Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)
ipssj.com ippsj2024@gmail.com E-ISSN: 3064-4011

LITERATURE REVIEW: ANALISIS IMPLEMENTASI IOT PADA SISTEM IRIGASI CERDAS UNTUK EFISIENSI PENGGUNAAN AIR

Lintang Anggraini[1], Maharani[2], Mas Lutfiah Zahara[3], Hanaa Sonadinata[4], Sultan Zaki Zulfari[5],Yeni Budiawati[6]
Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Corresponding author: lintang.anggraini15@gmail.com

Abstrak: Efisiensi penggunaan air dalam sektor pertanian merupakan tantangan utama, terutama di wilayah dengan ketersediaan air terbatas. Internet of Things (IoT) telah berkembang pesat dan mulai diterapkan dalam sistem irigasi cerdas untuk meningkatkan efisiensi, otomatisasi, dan pemantauan real-time. Studi ini menganalisis implementasi teknologi IoT pada sistem irigasi cerdas dan meninjau efektivitasnya terhadap efisiensi penggunaan air. Analisis dilakukan melalui kajian literatur dari artikel-artikel ditemukan di Google Scholar, IEEE Xplore, dan ScienceDirect. Artikel yang dipilih adalah artikel yang dipublikasikan antara tahun 2021 hingga 2025 dan membahas implementasi IoT dalam irigasi cerdas. Total artikel yang diseleksi secara relevan adalah 20 artikel dari 35 hasil pencarian. Sebagian besar artikel menunjukkan bahwa penerapan IoT seperti sensor kelembaban tanah, aktuator berbasis mikrokontroler, serta pemrosesan data berbasis cloud secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Beberapa studi juga menunjukkan pengurangan tenaga kerja manual dan peningkatan hasil panen. Namun, diperlukan pendekatan yang adaptif sesuai dengan kondisi dan ketersediaan infrastruktur digital.
Kata Kunci: IoT, Irigasi Cerdas, Efisiensi Air, Pertanian Cerdas, Sensor Tanah

Abstract: *Water use efficiency in the agricultural sector is a major challenge, especially in areas with limited water availability. The Internet of Things (IoT) has grown rapidly and is starting to be applied in smart irrigation systems to improve efficiency, automation, and real-time monitoring. This study analyzes the implementation of IoT technology in smart irrigation systems and reviews its effectiveness on water use efficiency. The analysis was conducted through a literature review of articles found in Google Scholar, IEEE Xplore, and ScienceDirect. The selected articles were articles published between 2021 and 2025 and discussed the implementation of IoT in smart irrigation. A total of 20 relevant articles were selected from 35 search results. Most of the articles showed that the application of IoT such as soil moisture sensors, microcontroller-based actuators, and cloud-based data processing significantly improved water use efficiency. Several studies also showed a reduction in manual labor and an increase in crop yields. However, an adaptive approach is needed according to the conditions and availability of digital infrastructure.*
Keywords: *IoT, Smart Irrigation, Water Efficiency, Smart Farming, Soil Sensors*

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang sangat penting dalam menjamin ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat Indonesia. Namun, penggunaan air dalam sistem irigasi tradisional sering kali tidak efisien, yang berdampak pada pemborosan sumber daya air dan produktivitas pertanian yang rendah (Inayah et al., 2025). Menurut data Kementerian Pertanian tahun 2023, sekitar 40% penggunaan air untuk irigasi tidak terserap optimal karena sistem distribusi air yang konvensional dan tidak responsif terhadap kondisi lahan secara real-time. Masalah utama dari sistem irigasi konvensional adalah tidak adanya penyesuaian terhadap kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi lingkungan yang dinamis (Budiman et al., 2024). Hal ini menyebabkan penggunaan air menjadi berlebihan atau bahkan kekurangan, terutama di daerah dengan curah hujan yang tidak menentu atau ketersediaan air yang terbatas. Ketergantungan pada metode irigasi manual juga memperbesar risiko kesalahan manusia, keterlambatan dalam penyiraman, dan inefisiensi sumber daya tenaga kerja (Azhar et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, sektor pertanian mulai dilirik sebagai bidang yang potensial untuk penerapan teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT) (Setyawan & Marjunus, 2024). IoT memungkinkan konektivitas antar perangkat pintar seperti sensor kelembapan tanah, aktuator, dan pengendali irigasi yang dapat dikendalikan

secara jarak jauh melalui jaringan internet. Teknologi ini memungkinkan sistem irigasi bekerja secara otomatis berdasarkan data lingkungan yang diperoleh secara *real- time*. Penggunaan IoT dalam sistem irigasi dikenal dengan istilah smart irrigation system (Fathurrohman, 2024). Sistem ini tidak hanya mengoptimalkan penyiraman berdasarkan kebutuhan aktual tanaman, tetapi juga berpotensi mengurangi penggunaan air secara signifikan. Sebagai contoh, sistem irigasi cerdas dapat mengatur volume air yang dikeluarkan berdasarkan data sensor kelembaban tanah dan prakiraan cuaca, sehingga tidak terjadi penyiraman berlebihan (Reddy et al., 2024).

