

PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT DAN ENERGI SURYA DI LINGKUNGAN MADRASAH

Ahmad Roihan^{1*}, Ageng Setiani Rafika¹, Riko Firmansyah¹

¹Universitas Raharja, Indonesia

*Correspondence E-mail: ahmad.roihan@raharja.info

Kata Kunci:

Sistem
Penyiraman
Tanaman,
Penyiraman
Otomatis, IoT
(Internet of
Things), Energi
Surya.

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi perawatan taman di MI Sabilussalam, Pasarkemis, Kabupaten Tangerang, melalui penerapan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dan energi surya. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan System Development Life Cycle (SDLC) model sekuensial, yang terdiri dari tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan evaluasi. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengontrol dan membaca sensor kelembaban tanah, sensor hujan, sensor intensitas cahaya (LDR), dan sensor tegangan baterai. Pompa air diaktifkan secara otomatis saat tanah kering dan tidak ada hujan. Data lingkungan dikirimkan secara real-time ke dashboard berbasis web melalui koneksi Wi-Fi. Pelaksanaan kegiatan berlangsung selama Mei hingga Juli di lingkungan sekolah. Sistem yang dibangun sepenuhnya menggunakan energi dari panel surya 10 WP dan baterai 12 V 7 Ah, dirancang hemat energi, tahan cuaca, dan mudah dioperasikan tanpa pelatihan khusus. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berfungsi secara responsif dan aman, serta dapat diakses melalui antarmuka web yang kompatibel dengan berbagai perangkat. Implikasi dari kegiatan ini adalah meningkatnya kesadaran teknologi di kalangan guru dan siswa, serta efisiensi dalam penggunaan air dan energi dalam pemeliharaan taman sekolah secara mandiri dan berkelanjutan.

Keywords:

Plant Irrigation
System,
Automatic
Watering,
Internet of
Things (IoT),
Solar Energy.

Abstract

This community service activity aimed to improve the efficiency of garden maintenance at MI Sabilussalam, Pasarkemis, Tangerang Regency, through the implementation of an Internet of Things (IoT)-based automatic plant watering system powered by solar energy. The project applied the System Development Life Cycle (SDLC) sequential model, involving phases of needs analysis, system design, implementation, and evaluation. The system utilizes an ESP32 microcontroller to monitor soil moisture, rainfall, light intensity (via LDR sensor), and battery voltage. The water pump activates automatically when soil moisture is low and no rainfall is detected. Environmental data are transmitted in real time to a web-based dashboard via Wi-Fi. The project was carried out from May to July at the school site. The system is fully powered by a 10 WP solar panel and a 12 V 7 Ah battery, designed to be energy-efficient, weather-resistant, and operable without

requiring special training. Evaluation results showed that the system functioned responsively and securely, with HTTPS-based communication and compatibility with various device interfaces. The implementation had a positive impact by increasing technological awareness among teachers and students, as well as promoting efficient use of water and energy in autonomous and sustainable school garden maintenance.

Article submitted: 2025-07-15. Revision uploaded: 2025-07-28. Final accepted: 2025-07-31.

PENDAHULUAN

Lingkungan sekolah yang hijau, bersih, dan terawat memiliki peran strategis dalam menciptakan suasana belajar yang kondusif, sehat, dan edukatif. Keberadaan ruang terbuka hijau di lingkungan pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika, tetapi juga berperan penting dalam mendukung pembentukan karakter peduli lingkungan serta sebagai media pembelajaran kontekstual [1], [2]. Di Madrasah Ibtidaiyah (MI) Sabilussalam, taman sekolah dan tanaman hias dimanfaatkan tidak hanya untuk memperindah lingkungan, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran interaktif bagi siswa dalam memahami konsep-konsep dasar sains, ekologi, dan tanggung jawab terhadap lingkungan [3], [4].

Namun demikian, perawatan taman sekolah, khususnya dalam hal penyiraman tanaman, masih menghadapi berbagai kendala. Proses penyiraman yang dilakukan secara manual sering kali tidak berlangsung secara konsisten akibat keterbatasan waktu, tenaga pendidik yang berfokus pada tugas utama mengajar, serta keterbatasan sumber daya manusia [5], [6]. Selain itu, belum tersedianya sistem yang mendukung efisiensi penggunaan air menyebabkan pemborosan dan ketidakteraturan dalam proses pemeliharaan taman. Situasi ini diperparah oleh belum adanya sistem penyiraman otomatis yang berkelanjutan, efisien, dan hemat energi yang dapat diandalkan dalam jangka Panjang [7].

