

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: PENERAPAN SISTEM IRIGASI PINTAR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) PADA TANAMAN CABAI

Pande Made Angga Mardika¹, I Ketut Yudatama²

^{1,2} Universitas Hindu Negeri I Gusti Bagus Sugriwa Denpasar, Bangli, Indonesia

email: anggamardika1005@gmail.com

Abstract

Smart agriculture has become an important solution to address the global water crisis and the increasing demand for food. Traditional irrigation systems are often inefficient, leading to water wastage and poor crop yields. In contrast, smart irrigation systems that utilize the Internet of Things (IoT) and Machine Learning (ML) are capable of monitoring and automating environmental conditions in real time. In this Systematic Literature Review (SLR), ten scientific articles from various databases were systematically analyzed. The purpose of this review is to examine, synthesize, and evaluate recent research on the implementation of IoT- and ML-based smart irrigation systems. This review identifies various system architectures, types of sensors (such as soil moisture, temperature, pH, and water flow), microcontrollers (including Arduino UNO, NodeMCU ESP8266, ESP32, and Raspberry Pi), IoT platforms (such as Blynk, Node-RED, and Favoriot), as well as commonly used machine learning algorithms. The results show that integrating sensors with fuzzy logic or K-Nearest Neighbor (KNN) algorithms can achieve irrigation decision-making accuracy of up to 98.3%. However, several challenges remain, including lack of standardization, power limitations, data security issues, and implementation costs. This study is expected to support researchers and practitioners in developing more flexible, efficient, and sustainable smart irrigation systems.

Keywords: Smart Irrigation, Internet of Things (IoT), Machine Learning, Systematic Literature Review, Precision Agriculture.

Abstrak

Pertanian cerdas telah menjadi solusi penting untuk mengatasi krisis air global dan peningkatan permintaan pangan. Seringkali, sistem irigasi tradisional tidak efektif, yang mengakibatkan pemborosan air dan hasil panen yang buruk. Sebaliknya, sistem irigasi cerdas yang menggunakan *Internet of Things* (IoT) dan pembelajaran mesin (ML) memantau dan mengotomatisasi kondisi lingkungan secara real-time. Sebanyak sepuluh artikel ilmiah dari berbagai basis data diperiksa secara sistematis dalam review literatur (SLR) ini. Tujuan dari review SLR ini adalah untuk menganalisis, mensintesis, dan menganalisis penelitian terbaru tentang implementasi sistem irigasi cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) dan ML. Dalam tinjauan ini, kami menemukan berbagai arsitektur sistem, berbagai jenis sensor (seperti kelembaban tanah, suhu, pH, dan aliran air), mikrokontroler (seperti Arduino UNO, NodeMCU ESP8266, ESP32, dan Raspberry Pi), platform IoT (seperti Blynk, Node-RED, dan Favoriot), dan algoritma pemrosesan mesin yang paling populer. Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi sensor dan logika fuzzy atau KNN dapat mencapai akurasi pengambilan keputusan irigasi sebesar 98,3%. Namun, masalah utama tetap seperti kurangnya standarisasi, keterbatasan daya, keamanan data, dan biaya implementasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu peneliti dan praktisi mengembangkan sistem irigasi cerdas yang lebih fleksibel, efektif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Irigasi Cerdas, Internet of Things (IoT), Machine Learning, Systematic Literature Review, Pertanian Presisi.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang berperan dalam menjaga ketahanan pangan, mendukung pertumbuhan ekonomi, serta mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Namun demikian, meningkatnya jumlah penduduk dunia, perubahan iklim, serta semakin terbatasnya ketersediaan air bersih telah menjadi tantangan utama dalam pengelolaan sistem pertanian modern. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) melaporkan bahwa lebih dari 70% konsumsi air tawar global digunakan untuk sektor pertanian, sedangkan sebagian besar sistem irigasi yang diterapkan saat ini masih menggunakan metode konvensional yang memiliki efisiensi rendah. Kondisi tersebut menyebabkan pemborosan air, penurunan produktivitas tanaman, serta meningkatnya biaya operasional pertanian.

