

Tinjauan Penerapan Internet of Things pada Sistem Irigasi Cerdas Pertanian

Qeisha Amalya Putri¹, Dwi Safitri²

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto, Banyumas, Indonesia
surel: ¹qeiishaalya@gmail.com, ²dwisafitri1905@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima 02-10-2025

Revisi 27-10-2025

Diterima 14-11-2025

Kata kunci:

Internet of Things

Irigasi Cerdas

Tinjauan Sistematis

Efisiensi Air

Pertanian

ABSTRAK

Penerapan Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi cerdas menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pengelolaan pertanian secara lebih adaptif. Artikel ini menyajikan tinjauan sistematis terhadap penerapan teknologi IoT pada sistem irigasi cerdas dengan fokus pada komponen sistem yang digunakan, efektivitas implementasi, serta kendala dan arah pengembangannya. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* terhadap 20 artikel ilmiah terbitan tahun 2021–2025 yang diperoleh dari basis data Scopus dan Google Scholar. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT umumnya terdiri atas sensor kelembapan tanah, mikrokontroler, media komunikasi, platform monitoring, dan aktuator sebagai pengendali aliran air. Implementasi sistem tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mendukung penyiraman otomatis berdasarkan kondisi aktual lahan. Namun demikian, beberapa kendala masih ditemukan, antara lain ketergantungan pada koneksi internet, keterbatasan akurasi sensor, dan penerapan sistem yang masih didominasi oleh skala prototipe. Tinjauan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang lebih efektif, aplikatif, dan berkelanjutan di sektor pertanian.

Penulis yang sesuai:

Qeisha Amalya Putri

Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Purwokerto

Email: qeiishaalya@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sistem irigasi memiliki peran penting dalam mendukung produktivitas pertanian, khususnya dalam menjaga ketersediaan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Namun, praktik irigasi konvensional yang masih banyak diterapkan sering kali tidak mempertimbangkan kondisi aktual lahan secara real-time, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan air dan distribusi air yang tidak efisien [1]. Kondisi ini menjadi semakin krusial seiring meningkatnya kebutuhan pangan dan keterbatasan sumber daya air di sektor pertanian.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang baru dalam pengelolaan sistem irigasi secara lebih cerdas dan adaptif. IoT memungkinkan integrasi berbagai perangkat seperti sensor,

mikrokontroler, aktuator, dan platform monitoring berbasis jaringan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara otomatis dan real-time [2]. Dalam konteks pertanian, teknologi ini banyak dimanfaatkan untuk memantau parameter lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, dan kondisi cuaca sebagai dasar pengambilan keputusan irigasi yang lebih presisi [3].

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mendukung penyiraman otomatis berdasarkan kondisi aktual lahan [4], [5]. Sistem ini tidak hanya mengurangi pemborosan air, tetapi juga membantu menjaga kelembapan tanah pada rentang optimal sehingga berdampak positif terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Selain itu, penggunaan aplikasi mobile dan dashboard berbasis web memungkinkan pengelolaan irigasi dari jarak jauh, yang meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi operasional di sektor pertanian [6].

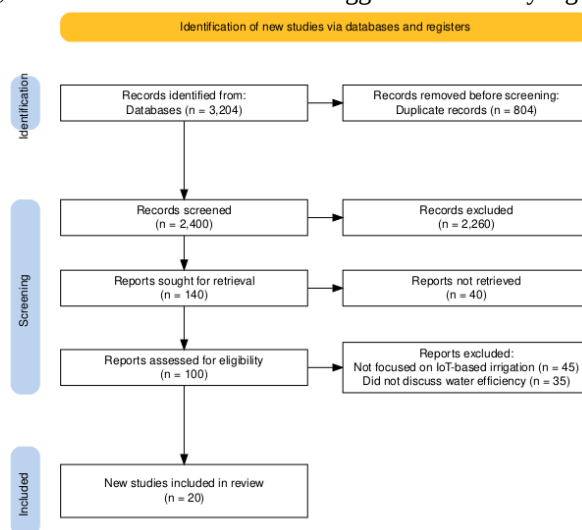
Meskipun demikian, implementasi sistem irigasi berbasis IoT masih menghadapi berbagai tantangan. Beberapa penelitian melaporkan adanya keterbatasan akurasi dan stabilitas sensor, ketergantungan terhadap koneksi internet, serta penerapan sistem yang masih didominasi oleh skala prototipe atau lahan percobaan [7], [8]. Selain itu, pengelolaan dan analisis data sensor dalam jumlah besar memerlukan pendekatan yang lebih canggih agar sistem irigasi dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan [9].