Di sisi lain, pemanfaatan teknologi tepat guna, seperti sistem berbasis Internet of Things (IoT) dan energi terbarukan, masih belum optimal di lingkungan sekolah. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam integrasi teknologi dalam proses pembelajaran dan pengelolaan fasilitas sekolah [8], [9]. Padahal, penerapan teknologi seperti sistem penyiraman otomatis berbasis IoT yang didukung oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tidak hanya dapat menjadi solusi teknis terhadap permasalahan tersebut, tetapi juga berfungsi sebagai media edukatif yang relevan dengan perkembangan zaman dan kurikulum merdeka [10], [11].

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengimplementasikan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan energi terbarukan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk menyediakan solusi inovatif dalam perawatan taman sekolah yang berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan [12]. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan literasi teknologi di kalangan siswa dan guru, memperkenalkan konsep smart environment, serta mendorong integrasi teknologi digital dan energi terbarukan dalam konteks pendidikan dasar. Dengan adanya program ini, diharapkan MI Sabilussalam dapat menjadi contoh penerapan teknologi tepat guna dalam lingkungan pendidikan dasar, sekaligus memberikan dampak positif terhadap kualitas lingkungan sekolah dan proses pembelajaran berbasis kontekstual.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini mengacu pada pendekatan *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model sekuensial yang mengadopsi prinsip-prinsip

waterfall [4]. SDLC dipilih karena memberikan kerangka kerja yang sistematis, terdokumentasi dengan baik, dan sesuai untuk pengembangan sistem teknologi yang melibatkan banyak tahapan yang saling berhubungan. Pendekatan ini juga memungkinkan evaluasi menyeluruh di akhir proses implementasi, yang relevan dalam konteks kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan dilaksanakan di MI Sabilussalam, Kecamatan Pasarkemis, Kabupaten Tangerang, selama bulan Mei hingga Juli. Adapun metode yang dilakukan, sebagai berikut:

A. Perencanaan Sistem

Tahapan perencanaan bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan awal, potensi permasalahan, dan menentukan kelayakan proyek dari segi teknis maupun sosial. Kegiatan dalam tahap ini meliputi:

1. Observasi Lapangan dimana tim pengabdian melakukan pengamatan terhadap kondisi taman di MI Sabilusallam, seperti luas area hijau, intensitas paparan matahari, dan kondisi penyiraman sebelumnya. Juga diamati siklus kerja prototipe awal dan pembacaan data pada *dashboard* IoT selama pengujian.
2. Wawancara yaitu pengumpulan data dilakukan melalui diskusi informal dengan pihak madrasah, termasuk guru dan petugas kebersihan sekolah, untuk memahami kendala nyata yang dihadapi dalam pemeliharaan taman.
3. Studi pustaka dimana Kegiatan ini mendasarkan pengembangan sistem pada hasil-hasil studi sebelumnya yang relevan, seperti sistem penyiraman otomatis berbasis IoT [6], penggunaan ESP32 dalam pemantauan lingkungan [7] dan penerapan PLTS dalam sistem energi mandiri [10]. Literatur digunakan untuk mendukung landasan teoritis dan membantu dalam pemilihan komponen dan desain sistem.

B. Analisis Sistem

Tahap ini fokus pada analisis kebutuhan sistem yang akan dibangun. Analisis dilakukan untuk menentukan kebutuhan fungsional, seperti kemampuan membaca kelembaban tanah, mengaktifkan pompa otomatis [11], [12], dan menampilkan data *real-time* ke dalam *dashboard* [13]. Selain itu, ada kebutuhan non-fungsional, seperti efisiensi energi (karena penggunaan PLTS), keandalan sistem dalam berbagai kondisi cuaca, dan kemudahan akses antarmuka pengguna. Serta komponen utama yang dianalisis meliputi sensor kelembaban tanah, mikrokontroler ESP32 dengan WiFi, sistem pompa DC, serta PLTS yang terdiri dari panel surya, regulator, dan baterai.