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi menuju konsep *smart agriculture*, yaitu sistem pertanian yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Salah satu teknologi yang berkembang paling pesat adalah *Internet of Things (IoT)* yang memungkinkan berbagai sensor, aktuator, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi saling terhubung sehingga mampu melakukan monitoring kondisi lahan secara real-time serta mengendalikan proses irigasi secara otomatis.

Penggabungan *Internet of Things (IoT)* dan *machine learning (ML)* telah mempercepat pengembangan sistem irigasi cerdas dalam beberapa tahun terakhir. Sistem irigasi pintar dapat menggunakan jaringan sensor nirkabel murah untuk memantau parameter lingkungan secara *real-time* seperti suhu, kelembaban, pH, dan tingkat kelembaban tanah. Di sisi lain, algoritma kecerdasan buatan memungkinkan analitik prediktif dan pengambilan keputusan otomatis [3], [4]. Misalnya, sistem irigasi pintar dapat memprediksi kebutuhan air di masa mendatang atau secara otomatis mengaktifkan pompa air ketika kelembaban tanah turun di bawah ambang batas Irigasi pintar yang bergantung pada Internet of Things dapat mengurangi konsumsi air antara 30 dan 60 persen dibandingkan dengan metode konvensional [2], [5].

Banyak aplikasi teknologi ditunjukkan dalam tinjauan literatur saat ini. El Mezouari dkk. [1] membuat sistem berbasis Arduino untuk tanaman mint yang menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan aliran. Anugrah dkk. [6] membuat sistem irigasi tetes terong berbasis NodeMCU yang menggunakan platform Blynk dan kontrol berbasis ambang batas (50 hingga 60% kelembaban tanah). Obaideen dkk. [2] membahas lebih lanjut bagaimana irigasi pintar yang didukung IoT mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 6 (air bersih dan sanitasi). Penggabungan pembelajaran mesin adalah metode yang lebih maju. Tace dkk. [3] membandingkan lima algoritma pembelajaran mesin (KNN, Jaringan Saraf, SVM, Naïve Bayes, dan Regresi Logistik) dan menemukan bahwa algoritma *K-Nearest Neighbors* memiliki akurasi tertinggi sebesar 98,3%. Abdukadir et al. [5] mengintegrasikan API prakiraan cuaca untuk penjadwalan dinamis dengan data sensor waktu nyata menggunakan platform Favoriot, Raspberry Pi, dan Node-RED. Untuk memberi petani pilihan untuk mengontrol secara manual atau otomatis, Guntur dkk. [4] mengembangkan sistem dengan modul GSM dan aplikasi Android. Studi lain melihat kontrol logika fuzzy untuk tanaman cabai [8], penjadwalan dinamis penyiraman otomatis dengan bot Telegram dan RTC [9], dan pemantauan pH untuk budidaya stroberi [10]. Selain itu, penelitian pada tanaman cabai menunjukkan bahwa sistem monitoring dan penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) mampu melakukan pemantauan kondisi secara real-time serta memberikan notifikasi ketika parameter lingkungan tidak optimal, dengan tingkat akurasi sensor yang relatif baik [11]. Selain itu, proyek yang menggunakan Blynk dan NodeMCU untuk tanaman melon telah disumbangkan [7].

