

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI OTOMATIS
BERBASIS IoT SEBAGAI MEDIA EDUKATIF**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik pada Program Studi Teknik Elektro.



Oleh:

Irsyad Muhammad

E.5051.2107692

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG**

2025

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI OTOMATIS BERBASIS IoT SEBAGAI MEDIA EDUKATIF

Oleh

Irsyad Muhammad

2107692

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© Irsyad Muhammad

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian
dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

IRSYAD MUHAMMAD

E.5051.2107692

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI OTOMATIS
BERBASIS IoT SEBAGAI MEDIA EDUKATIF**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing

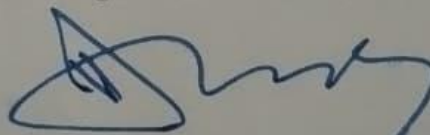


Prof.Dr. Ade Gafar Abdullah, S.Pd., M.Si.

NIP. 19721113 199903 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19760827 200912 1 001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Siapa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irsyad Muhammad
NIM : 2107692
Program Studi : Teknik Elektro
Judul karya : DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI
OTOMATIS BERBASIS IoT SEBAGAI MEDIA
EDUKATIF

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri.
Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan,
bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah
dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur
plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di
Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Agustus 2025
Yang membuat pernyataan,

Irsyad Muhammad
NIM. 2107692

KATA PENGANTAR

Segala puji serta Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan berjuta-juta nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IRIGASI OTOMATIS BERBASIS IoT SEBAGAI MEDIA EDUKATIF” tepat pada waktunya. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini ialah dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini dalam prosesnya tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan bersifat moril maupun material. Oleh karena itu, penulis mengucapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Nandang Sudrajat dan Ibu Euis Atikah selaku orangtua penulis serta Dama Nisphal Azis, S.T dan Muhammad Zhafran Fahreza selaku kakak dan adik penulis, yang selalu memberikan doa, dukungan, dorongan, dan motivasi dalam segala bentuk yang diberikan.
2. Saudara penulis Kakek, Nenek, Paman, Bibi, serta Sepupu, yang selalu memberikan dukungan baik berupa moril maupun material.
3. Bapak Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Prof. Dr. Ade Gafar Abdullah, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan masukan, saran, dan arahnya dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Enjang A. Juanda, M.Pd., M.T. selaku wali dosen yang membantu perkuliahan penulis selama 8 semester.
6. Seluruh dosen dan tenaga akademik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia.
7. Arya Muhammad Dendyana selaku *partner* dalam penyusunan skripsi ini dengan dukungan moral dan material.

8. Rekan-rekan Gaffar Cluster 12 yaitu Ridwan, Arya, Fajar, Fahrul, Mita, Farsha, Lawudza, Neneng, Ridwan Riswana, Dasep, Krisnaldi, Raihanah, dan Zalfa yang telah memberikan dorongan dan dukungan dalam proses pembuatan skripsi.
9. Teman-teman kontrakan negla, Umar, Teguh, Imron, Syem, Azmie yang selalu kebersamai dalam empat tahun kuliah hingga penulisan skripsi dengan dukungan moril dan material.
10. Kang Sidik Setiadi selaku senior sekaligus Alumni Teknik Elektro Angkatan 2009 Universitas Pendidikan Indonesia yang memberika dukungan sekaligus menjadi mentor dalam membantu penulis berkembang sejak Praktik Industri hingga penulis menyelesaikan studi.
11. Semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan dengan balasan rezeki yang berlimpah. Penulis menyadari dalam proses penulisan skripsi ini, penulis tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan yang jauh dari kata sempurna sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun agar penulisan di masa mendatang menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat serta memberikan inspirasi dan wawasan baru khususnya untuk penulis dan umumnya untuk seluruh pembaca.

