

Pengembangan Dashboard Monitoring Iot (Penyiraman Otomatis) Tanaman Melon Pada Green House Farm

Lailatul Fitriyah^{1)*} , Zahrotun Naimah²⁾ , Sofa Aulia Rofika³⁾ 

¹⁾³⁾ Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾lailatul123ascll@gmail.com, ²⁾nnajmiy@gmail.com, ³⁾sofaauliarofika@gmail.com

Abstract

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) di bidang pertanian mendorong penggunaan sistem cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan hasil panen, terutama di lingkungan greenhouse. Penelitian ini berfokus pada pembuatan dashboard pemantauan IoT untuk sistem penyiraman otomatis tanaman melon di pertanian greenhouse. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menerapkan sistem pemantauan serta pengontrolan penyiraman berbasis IoT yang mampu menampilkan kondisi lingkungan secara real-time serta mengotomatisasi proses penyiraman sesuai kebutuhan tanaman. Metode yang digunakan mencakup perancangan perangkat keras berbasis mikrokontroler dengan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu serta kelembapan udara, pengembangan perangkat lunak dashboard berbasis web, serta pengintegrasian sistem komunikasi data secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memantau parameter lingkungan secara akurat, mengontrol penyiraman otomatis berdasarkan ambang batas kelembapan tanah, serta menampilkan informasi pemantauan melalui dashboard yang informatif dan mudah digunakan. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan solusi greenhouse cerdas yang mendukung pertanian presisi, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta memudahkan pengelolaan budidaya melon melalui sistem pemantauan dan kontrol terintegrasi berbasis IoT.

Keywords: Internet of Things, dashboard monitoring, penyiraman otomatis, greenhouse

Article history: Received 5 April 2025, first decision 22 April 2025, accepted 22 August 2025, available online 28 October 2025

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian menghadapi berbagai tantangan yang semakin rumit karena pertumbuhan jumlah penduduk, kurangnya pasokan air, serta dampak dari perubahan iklim[1][2][3][4]. Cara bertani tradisional yang masih menggunakan penyiraman air secara manual cenderung tidak efisien, tidak mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan, serta bisa menyebabkan pemborosan air dan menurunnya hasil panen[5][6][7][8]. Karena itu, dibutuhkan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi dan menjaga kelangsungan usaha pertanian[9][10]. Salah satu metode yang semakin populer adalah smart agriculture yang memanfaatkan Internet of Things (IoT), sehingga memungkinkan pemantauan dan pengaturan kondisi tanah dan cuaca secara langsung dan otomatis. IoT telah banyak diimplementasikan dalam bidang pertanian untuk memonitor parameter penting seperti kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara, serta mengendalikan sistem irigasi secara otomatis[11][12][13][14].

Teknologi ini terbukti bisa meningkatkan penggunaan air secara lebih efisien dan membantu pengambilan keputusan berdasarkan data[15][16]. Dalam pertanian terkontrol, greenhouse menjadi tempat yang sangat cocok untuk menerapkan IoT karena bisa mengatur iklim mikro secara optimal, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang bernilai ekonomi tinggi, seperti melon[17][18]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis yang menggunakan IoT bisa menghemat penggunaan air secara signifikan[19][20]. Penelitian yang menggunakan sensor kelembapan tanah dan mikrokontroler melaporkan penghematan air mencapai 30% dibandingkan cara konvensional[21][22]. Penelitian lainnya menggabungkan berbagai sensor lingkungan dengan aplikasi monitoring berbasis mobile untuk mengendalikan irigasi secara otomatis dan menampilkan kondisi tanaman secara real-time, yang berdampak positif pada pengelolaan greenhouse secara lebih efisien[23][24][25].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sejauh ini masih fokus pada aspek otomatisasi irigasi dan pengumpulan data dari sensor[26][21]. Sementara itu, pengembangan dashboard pemantauan yang komprehensif, berbasis web, dan mudah digunakan masih terbatas[27][28]. Padahal, dashboard memiliki peran penting dalam menampilkan data real-time secara informatif, sehingga memudahkan pengguna dalam mengawasi kondisi greenhouse dan membuat keputusan operasional secara cepat dan tepat[23][29]. Keterbatasan ini menunjukkan adanya ruang penelitian dalam mengembangkan sistem yang terintegrasi antara IoT, sistem penyiraman otomatis, dan