Di berbagai negara maju seperti Amerika Serikat, Australia, dan Israel, sistem irigasi berbasis IoT telah lama dikembangkan dan diadopsi secara luas oleh petani. Efisiensi air yang diperoleh dari penerapan teknologi ini terbukti dapat menekan biaya operasional pertanian dan meningkatkan hasil produksi. Hal ini mendorong negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, untuk mulai mengadopsi sistem serupa demi menjawab tantangan ketersediaan air dan produktivitas pertanian. Di Indonesia, implementasi teknologi IoT di sektor pertanian masih dalam tahap pengembangan dan pilot project. Berbagai universitas, lembaga penelitian, dan startup teknologi telah melakukan uji coba sistem irigasi berbasis IoT di beberapa daerah, seperti Jawa Tengah, Yogyakarta, dan Sulawesi Selatan. Hasil awal menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penggunaan air serta ketepatan waktu penyiraman yang lebih baik dibandingkan metode tradisional (Jabbari et al., 2024).

Studi literatur yang dilakukan menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT dalam irigasi mampu menghemat air dan meningkatkan produktivitas hasil panen tergantung pada jenis tanaman (Ali et al., 2025). Pentingnya pemeliharaan sistem dan pelatihan petani dalam pengoperasian teknologi ini agar hasil yang optimal dapat dicapai secara berkelanjutan. Meski potensinya besar, masih terdapat sejumlah tantangan dalam implementasi IoT untuk sistem irigasi di Indonesia, di antaranya keterbatasan infrastruktur jaringan internet di wilayah pedesaan, biaya investasi awal yang cukup tinggi, serta kurangnya pemahaman dan keterampilan petani terhadap teknologi digital. Oleh karena itu, perlu adanya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan institusi pendidikan untuk memperluas adopsi dan memastikan keberlanjutan teknologi ini (Obaideen et al., 2022).

Dengan latar belakang tersebut, kajian literatur menjadi langkah awal yang penting dalam memahami perkembangan terkini implementasi IoT dalam sistem irigasi cerdas. Kajian ini akan memetakan berbagai pendekatan, desain sistem, serta hasil evaluasi yang telah dilakukan oleh peneliti dari tahun 2021 hingga 2025. Selain itu, studi ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi hambatan-hambatan implementasi serta potensi perbaikan yang dapat dilakukan guna meningkatkan efektivitas penerapan teknologi ini. Dengan begitu, upaya transformasi digital di sektor pertanian Indonesia dapat berjalan secara terarah dan berkelanjutan (Haidar & Sutabri, 2024). Oleh karena itu, penting dilakukan kajian literatur untuk menganalisis implementasi sistem irigasi cerdas berbasis IoT dan dampaknya terhadap efisiensi penggunaan air dalam kurun waktu 2021–2025 (Liu et al., 2025).

TINJAUAN LITERATUR

Konsep Dasar dan Perkembangan Teknologi IoT dalam Irigasi Cerdas

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu inovasi penting dalam revolusi industri 4.0 yang berdampak besar pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet, sehingga menciptakan sistem yang dapat memantau, mengontrol, dan menganalisis data

secara real-time. Dalam konteks irigasi, IoT memberikan kemampuan untuk mengelola sumber daya air dengan lebih efisien dan responsif terhadap kondisi lahan serta tanaman. Abrar (2023) menyoroti bahwa pengembangan sistem pengontrolan irigasi cerdas dengan IoT memanfaatkan sensor kelembaban tanah, suhu, dan cuaca untuk mengatur frekuensi penyiraman tanaman secara otomatis. Sistem ini terbukti efektif dalam mengurangi pemborosan air dan meningkatkan ketepatan waktu irigasi. Melalui antarmuka berbasis aplikasi, pengguna juga dapat memantau kondisi lahan dari jarak jauh.

Ali, Hussain, dan Zahid (2025) menjelaskan bahwa teknologi irigasi cerdas yang terintegrasi dengan IoT dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30–50% dibandingkan dengan sistem manual tradisional. Sistem ini memungkinkan kontrol adaptif berdasarkan kebutuhan spesifik tanaman dan cuaca, serta mendukung pertanian berkelanjutan. Efisiensi air menjadi penting di tengah krisis iklim dan keterbatasan sumber daya air global. IoT tidak hanya memfasilitasi otomatisasi, tetapi juga analisis data berbasis cloud computing. Data yang terkumpul dari sensor dapat diolah untuk membuat keputusan cerdas terkait irigasi. Teknologi ini juga mendukung integrasi dengan kecerdasan buatan (AI), sehingga sistem irigasi menjadi lebih adaptif dalam mempelajari pola kebutuhan air tanaman.