Bandung, Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Efisiensi penggunaan air di sektor pertanian menjadi krusial di tengah isu krisis air. Meskipun banyak *Automatic Irrigation System* (AIS) telah dikembangkan, masih terdapat kekurangan pada sistem yang dirancang secara komprehensif sebagai media edukatif portabel. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem irigasi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam bentuk *trainer board* yang aplikatif untuk tujuan edukasi. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan sensor *soil moisture*, DHT11, *rain sensor*, PIR, dan ultrasonik. Komunikasi data dan kendali jarak jauh difasilitasi oleh protokol MQTT yang terhubung dengan aplikasi *IoT MQTT Panel* pada *smartphone*. Prosedur kalibrasi dilakukan pada sensor utama, di mana sensor kelembapan tanah menggunakan metode gravimetri dengan model regresi linear, sedangkan sensor ultrasonik menggunakan model regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil diimplementasikan secara fungsional. Proses kalibrasi terbukti meningkatkan akurasi secara signifikan; kalibrasi sensor kelembapan tanah menghasilkan model dengan koefisien determinasi (R^2) 0,9866 dan rata-rata *error* prediksi di bawah 0,25%. Sementara itu, kalibrasi sensor ultrasonik berhasil meningkatkan nilai ketelitian dan ketepatan rata-rata hingga di atas 99%. Penelitian ini berhasil menciptakan media pembelajaran yang tidak hanya fungsional, tetapi juga akurat dan dapat menjadi referensi untuk pengembangan sistem otomasi pertanian.

Kata Kunci: *Automatic Irrigation System*, IoT, ESP32, Kalibrasi Sensor, MQTT, Media Edukatif.

ABSTRACT

Water use efficiency in the agricultural sector has become crucial amid the water crisis issue. Although many Automatic Irrigation Systems (AIS) have been developed, there is a lack of systems comprehensively designed as portable educational media. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based automatic irrigation system in the form of an applicable trainer board for educational purposes. The method involves designing a system using an ESP32 microcontroller as the central control unit, integrated with soil moisture, DHT11, rain, PIR, and ultrasonic sensors. Data communication and remote control are facilitated by the MQTT protocol connected to the IoT MQTT Panel application on a smartphone. A calibration procedure was performed on the main sensors, where the soil moisture sensor used the gravimetric method with a linear regression model, while the ultrasonic sensor used a linear regression model. The results show the system was successfully implemented functionally. The calibration process was proven to significantly increase accuracy; the soil moisture sensor calibration produced a model with a coefficient of determination (R^2) of 0.9866 and an average prediction error below 0.25%. Meanwhile, the ultrasonic sensor calibration successfully increased the average precision and accuracy values to above 99%. This research has successfully created a learning medium that is not only functional but also accurate and can serve as a reference for the development of agricultural automation systems.

Keywords: Automatic Irrigation System, IoT, ESP32, Sensor Calibration, MQTT, Educational Media.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Internet of Things	5
2.2 Automatic Irrigation System	5
2.3 Mikrokontroler ESP32	6
2.4 Sensor dan Aktuator AIS	7
2.4.1 Soil Moisture Sensor	7
2.4.2 Rain Sensor	7
2.4.3 DHT11	8
2.4.4 PIR Sensor.....	8
2.4.5 Ultrasonik HCSR04	9
2.4.6 Two Channel Relay.....	9
2.4.7 Servo Motor MG996R	10
2.4.8 Mini Pump DC	10
2.5 Protokol Komunikasi MQTT	11