Seiring dengan meningkatnya jumlah penelitian terkait penerapan IoT pada sistem irigasi, diperlukan suatu kajian yang mampu merangkum dan menganalisis perkembangan teknologi tersebut secara komprehensif. Oleh karena itu, artikel ini menyajikan tinjauan sistematis terhadap penerapan Internet of Things pada sistem irigasi cerdas dengan fokus pada komponen sistem yang digunakan, efektivitas implementasi, serta kendala dan arah pengembangannya. Tinjauan ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai tren penelitian dan menjadi referensi bagi pengembangan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang lebih efektif dan aplikatif di sektor pertanian.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi cerdas di sektor pertanian. Metode ini dipilih karena mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai tren penelitian, efektivitas penerapan, serta kendala dan arah pengembangan sistem irigasi berbasis IoT berdasarkan studi ilmiah yang telah dipublikasikan. Proses SLR dilakukan dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) guna memastikan tahapan seleksi artikel dilakukan secara sistematis dan transparan.

Tahapan penelitian meliputi proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi artikel. Proses seleksi literatur tersebut disajikan dalam bentuk diagram alur PRISMA yang menggambarkan jumlah artikel pada setiap tahapan, mulai dari identifikasi awal hingga artikel akhir yang dianalisis.



Gambar 1. Diagram Alur Seleksi Artikel Berdasarkan Metode PRISMA

Pencarian literatur dilakukan pada basis data Scopus dan Google Scholar dengan rentang tahun publikasi 2021–2025. Kata kunci yang digunakan antara lain “*Internet of Things irrigation system*”, “*smart irrigation*”, “*IoT agriculture*”, dan “*soil moisture monitoring*”. Strategi pencarian disesuaikan untuk memperoleh artikel yang relevan dengan penerapan IoT pada sistem irigasi cerdas.

Untuk memastikan relevansi dan kualitas artikel yang direview, ditetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel ilmiah yang membahas penerapan IoT pada sistem irigasi cerdas, artikel terbit pada rentang tahun yang ditentukan, artikel yang telah melalui proses *peer-review*, serta penelitian yang menyajikan hasil implementasi atau evaluasi sistem. Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan topik IoT irigasi, artikel yang membahas sistem irigasi konvensional tanpa penerapan IoT, serta publikasi non-ilmiah.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Inklusi	Eksklusi
Publikasi dalam rentang waktu 2021–2025	Publikasi sebelum tahun 2021
Artikel ilmiah berbahasa Inggris atau Bahasa Indonesia	Artikel dalam bahasa lain tanpa terjemahan
Artikel yang membahas penerapan Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi cerdas	Artikel yang hanya membahas sistem irigasi konvensional tanpa IoT
Penelitian yang berfokus pada efisiensi penggunaan air di sektor pertanian	Penelitian yang tidak berkaitan dengan efisiensi air atau pertanian
Artikel jurnal atau konferensi yang telah melalui proses <i>peer-review</i>	Buku, tesis, atau artikel yang belum melalui proses <i>peer-review</i>
Penelitian yang menyajikan hasil implementasi atau evaluasi sistem	Studi konseptual tanpa pengujian atau evaluasi empiris

Berdasarkan proses seleksi literatur tersebut, diperoleh 20 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai bahan analisis. Data yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi komponen sistem IoT yang digunakan, efektivitas penerapan sistem irigasi, serta kendala dan arah pengembangan yang dilaporkan. Data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan cara membandingkan dan mensintesis temuan dari masing-masing artikel. Hasil analisis ini disajikan dan dibahas pada bagian hasil dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi literatur menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan PRISMA, diperoleh 20 artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel tersebut membahas penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi cerdas di sektor pertanian dengan variasi komponen, metode komunikasi, serta skala implementasi yang berbeda.