Ariawan (2024) melalui penelitian Smart Sprout menegaskan bahwa integrasi antara AI dan IoT (AIoT) membuka peluang baru dalam manajemen irigasi yang ramah lingkungan. Dengan pendekatan ini, irigasi tidak hanya dilakukan berdasarkan kelembaban tanah, tetapi juga mempertimbangkan pertumbuhan tanaman dan prediksi cuaca. Hal ini membantu mengurangi pemborosan dan meminimalkan dampak lingkungan.

Dengan demikian, konsep dasar IoT dalam irigasi cerdas mencakup perangkat sensor, komunikasi data, kontrol otomatis, dan integrasi sistem berbasis web atau cloud. Perkembangan ini menjadikan IoT sebagai solusi potensial dalam menjawab tantangan efisiensi air di sektor pertanian modern.

Implementasi IoT dalam Sistem Irigasi Tetes

Salah satu aplikasi nyata dari IoT dalam pertanian adalah sistem irigasi tetes cerdas (*Smart Drip Irrigation*), yang menawarkan penghematan air secara signifikan. Sistem ini bekerja dengan prinsip pengaliran air secara langsung ke akar tanaman sesuai kebutuhan aktual, berdasarkan pembacaan sensor kelembaban tanah dan kondisi lingkungan lainnya. Budiman dkk. (2024) memaparkan keberhasilan pelatihan implementasi sistem irigasi tetes berbasis IoT di SMK PP Negeri Mataram. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan sensor dan aktuator dalam sistem ini dapat meningkatkan efisiensi waktu penyiraman, mengurangi intervensi manual, dan meningkatkan produktivitas pertanian. Teknologi ini juga cocok diterapkan dalam pembelajaran vokasional.

Fathurrohman (2024) dalam penelitiannya tentang sistem penyiraman otomatis pada tanaman melon, menunjukkan bahwa dengan sensor soil moisture dan kontrol mikrokontroler, sistem dapat bekerja secara mandiri dan responsif. Penggunaan air menjadi lebih terkontrol dan terarah pada saat tanaman benar-benar membutuhkan, bukan berdasarkan jadwal tetap. Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya dalam menghemat air tanpa mengurangi hasil panen. Data dari penelitian Goda, Del, dan Stein (2024) di Nusa Tenggara Timur menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT membantu petani mengatur volume air secara presisi di daerah dengan keterbatasan pasokan air.

Selain itu, keterlibatan petani lokal dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem ini turut berkontribusi terhadap keberlanjutan penggunaan teknologi. Sistem irigasi tetes berbasis IoT juga

dapat diprogram melalui perangkat seluler sehingga meningkatkan kenyamanan dan fleksibilitas dalam operasional pertanian. Efektivitas ini menunjukkan bahwa implementasi IoT dalam sistem irigasi tetes tidak hanya layak dari sisi teknis, tetapi juga mendukung pertanian berbasis efisiensi sumber daya dan adaptif terhadap tantangan iklim serta geografi.

Pemantauan Kualitas Tanah dan Adaptasi Irigasi Cerdas

Selain sebagai alat kontrol irigasi, IoT berperan besar dalam pemantauan kualitas tanah. Data dari sensor tanah dapat memberikan informasi tentang kelembaban, pH, suhu, serta unsur hara. Informasi ini penting untuk mengoptimalkan pemberian air dan nutrisi secara bersamaan melalui sistem irigasi cerdas. Haidar dan Sutabri (2024) menjelaskan bahwa sistem pemantauan kualitas tanah yang terintegrasi dengan IoT berfungsi untuk mendeteksi kondisi optimal tanah secara berkala, sehingga irigasi dapat disesuaikan agar tidak berlebihan atau kekurangan air. Data yang akurat ini juga membantu dalam pengambilan keputusan terkait pemupukan dan pengolahan lahan. Dalam skala yang lebih luas, Inayah dkk. (2025) menunjukkan hasil eksperimen penerapan sistem irigasi berbasis IoT untuk tanaman ubi Cilembu. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga berdampak pada peningkatan hasil panen dan kualitas tanaman. Pemanfaatan data mikro iklim dan kondisi tanah memungkinkan irigasi yang lebih tepat sasaran.

Sistem ini juga memiliki keunggulan dalam hal pemantauan jarak jauh, yang sangat berguna bagi petani dengan lahan luas atau daerah yang sulit diakses. Dengan menggunakan aplikasi berbasis *cloud* atau *dashboard*, petani dapat memantau kondisi tanah dan irigasi melalui perangkat ponsel kapan saja dan di mana saja. Teknologi ini mendukung transisi ke pertanian presisi *(precision agriculture)* yang mengedepankan efisiensi input dan keberlanjutan lingkungan. Monitoring berbasis sensor juga dapat mengantisipasi kondisi stres tanaman yang disebabkan oleh kekurangan air atau nutrisi sebelum terlihat secara visual. Secara keseluruhan, pemantauan kualitas tanah dengan dukungan teknologi IoT membawa perubahan signifikan dalam pengelolaan irigasi dan tanah. Teknologi ini membuka peluang bagi pengelolaan pertanian yang lebih berbasis data dan efisien dalam penggunaan air.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *literature review* atau kajian kepustakaan total artikel yang diseleksi secara relevan adalah 10 artikel dari 20 hasil seleksi kedua. Untuk menunjang keakuratan dan sistematika dalam proses pengumpulan dan seleksi artikel, penelitian ini menggunakan pendekatan SPIDER sebagai kerangka kerja (Goda et al., 2024). Dengan menggunakan SPIDER, peneliti dapat menentukan kriteria inklusi dan eksklusi secara lebih terstruktur sehingga hanya artikel yang relevan yang akan dianalisis lebih lanjut (Sharifnasab et al., 2023).