BAB III.....	12
METODE PENELITIAN	12
3.1 Flowchart Penelitian.....	12
3.2 Flowchart Sistem.....	14
3.3 Perancangan Sistem.....	15
3.3.1 Perancangan <i>Software</i>	15
3.3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	16
3.4 Perencanaan Wiring Diagram.....	16
3.5 Prosedur Kalibrasi Sensor Soil Moisture dan Ultrasonik.....	16
3.5.1 Kalibrasi Sensor Soil Moisture	17
3.5.2 Kalibrasi Sensor Ultrasonik	19
BAB IV	21
HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Perancangan Sistem.....	21
4.1.1 Hasil Perancangan <i>Software</i>	22
4.1.2 Hasil Perancangan <i>Hardware</i>	24
4.2 Kalibrasi Sensor	27
4.2.1 Hasil Kalibrasi Sensor Soil Moisture.....	27
4.2.2 Hasil Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04	30
BAB V.....	34
SIMPULAN, IMPLIKASI, REKOMENDASI.....	34
5.1 Simpulan.....	34
5.2 Implikasi	34
5.3 Rekomendasi	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32	7
Gambar 2. 2 Soil Moisture Sensor.....	7
Gambar 2. 3 Rain Sensor	8
Gambar 2. 4 DHT11 Sensor	8
Gambar 2. 5 Passive Infrared Receiver	9
Gambar 2. 6 ULtrasonik HC-SR04	9
Gambar 2. 7 Two Channnel Relay.....	10
Gambar 2. 8 Motor Servo	10
Gambar 2. 9 Mini Pump DC.....	10
Gambar 2. 10 Protokol Komunikasi MQTT.....	11
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	12
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem	14
Gambar 3. 3 Kalibrasi Sensor Soil Moisture.....	17
Gambar 3. 4 Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04	19
Gambar 4. 1 Rancangan Smart Irrigation System	21
Gambar 4. 2 Interface Monitoring Sistem IoT MQTT Panel	23
Gambar 4. 3 Wiring Diagram SIS	24
Gambar 4. 4 Rangkaian Sensor SIS.....	25
Gambar 4. 5 Rangkaian Aktuator SIS.....	26
Gambar 4. 6 Rangkaian Display SIS	26
Gambar 4. 7 Kurva Kalibrasi Soil Moisture Sensor	28
Gambar 4. 8 Grafik Regresi Linear Kalibrasi Sensor HC-SR04.....	30
Gambar 4. 9 Presentase Ketelitian Sensor HC-SR04	32
Gambar 4. 10 Presentase Ketepatan Sensor HC-SR04.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hubungan GWC dan Nilai ADC	27
Tabel 4. 2 Tabel Verifikasi Titik Awal	28
Tabel 4. 3 Uji Validasi Sensor Soil Moisture.....	29
Tabel 4. 4 Data Pengolahan Kalibrasi Sensor HC-SR04.....	30
Tabel 4. 5 Data Hasil Kalibrasi Sensor HC-SR04	31

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, R. F., Saleh, M., Aula, A., Teknik, F., & Tanjungpura, U. (2025). *Rancang Bangun Sistem Pertanian Pintar Berbasis Long Range dan Internet of Things*. 04(2), 85–95.
- Arunadevi, K., Singh, M., Franco, D., Prajapati, V. K., Ramachandran, J., & Maruthi Sankar, G. R. (2022). Real Time Soil Moisture (RTSM) Based Irrigation Scheduling to Improve Yield and Water-Use Efficiency of Green Pea (*Pisum sativum* L.) Grown in North India. *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020278>
- Budi, K. S., & Pramudya, Y. (2017). *PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA KELEMBABAN DAN SUHU DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR DHT11 DAN ARDUINO*. VI, 47–54.
- Bwambale, E., Abagale, F. K., & Anornu, G. K. (2022). Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A review. *Agricultural Water Management*, 260(November 2021), 107324. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107324>
- Cherine Fathy; Hassan M.Ali. (2023). A Secure IoT-Based Irrigation System for Precision Agriculture Using the Expeditious Cipher. *Sensors*, 23(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s23042091>
- Di Gennaro, S. F., Cini, D., Berton, A., & Matese, A. (2024). Development of a low-cost smart irrigation system for sustainable water management in the Mediterranean region. *Smart Agricultural Technology*, 9(August), 100629. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100629>
- El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Halim, A. A. E. B. A. El. (2024). A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9(June), 100666. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100666>
- Fauzi, M. R., & Jakaria, D. A. (2020). APLIKASI SMARTPHONE DENGAN PERINTAH SUARA UNTUK MENGENDALIKAN SAKLAR LISTRIK MENGGUNAKAN ARDUINO. *Jurnal Teknik Informatika Unis*, 7(1). <https://doi.org/10.33592/jutis.vol7.iss1.161>
- Fransiska, G., Sari, A., Yolanda, D., Negeri, U., Rayi, S., Rajib, K., Kampus, A. :, Gunungpati, S., & Tengah, S. J. (2024). Krisis Air Menangani Penyediaan Air Bersih Di Dunia Yang Semakin Kekurangan Sumber Daya. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 1(5), 334–341. <https://doi.org/10.61722/jirs.v1i5.1373>
- Hendrian, Y., Yudatama, Y. P., & Pratama, V. S. (2020). *Jemuran Otomatis Menggunakan Sensor LDR , Sensor Hujan Dan Sensor Kelembaban Berbasis Arduino Uno*. VI(1), 21–30. <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>

- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisinigh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 9(8), e18507. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>
- Ivanova, I. (2025). Smart Agricultural Technology Soil moisture forecasting from sensors-based soil moisture , weather and irrigation observations : A systematic review. *Smart Agricultural Technology*, 10(December 2024), 100692. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100692>
- Juliansyah, A., & Nadiani, D. (2021). *Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi (Motion Detection System Using PIR Sensors and Raspberry Pi)*. 2(4), 199–205. <https://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim/article/view/113>
- Juniyardi, L., Suryadi, E., Akbar, A., & Samsumar, L. D. (2024). Perancangan Smart Farmer Pada Tanaman Padi Menggunakan Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot). *Journal of Data Analytics, Information, and Computer Science*, 1(4), 204–214. <https://doi.org/10.70248/jdaics.v1i4.1328>
- Kaganurmah, S., & Cholli, N. (2025). Enabling Robust Security in MQTT-Based IoT Networks with Dynamic Resource-Aware Key Sharing. *Procedia Computer Science*, 252, 633–642. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.023>
- Kasera, R. K., & Acharjee, T. (2024). A Comprehensive IoT edge based smart irrigation system for tomato cultivation. *Internet of Things (Netherlands)*, 28(August), 101356. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101356>
- Kurnianto, A., Dedy Irawan, J., & Xaverius Ariwibisono, F. (2023). Penerapan Iot (Internet of Things) Untuk Controlling Lampu Menggunakan Protokol Mqtt Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 1153–1161. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5393>
- Liu, L., Cheng, W., & Kuo, H. W. (2025). A Narrative Review on Smart Sensors and IoT Solutions for Sustainable Agriculture and Aquaculture Practices. *Sustainability (Switzerland)*, 17(12), 1–34. <https://doi.org/10.3390/su17125256>
- Maharani, D., Jabbar, A. A., Nita, S., Padang, P. N., & Parepare, U. M. (2024). *Automatic Plant Watering System With IOT For Monitoring and Controlling Soil Moisture*. 1(1), 21–27.
- Montes, K. B., Cabrera, E., & Hassebo, A. (2025). *Arduino-ESP32 based Smart Irrigation System Arduino-ESP32 based Smart Irrigation System*.
- Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H. M., El Alami, R., Qjidaa, H., & Ouazzani Jamil, M. (2024). IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems, telemetry data, and cloud computing. *Results in Engineering*, 23(August), 102829. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829>
- Nagahage, E. A. A. D., Nagahage, I. S. P., & Fujino, T. (2019). Calibration and