Ringkasan hasil review terhadap artikel yang dianalisis disajikan pada Tabel 2, yang memperlihatkan perbandingan komponen utama sistem IoT, media komunikasi yang digunakan, fokus penerapan, serta kendala yang dilaporkan pada masing-masing penelitian. Tabel tersebut digunakan sebagai dasar untuk menganalisis pola penerapan teknologi IoT dan tren pengembangannya pada sistem irigasi cerdas.

Tabel 2. Ringkasan Penerapan Internet of Things pada Sistem Irigasi Cerdas

Ref	Tahun	Komponen Utama	Media Komunikasi	Fokus Penerapan	Kendala Utama
[10]	2021	Sensor tanah, MCU, aktuator	Zigbee, GSM	Monitoring irigasi	Ketergantungan jaringan
[11]	2021	Sensor lingkungan, MCU, ML	WiFi	Rekomendasi irigasi	Infrastruktur & data
[12]	2023	Sensor tanah, MCU	WiFi, LoRaWAN	Efisiensi air	Skala lapangan
[13]	2023	Sensor lingkungan, MCU	WiFi, LoRaWAN	Kontrol real-time	Kompleksitas sistem
[14]	2024	Sensor lingkungan, IoT node	LoRa, WiFi	Efisiensi irigasi	Integrasi & jaringan
[15]	2023	Sensor lingkungan, MCU	WiFi	Kontrol irigasi	Skala & energi
[16]	2023	Sensor tanah, ESP8266	WiFi	Penyiraman otomatis	Ketergantungan jaringan
[17]	2022	Sensor tanah, MCU	-	Irigasi adaptif	Skala kecil
[18]	2021	Sensor lingkungan, ESP32	WiFi	Monitoring lahan	Otomatisasi terbatas
[19]	2024	Sensor tanah, ESP32	WiFi	Penyiraman otomatis	Energi & jaringan



[20]	2025	Sensor tanah, ESP32	WiFi	Kontrol jarak jauh	Interaksi lanjutan
[21]	2024	Sensor tanah, IoT node	Internet	Analitik irigasi	Prototipe
[22]	2023	Sensor tanah, ESP86	WiFi	Irigasi tetes	Sensor debit
[23]	2022	Sensor tanah, ESP86	WiFi	Penyiraman otomatis	Adaptasi lingkungan
[24]	2025	Sensor tanah, ESP32	Internet	Irigasi real-time	Metode cerdas
[25]	2022	Sensor tanah, ML	WiFi	Prediksi irigasi	Aplikasi mobile
[26]	2025	Sensor tanah, ESP32	WiFi	Efisiensi air	Integrasi ML
[27]	2025	Sensor tanah, ESP8266	WiFi, MQTT	Perawatan tanaman	Stabilitas sensor
[28]	2024	Sensor IoT, telemetri, cloud	HTTP/Cloud	Irigasi cerdas	Kalibrasi & implementasi
[29]	2024	Sensor tanah, ESP32	GSM	Efisiensi air	Optimisasi energi

3.1. Komponen Sistem IoT pada Sistem Irigasi Cerdas

Hasil tinjauan menunjukkan bahwa sistem irigasi cerdas berbasis IoT umumnya tersusun atas lima komponen utama, yaitu sensor, perangkat pengendali, media komunikasi, platform monitoring, dan aktuator. Sensor kelembapan tanah menjadi komponen yang paling dominan digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan kebutuhan penyiraman tanaman. Selain itu, beberapa penelitian juga mengintegrasikan sensor suhu dan kelembapan udara untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan irigasi.