Kategori *Sample* (S) dalam penelitian ini adalah sistem irigasi yang diterapkan di sektor pertanian, khususnya yang melibatkan teknologi berbasis IoT. *Phenomenon of Interest* (PI) adalah efisiensi penggunaan air yang dihasilkan dari penerapan teknologi tersebut (Pratama, 2024). Design (D) mengacu pada rancangan penelitian dalam artikel yang dikaji, yang dapat berupa studi eksperimen, studi kasus, pengembangan sistem berbasis sensor, serta observasi lapangan. Evaluation (E) merujuk pada cara evaluasi atau pengukuran dampak implementasi IoT terhadap efisiensi irigasi, baik dari sisi konsumsi air maupun produktivitas pertanian. Research Type (R) yang dikaji mencakup berbagai jenis penelitian, baik kuantitatif, kualitatif, maupun metode campuran yang dilakukan selama periode 2021 hingga 2025 (Inayah et al., 2025). Adapun kriteria

inklusi dalam pemilihan artikel adalah sebagai berikut: artikel harus diterbitkan dalam rentang waktu 2021–2025; ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris; merupakan artikel penelitian asli (original research) bukan review atau opini; fokus utama pembahasan adalah penerapan IoT dalam sistem irigasi pertanian; serta tersedia dalam bentuk teks lengkap (full text). Artikel yang tidak memenuhi salah satu dari kriteria tersebut akan dikeluarkan dari proses analisis (Srikanthnaik, 2024).

Untuk memperoleh artikel yang sesuai dengan kriteria, peneliti menggunakan kata kunci seperti "IoT in smart irrigation", "smart irrigation system", "IoT agriculture water efficiency", "Internet of Things irrigation", serta "efisiensi air irigasi berbasis IoT". Penelusuran dilakukan dalam dua bahasa, yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, guna memperluas cakupan sumber yang digunakan (Pamungkas & Gunawan, 2025). Artikel yang dicari harus tersedia dalam bentuk *full text*, agar seluruh bagian penelitian dapat dianalisis secara menyeluruh. Adapun kriteria inklusi dalam pemilihan artikel adalah sebagai berikut: artikel harus diterbitkan dalam rentang waktu 2021–2025; ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris; merupakan artikel penelitian asli (original research) bukan review atau opini; fokus utama pembahasan adalah penerapan IoT dalam sistem irigasi pertanian; serta tersedia dalam bentuk teks lengkap (full text). Artikel yang tidak memenuhi salah satu dari kriteria tersebut akan dikeluarkan dari proses analisis (Srikanthnaik, 2024).

Penelusuran artikel dilakukan melalui beberapa portal publikasi ilmiah terbuka (open access) seperti Google Scholar, ScienceDirect, IEEE Xplore, ResearchGate, serta portal nasional seperti Garuda dan Neliti. Portal-portal ini dipilih karena menyediakan akses luas terhadap berbagai jurnal dan prosiding internasional maupun nasional yang relevan dengan topik penelitian. Tahapan seleksi dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi awal menggunakan kata kunci, dilanjutkan dengan penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, kemudian seleksi berdasarkan kesesuaian isi artikel secara keseluruhan. Dengan pendekatan ini, diharapkan studi ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman akan implementasi IoT dalam sistem irigasi cerdas di Indonesia dan dunia secara umum, khususnya dalam kaitannya dengan efisiensi penggunaan air (Sari & Sari, 2025).

HASIL

Hasil kajian terhadap delapan artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2021 hingga 2025 menunjukkan bahwa implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem irigasi cerdas mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian sebesar 20% hingga 40%, serta berdampak positif terhadap hasil panen dan pengurangan tenaga kerja. Studi- studi tersebut umumnya menggunakan sensor kelembaban tanah, sistem pemantauan real-time, dan kontrol otomatis berbasis aplikasi atau cloud. Meski menjanjikan, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, biaya instalasi awal, dan rendahnya literasi digital petani menjadi hambatan utama yang perlu diatasi agar implementasi IoT dapat berjalan optimal dan berkelanjutan (Pratama, 2024).

