan petani pada metode konvensional. Namun, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur digital, biaya awal yang tinggi, dan rendahnya literasi teknologi masih harus diatasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan holistik yang menggabungkan inovasi teknologi, pelatihan, dan dukungan regulatif agar AI dapat diimplementasikan secara inklusif dan berkelanjutan. Dengan demikian, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai katalisator untuk transformasi sistemik dalam pembangunan pertanian skala kecil di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinarayana, D., Annapurna, N., Mohan, B. S., & Douglas, P. (2024). Enhanced photocatalytic removal of Cr(VI) and Rhodamine B from water using plant-mediated CdS nanoparticles: Mechanistic insights and environmental applications. *Desalination and Water Treatment*, 320, 100593.
- Aroba, O. J., & Rudolph, M. (2024). Systematic literature review on the application of precision agriculture using artificial intelligence by small-scale farmers in Africa and its societal impact. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(13), 8872.
- Adewusi, A. O., Asuzu, O. F., Olorunsogo, T., Iwuanyanwu, C., Adaga, E., & Daraojimba, D. O. (2024). AI in precision agriculture: A review of technologies for sustainable farming practices. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2276-2285.
- Hubeis, M., Cahyadi, E. R., & Sihombing, M. T. (2024). Analisis Adopsi dan Penggunaan Aplikasi Pertanian Digital oleh Petani Skala Kecil di Kabupaten Tuban dengan Model UTAUT. *Jurnal Manajemen IKM*, IPB University.
- Johan, D., Maarif, M. S., & Zulbainarni, N. (2022). Persepsi Petani Terhadap Digitalisasi Pertanian untuk Mendukung Kemandirian Petani. *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen (JABM)*, IPB University.
- Aliudin, A., et al. (2023). Penggunaan Teknologi Pertanian dan Dampaknya Terhadap Perilaku Sosial Ekonomi Petani di Desa Cisoka Kabupaten Tangerang. *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*.
- Herdiana, H. (2023). Analisis Dampak Perubahan Revolusi Industri Pertanian 4.0 Terhadap Sosial Ekonomi Petani di Kecamatan Praya Barat Kabupaten Lombok Tengah - NTB. *Media Bina Ilmiah*.
- Qurani, I. Z., Sanudin, S., & Fawzi, N. I. (2022). Kontribusi Pertanian Berkelanjutan di Lahan Suboptimal Terhadap Aspek Lingkungan dan Sosial-ekonomi di Kecamatan Pulau Burung, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 132-140.
- Nurani, A., Nabila, H. T. A., & Herlambang, I. B. (2025). Peran Artificial Intelligence dalam Sistem IoT untuk Pertanian Cerdas. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 1446-1455.
- 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.
- Kusyadi, I. (2020). Implementasi Kecerdasan Buatan untuk Memantau Lahan Pertanian. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, 2654, 3788.
- Putri, S. A., Istiqomah, H., & Wirasto, A. (2024). Pemanfaatan Logika Fuzzy dalam Sektor Pertanian: Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Kolaborasi Riset Sarjana*, 1(1), 73-93.
- Setyawati, E., & Arkeman, Y. (2020). Evaluasi Mutu Beras dan Penerapan Good Handling Practice (GHP) dan Good Manufacturing Practice (GMP) (Studi Kasus Penggilingan Padi di Kabupaten Karawang). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(1).
- Nurjati, E. (2023). Strategi Pengembangan dalam Pemenuhan Konsumsi Pangan Sivitas Yayasan Permaculture. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3), 335-343.
- Putra, V. H. C., Al-Husaini, M., Wahyu, A. P., & Raharja, A. R. (2025). Perancangan Sistem Monitoring Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Algoritma Random Forest Regression untuk Deteksi Ketinggian pada Tanaman Tomat Cherry. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(1), 10-25.
- Wihartiko, Y., & Sari, M. I. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis IoT dan Artificial Intelligence (E-Tani). *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 2(3), 112-120.

- Musrifah, A. (2023). Chatbot Telegram Berbasis AI dengan Metode R&D dan AI Processing untuk Meningkatkan Kinerja dan Flexibility Media Informasi (Disertasi Doktoral, Universitas Nasional).
- Lestari, I. A., & Nugroho, H. S. (2024). Pengembangan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis AI dan IoT pada Pertanian Sayuran. *Jurnal Buletin Teknologi*, 8(1), 15-22.
- Siregar, M. A. (2024). Pemanfaatan AI untuk Deteksi Dini Penyakit Tanaman di Lahan Skala Kecil. *ResearchGate*.
- Muchtar, N. A., & Abbas, A. (2023). Klasifikasi Citra Tanah Berbasis Deep Learning untuk Rekomendasi Komoditas Pertanian. *Jurnal Insypro*, 9(2), 54-61
- Sinaga, Y. R., & Handoko, R. (2022). Smart Farming 4.0: Konsep Pertanian Masa Depan Berbasis AI dan IoT. *Seminar Nasional Informatika*, 11(1), 22-28.
- Rachmawati, R. R. (2020). Smart Farming 4.0 untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137-154.
- Hermawan, D. L., Nur'Azizah, S., Utami, I. Q., & Kom, S. (2023). Shankara: Aplikasi Smart Farming Menggunakan Machine Learning Berbasis Data Geospasial sebagai Akselerasi Perekonomian Pertanian Menuju Pencapaian SDGs di Indonesia (Studi Kasus: Kabupaten Tabanan, Bali). *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 4(1), 89-114.
- Wachira, J. (2024). High tech, high yields? The Kenyan farmers deploying AI to increase productivity. *The Guardian*.