Perangkat pengendali yang umum digunakan meliputi mikrokontroler seperti Arduino, NodeMCU ESP8266, dan ESP32. Penggunaan ESP8266 dan ESP32 semakin banyak ditemukan pada penelitian terbaru karena telah terintegrasi dengan modul komunikasi nirkabel, sehingga memudahkan pengiriman data sensor ke platform monitoring. Pada beberapa penelitian berskala lebih besar, perangkat tertanam yang terhubung dengan sistem *cloud* digunakan untuk mendukung pemrosesan dan penyimpanan data secara terpusat.

Pada aspek komunikasi data, teknologi WiFi menjadi media yang paling sering digunakan karena kemudahan implementasi dan ketersediaan infrastruktur. Namun, untuk area pertanian dengan cakupan luas dan keterbatasan jaringan, beberapa penelitian mulai memanfaatkan teknologi komunikasi jarak jauh seperti GSM dan LoRaWAN. Platform monitoring yang digunakan umumnya berbasis web atau aplikasi mobile, serta layanan *cloud* yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian irigasi secara real-time. Aktuator seperti pompa air, relay, dan *solenoid valve* digunakan untuk mengatur aliran air secara otomatis sesuai dengan kondisi lahan.

3.2. Efektivitas Penerapan Sistem Irigasi Cerdas Berbasis IoT

Berdasarkan hasil review, penerapan IoT pada sistem irigasi cerdas terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan metode irigasi konvensional. Penyiraman dilakukan secara otomatis berdasarkan kondisi aktual tanah, sehingga dapat mengurangi pemborosan air akibat penyiraman berlebih. Sistem ini juga mampu menjaga kelembapan tanah pada rentang optimal yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Selain efisiensi air, penerapan sistem irigasi berbasis IoT memberikan dampak positif terhadap efisiensi tenaga kerja dan kemudahan pengelolaan lahan. Dengan adanya sistem monitoring berbasis web atau aplikasi mobile, pengguna dapat memantau kondisi lahan dan mengendalikan irigasi dari jarak jauh. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi data sensor dengan platform *cloud* dan sistem telemetri memungkinkan pengambilan keputusan irigasi secara lebih cepat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pendekatan ini mendukung pengelolaan irigasi yang lebih adaptif dan berkelanjutan di sektor pertanian.

3.3 Kendala dan Arah Pengembangan Sistem Irigasi IoT

Meskipun memberikan berbagai manfaat, penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT masih menghadapi sejumlah kendala. Kendala yang paling sering dilaporkan adalah ketergantungan terhadap koneksi internet yang stabil, khususnya pada wilayah pertanian terpencil. Selain itu, akurasi dan keandalan sensor kelembapan tanah masih menjadi tantangan karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan proses kalibrasi sensor.

Sebagian besar penelitian yang direview juga masih berada pada tahap prototipe atau uji coba skala terbatas, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut pada skala lapangan yang lebih luas untuk memastikan keandalan sistem dalam jangka panjang. Dari sisi pengembangan, beberapa penelitian merekomendasikan integrasi teknologi lanjutan seperti *machine learning*, *fuzzy logic*, dan analitik data untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan irigasi. Penggunaan teknologi komunikasi jarak jauh serta pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, juga menjadi arah pengembangan yang potensial untuk meningkatkan keberlanjutan sistem irigasi berbasis IoT.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan terhadap 20 artikel ilmiah yang membahas penerapan Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi cerdas, dapat disimpulkan bahwa teknologi IoT memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan irigasi di sektor pertanian. Sistem irigasi berbasis IoT umumnya memanfaatkan sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama, dikombinasikan dengan perangkat pengendali, media komunikasi, serta platform monitoring berbasis web atau *cloud* untuk mendukung penyiraman otomatis secara real-time.