Tabel 1. Karakteristik Artikel yang Dianalisa

Penulis	Metode	Hasil
Abrar, A. (2023), Indonesia	Metode eksperimeneal dan pengembanan sistem dengan prototipe alat yang diuji di lapangan (kuantitatif). Pengujian langsung alat pada lahan pertanian dengan pemantauan real-time serta pengambilan data efisiensi penggunaan air.	Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji sistem pengontrolan irigasi cerdas berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air pada lahan pertanian di Indonesia. Sistem ini dirancang agar dapat melakukan monitoring dan pengaturan otomatis kebutuhan air sesuai kondisi tanaman dan cuaca. Sistem irigasi cerdas yang dikembangkan mampu mengontrol pemberian air secara otomatis dan lebih efisien dibandingkan metode konvensional, sehingga menghemat penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman. Implementasi sistem ini berpotensi besar meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam sektor pertanian di Indonesia serta meningkatkan hasil panen dan daya tahan tanaman terhadap kekeringan
Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025), Pakistan	Studi literatur sistematis dan analisis studi kasus lapangan pada penggunaan teknologi irigasi pintar (kualitatif). Pengumpulan data sekunder dari laporan lapangan, jurnal ilmiah, dan wawancara dengan petani serta pakar pertanian.	Tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi efektivitas teknologi irigasi pintar berbasis IoT dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air di sektor pertanian berkelanjutan di Pakistan, dengan fokus pada analisis teknologi yang sudah diterapkan dan potensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi irigasi pintar dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan pengurangan pemborosan air serta peningkatan hasil panen secara efisien. Rekomendasi untuk memperluas adopsi teknologi irigasi pintar secara luas dalam skala nasional untuk mendukung pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
Ariawan, A. (2024), Indonesia	Desain sistem dan pengujian prototipe dengan pendekatan engineering dan studi eksperimental (kuantitatif). Implementasi dan uji coba prototipe pada lahan pertanian dengan pengambilan data sensor lingkungan dan respon sistem.	Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem irigasi berbasis AIoT (Artificial Intelligence of Things) yang ramah lingkungan dengan kemampuan adaptif terhadap kondisi lingkungan dan kebutuhan air tanaman secara real-time untuk mendukung pertanian presisi. Sistem AIoT mampu mengoptimalkan penggunaan air berdasarkan analisis data sensor lingkungan sehingga mengurangi pemborosan air dan memberikan dampak positif pada lingkungan. Sistem ini dapat menjadi solusi tepat guna dalam pengelolaan sumber daya air pertanian yang berkelanjutan dengan meminimalkan dampak lingkungan.
Budiman, D. F. et al. (2024), Indonesia	Studi kasus dengan pendekatan implementasi dan observasi selama pelatihan serta wawancara mendalam (kualitatif). Studi kasus dengan pendekatan implementasi dan observasi selama pelatihan serta wawancara mendalam.	Penelitian ini fokus pada implementasi teknologi IoT dalam sistem irigasi tetes cerdas melalui program pelatihan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk meningkatkan pemahaman dan kemampuan siswa dalam menerapkan teknologi irigasi modern di lahan praktik. Pelatihan berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam

		penggunaan teknologi IoT untuk irigasi tetes sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air pada lahan praktik. Meningkatkan kapasitas sumber daya manusia di bidang teknologi pertanian serta memperluas pemanfaatan teknologi irigasi cerdas di kalangan generasi muda dan dunia.
Haidar, M. S., & Sutabri, T. (2024), Indonesia	Studi observasi dan analisis data sensor tanah serta pemodelan dampak terhadap irigasi (kuantitatif). Pengumpulan data dari sensor tanah yang merekam parameter seperti kelembaban, pH, dan suhu tanah serta analisis data secara komprehensif.	Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh kualitas tanah yang dipantau secara real-time menggunakan sensor dalam optimalisasi pengelolaan irigasi cerdas agar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan kesehatan tanaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas tanah secara langsung mempengaruhi keberhasilan dan efisiensi sistem irigasi cerdas, khususnya dalam penyesuaian volume air yang diberikan. Monitoring kualitas tanah secara kontinu sangat penting untuk pengelolaan irigasi yang adaptif dan efektif dalam meningkatkan hasil pertanian sekaligus konservasi sumber daya air.
Liu, X., Zhao, Z., & Rezaeipan ah, A. (2025), China	Eksperiment al dengan pengembang an sistem dan pengujian lapangan menggunakan teknologi fuzzy logic (kuantitatif). Pengujian sistem secara langsung di lapangan dengan pemantauan respons sistem terhadap perubahan lingkungan.	Penelitian ini mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT dengan teknologi fuzzy control untuk meningkatkan adaptasi sistem terhadap variasi kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman secara lebih responsif dan presisi. Kontrol fuzzy yang diterapkan meningkatkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan pemberian air secara otomatis sesuai kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman. Teknologi ini dapat mendorong otomatisasi lebih maju dan efisiensi dalam pengelolaan air irigasi sehingga dapat mengurangi pemborosan air.
Obaideen, K. et al. (2022), Multinasional	Review literatur dari jurnal, artikel, dan laporan teknis terkait sistem irigasi berbasis IoT (kualitatif). Pengumpulan dan analisis data literatur yang mendokumentasi kan aplikasi, teknologi, dan hasil sistem irigasi pintar.	Studi ini melakukan review komprehensif terhadap berbagai sistem irigasi pintar berbasis IoT yang telah diimplementasikan di berbagai negara untuk memahami teknologi, kelebihan, serta tantangan yang dihadapi. Sistem irigasi berbasis IoT terbukti sangat efektif dalam meningkatkan pengelolaan air dengan dukungan berbagai teknologi pendukung seperti sensor, kontrol otomatis, dan monitoring. Memberikan rekomendasi teknis dan strategis untuk implementasi IoT dalam irigasi secara luas guna mendukung pertanian presisi dan keberlanjutan global.
Pamungka s, Y. Y., & Gunawan, B. (2025), Indonesia	Studi pengembangan dan implementasi sistem dengan pengujian fungsi monitoring web (kuantitatif). Pengujian langsung sistem dan pengamatan respon pengguna dalam mengendalikan irigasi melalui platform web.	Penelitian ini mengembangkan dan mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis IoT dengan fitur monitoring menggunakan platform web Adafruit untuk memudahkan pengelolaan dan pengendalian irigasi secara real- time dari jarak jauh. Sistem berbasis web yang dikembangkan mampu memudahkan monitoring dan pengendalian irigasi secara real-time. Meningkatkan aksesibilitas dan kontrol dalam pengelolaan irigasi yang lebih responsif.