Dalam implementasinya, sistem irigasi pintar tidak hanya mengandalkan sensor kelembapan tanah (soil moisture sensor), tetapi juga mulai mengintegrasikan sensor suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, pH tanah, debit air, hingga prakiraan cuaca. Bahkan pada penelitian terbaru, sistem tersebut dipadukan dengan algoritma Machine Learning, Artificial Intelligence, dan Fuzzy Logic sehingga mampu melakukan prediksi kebutuhan air tanaman secara adaptif berdasarkan kondisi lingkungan yang dinamis. Integrasi tersebut menunjukkan bahwa sistem irigasi telah berkembang dari sekadar sistem otomatis berbasis threshold menjadi sistem pengambilan keputusan yang bersifat cerdas (intelligent decision support system). Meskipun penelitian mengenai smart irrigation telah berkembang sangat pesat dalam lima tahun terakhir, hasil penelitian masih menunjukkan keragaman pendekatan baik dari sisi perangkat keras, platform IoT, metode komunikasi, maupun algoritma kecerdasan buatan yang digunakan. Sebagian penelitian hanya berfokus pada aspek monitoring, sementara penelitian lainnya lebih menitikberatkan pada optimasi algoritma pengambilan keputusan. Kondisi ini menyebabkan belum adanya gambaran komprehensif mengenai arah perkembangan teknologi smart irrigation berbasis IoT, khususnya terkait evolusi arsitektur sistem, tren pemanfaatan Artificial Intelligence, serta tantangan implementasi menuju pertanian presisi (precision agriculture).

Research gap penelitian ini terletak pada belum tersedianya kajian literatur yang secara sistematis mengintegrasikan perkembangan perangkat IoT, algoritma kecerdasan buatan, platform cloud, serta tren evolusi sistem irigasi pintar dalam satu kerangka konseptual yang utuh. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya melakukan evaluasi terhadap satu teknologi tertentu tanpa mengidentifikasi pola perkembangan teknologi secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian mengenai sistem irigasi pintar berbasis Internet of Things. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan pemetaan perkembangan teknologi, mengidentifikasi peluang penelitian selanjutnya, serta menjadi referensi bagi akademisi, praktisi, maupun pengembang sistem pertanian cerdas.

METODE

Penelitian ini merupakan studi literatur dengan metode yg dipakai yaitu *Systematic Literature Review* (SLR). SLR merupakan sebuah metode penelitian yang digunakan dengan cara melakukan identifikasi, menganalisis, mengevaluasi dan menafsirkan atas semua hasil penelitian sebelumnya yang peneliti peroleh. Langkah pertama dalam prosedur penelitian ini adalah menentukan topik kajian secara spesifik, yaitu “Sistem Irigasi Otomatis *Internet of Things* (IoT)”. Selanjutnya, proses pengumpulan artikel dilakukan melalui pencarian sistematis pada basis data Google Scholar dan ScienceDirect. Strategi pencarian literatur menggunakan kombinasi kata kunci yang mencakup istilah “*smart irrigation system*”, “*automatic irrigation system*”, “*sistem irigasi pintar*”, dan “*sistem irigasi otomatis*”. Kata kunci tersebut dipadukan dengan operator logika menggunakan istilah teknologi “*Internet of Things* (IoT)” serta konteks penerapan dalam bidang “*agriculture*”, “*farming*”, atau “*pertanian*”.

Untuk memastikan kualitas data, peneliti menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi dalam seleksi artikel. Kriteria inklusi yang dipilih adalah artikel yang secara spesifik membahas sistem irigasi berbasis IoT, diterbitkan dalam rentang waktu lima tahun terakhir (2021 hingga 2026), serta ditulis dalam bahasa Inggris atau Bahasa Indonesia. Sebaliknya, kriteria eksklusi diterapkan pada artikel yang tidak relevan, tidak menyertakan pembahasan IoT, atau hanya membahas sistem irigasi konvensional. Setelah melalui proses penyaringan berdasarkan judul, abstrak, dan kesesuaian kriteria tersebut, diperoleh sebanyak 12 artikel final yang relevan untuk dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian literatur ini mencakup analisis dan rangkuman artikel yang relevan terkait “Sistem irigasi otomatis *Internet of Things* (IoT)” baik pada artikel nasional maupun internasional.

Tabel 1. Tabel hasil *literature review*.