Hasil pembahasan menunjukkan bahwa penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT mampu mengurangi pemborosan penggunaan air dan meningkatkan kemudahan pengelolaan lahan pertanian. Integrasi sistem monitoring jarak jauh memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lahan dan mengendalikan irigasi secara lebih fleksibel dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Namun demikian, implementasi sistem ini masih menghadapi beberapa kendala, antara lain ketergantungan pada koneksi internet, keterbatasan akurasi dan keandalan sensor, serta penerapan sistem yang masih didominasi oleh skala prototipe.

Sebagai arah pengembangan ke depan, integrasi teknologi lanjutan seperti analitik data dan kecerdasan buatan berpotensi meningkatkan akurasi pengambilan keputusan irigasi. Selain itu, pemanfaatan teknologi komunikasi jarak jauh dan sumber energi terbarukan diharapkan dapat mendukung penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang lebih berkelanjutan dan aplikatif di sektor pertanian.

REFERENSI

- [1] FAO, *Water for Sustainable Food and Agriculture*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
- [2] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLoS Medicine*, vol. 6, no. 7, 2009.
- [3] L. Li, Q. Zhang, and D. Huang, "A Review of Internet of Things Technologies for Smart Agriculture," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 164164–164177, 2020.
- [4] A. Kamilaris, A. Kartakoullis, and F. X. Prenafeta-Boldú, "A Review on the Practice of Big Data Analysis in Agriculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 143, pp. 23–37, 2017.
- [5] M. M. Rathore, A. Paul, W. Hong, and P. S. Excell, "Urban Planning and Smart Cities: Big Data and IoT," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 5, pp. 53–59, 2016.
- [6] C. W. Tsai, C. F. Lai, M. C. Chiang, and L. T. Yang, "Data Mining for Internet of Things: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 16, no. 1, pp. 77–97, 2018.
- [7] J. A. López et al., "Smart Irrigation Systems: A Review," *Sensors*, vol. 20, no. 4, 2020.
- [8] S. Mekala and P. Viswanathan, "A Survey: Smart Agriculture IoT with Cloud Computing," in *Proc. IEEE ICCNT*, 2017.
- [9] R. Rayhana et al., "IoT-Based Smart Irrigation Systems: Challenges and Opportunities," *Int. J. Advanced Computer Science and Applications*, 2019.
- [10] M. Hamdi, A. Rehman, A. Alghamdi, M. A. Nizamani, M. M. S. Missen, and M. A. Memon, "Internet of Things (IoT) Based Water Irrigation System," *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, vol. 17, no. 5, pp. 69–80, 2021.
- [11] A. Bhoi, R. P. Nayak, S. K. Bhoi, S. Sethi, S. K. Panda, K. S. Sahoo, and A. Nayyar, "IoT-IIRS: Internet of Things based intelligent-irrigation recommendation system using machine learning approach for efficient water usage," *PeerJ Computer Science*, vol. 7, pp. 1–15, 2021.
- [12] M. H. Seyar and T. Ahamed, "Development of an IoT-Based Precision Irrigation System for Tomato Production from Indoor Seedling Germination to Outdoor Field Production," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 9, 2023.
- [13] A. Hafian, M. Benbrahim, and M. N. Kabbaj, "IoT-based smart irrigation management system using real-time data," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 6, pp. 7078–7088, Dec. 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i6.pp7078-7088.
- [14] T. Benhmad, C. B. Rhaimi, S. Alomari, and L. Aljuhani, "Design and implementation of an integrated IoT and artificial intelligence system for smart irrigation management," *International Journal of Advanced Soft Computing Applications*, vol. 16, no. 1, pp. 197–