- validation of a low-cost capacitive moisture sensor to integrate the automated soil moisture monitoring system. *Agriculture (Switzerland)*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture9070141>
- Novianti, N., & Umar, L. (2021). Pengukuran Ketinggian Muka Air Pada Lahan Gambut Menggunakan Sensor Ultrasonik Hcsr-04. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 18(1), 69. <https://doi.org/10.31258/jkfi.18.1.69-74>
- Obaideen, K., Yousef, B. A. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7(July), 100124. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124>
- Olisa, S. C., Asiegbu, C. N., Olisa, J. E., Ekengwu, B. O., Shittu, A. A., & Eze, M. C. (2021). Heliyon Smart two-tank water quality and level detection system via IoT. *Heliyon*, 7(8), e07651. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07651>
- Rahmatina, R., Aripin, M. N., Ikbali, M., & Deolika, A. (2023). Implementasi Transistor BD139 dan Rangkaian Relay pada Mesin Air. 3(1), 11–18.
- Reynaldi, J. (2021). Pengembangan Hidroponik Drip System Plus Monitoring Via LCD Dan Website. *Electrices*, 3(1), 14–20. <https://doi.org/10.32722/ees.v3i1.3855>
- Rusmayadi, G., Indriyani, Sutrisno, E., Nugroho, R. J., Prasetyo, C., & Alaydrus, A. Z. A. (2023). Evaluasi Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Air dalam Irigasi Pertanian: Studi Kasus di Wilayah Kabupaten Cianjur. *Jurnal Geosains West Science*, 1(02), 112–118. <https://doi.org/10.58812/jgws.v1i02.422>
- Setiawan, A., & Irma Purnamasari, A. (2019). Pengembangan Passive Infrared Sensor (PIR) HC-SR501 dengan Microcontrollers ESP32-CAM Berbasis Internet of Things (IoT) dan Smart Home sebagai Deteksi Gerak untuk Keamanan Perumahan. *Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK (Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, 3(1), 148–154. <http://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/118>
- Setiawan, I., Musa, M. D. T., & Putri, S. A. (2023). Re-Calibration of Model-Based Capacitive Sensor for IoT Soil Moisture Measurements. In *Journal of Applied Informatics and Computing* (Vol. 7, Issue 2, pp. 150–155). <https://doi.org/10.30871/jaic.v7i2.6809>
- Setiawan, P. (2022). Sistem Pengendali On-Off Lampu dan Motor Servo sebagai Penggerak Gerendel Pintu Berbasis Internet Of Things (IoT). 4(2), 211–224.
- Setyowati, I., Novianto, D., & Purnomo, E. (2020). Preliminary design and soil moisture sensor yl-69 calibration for implementation of smart irrigation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1517(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012078>
- Sigit Prakosa Adhi Nugraha, Yohanes Tri Novia Putra, Rizal Agri Wahyuadi, Raka Dian Mahardi, Muhammad 'Atiq, & Danang Hendrawan. (2024). Sistem

- Pompa Air Otomatis Berbasis Arduino Uno Untuk Optimalisasi Penyiraman Tanaman Menggunakan Sensor Soil Moisture. *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, 7(2), 193–202. <https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.910>
- Sirmayanti Sirmayanti¹, Khaeramil Fitri, Sri Astuti Dachlan, Y. (2021). Watering Stimulation of Allium cepa L Plants Based on IoT Through the ESP32 Microcontroller and MQTT Protocol. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 4(2), 343–354. <https://doi.org/10.31289/jite.v4i2.4456>
- Surur, M. M., Fahrizal, M. S., Andhika, D., & Pradana, P. (2025). *SISTEM OTOMATISASI POMPA AIR BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN KONTROL WAKTU MENGGUNAKAN SENSOR RTC DS3231*. 02, 77–84.
- Syahlan, A., Purwita Sary, I., Aiman Fathin, M., Fiqliyarli Rezyan, R., Studi Teknik Elektro, P., Teknik, F., Singaperbangsa Karawang, U., Ronggo Waluyo, J. H., Jaya, P., & Timur, T. (2024). Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Prototipe Water Tank Level Control System. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 10(1), 122–133.
- Tace, Y., Tabaa, M., Elfilali, S., Leghris, C., Bensag, H., & Renault, E. (2022). Smart irrigation system based on IoT and machine learning. *Energy Reports*, 8(May), 1025–1036. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.088>
- Zulkarnaen, V., Fatoni, A., Putra, D., & Safitri, Y. (2025). Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things. *BINARY: Breakthroughs in Informatics, Networking, Algorithms, Research, and Yield*, 1(1), 39–48.
- Zulkiflee, A. L., Rosmadi, N. F., Nur, A., Sahadan, D., & Ismail, M. F. (2022). *Development of Rain Detector System Using ESP32 with Alarm and Blynk Application*. 3(1), 482–489.