No	Peneliti dan Tahun	Judul jurnal	Hasil atau Kesimpulan
1	Nuradin Mohamed Abdikadir , Abdikarim Abi Hassan , Husein Osman Abdullahi , Rozeha Abdul Rashid (2023)	<i>Smart Irrigation System</i>	Sistem mampu untuk menghemat air, mengontrol irigasi otomatis serta sistem dapat dipantau secara real-time.
2	Youness Tacea, Mohamed Tabaa, Sanaa Elfilali, Cherkaoui Leghris, Hassna Bensag, Eric Renault (2022)	<i>Smart Irrigation System Based On Iot And Machine Learning</i>	Model terbaik yang berhasil ditemukan adalah <i>K-Nearest Neighbors</i> (KNN) dengan akurasi mencapai 0.983 atau 98.3%. sehingga sistem mampu memprediksi irigasi secara otomatis dan memantau sistem berbasis web.
3	Jalalu Guntur, S Srinivasulu Raju, K Jayadeepthi , CH Sravani (2022)	<i>An Automatic Irrigation System Using Iot Devices</i>	Sistem mampu mengurangi pemborosan air serta sistem bisa berjalan otomatis maupun manual dengan dipantau dari jarak dekat hingga jauh. Keunggulan utama sistem ini Biaya yang rendah dan mudah digunakan oleh petani.
4	Khaled Obaideen, Bashria A.A. Yousef,	<i>Smart Irrigation System</i>	Jurnal ini menyimpulkan bahwa <i>Smart irrigation</i> mampu untuk menghemat air,

	Maryam Nooman AlMallahi, Yong Chai Tan, Montaser Mahmoud, Hadi Jaber, Mohamad Ramadan (2022)		Meningkatkan efisiensi, serta Mengurangi dampak lingkungan.
5	Asmae El Mezouari, Aziz El Fazziki, Mohammed Sadgal (2022)	<i>An Overview Of Smart Irrigation Systems Using Iot</i>	Sistem berhasil mengontrol pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi tanah, Mengaktifkan / mematikan pompa sesuai threshold. Data dari sensor berhasil dikumpulkan dan disimpan dalam file CSV dan dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik.
6	Edi Anugrah, Muhammad Hasbi, Musfirah Putri Lukman (2021)	Penerapan Sistem Monitoring Dan Kendali Pintar Untuk Tanaman Terung Berbasis Internet Of Things Dengan Metode Penyiraman Irigasi Tetes	Sistem berhasil mengotomatisasi irigasi tetes dengan menyalakan pompa saat kelembaban tanah < 50% dan mematikannya pada 60%. Parameter suhu dan kelembaban dapat dipantau real-time via aplikasi Blynk
7	I Kadek Agus Wahyu Raharja, Cokorda Agung Yujana, Made Surya Kumara (2025)	Tirta (Teknologi Iot Untuk Irigasi Terkendali Dan Automasi): Sistem Irigasi Pintar Berbasis Iot Dengan Kontrol Otomatis Dan Penjadwalan Dinamis	Sistem berhasil diinstal dan diuji secara fungsional di lapangan. Petani memberikan respons positif karena sistem mudah dioperasikan melalui aplikasi Telegram yang sudah.
8	Anisa Agnesia, Fajar Kustidarsya, I Made Andik Setiawan (2024)	Implementasi Sistem Irigasi <i>Smart Garden</i> Iot Pada Perkebunan Stroberi	Sistem berhasil mengintegrasikan seluruh sensor untuk memantau kesehatan tanaman secara akurat. Data pengukuran (pH, suhu, kelembaban, dan debit air) tersimpan rapi dalam timeline aplikasi Blynk. Notifikasi otomatis akan muncul di ponsel jika kelembaban tanah turun di bawah ambang batas 70%
9	Saeful Bahri, Raya Putra Samsara (2025)	Pengembangan Sistem Irigasi Tetes Cerdas Berbasis Iot Dan <i>Fuzzy Logic</i> Dengan Web Interface Untuk Aplikasi Pertanian Cabai Di Ruang Terbuka	Sistem menunjukkan performa tinggi dengan tingkat keberhasilan total mencapai 96,5%. Logika fuzzy terbukti 100% akurat dalam mengambil keputusan; pompa hanya aktif saat tanah dalam kondisi "Kering" (57-58%) dan tetap mati saat kondisi "Ideal" atau "Basah".
10	Fathurrohman Fathurrohman, Tio Prasetya, Iin Iin, Mulyawan Mulyawan (2024)	Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Soil Moisture Pada Tanaman Melon	Sistem berhasil mengotomatisasi penyiraman secara konsisten selama lima hari, dengan pompa aktif saat tanah kering dan mati saat lembab, sehingga meningkatkan efisiensi air dan mencegah gagal panen akibat kelembaban tanah yang tidak stabil.
11	Renata Eka Budiani, Joseph Dedy Irawan,	Sistem Monitoring dan Penyiraman	Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan penyiraman otomatis