C. Perancangan Sistem

Diagram arsitektur sistem menggambarkan hubungan antara sensor, ESP32, sistem pompa, dan *dashboard website*. ESP32 menerima input dari sensor dan mengontrol aktuator (pompa) berdasarkan ambang batas kelembaban tertentu. Perhitungan daya PLTS dilakukan untuk menentukan kapasitas panel surya dan baterai, berdasarkan konsumsi daya dari seluruh sistem, seperti ESP32, pompa air, dan modul komunikasi data. Desain antarmuka web: *dashboard* dirancang menggunakan HTML, PHP, dan MySQL, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kelembaban tanah, status sistem, dan tegangan baterai PLTS secara *real-time* melalui perangkat yang terhubung ke internet.

D. Implementasi

Tahap ini mencakup realisasi fisik sistem yang telah dirancang. Langkah-langkah yang dilakukan seperti pengadaan dan perakitan perangkat keras, antara lain sensor kelembaban tanah, ESP32, pompa DC, modul relay, panel surya, regulator, dan baterai. Penulisan program mikrokontroler menggunakan Arduino IDE. Pengembangan

antarmuka web dan database untuk menampilkan dan menyimpan data sistem. Instalasi sistem di lokasi taman MI Sabilusallam dan pengujian awal.

E. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai fungsi. Pengujian yang dilakukan seperti pengujian unit dimana masing-masing komponen (sensor, mikrokontroler, pompa) diuji secara individual. Lalu pengujian integrasi dimana seluruh sistem diuji untuk melihat sinkronisasi antara input sensor, kendali mikrokontroler, dan output pompa. Kemudian pengujian sistem sistem dijalankan secara penuh dalam beberapa siklus penyiraman untuk menilai keandalan dan efisiensi energi. Evaluasi lapangan juga dilakukan agar hasil pengujian disampaikan kepada pihak madrasah untuk memperoleh tanggapan langsung mengenai manfaat sistem terhadap pemeliharaan taman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Madrasah Ibtidaiyah Sabilussalam merupakan lembaga pendidikan swasta yang berlokasi di Kecamatan Pasarkemis, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Berdiri sejak tahun 2009, sekolah ini menggunakan pendekatan penyelenggaraan yang memadukan pendidikan umum dan pendidikan agama menjadi satu jalinan kurikulum. Status akreditasi “A” menunjukkan komitmen lembaga ini terhadap mutu pendidikan, dengan visi mencetak generasi yang berakarakter, berwawasan, dan berkompetensi berbasis nilai-nilai Islam. Pelaksanaan kegiatan utama terbagi dalam beberapa tahap, antara lain observasi dan penggalan kebutuhan lapangan yang dilaksanakan pada awal bulan Mei, lalu perancangan dan pengujian sistem di lokasi pada pertengahan Juni, serta instalasi dan pelatihan penggunaan sistem kepada pihak sekolah pada awal Juli. Setiap tahapan dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan guru dan staf sekolah, untuk memastikan sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan serta mudah dioperasikan oleh pengguna akhir. Kegiatan pengabdian masyarakat di lingkungan sekolah dasar ini dapat membentuk karakter dan literasi digital siswa melalui aktivitas yang menyenangkan, dan berbasis nilai-nilai sosial serta spiritual, yang mendorong kepedulian terhadap sesama, dan lingkungan [14].



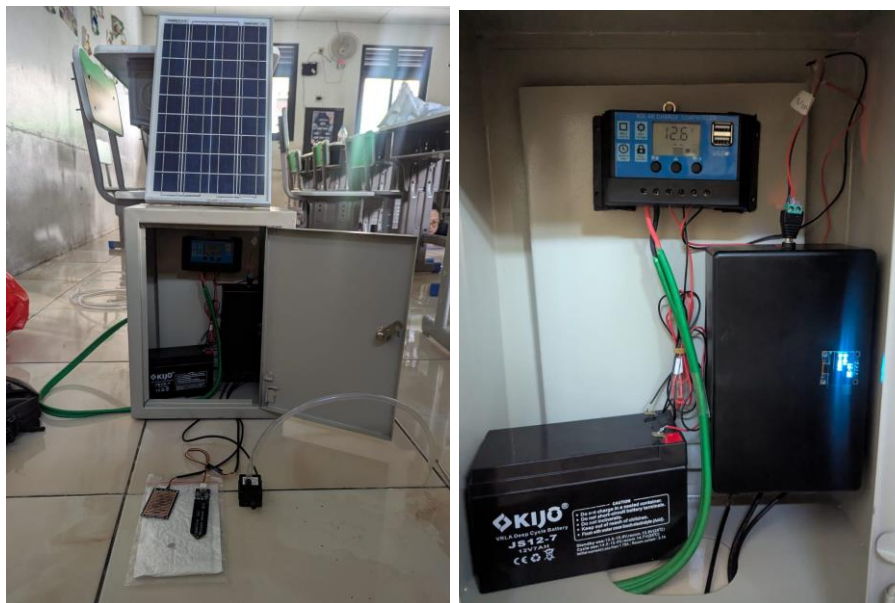
Gambar 1. Kegiatan pengumpulan data kebutuhan sistem bersama narasumber di lokasi MI Sabilussalam