- 218, Mar. 2024, doi: 10.15849/IJASCA.240330.12.
- [15] M. Senthil Vadivu, M. P. Reddy, K. Rane, N. Kumar, A. Karthikayen, and N. Behare, "An IoT-based system for managing and monitoring smart irrigation through mobile integration," *Journal of Machine and Computing*, vol. 3, no. 3, pp. 196–205, Jul. 2023, doi: 10.53759/7669/jmc202303018.
- [16] I. A. Azam, H. Pujiharsono, and S. Indriyanto, "Sistem irigasi tetes menggunakan sensor kelembapan tanah YL-69 berbasis Internet of Things (IoT)," *TEODOLITA: Media Komunikasi Ilmiah di Bidang Teknik*, vol. 24, no. 1, pp. 65–73, 2023.
- [17] A. Haris, N. Anggraini, and H. Sikumbang, "Teknologi irigasi cerdas pada sistem irigasi drip dengan algoritma ant colony optimization," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 6, pp. 1289–1296, 2022.
- [18] F. A. Nasution, Muthmainnah, S. A. Nanda, Fadliani, T. M. Ridwan, and N. ZA, "Peran Internet of Things (IoT) dalam perkembangan teknologi untuk petani garam Tambak Ujung Pusong Jaya," *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, vol. 3, no. 2, pp. 410–420, 2024.
- [19] D. Westari and S. Ilman, "Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32, moisture sensor, DHT22 sensor and Blynk," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 4, pp. 314–321, 2024.
- [20] M. Syukri, R. Ihsan, M. Rusdi, and Junaidi, "Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendalian Irigasi Sawah Menggunakan MIT App Inventor," *TREKRITel: Jurnal Teknik Elektro (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2021, doi: 10.51510/trekritel.v5i2.003.
- [21] A. Mustopa, A. Sujada, and I. L. Kharisma, "Pengembangan sistem irigasi tetes non-circulation menggunakan IoT dan analisis big data," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 13, no. 1, pp. 66–70, Jan. 2024, doi: 10.30591/smartcomp.v13i1.5388.
- [22] G. Fajar, Minarto, and U. M. H. Tamyiz, "Rancang bangun sistem irigasi tetes dan monitoring kualitas lahan pertanian tadah hujan berbasis web," *Journal of Information System Research*, vol. 4, no. 4, pp. 1333–1342, 2023, doi: 10.47065/josh.v4i4.3899.
- [23] D. A. Murtado and I. Suharjo, "Rancang bangun smart irrigation tanaman cabai berbasis IoT," *Jurnal Information System & Artificial Intelligence*, vol. 3, no. 1, pp. 56–64, 2022.
- [24] S. U. Haj, R. T. Adek, and R. Suwanda, "Implementasi sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk optimasi penggunaan air pada pertanian," *Metik Jurnal*, vol. 9, no. 2, pp. 338–347, 2025.
- [25] H. Basri, "Implementasi sitem irigasi cerddas berbasis IoT dan Machine Learning pada pembibitan pala di papua barat," *Jurnal Ilmiah Edutic*, vol. 8, no. 2, pp. 89–96, 2022.
- [26] Wahyudi, A. I. Pradana, and H. Permatasari, "Implementasi sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk pertanian greenhouse," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*, vol. 5, no. 2, pp. 435–446, Feb. 2025, doi: 10.52436/1.jpti.656.
- [27] B. L. Candradewani, S. Indriyanto, and I. Permatasari, "Sistem monitoring kelembapan media tanam Aglaonema sp. berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, vol. 2, no. 3, pp. 103–115, Jul. 2025, doi: 10.61124/sinta.v2i3.60.
- [28] A. Morchid, R. Jebabra, H. M. Khalid, R. El Alami, H. Qjidaa and M. Ouazzani Jamil, "IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems, telemetry data, and cloud computing," *Results in Engineering*, vol. 24, 2024, Art. no. 102829, doi: 10.1016/j.rineng.2024.102829.
- [29] Nurhaliza, "Perancangan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk optimalisasi penggunaan air pada lahan pertanian kering," *Jurnal Teknik Indonesia*, vol. 3, no. 4, pp. 129–136, Apr. 2025.