	Deddy Rudhistiar (2024)	Otomatis Pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things berbasis IoT pada tanaman cabai menggunakan Arduino Uno, ESP8266, serta sensor kelembaban tanah, pH, dan suhu. Sistem mampu melakukan monitoring real-time melalui website dan mengirim notifikasi Telegram saat kondisi tidak optimal. Hasil pengujian menunjukkan tingkat error sensor relatif rendah (soil moisture 1,2%, pH 2,95%, suhu 4,52%) sehingga sistem dinilai cukup akurat dan efektif dalam mendukung pengelolaan irigasi tanaman cabai.
12	Diva Putra Romadan, Veri Arinal, Frencis Matheos Sarimole, Tundo Tundo (2024)	Prototipe Sistem Monitoring Kelembapan Tanah pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan NodeMCU Esp8266, Blynk dan Thingspeak Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan penyiraman otomatis berbasis IoT pada tanaman cabai menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan integrasi platform Blynk dan ThingSpeak. Sistem memanfaatkan metode fuzzy logic untuk mengatur irigasi secara adaptif berdasarkan data sensor kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kelembaban tanah pada kondisi optimal serta meningkatkan efisiensi penggunaan air.

Berdasarkan analisis terhadap sepuluh literatur yang telah dikaji, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem irigasi pintar (*smart irrigation system*) berbasis *Internet of Things* (IoT) memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi penggunaan air dan peningkatan produktivitas pertanian. Secara umum, seluruh penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan otomatisasi penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan secara real-time. Dari aspek efisiensi sumber daya air, beberapa penelitian menegaskan bahwa sistem irigasi pintar mampu mengurangi pemborosan air secara signifikan serta meningkatkan efisiensi operasional [1], [2], [5]. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor, terutama soil moisture sensor, untuk menentukan kebutuhan air tanaman secara akurat. Dengan demikian, irigasi hanya dilakukan saat dibutuhkan, sehingga penggunaan air menjadi lebih optimal. Dalam hal mekanisme kontrol, sebagian besar penelitian menggunakan pendekatan berbasis ambang batas (*threshold*). Sistem akan mengaktifkan pompa air ketika kelembaban tanah berada di bawah nilai tertentu dan menghentikannya ketika kondisi sudah optimal. Pendekatan ini terbukti efektif dan sederhana untuk diimplementasikan, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian [6] dan [7], yang berhasil menjaga kestabilan kelembaban tanah serta mencegah risiko gagal panen.

Selain metode konvensional, beberapa penelitian mengintegrasikan teknik kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi sistem. Penelitian oleh Tace et al. [3] menunjukkan bahwa algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) mampu mencapai akurasi sebesar 98,3% dalam memprediksi kebutuhan irigasi. Sementara itu, pendekatan berbasis logika fuzzy yang digunakan pada penelitian [8] menunjukkan tingkat akurasi keputusan hingga 100% dalam menentukan kondisi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa metode berbasis AI memiliki keunggulan dalam menangani kondisi lingkungan yang dinamis dan tidak pasti dibandingkan metode *threshold*.