* Corresponding author

dashboard pemantauan yang optimal untuk budidaya tanaman melon di greenhouse. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dashboard pemantauan berbasis IoT pada sistem penyiraman otomatis tanaman melon di pertanian greenhouse[17][27]. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, mendukung pertanian presisi, serta menjadi referensi pengembangan sistem greenhouse cerdas yang aplikatif dan berkelanjutan baik secara akademik maupun praktis[30][29][15].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat fisik terhubung ke jaringan internet untuk mengumpulkan, mengirim, dan memproses data secara otomatis[31][32]. Di bidang pertanian, IoT menjadi dasar utama dari konsep pertanian cerdas dan pertanian presisi karena mampu memantau kondisi lingkungan secara langsung serta membantu penggunaan sumber daya, terutama air, lebih efisien[33][13][34]. Penerapan IoT pada sistem irigasi menggunakan sensor untuk mengukur kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara yang terhubung ke mikrokontroler untuk mengatur penyiraman secara otomatis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem penyiraman berbasis IoT bisa meningkatkan penggunaan air secara efisien dan menjaga kondisi tanaman tetap optimal[35][36][24]. Penelitian oleh Hidayat et al. melaporkan penghematan air hingga 30% dengan menggunakan sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dibandingkan metode tradisional[33][21]. Selain itu, penggunaan IoT dalam greenhouse juga sangat efektif karena lingkungan yang terkontrol memungkinkan sistem merespons perubahan iklim kecil secara lebih tepat, sehingga cocok diterapkan pada tanaman hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi seperti melon[17][37][38].

Selain sistem otomatisasi, dashboard pemantauan juga memiliki peran penting sebagai antarmuka visual yang menampilkan data dari sensor secara langsung dan segera[23][39][40]. Dashboard ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan di greenhouse, status sistem penyiraman, serta kinerja keseluruhan sistem secara terpusat dan mudah dipahami. Beberapa penelitian sebelumnya sudah membuat sistem pemantauan berbasis aplikasi mobile atau web, namun sebagian besar masih menggunakan tampilan yang sederhana dan belum terintegrasi secara lengkap dengan sistem penyiraman otomatis yang bisa beradaptasi[29][32]. Penelitian khusus yang mengembangkan dashboard pemantauan IoT untuk budidaya tanaman melon di greenhouse masih terbatas[33]. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem yang terintegrasi, tidak hanya mampu mengotomatisasi penyiraman tetapi juga menyediakan dashboard pemantauan berbasis web yang informatif, real-time, dan mudah digunakan, sehingga dapat mendukung pengelolaan greenhouse secara lebih efektif dan berkelanjutan[13], [30], [34].

Selain hal-hal terkait pemantauan dan otomatisasi, pembuatan dashboard dalam sistem IoT juga sangat terkait dengan desain antarmuka pengguna (user interface) dan pengalaman pengguna (user experience)[15], [37]. Dashboard yang baik tidak hanya menampilkan data, tetapi juga memberikan informasi secara singkat, visual, dan mudah dipahami agar membantu pengambilan keputusan dalam operasi pertanian[17], [21], [31]. Bentuk visualisasi seperti grafik tren, indikator kondisi, dan pemberitahuan tentang masalah kritis sangat berguna bagi pengguna untuk memantau kondisi greenhouse dengan cepat dan tepat[35], [38]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kemudahan membaca data dan navigasi dashboard secara langsung memengaruhi efisiensi sistem pemantauan IoT di bidang pertanian. Meski demikian, masih jarang ada penelitian yang menggabungkan prinsip visualisasi data dan kesederhanaan navigasi dashboard secara khusus pada sistem penyiraman otomatis tanaman hortikultura di greenhouse[24], [33], [36]. Oleh karena itu, pengembangan dashboard yang tidak hanya bekerja dengan baik tetapi juga informatif dan ramah pengguna menjadi hal penting yang perlu dibahas lebih lanjut agar teknologi IoT dapat diterima lebih baik dalam praktik pertanian modern[22], [23].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian rekayasa dengan jenis penelitian dan pengembangan[24], [25]. Pendekatan ini dipilih karena penelitian ini berfokus pada desain, pemasangan, dan pengujian sistem teknologi berupa dashboard monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk penyiraman otomatis tanaman melon di greenhouse[18], [19]. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem yang sudah bisa digunakan langsung untuk meningkatkan efisiensi dalam penyiraman dan memudahkan pengawasan kondisi lingkungan di dalam greenhouse[20], [21], [29].