Sebagai bagian dari program peningkatan kualitas lingkungan belajar, MI Sabilussalam memiliki area taman hijau yang berfungsi sebagai ruang terbuka sekaligus media pembelajaran. Namun, keterbatasan sumber daya manusia serta intensitas aktivitas pembelajaran menjadi kendala dalam menjaga konsistensi pemeliharaan tanaman, khususnya dalam aspek penyiraman. Oleh karena itu, tim pengabdian merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi inovatif.

Sistem yang dikembangkan merupakan integrasi antara sensor kelembaban tanah, sensor hujan, mikrokontroler ESP32, pompa air, dan sumber daya dari PLTS. Data dari sensor diproses secara otomatis oleh ESP32 dan dikirimkan ke *dashboard* berbasis web melalui koneksi Wi-Fi. Pemanfaatan energi terbarukan dari panel surya memastikan keberlanjutan sistem tanpa bergantung pada listrik konvensional.

Alur kerja sistem terdiri dari delapan tahapan utama, yaitu identifikasi parameter lingkungan, instalasi sensor, pengumpulan dan pengolahan data, aktivasi pompa air, pemantauan PLTS, integrasi website IoT, dan visualisasi, serta evaluasi dan pemeliharaan. Penerapan teknologi berbasis IoT dan PLTS dalam sistem penyiraman otomatis ini terbukti efektif untuk mendukung keberlanjutan lingkungan sekolah. Dibandingkan dengan sistem manual, sistem ini mampu menyesuaikan frekuensi penyiraman berdasarkan data kelembaban tanah dan kondisi cuaca.

Komponen utama yang digunakan pada kegiatan ini terdiri dari bagian perangkat keras, seperti Panel Surya 10 WP, *Solar Charge Controller*, Baterai Aki 12V 7Ah, ESP32 Dev Kit, Sensor Kelembaban Tanah, Sensor Hujan, Relay 1 *Channel*, Pompa Air DC. Perakitan dilakukan dengan memperhatikan keamanan dan keterjangkauan. Seluruh komponen ditempatkan dalam box panel tahan cuaca untuk melindungi dari kerusakan lingkungan. Adapun perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE, *Dashboard Website* (HTML, CSS, JS), Firebase Realtime Database.



Gambar 2. Proses perakitan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dan energi surya oleh tim pelaksana di MI Sabilussalam

Setelah sistem diterapkan di lingkungan taman MI Sabilussalam, beberapa manfaat dapat diidentifikasi, seperti efisiensi air dan tenaga dimana proses penyiraman menjadi otomatis dan hanya aktif jika tanaman membutuhkan air, sehingga mengurangi pemborosan. Lalu mandiri energi dimana sistem bekerja penuh dengan energi surya, tanpa membebani sumber listrik

sekolah. Kemudian edukasi teknologi yang memberikan nilai tambah edukatif bagi siswa dan guru, dengan memperkenalkan teknologi IoT dan energi terbarukan. Serta pemantauan yang mudah dimana *dashboard* web memungkinkan pemantauan dari berbagai perangkat, memberikan kemudahan bagi pengelola sekolah. Dari sisi pengabdian masyarakat, solusi ini tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga memberdayakan pihak sekolah dalam mengelola taman secara mandiri, sekaligus membuka peluang transfer teknologi di tingkat pendidikan dasar [10], [15].

