

Internet of Things-Based Automation System for Watering Cayenne Pepper Plants

Reza Maulana Akbar^{1*}, Joni Maulindar², Nibras Faiq Muhammad³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta, Surakarta, 57154, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 12 Juli 2025
Revisi : 20 Juli 2025
Publikasi : 30 September 2025

Kata Kunci:

Internet of Things (IoT)
Penyiraman otomatis
Sensor kelembaban tanah
Cabai rawit
Prototyping

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang ditujukan bagi petani cabai rawit di daerah pedesaan. Sistem ini dirancang untuk menyiram tanaman secara otomatis berdasarkan parameter lingkungan yang diperoleh secara *real-time*. Perangkat keras terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor suhu dan kelembaban DHT22, sensor kelembaban tanah, relay, dan pompa air DC. Data dari sensor diproses oleh ESP32 dan dikirim ke *database Supabase* menggunakan protokol HTTP, lalu divisualisasikan melalui antarmuka web lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi secara otomatis dan responsif saat nilai kelembaban berada di bawah ambang batas yang ditentukan. Antarmuka *monitoring* menampilkan suhu dan kelembaban terkini serta histori penyiraman secara *real-time*. Sistem ini dinilai efektif dalam menghemat tenaga kerja dan penggunaan air, serta memberikan solusi digital yang sesuai dengan praktik pertanian presisi skala kecil. Dengan hasil ini, sistem dinyatakan layak untuk diterapkan dan dibangun lebih lanjut.

ABSTRACT

This study aims to build an Internet of Things (IoT)-based automatic watering system intended for cayenne pepper farmers in rural areas. The system is designed to irrigate plants automatically based on environmental parameters obtained in real-time. The hardware components consist of an ESP32 microcontroller, a DHT22 temperature and humidity sensor, a soil moisture sensor, a relay module, and a DC water pump. Sensor data are processed by the ESP32 and transmitted to a Supabase database using the HTTP protocol, then visualized through a local web-based interface. Testing results show that the system functions automatically and responsively when the soil moisture value falls below the predetermined threshold. The monitoring interface displays real-time temperature, soil moisture, and a history of recent watering activities. This system is considered effective in reducing labor and optimizing water usage, while also providing a digital solution that aligns with small-scale precision agriculture practices. Based on the results, the system is deemed feasible for implementation and further development.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license



*Penulis Koresponden

Email: 210103169@mhs.udb.ac.id

Cara sitasi IEEE:

R. M. Akbar, J. Maulindar, dan N. F. Muhammad, "Internet of Things-Based Automation System for Watering Cayenne Pepper Plants," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 3, p. 1079-1085, September 2025. doi:10.30811/jaise.v5i3.7359

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki potensi besar dalam sektor pertanian, termasuk dalam budidaya komoditas hortikultura seperti cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Tanaman ini umumnya dibudidayakan oleh petani skala kecil hingga menengah, terutama di daerah pedesaan seperti Kabupaten Sragen. Namun demikian, proses penyiraman tanaman yang masih dilakukan secara manual menjadi tantangan tersendiri bagi petani, terutama saat menghadapi keterbatasan tenaga kerja, rendahnya efisiensi waktu, dan kebutuhan air yang fluktuatif tergantung pada musim serta kondisi tanah.

Permasalahan utama dalam penyiraman manual adalah ketidaktepatan waktu dan volume air yang diberikan, yang dapat berdampak pada stres tanaman dan menurunnya hasil panen [1]. Di sisi lain, kemajuan teknologi digital telah membuka peluang besar untuk menghadirkan sistem irigasi yang lebih efisien dan responsif terhadap kondisi lahan. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep integrasi antara perangkat keras, sensor, dan jaringan internet untuk pengawasan serta kontrol otomatis [2]. Teknologi ini memungkinkan proses penyiraman dilakukan secara otomatis berdasarkan data lingkungan yang diperoleh secara *real-time*, dan memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui antarmuka berbasis *website*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP8266, serta sistem *monitoring* sederhana [3], [4]. Penelitian oleh Fauzia et al. [5] merancang sistem penyiraman otomatis berbasis IoT untuk tanaman cabai dan tomat guna meningkatkan efisiensi irigasi. Sementara itu, Kharisma [6] mengembangkan sistem *monitoring* dan pengaturan debit air pada irigasi tetes berbasis IoT di dalam *greenhouse*. Namun demikian, penerapan sistem otomatisasi penyiraman khusus untuk tanaman cabai rawit di lahan terbuka dengan integrasi *web monitoring* masih jarang ditemukan, terutama pada skala kecil di wilayah pedesaan seperti Sragen.