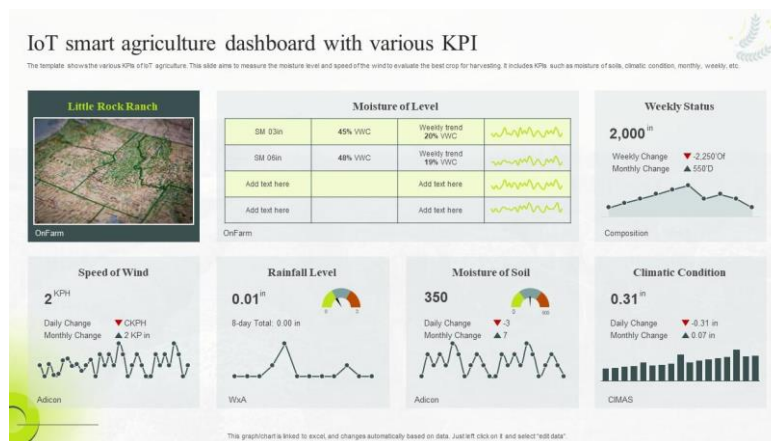
Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung di lokasi greenhouse untuk memperhatikan kondisi lingkungan serta cara tanaman melon disiram[6], [23]. Interview dilakukan kepada pengelola greenhouse agar dapat mendapatkan informasi mengenai kendala dan kebutuhan sistem monitoring[17], [27]. Untuk memperkaya pemahaman, dilakukan studi pustaka dengan membaca jurnal ilmiah, prosiding, dan laporan penelitian yang berkaitan dengan IoT, penyiraman otomatis, dan sistem greenhouse. Dokumentasi digunakan untuk mencatat pengaturan sistem, hasil bacaan sensor, serta data dari pengujian dashboard[8], [21], [26]. Data primer didapat dari hasil bacaan sensor dan pengamatan di lapangan, sedangkan data sekunder berasal dari referensi ilmiah dan penelitian sebelumnya[7], [27].



Gambar 1. Arsitektur Sistem IoT Penyiraman Otomatis

Gambar ini menunjukkan struktur sistem yang dibuat, terdiri dari sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara yang terhubung ke mikrokontroler[9], [28]. Sensor mengirim data ke server agar bisa ditampilkan di dashboard pemantauan berbasis web secara langsung[2]. Mikrokontroler juga mengatur aktuator penyiraman otomatis berdasarkan nilai batas kelembapan tanah, sehingga sistem bisa bekerja sendiri dan menyesuaikan diri sesuai kebutuhan tanaman[3], [4], [5].

Proses penelitian dilakukan secara bertahap, mulai dari tahap perencanaan yang mencakup analisis kebutuhan sistem dan merancang struktur IoT[14], [15]. Di tahap berikutnya, melakukan pemasangan komponen hardware, membuat program otomatis untuk menyiram tanaman, serta membuat tampilan monitoring via web[10], [16], [17]. Lalu, sistem diuji di lingkungan greenhouse untuk mengecek kinerja sensor, respons sistem penyiraman, serta tampilan dashboard[11], [12], [13]. Tahap terakhir adalah menganalisis hasil uji coba untuk menilai efektivitas sistem dan menyimpulkan penelitian tersebut.



Gambar 2. Tampilan Dashboard Monitoring IoT

Gambar ini menunjukkan tampilan dashboard pemantauan berbasis web yang digunakan untuk mengawasi kondisi greenhouse secara langsung[23], [40]. Dashboard tersebut menampilkan data dari berbagai sensor, seperti tingkat kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara, dalam bentuk grafik serta tanda indikator[1], [39]. Selain itu, dashboard juga menampilkan status sistem penyiraman otomatis, sehingga pengguna bisa mengetahui kapan sistem sedang bekerja atau tidak[13], [23], [40]. Penyajian data yang singkat dan mudah dipahami membantu pengguna untuk memantau dan membuat keputusan dengan cepat serta tepat[11], [12].

IV. HASIL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis tanaman melon yang menggunakan Internet of Things (IoT) dan dilengkapi dengan dashboard pemantauan berbasis web telah berhasil dibuat dan diterapkan di lingkungan greenhouse[10], [16], [17]. Sistem ini terdiri dari sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, mikrokontroler sebagai pusat pengendali, aktuator penyiraman, serta sistem komunikasi data yang terhubung

ke server[5], [14], [15]. Dalam pengujian fungsional, semua komponen sistem dapat beroperasi sesuai dengan rencana awal. Sensor mampu membaca kondisi lingkungan secara terus-menerus, data berhasil dikirim ke server, dan mikrokontroler dapat menjalankan logika penyiraman otomatis berdasarkan nilai ambang kelembapan tanah yang sudah ditentukan[2], [3], [4]. Jika kelembapan tanah terlalu rendah, sistem akan secara otomatis mengaktifkan penyiraman, lalu menghentikannya ketika kelembapan tanah mencapai tingkat yang diinginkan[9], [27], [28].

Dashboard monitoring yang dibuat bertindak sebagai antarmuka utama untuk menampilkan hasil bacaan sensor secara real-time[7], [8], [21]. Dashboard tersebut menampilkan informasi mengenai kondisi greenhouse berupa grafik dan indikator, yaitu suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta status sistem penyiraman otomatis[41][42]. Selama pengujian, dashboard mampu menampilkan perubahan data lingkungan secara stabil dan mudah dipahami. Akses berbasis web memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dari jarak jauh menggunakan berbagai jenis perangkat, sehingga meningkatkan fleksibilitas dalam mengelola greenhouse[43][44][23]. Tampilan data yang diberikan membantu pengguna memahami kondisi tanaman melon secara nyata dan mendukung pengambilan keputusan terkait penyiraman serta pengelolaan lingkungan greenhouse secara lebih efektif[45][46][42].