Pada penerapan sistem irigasi pintar pada tanaman cabai, metode logika fuzzy juga banyak digunakan untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT yang menggunakan NodeMCU ESP8266 serta platform Blynk dan *ThingSpeak* mampu memonitor kondisi kelembaban tanah secara real-time dan mengatur penyiraman secara otomatis. Dengan memanfaatkan logika fuzzy, sistem dapat menentukan keputusan irigasi secara lebih adaptif berdasarkan kombinasi parameter lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam menjaga kondisi tanah tetap optimal serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan metode berbasis ambang batas [12].

Dari sisi monitoring dan antarmuka pengguna, sistem yang dikembangkan umumnya telah terintegrasi dengan platform berbasis web maupun aplikasi mobile. Penelitian [10] menunjukkan bahwa

data sensor seperti pH, suhu, kelembaban, dan debit air dapat ditampilkan secara real-time serta disimpan dalam bentuk historis untuk analisis lebih lanjut. Selain itu, penelitian [9] mengimplementasikan sistem berbasis aplikasi Telegram yang memudahkan pengguna dalam mengontrol dan memantau sistem dari jarak jauh. Hal ini meningkatkan aspek usability dan aksesibilitas bagi pengguna, khususnya petani.

Penelitian [11] yang berfokus pada tanaman cabai menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis Internet of Things tidak hanya mampu melakukan otomatisasi penyiraman, tetapi juga menyediakan monitoring kondisi lingkungan secara komprehensif. Sistem tersebut memanfaatkan sensor kelembaban tanah, pH, dan suhu yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Uno dan modul ESP8266. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan rata-rata error sensor yang rendah, serta mampu memberikan notifikasi secara real-time melalui aplikasi Telegram ketika kondisi lingkungan berada di luar batas optimal. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan IoT pada tanaman spesifik seperti cabai dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi sekaligus menjaga kondisi pertumbuhan tanaman secara optimal.

Dalam hal implementasi, faktor biaya dan kemudahan penggunaan menjadi pertimbangan penting. Penelitian [4] menekankan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki biaya relatif rendah dan mudah dioperasikan, sehingga cocok untuk diterapkan pada skala pertanian kecil hingga menengah. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi tidak hanya bergantung pada kecanggihan sistem, tetapi juga pada aspek ekonomis dan kemudahan penggunaan.