Permasalahan utama yang hendak dijawab melalui penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem penyiraman otomatis berbasis IoT yang dapat menyesuaikan kebutuhan air tanaman cabai rawit secara efisien dan *real-time*. Untuk menjawab hal tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem penyiraman otomatis yang memanfaatkan sensor kelembaban tanah dan sensor DHT22 sebagai parameter utama, dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, serta dilengkapi dengan antarmuka *monitoring* berbasis *website* yang dapat diakses secara *real-time*. Pendekatan yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah metode *prototyping*, dengan serangkaian iterasi desain, implementasi, dan evaluasi langsung di lapangan.

Nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada integrasi antara sensor lingkungan dengan sistem kontrol otomatis berbasis ESP32 dan antarmuka web yang disesuaikan dengan kebutuhan petani cabai rawit di wilayah pedesaan. Sistem yang telah dikembangkan berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan air, menyederhanakan pemantauan kondisi lahan secara digital, serta mendukung implementasi pertanian presisi (*precision agriculture*) berbasis teknologi di Indonesia.

2. METODE

2.1. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder:

a. Data primer

Data diperoleh secara langsung dari narasumber melalui wawancara dengan pihak yang relevan, khususnya petani di wilayah studi, serta seorang praktisi di bidang pertanian dan sistem irigasi. Data ini bersifat kontekstual dan menjadi dasar dalam merumuskan kebutuhan sistem berdasarkan kondisi riil di lapangan.

b. Data sekunder

Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian [7], termasuk buku referensi, jurnal ilmiah, artikel ilmiah daring, laporan penelitian terdahulu, serta dokumentasi teknis terkait penerapan teknologi *Internet of Things* dalam bidang pertanian. Sumber-sumber ini digunakan untuk memperkuat dasar teoritis dan kerangka metodologi dalam pengembangan sistem.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Beberapa metode yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini antara lain:

2.2.1. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung kepada petani di Desa Pendem, Kecamatan Sumberlawang, Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah. Teknik ini bertujuan untuk menggali informasi terkait praktik penyiraman manual yang selama ini diterapkan, hambatan dalam pengelolaan irigasi, serta harapan petani terhadap sistem penyiraman otomatis. Informasi dari wawancara menjadi dasar dalam merancang spesifikasi sistem agar sesuai dengan konteks dan kebutuhan pengguna akhir.

2.2.2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan terhadap aktivitas penyiraman manual di lahan pertanian wilayah studi. Tujuannya adalah untuk memahami secara langsung kondisi lahan, pola penyiraman yang diterapkan, serta variabel lingkungan yang perlu diperhatikan dalam sistem otomatisasi. Hasil observasi digunakan untuk menentukan parameter lingkungan penting seperti ambang batas kelembaban tanah dan suhu maksimum.

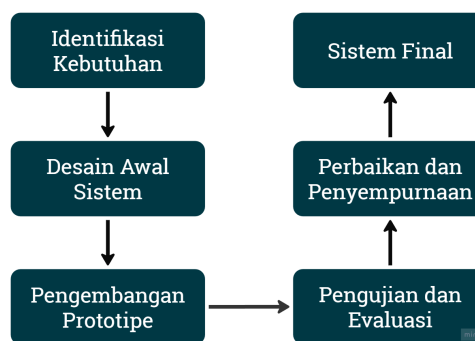
2.2.3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk membangun kerangka teoritis dan mendukung desain sistem [8]. Literatur diperoleh dari sumber-sumber kredibel, termasuk jurnal ilmiah bereputasi, buku akademik, artikel ilmiah daring, dan dokumentasi teknis yang berkaitan dengan teknologi IoT, mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, penyiraman otomatis, dan antarmuka *monitoring* berbasis *website*. Studi ini juga digunakan untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) dan merumuskan pendekatan yang relevan [9].

2.3. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode *Prototyping*, yaitu pendekatan dalam rekayasa perangkat lunak yang menekankan pada pembuatan model awal (prototipe) yang terus disempurnakan melalui iterasi berdasarkan masukan pengguna dan hasil uji coba [10]. Metode ini sesuai untuk pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), yang memerlukan validasi langsung di lapangan serta fleksibilitas terhadap penyesuaian kebutuhan pengguna.

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses rekayasa sistem, tahapan-tahapan dalam metode *Prototyping* divisualisasikan pada Gambar 1. Alur tersebut menunjukkan langkah-langkah iteratif mulai dari analisis kebutuhan hingga terbentuknya sistem akhir yang siap diimplementasikan. Setiap tahapan dilakukan secara iteratif guna menghasilkan sistem yang stabil, fungsional, dan adaptif terhadap kondisi riil di lapangan.