Hasil pengevaluasian kinerja sistem menunjukkan bahwa penggunaan penyiraman otomatis berbasis IoT berdampak baik bagi pengelolaan greenhouse secara lebih efisien[1], [41]. Sistem ini berhasil mengurangi ketergantungan pada penyiraman secara manual dan membantu menjaga tingkat kelembapan tanah tetap stabil sesuai kebutuhan tanaman melon[13], [23], [40]. Adanya dashboard pemantauan membuat proses pengawasan menjadi lebih teratur dan terpusat. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, seperti ketergantungan pada koneksi internet yang stabil serta batasan dalam jumlah parameter lingkungan yang dipantau[47][5]. Kekurangan tersebut memberikan peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti menambah sensor untuk mengukur kandungan nutrisi tanah, menambah fitur notifikasi otomatis, atau mengintegrasikan analisis data untuk membantu pengambilan keputusan yang lebih baik di masa depan[18], [19], [29].

V. PEMBAHASAN

Penelitian menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis tanaman melon yang menggunakan Internet of Things (IoT) dan terhubung dengan dashboard monitoring berbasis web dapat berjalan dengan baik dalam lingkungan greenhouse[24], [25][48]. Secara konsep, hasil ini sesuai dengan teori pertanian cerdas dan pertanian presisi yang fokus pada pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya, terutama air[4][49]. Penggunaan sensor kelembapan tanah sebagai acuan pengendalian penyiraman memungkinkan sistem merespons kondisi tanaman secara langsung dan real-time, sehingga penyiraman dilakukan tepat waktu dan dalam jumlah yang pas[32], [33]. Hal ini mendukung gagasan bahwa pendekatan berbasis data lebih efektif dibandingkan cara penyiraman manual yang cenderung subjektif dan tidak konsisten[29][50].

Kemampuan sistem dalam mempertahankan kelembapan tanah yang stabil memiliki dampak besar terhadap pertanian melon di greenhouse[42][51]. Tanaman melon sangat rentan terhadap kekurangan atau kelebihan air, sehingga pengendalian kelembapan tanah yang baik langsung memengaruhi pertumbuhan tanaman dan kualitas hasil panen[52][53]. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis menggunakan sensor dapat meningkatkan penggunaan air secara lebih efisien dan menjaga kondisi tanaman tetap dalam keadaan optimal[54][10]. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga sangat relevan dalam bidang pertanian[5], [14].

Dashboard pemantauan dalam penelitian ini menjadi hal yang membedakan dengan penelitian sebelumnya[35], [38]. Dashboard ini berfungsi sebagai alat tampilan data secara real-time yang mendukung sistem pendukung pengambilan keputusan[24], [33]. Dengan menampilkan data dalam bentuk grafik dan indikator, pengguna bisa dengan mudah memahami kondisi lingkungan di greenhouse serta status penyiraman tanpa perlu mengerti data mentah. Secara teori, hal ini sesuai dengan konsep visualisasi data yang menyatakan bahwa penyajian informasi secara visual dapat meningkatkan kecepatan dan keakuratan dalam mengambil keputusan[13], [33], [34]. Penggabungan antara pemantauan dan kontrol otomatis dalam satu dashboard membuat sistem lebih lengkap dan dapat diterapkan di lapangan.

Untuk memperjelas kontribusi penelitian ini, Tabel 1 menyajikan perbandingan karakteristik sistem yang dikembangkan dengan pendekatan umum pada penelitian terdahulu.

Aspek	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini
Pengendalian penyiraman	Otomatis berbasis sensor	Otomatis berbasis sensor dengan monitoring real-time
Visualisasi data	Terbatas (aplikasi sederhana/grafik dasar)	Dashboard web informatif dan terintegrasi

Akses monitoring	Lokal atau terbatas	Jarak jauh berbasis web
Integrasi sistem	Monitoring dan kontrol terpisah	Monitoring dan kontrol terpusat
Fokus tanaman	Umum (berbagai tanaman)	Spesifik tanaman melon di greenhouse

Tabel 1. Perbandingan Sistem Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa penelitian ini memberikan kontribusi utama berupa penggabungan berbagai sistem secara menyeluruh, terutama dalam pembuatan dashboard pemantauan[15], [37]. Dashboard ini tidak hanya digunakan untuk mengawasi kegiatan, tetapi juga membantu dalam mengevaluasi bagaimana sistem penyiraman otomatis bekerja[55][23]. Dari hasil penelitian ini, ada beberapa manfaat praktis, yaitu meningkatkan efisiensi dalam mengelola greenhouse, mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, serta mengurangi kemungkinan kesalahan dalam proses operasional[3], [4], [5].