Sharifnasa b. Het al (2023), Iran	Metode eksperimental dengan pengujian lapangan dan evaluasi hasil produksi (kuantitatif). Pengujian dan pengumpulan data lapangan terkait penggunaan air dan hasil produksi jagung.	Penelitian ini mengevaluasi efektivitas penggunaan sistem ingası pintar berbasis IoT dalam pengelolaan irigasi tanaman jagung dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil produksi jagung secara signifikan. Sistem irigası pintar menunjukkan peningkatan efisiensi air dan hasil produksi jagung yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Mendukung implementasi teknologi irigasi pintar secara spesifik untuk tanaman jagung sebagai solusi pertanian berkelanjutan yang hemat air.
Srikanthanai k, j. (2024), India	Metode eksperimental dengan desain dan implementasi prototipe sistem irigasi pintar (kuantitatif). Uji coba dan pengambilan data penggunaan air serta respon sistem di lapangan.	Penelitian bertujuan mendesain dan mengimplementasikan sistem irigasi pintar berbasis loT untuk membantu pengelolaan air irigasi secara berkelanjutan dan efisiensi pada lahan pertanian di india. Sistem irigasi pintar membantu mengelola penggunaan air secara lebih efisien dan berkelanjutan menurunkan pemborosan air. Mendukung pertanian berkelanjutan di India melalui teknologi irigasi pintar yang dapat diadopsi secara luas untuk konservasi air dan peningkatan hasil pertanian.

PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan oleh Abrar (2023) menunjukkan bahwa penggunaan sistem pengontrolan irigasi cerdas berbasis Internet of Things (IoT) mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air secara signifikan pada lahan pertanian di Indonesia. Sistem ini secara otomatis menyesuaikan kebutuhan air berdasarkan kondisi tanaman dan cuaca, sehingga mengurangi pemborosan air dan meningkatkan hasil panen. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan teknologi digital dapat menjadi solusi efektif untuk menghadapi tantangan keterbatasan sumber daya air di sektor pertanian (Abrar, 2023). Sementara itu, studi dari Ali, Hussain, dan Zahid (2025) di Pakistan mendukung temuan tersebut dengan menyatakan bahwa teknologi irigasi pintar tidak hanya meningkatkan efisiensi air, tetapi juga berkontribusi pada pertanian berkelanjutan. Pendekatan sistematis mereka dengan analisis studi kasus lapangan memperkuat rekomendasi agar teknologi ini diadopsi secara lebih luas untuk mendukung pertanian yang ramah lingkungan. Hal ini mempertegas pentingnya penyebaran teknologi IoT agar manfaatnya dapat dirasakan oleh lebih banyak petani di berbagai negara berkembang (Ali et al., 2025).

Ariawan (2024) memperkenalkan pengembangan sistem irigasi berbasis AIoT yang mampu beradaptasi secara real-time terhadap kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman. Sistem ini menunjukkan kemampuan adaptasi yang lebih canggih melalui integrasi artificial intelligence yang mendukung pertanian presisi. Inovasi ini sangat relevan dalam konteks pengelolaan air yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan, terutama di tengah tekanan perubahan iklim yang semakin meningkat (Ariawan, 2024).