Gambar 1. Alur Metode *Prototyping*

2.3.1. Identifikasi Kebutuhan Sistem

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pengguna akhir, yaitu petani di wilayah studi. Data dikumpulkan melalui wawancara dan observasi lapangan untuk memahami pola penyiraman manual yang selama ini diterapkan, kendala yang dihadapi, serta ekspektasi petani terhadap keberadaan sistem penyiraman otomatis. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar perumusan spesifikasi sistem, termasuk penetapan ambang batas kelembaban tanah dan suhu udara sebagai parameter utama dalam aktivasi pompa air.

2.3.2. Perancangan Awal Sistem

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dilakukan perancangan awal sistem otomatisasi penyiraman tanaman yang mencakup tiga aspek utama, yaitu perangkat keras, logika sistem, dan antarmuka pengguna [11]. Perangkat keras digambarkan dalam bentuk diagram blok yang menunjukkan hubungan antar komponen, yaitu sensor kelembaban tanah dan sensor DHT22 sebagai *input*; mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama; modul relay sebagai aktuator; serta pompa air DC sebagai output.

Flowchart logika kerja dikembangkan untuk memvisualisasikan proses penyiraman otomatis, mulai dari pembacaan data sensor, pengambilan keputusan berdasarkan ambang batas yang ditentukan, hingga aktivasi atau penonaktifan pompa. Sistem dirancang agar hanya aktif saat kelembaban tanah berada di bawah ambang batas.

Antarmuka pengguna dikembangkan dalam bentuk halaman *website* lokal yang menampilkan data suhu dan kelembaban tanah secara *real-time* [12]. Data dikirim ke *Supabase* dan ditampilkan dalam bentuk nilai sensor serta tabel histori penyiraman terakhir. Antarmuka ini dapat diakses melalui browser di komputer maupun perangkat seluler.

2.3.3. Pengembangan Prototipe Sistem

Setelah tahap perancangan, sistem dikembangkan dalam bentuk prototipe fisik. Komponen seperti sensor kelembaban tanah, sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, pompa air, dan modul relay diintegrasikan ke dalam satu rangkaian yang dirangkai secara permanen di atas papan perakitan sebagai dudukan utama. Perakitan permanen ini bertujuan untuk menghasilkan konfigurasi sistem yang lebih stabil dan siap untuk pengujian di lingkungan lapangan.

Pemrograman sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE, dengan komunikasi data ke *Supabase* melalui protokol HTTP. Sistem dirancang untuk melakukan pembacaan data sensor secara berkala, memprosesnya menggunakan mikrokontroler ESP32, dan mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika parameter lingkungan berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Prototipe yang telah dirakit ini menjadi dasar untuk evaluasi fungsional sistem, efisiensi kerja, serta tahap pengujian performa sebelum implementasi penuh di lahan pertanian terbuka [13].

2.3.4. Pengujian dan Evaluasi Prototipe

Prototipe yang telah dirakit diuji dalam berbagai kondisi kelembaban tanah, yaitu kering, lembab, dan basah. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi akurasi pembacaan sensor, keandalan sistem dalam mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air secara otomatis berdasarkan ambang batas yang telah ditetapkan, serta kestabilan komunikasi data antara mikrokontroler ESP32 dan server *Supabase*.

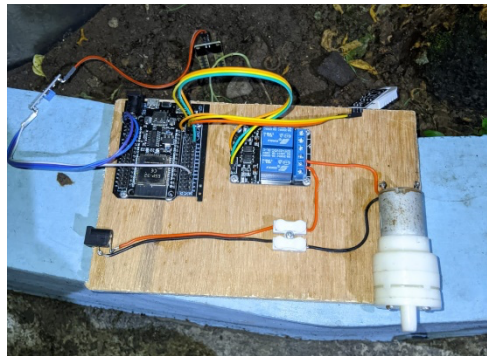
Evaluasi mencakup tiga aspek utama, yakni keakuratan pengaktifan pompa berdasarkan parameter lingkungan, kecepatan respons sistem terhadap perubahan data sensor, serta kemudahan pengguna dalam mengakses dan memahami informasi melalui antarmuka *website monitoring*. Seluruh proses pengujian dilakukan secara berulang pada waktu dan kondisi yang bervariasi guna memastikan konsistensi kinerja sistem, baik dari segi fungsionalitas maupun keandalan data yang ditampilkan secara *real-time*.