Meskipun begitu, penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, seperti bergantung pada koneksi internet dan batasan dalam parameter lingkungan yang diukur[10], [11], [17]. Kekurangan tersebut memberikan kesempatan untuk pengembangan lebih lanjut, seperti menambahkan sensor untuk mengukur nutrisi tanah, intensitas cahaya, atau menerapkan analisis prediktif berdasarkan teknologi kecerdasan buatan[23], [39], [40]. Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang IoT dalam pertanian serta membantu meningkatkan manajemen greenhouse yang lebih efisien dan ramah lingkungan[29], [32], [33].

VI. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan membuat dashboard pemantauan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) untuk sistem penyiraman otomatis tanaman melon di pertanian greenhouse. Setelah direncanakan, diimplementasikan, dan diuji, terbukti bahwa sistem ini mampu memantau kondisi lingkungan secara langsung dan mengatur penyiraman otomatis sesuai dengan tingkat kelembapan tanah. Dengan demikian, tujuan penelitian dan permasalahan yang dibahas berhasil terjawab melalui pengembangan sistem IoT yang terpadu dan dapat digunakan secara nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan untuk mengukur kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara bekerja dengan baik dalam mengumpulkan data lingkungan. Data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk mengaktifkan atau mematikan proses penyiraman secara otomatis. Dashboard berbasis web yang digunakan mampu menampilkan informasi secara jelas dan mudah dipahami, sehingga membantu proses pemantauan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan greenhouse. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah integrasi sistem penyiraman otomatis dengan dashboard monitoring real-time, yang mendukung praktik pertanian presisi, terutama dalam budidaya tanaman melon. Secara praktis, sistem yang telah dikembangkan dapat mengurangi ketergantungan pada penyiraman manual, meningkatkan efisiensi penggunaan air, dan mengurangi kesalahan saat proses penyiraman berlangsung. Akses monitoring jarak jauh melalui dashboard berbasis web juga memberikan fleksibilitas bagi pengelola greenhouse. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti bergantung pada koneksi internet dan batasan pada parameter lingkungan yang diukur. Oleh karena itu, disarankan untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan sensor lingkungan lainnya, memperbaiki analisis data, serta menerapkan sistem ini pada greenhouse dengan skala yang lebih besar.

Kontribusi Penulis: [Lailatul Fitriyah] berkontribusi pada perancangan konsep dan sistem IoT serta penulisan naskah. [Zahrotun Naimah] berperan dalam pengumpulan dan analisis data serta pengujian sistem. [Sofa Aulia Rofika] berkontribusi pada pengembangan dashboard monitoring dan penyempurnaan naskah. Seluruh penulis menyetujui naskah akhir

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi: -

Pernyataan Dewan Peninjau Institusional: -

Subjek Hewan: -

ORCID:

First Author: -

Second Author: -

Third Author: -

REFERENCES

- [1] L. R. E. Malau, K. R. Rambe, N. A. Ulya, and A. G. Purba, "Dampak perubahan iklim terhadap produksi tanaman pangan di indonesia," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 23, no. 1, pp. 34–46, Mar. 2023, doi: 10.25181/jppt.v23i1.2418.
- [2] M. Ibnu, "Tantangan Sektor Pertanian dalam Memenuhi Kebutuhan Pangan Berkelanjutan," *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 20, no. 2, pp. 135–148, Dec. 2024, doi: 10.33658/jl.v20i2.400.
- [3] Abdullah Azzam Alhudhaibi, Ida Nurlinda, and Nadia Astriani, "Implementasi Pengaturan Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian dalam Mencapai Ketahanan Pangan di Indonesia," *Hidroponik J. Ilmu Pertan. Dan Teknol. Dalam Ilmu Tanam.*, vol. 2, no. 1, pp. 238–245, Feb. 2025, doi: 10.62951/hidroponik.v2i1.274.
- [4] F. Rozci, "DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP SEKTOR PERTANIAN PADI," *J. Ilm. Sosio Agribis*, vol. 23, no. 2, p. 108, Jan. 2024, doi: 10.30742/jisa23220233476.
- [5] A. Batisha, "Multi-disciplinary strategy to optimize irrigation efficiency in irrigated agriculture," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 11433, May 2024, doi: 10.1038/s41598-024-61372-0.
- [6] A. Bounajra, K. El Guemmat, K. Mansouri, and F. Akef, "Towards efficient irrigation management at field scale using new technologies: A systematic literature review," *Agric. Water Manag.*, vol. 295, p. 108758, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.agwat.2024.108758.
- [7] L. K. Mohanty *et al.*, "Water Saving Strategies in Field-based Agriculture: A Review of Traditional and Modern Approaches Across Agro-ecological Contexts in India," *J. Sci. Res. Reports*, vol. 31, no. 12, pp. 96–113, Nov. 2025, doi: 10.9734/jsrr/2025/v31i123755.
- [8] C. da-Silva-Branco, A. G. de Brito, and P. C. Seixas, "A comprehensive review of traditional irrigation systems: Sustainability and future prospects," *Agric. Syst.*, vol. 231, p. 104481, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.agry.2025.104481.
- [9] D. P. Ayuningtyas and F. Rositawati, "Pemanfaatan AI dalam Smart Farming untuk Mencapai SDGs 2 (Zero Hunger) di Indonesia," *ANTASENA Gov. Innov. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 176–190, Jun. 2025, doi: 10.61332/antasena.v3i1.325.
- [10] Julvin Saputri Mendofo, Martirah Warni Zendrato, Nisiyari Halawa, Elias Elwin Zalukhu, and Natalia Kristiani Lase, "Peran Teknologi dalam Meningkatkan Efisiensi Pertanian," *Tumbuh. Publ. Ilmu Sociol. Pertan. Dan Ilmu Kehutan.*, vol. 1, no. 3, pp. 01–12, Sep. 2024, doi: 10.62951/tumbuhan.v1i3.111.
- [11] Putu Edward Lim Junior, Eddy Muntina Dharma, and Putu Trisna Hady Permana, "SMART IRRIGATION BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN FRAMEWORK FIREBASE PADA TANAMAN TOMAT (STUDI KASUS PADA PERTANIAN TOMAT DI DESA TEGALCANGKRING, KABUPATEN JEMBRANA)," *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 4, Aug. 2023, doi: 10.36002/jutik.v9i4.2549.
- [12] R. Phandeiro, M. Najoran, and S. Kaunang, "Smart Agriculture System in Tropical Regions Based on Internet of Things," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 39–44, Jul. 2025, doi: 10.35793/jtek.v14i1.60891.
- [13] D. S. Kingslin and M. K. Vaishnavi, "A Comprehensive Survey on IoT-Based Smart Irrigation in Agriculture," *Int. J. Res. Sci. Innov.*, vol. XII, no. VII, pp. 708–711, 2025, doi: 10.51244/IJRSI.2025.120700071.
- [14] S. N. Kumar, K. Suriyan, A. T. Jacob, A. Varghese, and E. Francis, "Smart farming for a sustainable future: implementing IoT-based systems in precision agriculture," *Bull. Natl. Res. Cent.*, vol. 49, no. 1, p. 71, Oct. 2025, doi: 10.1186/s42269-025-01366-8.
- [15] A. Julianto Pratama and R. Mandela, "Evaluating the Effectiveness of Smart Irrigation Systems in Improving Agricultural Productivity," *Agric. Power J.*, vol. 1, no. 4, pp. 1–9, Nov. 2024, doi: 10.70076/apj.v1i4.43.
- [16] M. Syarif, J. Mauilindar, and M. Erlinawati, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGAIRAN OTOMATIS BERBASIS IOT DENGAN MODEL PROTOTYPE DI DESA TANGKISAN," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 7, no. 3, pp. 1241–1249, Aug. 2025, doi: 10.51401/jinteks.v7i3.5972.
- [17] M. E. Apriyani, A. Ismail, and A. Widya Andini, "Sistem Monitoring Budidaya Melon Melalui Greenhouse Berbasis Internet Of Things," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 187–194, Feb. 2025, doi: 10.25126/jtiik.2025129164.
- [18] C. Huda, B. Etikasari, and P. S. D. Puspitasari, "A Smart Greenhouse Production System Utilizes an IoT Technology," *JUITA J. Inform.*, vol. 11, no. 1, p. 117, May 2023, doi: 10.30595/juita.v11i1.16191.
- [19] P. M. D. S. Duraisamy, and D. R. Shankar, "Hydrosense: Pioneering Iot for Precision Drip Irrigation and Sustainable Water Management," *Int. J. Res. Sci. Innov.*, vol. XII, no. V, pp. 1130–1137, Jun. 2025, doi: 10.51244/IJRSI.2025.120500110.
- [20] Suraj Singh Mehta, Heer Patel, and Khushboo Shah, "Optimizing Agriculture Water Use with Arduino Based IOT Smart Irrigation," *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 160–170, Sep. 2025, doi: 10.32628/IJRSSET251368.
- [21] W. Wahyudi, A. I. Pradana, and H. Permatasari, "Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 5, no. 2, Feb. 2025, doi: 10.52436/1.jpti.656.
- [22] S. Lestari, T. Fadly Ramadhan, A. Hardiyanto, and P. Pramono, "Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai Menggunakan Esp32," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 1154–1158, Jul. 2025, doi: 10.47701/rcryjz73.
- [23] Aji Nur Iman and Suyud Widiono, "PERANCANGAN APLIKASI SMART GREENHOUSE BERBASIS IOT UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN SAYURAN," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 7, no. 2, pp. 289–401, Nov. 2024, doi: 10.36595/jire.v7i2.1322.
- [24] K. A. Saragih and R. Kurniawan, "Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dengan Logika Fuzzy Sugeno untuk Pengendalian Kelembaban Tanah di Greenhouse," *J. Algoritma*, vol. 22, no. 1, pp. 808–819, Jun. 2025, doi: 10.33364/algoritma/v.22-1.2327.
- [25] A. Kurniawan, A. Ristiono, and S. Sulistiadi, "Monitoring Iklim Mikro pada Greenhouse Secara Real Time Menggunakan Internet of