Berdasarkan hasil evaluasi sistem melalui pengujian langsung terhadap sembilan parameter utama, dapat disimpulkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dan PLTS yang dikembangkan berhasil berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Pengujian sensor kelembaban tanah menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi tanah kering dan lembab secara akurat, di mana pompa air aktif saat kelembaban berada di bawah 30% dan tidak aktif ketika kelembaban melebihi 60%. Integrasi sensor hujan bekerja efektif, terbukti saat hujan turun, meskipun kelembaban rendah, sistem tetap menonaktifkan pompa untuk mencegah penyiraman yang tidak diperlukan. Sensor tegangan baterai juga berfungsi baik, dengan sistem dapat berjalan normal saat tegangan di atas 11V dan menampilkan peringatan otomatis melalui *dashboard* ketika tegangan turun di bawah ambang batas 10V. Sisi antarmuka *dashboard* IoT menunjukkan performa yang baik dengan visualisasi data secara *real-time* dan grafik yang informatif, memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara efisien [11], [12]. Selain itu, durasi penyiraman otomatis selama 10 menit juga berjalan sesuai pengaturan, menunjukkan bahwa kontrol logika sistem telah bekerja secara stabil dan konsisten. Secara keseluruhan, hasil evaluasi lapangan membuktikan bahwa sistem ini telah memenuhi seluruh indikator keberhasilan yang ditetapkan, baik dari sisi akurasi sensor, respons aktuator, efisiensi energi, maupun kemudahan pemantauan jarak jauh [10], [13].

Sistem penyiraman otomatis yang dirancang menunjukkan kecocokan tinggi dengan kondisi fisik dan operasional MI Sabilusallam. Dengan kapasitas lahan taman yang terbatas, sistem ini mampu mendistribusikan air secara efisien ke titik-titik penting tanpa intervensi manusia secara langsung [11], [13]. Penggunaan PLTS dengan kapasitas 10 WP dan baterai 12V 7AH menunjukkan bahwa sistem bisa beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan, bahkan saat kondisi matahari kurang optimal (misalnya di pagi atau sore hari). Konsumsi daya rendah dari ESP32 dan sensor membuat sistem sangat hemat energi. *Dashboard* berbasis *website* dapat diakses dari *smartphone* atau laptop oleh guru atau staf sekolah. Dengan visualisasi yang mudah dipahami (grafik suhu, kelembaban, tegangan), proses monitoring dan pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan akurat [12], [14].

Hasil pelaksanaan PkM menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berfungsi secara efektif dan andal di lingkungan MI Sabilussalam. Pompa air aktif secara otomatis berdasarkan data kelembaban tanah dan kondisi hujan, sementara sensor LDR memantau intensitas cahaya untuk memastikan pengisian baterai PLTS optimal. Sistem yang tahan terhadap kondisi cuaca dan didukung keamanan data melalui *platform* Firebase memberikan solusi praktis dalam pemeliharaan taman sekolah. Implikasi sosial dari pelaksanaan ini adalah peningkatan efisiensi penggunaan air dan energi, serta pemberdayaan guru dan siswa dalam pemahaman teknologi cerdas dan energi terbarukan, yang dapat memperkuat literasi teknologi dan kesadaran lingkungan di masyarakat sekolah. Kegiatan serupa juga mengemukakan efektivitas sistem IoT untuk optimasi irigasi berbasis energi terbarukan, yang memperkuat relevansi solusi ini [2], [3], [9]. Untuk pengembangan ke depan, disarankan dilakukan integrasi dengan sistem monitoring kelembaban yang lebih sensitif serta pengembangan aplikasi mobile agar pemantauan dapat dilakukan lebih mudah dan fleksibel. Selain itu, pelatihan berkelanjutan bagi

pengguna dan evaluasi jangka panjang sangat diperlukan untuk memastikan keberlanjutan dan adaptasi sistem dalam berbagai kondisi lingkungan.

KESIMPULAN

Pelaksanaan pengabdian kepada Masyarakat di MI Sabilussalam, Pasarkemis, Kabupaten Tangerang, menunjukkan bahwa sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT yang didukung tenaga surya berhasil memenuhi seluruh spesifikasi fungsional, termasuk pembacaan kelembaban tanah dan intensitas cahaya secara berkala, pengoperasian mandiri menggunakan energi panel surya, serta antarmuka web yang responsif dan aman melalui integrasi Firebase/HTTPS. Tujuan PkM yaitu menghadirkan solusi pemeliharaan taman sekolah yang efisien dan berkelanjutan telah tercapai dengan sistem yang stabil dan hemat energi, serta memudahkan guru dan staf dalam memantau kondisi tanaman secara real-time tanpa pelatihan khusus. Implikasi terhadap masyarakat sekolah adalah peningkatan efisiensi penggunaan air dan energi sekaligus peningkatan literasi teknologi dan energi terbarukan. Untuk pengembangan ke depan, disarankan implementasi jangka panjang yang meliputi pengumpulan data *log* kelembaban dan tegangan baterai, analisis usia pakai komponen PLTS, serta penambahan fitur notifikasi otomatis dan analitik prediktif guna meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem.