2.3.5. Penyempurnaan Sistem

Berdasarkan hasil evaluasi, sistem disempurnakan untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor, efisiensi konsumsi daya, dan kemudahan operasional. Penyesuaian ambang batas kelembaban tanah menjadi langkah awal, dengan acuan pada data pengukuran aktual di lapangan agar sistem dapat merespons kondisi lingkungan secara lebih tepat dan adaptif. Interval pembacaan sensor juga dioptimalkan untuk menekan penggunaan daya, khususnya dalam mendukung keberlanjutan operasional jangka panjang.

Selain itu, antarmuka *website monitoring* disederhanakan dengan tata letak yang lebih intuitif dan responsif untuk memudahkan pengguna akhir khususnya petani dalam mengakses dan memahami informasi yang ditampilkan [14]. Seluruh proses penyempurnaan dilakukan secara bertahap dan iteratif, merujuk pada hasil uji coba dan umpan balik pengguna, hingga sistem mencapai kondisi stabil, fungsional, dan sesuai dengan kebutuhan riil di lingkungan pertanian terbuka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Rangkaian Alat Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT

ID	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
10	34.0	70.0
9	31.0	73.0
8	30.0	78.0
7	31.0	77.0
6	33.0	73.0
5	29.0	75.0
4	31.0	70.0
3	22.0	11.0
2	33.0	60.0
1	24.0	78.0

Gambar 5. Tampilan Tabel 10 Penyiraman Terakhir

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja secara otomatis, responsif, dan stabil. Saat kelembaban tanah turun di bawah ambang batas, pompa air secara otomatis aktif untuk menyiram tanaman, dan akan mati kembali saat kondisi tanah kembali lembab. Waktu respon dari pembacaan sensor hingga data muncul di tampilan *website* tercatat kurang dari 5 detik, menunjukkan bahwa konektivitas sistem dan proses pemrosesan data berjalan secara *real-time* dan andal.

Dengan desain yang sederhana dan berbasis komponen terbuka, sistem ini terbukti efektif dalam menghemat tenaga kerja, mengoptimalkan penggunaan air, serta menyediakan fitur pemantauan lingkungan digital yang mudah diakses melalui jaringan lokal. Hal ini memperlihatkan potensi sistem untuk diterapkan dalam skala pertanian kecil hingga menengah, terutama di wilayah pedesaan seperti Kabupaten Sragen.

Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi irigasi, tetapi juga memberikan solusi pemantauan lingkungan berbasis teknologi digital yang dapat direplikasi untuk komoditas pertanian lainnya. Secara keseluruhan, hasil implementasi dan pengujian lapangan menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini layak digunakan untuk mendukung praktik pertanian presisi, khususnya pada budidaya tanaman cabai rawit.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu membantu petani cabai rawit dalam mengelola irigasi secara efisien dan *real-time*. Tujuan tersebut telah tercapai dengan baik, sebagaimana ditunjukkan dalam hasil dan pembahasan, di mana sistem berhasil membaca kondisi lingkungan secara otomatis, mengendalikan penyiraman berdasarkan ambang batas kelembaban tanah, serta menampilkan data *monitoring* melalui antarmuka *website* lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi secara otomatis, responsif, dan stabil, dengan waktu respon cepat dan keakuratan pembacaan sensor yang memadai. Penggunaan ESP32 sebagai pusat kendali, bersama dengan sensor kelembaban tanah dan DHT22, telah terbukti efektif dalam mendukung proses penyiraman otomatis yang sesuai dengan kondisi aktual lahan.

Berdasarkan keberhasilan implementasi ini, sistem memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi ke platform berbasis *cloud* agar dapat diakses dari jarak jauh, serta penambahan fitur kontrol manual atau otomatisasi berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk pengambilan keputusan yang lebih adaptif. Sistem juga berpotensi diterapkan pada komoditas pertanian lainnya dengan kebutuhan penyiraman serupa, serta digunakan pada skala lahan yang lebih luas dengan penyesuaian sumber daya. Dengan demikian, sistem yang telah dibangun dalam penelitian ini tidak hanya terbukti fungsional, tetapi juga menunjukkan potensi tinggi untuk diterapkan dan ditingkatkan dalam mendukung praktik pertanian presisi di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya selama proses penelitian, serta kepada petani di Desa Pendem, Kecamatan Sumberlawang, Kabupaten Sragen yang telah memberikan informasi dan waktu untuk mendukung kelancaran penelitian ini.

REFERENSI

- [1] L. Sudiajen, W. Lamto, Y. Thedy, S. D. Mardi, R. Rohmana, R. Novia, and N. D. Rahayu, *Intervensi Ergonomi Pertanian*. [Online]. Available: <https://repository-penerbitlitmus.co.id/id/eprint/144/>, 2024.