- Things (IoT) Berbasis Thingspeak,” *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.,* vol. 10, no. 4, p. 468, Dec. 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i4.468-480.
- [26] A. A. Abdelmoneim, H. N. Kimaita, C. M. Al Kalaany, B. Derardja, G. Dragonetti, and R. Khadra, “IoT Sensing for Advanced Irrigation Management: A Systematic Review of Trends, Challenges, and Future Prospects,” *Sensors*, vol. 25, no. 7, p. 2291, Apr. 2025, doi: 10.3390/s25072291.
- [27] M. F. Al-Adhim and G. S. Dewi, “Sistem Monitoring IoT Smart Farm Berbasis Web dengan Integrasi Template Dashboard Bootstrap dan Laravel 10,” *COMSERVA J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 7, pp. 1973–1981, Nov. 2024, doi: 10.59141/comserva.v4i7.2595.
- [28] R. Meiyanti, N. Nunsina, R. Fitria, and M. M. Munauwar, “Application of a Smart Farming Monitoring System to Optimize Vegetable Production in North Aceh,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 2, pp. 1070–1076, Nov. 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i2.7285.
- [29] V. Kumar, K. V. Sharma, N. Kedam, A. Patel, T. R. Kate, and U. Rathnayake, “A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies,” *Smart Agric. Technol.*, vol. 8, p. 100487, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.atech.2024.100487.
- [30] A. A. El-Sheshny, A. M. Abdel-Hameed, M. A. Al-Rajhi, H. G. Ghanem, T. M. Elzanaty, and M. H. Fayed, “Optimizing water management in greenhouse farming through an IoT-enabled monitoring system,” *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 24, no. 4, p. 33, Aug. 2025, doi: 10.1007/s44447-025-00039-2.
- [31] Z. A. Alarray and S. A. Kadhim, “Risks and Challenges of the Internet of Things: An Analytical Review of Previous Studies and Future Research Directions,” *J. Port Sci. Res.*, vol. 8, no. 4, Jun. 2025, doi: 10.36371/port.2025.4.5.
- [32] A. Choudhary, “Internet of Things: a comprehensive overview, architectures, applications, simulation tools, challenges and future directions,” *Discov. Internet Things*, vol. 4, no. 1, p. 31, Dec. 2024, doi: 10.1007/s43926-024-00084-3.
- [33] S. Gupta *et al.*, “Smart agriculture using IoT for automated irrigation, water and energy efficiency,” *Smart Agric. Technol.*, vol. 12, p. 101081, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.atech.2025.101081.
- [34] S. Mansoor, S. Iqbal, S. M. Popescu, S. L. Kim, Y. S. Chung, and J.-H. Baek, “Integration of smart sensors and IOT in precision agriculture: trends, challenges and future perspectives,” *Front. Plant Sci.*, vol. 16, May 2025, doi: 10.3389/fpls.2025.1587869.
- [35] M. P. Chemudugunta, M. E. and P. Anandkumar, “Automatic Water Sprinkler Using Iot Automation,” *Int. J. Res. Sci. Innov.*, vol. XII, no. V, pp. 1536–1546, Jun. 2025, doi: 10.51244/IJRSL.2025.120500146.
- [36] N. Nurhaliza, “PERANCANGAN SISTEM IRIGASI OTOMATIS BERBASIS IOT UNTUK OPTIMALISASI PENGGUNAAN AIR PADA LAHAN PERTANIAN KERING,” *J. Tek. Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 129–137, Apr. 2025, doi: 10.58860/jti.v3i4.668.
- [37] K. M. Hosny, W. M. El-Hady, and F. M. Samy, “Technologies, Protocols, and applications of Internet of Things in greenhouse Farming: A survey of recent advances,” *Inf. Process. Agric.*, vol. 12, no. 1, pp. 91–111, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.inpa.2024.04.002.
- [38] Muhammad Zikri, Muhammad Fikry, and Rizki Suwanda, “RANCANG BANGUN SMART GREENHOUSE OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN KONTROL RULE-BASED UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN TANAMAN TOMAT,” *Rabit J. Teknol. dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 10, no. 2, pp. 693–700, Jul. 2025, doi: 10.36341/rabit.v10i2.6435.
- [39] Willi Bianyosa Arif Wibiy and Aris Nasuha, “Monitoring Smart Applications for Monitoring and Controlling of IoT-Based Strawberry Hydroponic Plants,” *J. Robot. Autom. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 57–69, Jan. 2024, doi: 10.21831/jraee.v1i2.166.
- [40] T. S. Kalaivani, T. Kamireddy, and S. Govindakumar, “IoT-Enabled Soil and Crop Monitoring System Using Low-Cost Smart Sensors for Precision Agriculture,” in *The 12th International Electronic Conference on Sensors and Applications*, Basel Switzerland: MDPI, Nov. 2025, p. 77, doi: 10.3390/ECSA-12-26537.