REFERENSI

- [1] Sundari, S., Aditya, R., Ferdianto, D., Nurmanto, T., & Suharto, S. (2022). Instalasi Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Pengabdian Masyarakat di Wisata Umbul Helau Lampung. *Jurnal Abdimas Kartika Wijayakusuma*, 3(2), 103-111. <https://doi.org/10.26874/jakw.v3i2.255>
- [2] Sufaidah, S., Lilawati, E., Dinta, F. A., Khofifah, K., Wijanarko, E. B., & Cahyaningtyas, D. (2024). Sosialisasi Program Penyiraman Tanaman Hias Secara Otomatis Berbasis Arduino. *Jumat Informatika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 36-44. <https://doi.org/10.32764/abdimasif.v5i1.4243>
- [3] Peter, M. J., Kalaiyarasi, R., Vijayashanthi, V., TA, M., Menaga, D., & Suresh, P. M. (2024, August). IoT based Smart Irrigation System for Precision Agriculture in Greenhouse Environment. In *2024 5th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)* (pp. 411-416). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICESC60852.2024.10689981>
- [4] Ahmad Hunaepi, Roihan, A., & Mochamad Yusuf Romdoni. (2021). Implementasi Webiot Sistem Absensi Face Dalam Antisipasi Bencana Alam. *PaKMas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 56–61. <https://doi.org/10.54259/pakmas.v1i2.66>
- [5] Kunt, Y. E. (2025). Development of a Smart Autonomous Irrigation System Using Iot and AI. *arXiv preprint arXiv:2506.11835*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.11835>
- [6] Pargo, T. A., Shirazi, M. A., & Fadaei, D. (2025). Smart and Efficient IoT-Based Irrigation System Design: Utilizing a Hybrid Agent-Based and System Dynamics Approach. *arXiv preprint arXiv:2502.18298*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.18298>
- [7] Pereira, G. P., Chaari, M. Z., & Daroge, F. (2023). IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32. *IoT*, 4(3), 221-243. <https://doi.org/10.3390/iot4030012>



-
- [8] Ahmad Syafi'i, Abdul Hamid Kurniawan, & Rusda. (2024). Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32 Desa Purwajaya. *PoliGrid*, 5(2). <https://doi.org/10.46964/poligrid.v5i2.47>
- [9] Hamoodi, S. A., Hamoodi, A. N., & Haydar, G. M. (2020). Automated irrigation system based on soil moisture using arduino board. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(3), 870-876. <https://doi.org/10.11591/EEI.V9I3.1736>
- [10] Mursid, S. P., Amalia, P. V., & Suharto, B. (2024, August). Smart Drip Irrigation Control System Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Tenaga Surya. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 15, No. 1, pp. 47-56). <https://doi.org/10.35313/irwns.v15i1.6279>
- [11] Habib, S., Liu, H., Tamoor, M., Zaka, M. A., Jia, Y., Hussien, A. G., ... & Kamel, S. (2023). Technical modelling of solar photovoltaic water pumping system and evaluation of system performance and their socio-economic impact. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16105>
- [12] Roy, S. K., Misra, S., Raghuwanshi, N. S., & Das, S. K. (2020). AgriSens: IoT-based dynamic irrigation scheduling system for water management of irrigated crops. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 5023-5030. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3036126>
- [13] Prasetyo, B., Widyaningsih, W. P., & Suwarti, S. (2022). Monitoring of iot-based wind and solar hybrid power plants for agricultural irrigation systems. *Eksergi*, 18(3), 201-205. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v18i3.3892>
- [14] Musa, H., Susanto, R., Lubis, S. K., & Pangestu, D. (2024). BIMBINGAN EKSTRAKURIKULER PRAMUKA UNTUK SISWA BERKARAKTER DI SEKOLAH DASAR. *Masyarakat: Jurnal Pengabdian*, 1(2), 172–176. <https://doi.org/10.58740/m-jp.v1i2.269>
- [15] Suyanto, & Sulthoni, A. (2025). PELATIHAN INOVASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA: PENERAPAN SENSOR OTOMATIS DI LOKASI PANTAI PULAU MERAH. *Masyarakat: Jurnal Pengabdian*, 2(2), 216–227. <https://doi.org/10.58740/m-jp.v2i2.470>