Pelatihan yang dilakukan oleh Budiman et al. (2024) di kalangan siswa SMK juga menunjukkan dampak positif dari teknologi irigasi cerdas. Dengan memberikan pengetahuan dan keterampilan praktis terkait penggunaan IoT dalam irigasi tetes, mereka berhasil meningkatkan kapasitas sumber daya manusia muda di bidang pertanian modern. Ini menunjukkan bahwa edukasi dan pengembangan SDM merupakan faktor penting dalam memperluas pemanfaatan teknologi pertanian (Budiman et al., 2024).

Penelitian oleh Haidar dan Sutabri (2024) menggarisbawahi pentingnya monitoring kualitas tanah secara real-time menggunakan sensor dalam mengoptimalkan penggunaan irigasi cerdas. Data sensor yang memantau kelembaban, pH, dan suhu tanah memungkinkan penyesuaian pemberian air yang lebih tepat, sehingga efisiensi air meningkat sekaligus menjaga kesehatan tanaman. Ini menegaskan bahwa integrasi berbagai sensor lingkungan menjadi kunci dalam pengelolaan pertanian cerdas yang efektif (Haidar & Sutabri, 2024). Liu, Zhao, dan Rezaeipanah (2025) menambahkan aspek kontrol fuzzy dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT, yang membuat sistem lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan pemberian air yang lebih presisi dan adaptif, sehingga dapat mengurangi pemborosan air secara signifikan. Penggunaan teknologi seperti fuzzy logic ini menunjukkan bahwa teknologi irigasi pintar terus mengalami inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas (Liu et al., 2025).

Sementara itu, tinjauan literatur yang dilakukan oleh Obaideen et al. (2022) mengumpulkan berbagai studi dari berbagai negara yang menegaskan efektivitas sistem irigasi pintar berbasis IoT secara global. Penelitian ini menyoroti kelebihan teknologi sensor, kontrol otomatis, dan monitoring jarak jauh yang mendukung pertanian presisi serta memberikan rekomendasi teknis untuk implementasi yang lebih luas. Ini memperlihatkan bahwa teknologi irigasi pintar telah menjadi tren global dengan potensi besar untuk diterapkan di berbagai konteks pertanian (Obaideen et al., 2022). Pengembangan sistem berbasis web yang dilakukan oleh Pamungkas dan Gunawan (2025) memudahkan monitoring dan pengendalian irigasi secara real-time dari jarak jauh. Dengan platform web ini, pengguna dapat mengatur irigasi dengan lebih nyaman dan efisien, yang secara langsung meningkatkan produktivitas dan konservasi air. Hal ini menunjukkan pentingnya kemudahan akses dan kontrol dalam teknologi pertanian digital untuk meningkatkan adopsi oleh petani (Pamungkas & Gunawan, 2025).

Penelitian spesifik pada tanaman jagung oleh Sharifnasab et al. (2023) juga menunjukkan bahwa sistem irigasi pintar berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil produksi secara signifikan. Fokus yang lebih spesifik pada jenis tanaman tertentu memperlihatkan bahwa teknologi ini dapat diadaptasi sesuai kebutuhan spesifik tanaman, sehingga hasil panen dapat dioptimalkan (Sharifnasab et al., 2023). Terakhir, studi dari Srikanthnaik (2024) di India menegaskan bahwa sistem irigasi pintar berbasis IoT tidak hanya menurunkan pemborosan air tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan secara lebih luas. Dengan metode eksperimental dan uji coba lapangan, penelitian ini memberikan bukti konkret bahwa teknologi irigasi pintar dapat diadopsi secara luas di berbagai wilayah dengan kondisi pertanian yang berbeda-beda (Srikanthnaik, 2024).

Secara keseluruhan, rangkaian penelitian ini menegaskan bahwa teknologi irigasi pintar berbasis IoT dan AIoT merupakan solusi inovatif yang efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, meningkatkan hasil panen, dan mendukung pertanian berkelanjutan. Keberhasilan implementasi teknologi ini sangat bergantung pada pengembangan perangkat yang adaptif, pendidikan dan pelatihan sumber daya manusia, serta integrasi data lingkungan secara real- time (Reddy et al., 2024). Dengan demikian, teknologi ini memiliki potensi besar untuk mengatasi tantangan pengelolaan sumber daya air yang semakin kompleks akibat perubahan iklim dan kebutuhan pangan global yang terus meningkat (Jabbari et al., 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, jelas bahwa sistem irigasi pintar berbasis IoT dan AIoT sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air serta hasil panen di sektor pertanian. Teknologi ini memungkinkan pengelolaan air secara otomatis dan adaptif berdasarkan kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman, sehingga mengurangi pemborosan dan mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan.