- [41] J. J. Correa-Quiroz, M. A. Toribio-Barrueto, and C. Castro-Vargas, “IoT System with ESP32 for Smart Drip Irrigation and Climate Monitoring in Greenhouses,” *Emerg. Sci. J.*, vol. 9, no. 3, pp. 1133–1157, Jun. 2025, doi: 10.28991/ESJ-2025-09-03-01.
- [42] A. Hendra Wardana, R. Wahyu Febriyanto, and U. Said Fathullah, “Greenhouse Berbasis IOT (Internet Of Things) Sistem Monitoring Dan Kontrol Lingkungan Tanaman Tomat,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 540–545, Jul. 2025, doi: 10.47701/wg7tm238.
- [43] D.-I. Săcăleanu, M.-G. Matache, Ștefan-G. Roșu, B.-C. Florea, I.-P. Manciu, and L.-A. Perişoară, “IoT-Enhanced Decision Support System for Real-Time Greenhouse Microclimate Monitoring and Control,” *Technologies*, vol. 12, no. 11, p. 230, Nov. 2024, doi: 10.3390/technologies12110230.
- [44] A. Q. Mohabuth and D. Nem, “An IoT-Based Model for Monitoring Plant Growth in Greenhouses,” *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 536–549, May 2023, doi: 10.51519/journalisi.v5i2.489.
- [45] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, A. Zulfikri, G. Arifin, and R. M. Ilhamsyah, “Analysis of Phishing Attack Trends, Impacts and Prevention Methods: Literature Study,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 413–421, Aug. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4357.
- [46] F. P. Eka Putra, A. M. Ubaidillah Solichin, M. N. Wildanul Hakim, and M. T. Ramadhan, “Pemanfaatan Teknologi Wireless dan Mobile Network Berbasis 5G Untuk Pemerataan Akses Jaringan di Indonesia,” *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, pp. 415–425, Jul. 2025, doi: 10.29408/jit.v8i2.30559.
- [47] F. P. E. Putra, K. Mufidah, R. M. Ilhamsyah, S. A. Efendy, and S. N. R. Barokah, “Tinjauan Performa RouterOS Mikrotik dalam Jaringan Internet: Analisis Kinerja dan Kelayakan,” *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 903–910, Jan. 2024, doi: 10.47709/digitech.v3i2.3446.
- [48] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, A. Hamzah, W. A. Pramadi, and A. Nuraini, “Systematic Literature Review: Security Gap Detection On Websites Using Owasp Zap,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 348–355, Jul. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4227.
- [49] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, “Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, Jul. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.
- [50] F. P. E. Putra, D. A. M. Putra, A. Firdaus, and A. Hamzah, “Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (generasi ke 5) Pada Wilayah Perkotaan,” *INFORMATICS Educ. Prof. J. Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 47, Jul. 2023, doi: 10.51211/itbi.v8i1.2439.
- [51] A. F. Rachman, F. P. E. Putra, S. Syirofi, and D. Wahid, “Case Study of Computer Network Development for the Internet Of Things (IoT) Industry in an Urban Environment,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 399–407, Aug. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4302.
- [52] F. P. Eka Putra, F. Muslim, N. Hasanah, Holipah, R. Paradina, and R. Alim, “Analisis Komparasi Protokol Websocket dan MQTT Dalam Proses Push Notification,” *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, pp. 63–72, Jan. 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.325.
- [53] F. P. Eka Putra, Amir Hamzah, W. Agel, and R. O. Firmansyah Kusuma, “Impelementasi Sistem Keamanan Jaringan Mikrotik Menggunakan Firewall Filtering dan Port Knocking,” *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, pp. 82–87, Jan. 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.329.
- [54] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, M. A. Huda, H. Hasbullah, and A. Rohman, “Computer Network Management Optimization Through Big Data Analysis Using Time Series Analysis Method,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 434–442, Aug. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4373.

- [55] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, A. B. Tamam, and R. W. Efendi, "Implementation And Simulation Of Dynamic Arp Inspection In Cisco Packet Tracer For Network Security," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 340–347, Jul. 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4199.

Publisher's Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.