Selain itu, aspek pengelolaan data juga menjadi perhatian dalam beberapa penelitian. Studi pada [1] menunjukkan bahwa data sensor dapat disimpan dalam format sederhana seperti CSV dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Namun, masih terdapat keterbatasan dalam pemanfaatan data tersebut untuk analisis lanjutan, seperti prediksi jangka panjang atau integrasi dengan sistem berbasis big data.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan sistem irigasi pintar telah mengalami peningkatan dari sistem berbasis kontrol sederhana menjadi sistem yang lebih cerdas dengan integrasi IoT, *machine learning*, dan *fuzzy logic*. Meskipun demikian, masih terdapat peluang penelitian lebih lanjut, khususnya dalam pengembangan sistem yang lebih adaptif, *scalable*, serta mampu mengolah data dalam skala besar untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap 12 jurnal yang telah dikaji, dapat disimpulkan bahwa sistem irigasi pintar berbasis Internet of Things (IoT) terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas pertanian. Seluruh penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengotomatisasi penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan secara real-time, terutama dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah, sehingga pompa air hanya aktif saat tanah dalam kondisi kering dan otomatis berhenti saat kelembaban mencapai nilai optimal. Dari segi mekanisme kontrol, sebagian besar penelitian menggunakan pendekatan ambang batas (*threshold*) yang sederhana dan efektif, namun beberapa penelitian lain mengintegrasikan kecerdasan buatan seperti algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) dengan akurasi 98,3% dan logika fuzzy yang mencapai akurasi keputusan 100% dalam menentukan kondisi tanah, sehingga lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan yang dinamis. Sistem yang dikembangkan juga telah dilengkapi dengan kemampuan monitoring *real-time* melalui aplikasi mobile (Blynk, Telegram) maupun web, dengan notifikasi otomatis yang dikirimkan ke pengguna saat kondisi tanah tidak optimal. Implementasi pada berbagai tanaman spesifik seperti cabai, stroberi, melon, dan terung menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjaga kelembaban tanah yang stabil, mencegah risiko gagal panen, serta meningkatkan efisiensi irigasi. Selain itu, faktor biaya yang rendah dan kemudahan penggunaan menjadi pertimbangan penting agar sistem ini dapat diadopsi oleh petani skala kecil hingga menengah. Meskipun demikian, masih terdapat peluang penelitian lebih lanjut, terutama dalam pengembangan sistem yang lebih adaptif, , serta mampu mengolah data dalam skala besar untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih optimal di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. El Mezouari, A. El Fazikii, and M. Sadgal, "Smart Irrigation System," IFAC-PapersOnLine, vol. 55, no. 32, pp. 1-6, 2022.
- [2] K. Obaideen et al., "An overview of smart irrigation systems using IoT," Energy Nexus, vol. 7, 2022.
- [3] Y. Tace, M. Tabaa, S. Elfilali, C. Leghris, H. Bensag, and E. Renault, "Smart irrigation system based on IoT and machine learning," Energy Reports, vol. 8, pp. 1025-1036, 2022.
- [4] J. Guntur, S. S. Raju, K. Jayadeepthi, and C. Sravani, "An automatic irrigation system using IOT devices," Materials Today: Proceedings, 2022.
- [5] N. M. Abdikadir, A. A. Hassan, H. O. Abdullahi, and R. A. Rashid, "Smart Irrigation System," International Journal of Engineering Trends and Technology, vol. 71, no. 8, pp. 1-11, 2023.
- [6] E. Anugrah, M. Hasbi, and M. P. Lukman, "Penerapan Sistem Monitoring dan Kendali Pintar untuk Tanaman Terung Berbasis Internet of Things dengan Metode Penyiraman Irigasi Tetes," Jurnal RESISTOR, vol. 4, no. 2, pp. 204-213, 2021.
- [7] Fathurrohman, T. Prasetya, lin, and Mulyawan, "Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Soil Moisture pada Tanaman Melon," Jurnal CoSciTech, vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] S. Bahri and R. P. Samsara, "Pengembangan Sistem Irigasi Tetes Cerdas Berbasis IoT dan Fuzzy Logic dengan Web Interface untuk Aplikasi Pertanian Cabai di Ruang Terbuka," Jurnal RESISTOR, vol. 8, no. 1, 2025.
- [9] C. A. Yujana, I. K. A. W. Raharja, I. M. S. Kumara, I. M. O. W. Putra, and K. G. E. H. Sinuraya, "TIRTA: Sistem Irigasi Pintar Berbasis IoT dengan Kontrol Otomatis dan Penjadwalan Dinamis," Jurnal ABDI DAYA, vol. 5, no. 1, pp. 53-62, 2025.
- [10] F. Kustidarsyah, A. Agnesia, I. M. A. Setiawan, and L. Muharani, "Implementasi Sistem Irigasi Smart Garden IoT pada Perkebunan Stroberi," Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT), vol. 2, no. 1, pp. 90-100, 2024.
- [11] R. E. Budiani, J. D. Irawan, and D. Rudhistiar, "Sistem Monitoring Dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (Iot)", JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), vol. 8, no. 2, pp. 1331-1338, 2024.
- [12] D. P. Romadan, V. Arinal, F. M. Sarimole, and T. Tundo, "Prototipe Sistem Monitoring Kelembapan Tanah pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan NodeMCU Esp8266, Blynk dan Thingspeak: Prototype of Soil Moisture Monitoring System for Chili Plants Based on Internet of Things Using Fuzzy Logic Method with NodeMCU ESP8266, Blynk, and ThingSpeak", MALCOM, vol. 5, no. 1, pp. 130-140, Dec. 2024.