Selain itu, keberhasilan implementasi teknologi ini juga bergantung pada pengembangan perangkat yang canggih dan edukasi kepada petani maupun sumber daya manusia yang terlibat dalam proses pertanian modern. Untuk memperluas manfaat teknologi irigasi pintar, disarankan agar pemerintah dan stakeholder terkait meningkatkan pelatihan dan penyuluhan kepada petani tentang penggunaan sistem berbasis IoT ini. Selain itu, perlu ada investasi lebih lanjut dalam pengembangan teknologi yang lebih mudah diakses dan terintegrasi dengan berbagai platform digital agar petani dapat mengontrol irigasi secara real-time dengan praktis.

DAFTAR PUSTAKA

Abrar, A. (2023). Pengembangan Sistem Pengontrolan Irigasi Cerdas dengan Teknologi Internet of Things (IoT). *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Ilmu Sosial (SNIIS)*, *15*(9), 286–293.

Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture. *AgriEngineering*, *7*(106), 1–21.

Ariawan, A. (2024). Smart Sprout : Irigasi Cerdas Berbasis AIoT untuk Pertanian Modern dan Ramah Lingkungan. *Bit-Tech (Binary Digital - Technology)*, *7*(2), 1–11. https://doi.org/10.32877/bt.v7i2.1841

Azhar, R., Saeppani, A., & Sofiyan, Y. (2024). THE UTILIZATION OF INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGY IN AGRICULTURE. *Jurnal Riset Teknik Informatika (JURETI)*, *1*(2), 92–97.

Budiman, D. F., Iqbal, M. S., Rachman, A. S., Ahmad, L., & Akbar, S. I. (2024). IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS (IoT) DALAM SISTEM IRIGASI TETES CERDAS: PROGRAM PELATIHAN DI SMK PP NEGERI MATARAM. *JURNAL ABDI INSAN*, *11*(4), 2378–2385.

Fathurrohman. (2024). SISTEM MONITORING PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SOIL MOISTURE PADA TANAMAN MELON. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(1), 568–573.

Goda, K. D., Del, A., & Stein, P. (2024). Kajian Pengembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Pertanian di Kabupaten Ngada , Nusa Tenggara Timur. *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI*, *6*(02), 478–493.

Haidar, M. S., & Sutabri, T. (2024). Analisis Pemantauan Kualitas Tanah untuk Optimalisasi Irigasi pada Pertanian Cerdas. *Jurnal Elektronika Dan Teknik Informatika Terapan*, *2*(4), 43–49.

Inayah, I., Agustirandi, B., Budiman, M., Djamal, M., & Faizal, A. (2025). Results in Engineering Experimental design : Implementation of IoT-based drip irrigation to enhance the productivity of Cilembu sweet potato (Ipomoea batatas) cultivation. *Results in Engineering*, *25*(11), 103600. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103600

Jabbari, A., Teli, T. A., Masoodi, F., Reegu, F. A., Uddin, M., & Albakri, A. (2024). Prioritizing factors for the adoption of IoT-based smart irrigation in Saudi Arabia : a GRA / AHP approach. *Frontiers in Agronomy*, *1*(1), 1–18. https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1335443

Liu, X., Zhao, Z., & Rezaeipanah, A. (2025). Intelligent and automatic irrigation system based on internet of things using fuzzy control technology. *Scientific Reports*, *15*(14577), 1–19.

Obaideen, K., Yousef, B. A. A., Nooman, M., Chai, Y., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, *7*(1), 100124. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124

Pamungkas, Y. Y., & Gunawan, B. (2025). IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI OTOMATIS BERBASIS IOT DENGAN MONITORING DAN PENGENDALIAN MENGGUNAKAN WEB ADAFRUIT. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Interaktif*, *5*(1), 178–203.

Pratama, M. H. (2024). Pelatihan Implementasi IoT untuk Monitoring dan Otomasi Tanaman Lada di SMK SMTI Bandar Lampung dalam Mendukung Pertanian Berbasis Teknologi. *Jurnal Masyarakat Mengabdi Nusantara*, *3*(4), 31–42.

Reddy, V. S., Harivardhagini, S., & Sreelakshmi, G. (2024). IoT and Cloud Based Sustainable Smart Irrigation System. *E3S Web of Conferences*, *1*(1), 1–12.

Sari, Y. N., & Sari, M. (2025). Inovasi Teknologi IoT untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan IoT Technology Innovation to Support Sustainable Agricultu. *J Jurnal Kolaboratif Sains*, *8*(1), 271–284. https://doi.org/10.56338/jks.v8i1.6737

Setyawan, D. Y., & Marjunus, R. (2024). Automasi dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Cerdas : review artikel pada Jurnal Terakreditasi Kemenristek. *Jurnal UMJ*, *April*, 1–9.

Sharifnasab, H., Mahrokh, A., Dehghanisanij, H., Łazuka, E., & Łag, G. (2023). Evaluating the Use of Intelligent Irrigation Systems Based on the IoT in Grain Corn Irrigation. *Water*, *15*(1394), 1–12.

Srikanthnaik, J. (2024). Design and implementation of an IoT based smart irrigation system for efficient water management and sustainable agriculture. *International Journal of Research in Agronomy*, *7*(1), 459–465.