- [2] E. Erwin, A. I. Datya, N. Nurohim, S. Sepriano, W. Waryono, I. Adhicandra, and N. W. Purnawati, *Pengantar & Penerapan Internet of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di Berbagai Sektor*. Bandung: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [3] I. P. Sari, A. Novita, A. K. Al-Khowarizmi, F. Ramadhani, and A. Satria, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 4, pp. 337–343, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/blendsains/article/view/505>
- [4] N. Melawati, F. T. Syifa, and S. Indriyanto, "Perancangan dan Analisis Alat Penyiram Tanaman Bunga Mawar Berbasis Internet of Things," *eProceedings of Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 4006–4013, 2025.
- [5] N. Fauzia, N. Kholis, and H. K. Wardana, "Otomatisasi penyiraman tanaman cabai dan tomat berbasis IoT," *Reaktom: Rekayasa Keteknikan dan Optimasi*, vol. 6, no. 1, pp. 22–28, 2021. [Online]. Available: <https://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktom/article/view/2172>
- [6] R. Kharisma, *Sistem Monitoring dan Debit Air Irigasi Tetes Berbasis Internet of Things untuk Aplikasi Tanaman Cabai dalam Greenhouse*. 2024.
- [7] H. Hilalludin, *Upaya Guru PAI dalam Membentuk Self Control Siswa Kelas XII Salafiyah Ulya Islamic Center Bin Baz Yogyakarta Tahun Ajaran 2024/2025*, Disertasi Doktor, Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Madani Yogyakarta, 2025.
- [8] A. A. Kurniawan and A. Hermawan, "Analisis dan Perancangan Sistem Manajemen Proyek Berbasis Web Rimbo Dua PTPN VI," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (JUPTIK)*, vol. 1, no. 2, pp. 44–51, 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.ummuba.ac.id/index.php/JUPTIK/article/view/1615>
- [9] L. Judijanto, G. A. Wibowo, H. Hakpantria, I. Nuryanneti, A. Apriyanto, A. Firdaus, and E. Efitra, *Karya Tulis Ilmiah: Panduan Praktis Menyusun Karya Tulis Ilmiah*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [10] U. W. Yuda and T. Sutabri, "Pengembangan Inkubator Telur Ayam Berbasis IoT dan Arduino dengan Metode Prototipe Sistem Kontrol Suhu," *Journal Sains Student Research*, vol. 3, no. 2, pp. 401–409, 2025. [Online]. Available: <https://www.ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/jssr/article/view/4321>
- [11] M. I. Hasani and S. Wulandari, "Implementasi Internet of Things (IoT) pada sistem otomatisasi penyiraman tanaman berbasis mobile," *ILKOMNIKA*, vol. 5, no. 3, pp. 149–161, 2023. [Online]. Available: <https://journal.unublitar.ac.id/ilkomnika/index.php/ilkomnika/article/view/573>
- [12] F. Azis Maulana, *Sistem monitoring penyiraman otomatis tanaman anggur dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan catu daya solar panel berbasis website*, Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama, 2024. [Online]. Available: <http://eprints.poltektegal.ac.id/4636/>
- [13] I. G. N. S. Hernanda, I. M. Y. Negara, D. A. Asfani, D. Fahmi, T. Suryani, and D. Kuswidiastuti, "Pemanfaatan ultrasonic wave generator berbasis solar cell serta monitoring kelembaban tanah untuk membasmi hama pertanian guna meningkatkan kualitas hasil panen kelompok tani Desa Ngronggot," *Sewagati*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [14] N. W. Purnawati, I. N. A. Arsana, I. Arfyanti, I. R. Mukhlis, S. Sulistyowati, F. D. Prasetya, et al., *Sistem Informasi: Teori dan Implementasi Sistem Informasi di berbagai Bidang*. Indonesia: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [15] A. Maulia, N. Baihaqi, N. F. Faiz, M. Rizki, and D. Aribowo, "Simulasi pengukuran suhu dan kelembaban ruangan menggunakan Arduino Uno dan DHT22 pada Wokwi," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 4, pp. 200–213, 2024.
- [16] I. Yusuf and R. R. Suryono, "Implementasi aplikasi untuk pemantauan kelembaban tanah pada teknologi irigasi tetes tanaman jagung: Implementation application for monitoring soil moisture in corn crop drip irrigation technology," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 2, pp. 541–549, 2025.
- [17] D. R. Agustina, A. Y. Vandika, W. Susanty, T. Tanjung, and R. N. Afiani, "Implementasi service data untuk pemantauan lighting pada smart agriculture," *Digital Transformation Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 380–388, 2023.