

SISTEM PEMANTAU KELEMBAPAN TANAH PADA TANAMAN CABAI MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS INTERNET OF THINGS

Muhamad Riyad Ariwibowo^{1*}, Lutvi Aji Setiawan², Alamul Iman³

^{1,2,3} Universitas Swadaya Gunung Jati; Jl. Pemuda No. 32 45132, Cirebon; Jl. Pemuda Raya No. 32 – Sunyaragi, Cirebon; (0231) 236742

Received: 6 Maret 2025
Accepted: 27 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

Soil moisture, flow meter sensor, ESP32, Internet of things

Correspondent Email:

riyad_ariwibowo@ugj.ac.id

Abstrak. Penelitian ini menerapkan sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi kelembapan tanah dan debit air yang dikonsumsi pada tanaman cabai secara jarak jauh. Menjaga kondisi kelembapan tanah menjadi proses utama dalam pemantauan pada kadar air tanaman. Sehingga, diperlukan pemantauan debit air untuk mengetahui kebutuhan air yang diberikan untuk tanaman cabai setiap harinya. Dalam hal ini, sensor flow meter berperan untuk mendeteksi air yang mengalir setiap yang dibutuhkan oleh tanaman cabai. Sehingga, ESP32 mengirimkan informasi kelembapan tanah dari tanaman cabai melalui sensor soil moisture. Sensor flow meter berhasil memberikan hasil pemantauan debit air sebesar 14.83 mililiter/detik dengan kelembapan rata – rata 59% pada pH 7.1. Dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* ini mampu memberikan penghematan waktu bagi para petani maupun masyarakat yang hobi menanam cabai.

Abstract. This research applies a soil moisture sensor to remotely detect soil moisture and water consumed in chili plants. Maintaining soil moisture conditions is the main process in monitoring plant water content. Thus, monitoring water discharge is needed to determine the need for water given to chili plants every day. In this case, the flow meter sensor plays a role in detecting the water that flows every time it is needed by the chili plants. Thus, ESP32 sends soil moisture information from chili plants through the soil moisture sensor. The flow meter sensor successfully provides water discharge monitoring results of 14.83 milliliters/second with an average humidity of 59% at pH 7.1. By implementing *Internet of Things*, it can provide time savings for farmers and people who like to grow chilies.

1. PENDAHULUAN

Air adalah kebutuhan dasar dan penting bagi semua makhluk hidup. Salah satu kebutuhan air ada pada tanaman cabai. Kebutuhan tanaman cabai mengalami peningkatan bersamaan dengan kebutuhan masyarakat terhadap pentingnya konsumsi makanan yang bergizi [1]. Pengelolaan tanaman cabai dilakukan secara rutin oleh petani [2]. Cabai memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi yang digunakan sebagai bahan di berbagai jenis menu masakan [3]. Untuk menjadi tanaman cabai subur dan terawat dengan baik, maka tanaman cabai memerlukan kebutuhan air dan kadar kelembapan tanah yang tercukupi. Petani memerlukan proses pemantauan dan perawatan secara berkala supaya kondisi kelembapan tanah untuk tanaman tetap terjaga [4]. Untuk menjaga kelembapan tanah yang akurat, memerlukan proses kalibrasi dan validasi yang lebih baik [5]. Perkembangan teknologi pada deteksi kelembapan tanah untuk meningkatkan hasil panen dan mampu mengurangi pemborosan air [6]. Hal ini memberikan peluang terhadap para peneliti untuk mengembangkan riset tentang sistem penyiraman ataupun pemantauan secara jarak jauh dan menghasilkan efisiensi waktu yang baik.

Pemanfaatan teknologi pada budidaya tanaman cabai telah dilakukan pada peneliti [2] sebagai proses penyemprotan pestisida secara otomatis. Pengukuran tingkat perubahan pH air terhadap perubahan rasa, bau, dan warna pada air [7]. Peneliti [8] mengembangkan alat pengukur kelembapan tanah menggunakan sensor soil moisture sebagai alat pemantau kadar kelembapan tanah. Sistem monitoring pada kelembapan tanah diterapkan untuk tanaman hias menggunakan mikrokontroler ESP8266 [9]. Pengembangan teknologi sensor soil moisture diterapkan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman menggunakan RFID [10]. Sensor soil moisture dikembangkan oleh peneliti [6] menggunakan sinyal LoRa yang bertujuan untuk mendeteksi kelembapan tanpa memerlukan sensor kelembapan tanah khusus. Pengujian sensor kelembapan tanah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi irigasi dengan memanfaatkan Arduino UNO untuk pemantauan kelembapan tanah secara real time [11]. Peneliti [9] alat pengukur kelembapan tanah menggunakan sensor kelembapan tanah

kapasitif dan Arduino Nano sebagai kontroler. Pada peneliti [12] sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler. Peneliti [13] menerapkan sensor flowmeter untuk mengukur kecepatan aliran oli menggunakan pompa.

Sistem penyiraman otomatis mampu memberikan peningkatan efisiensi terhadap ketersediaan air dan produktivitas para petani [14]. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem pemantau tanaman, memberikan solusi tepat untuk mengatasi kebutuhan pada kondisi yang diperlukan oleh tanaman [15]. IoT disebut sebagai teknologi yang mampu beroperasi secara jarak jauh, sehingga pengguna mampu mengelola komunikasi secara langsung melalui perangkat internet. Sistem pemantau sebagai bentuk proses pengumpulan dan analisa untuk memperoleh informasi berdasarkan suatu kegiatan, yang bertujuan untuk mengevaluasi terhadap tindakan atau kesalahan yang dapat terjadi [16]. Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penulis mengembangkan sensor soil moisture yang diintegrasikan dengan sensor flowmeter untuk memantau debit air secara real time dan konsumsi daya yang dihasilkan setiap pompa air menyiram pada tanaman cabai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemantau Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah dikenal penting untuk pertumbuhan tanaman. Kelembapan terdiri dari jumlah air yang terkandung dalam tanah, sehingga kandungan kadar air berpengaruh pertumbuhan tanaman. Untuk mengetahui informasi kadar air tersebut saat ini banyak teknologi yang dapat dimanfaatkan salah satunya penggunaan sensor kelembapan tanah berbasis teknologi Arduino yang mampu membaca kelembapan tanah secara *real time* [11]. Sensor tersebut sering digunakan sebagai sistem penyiraman otomatis, karena dengan konsep sistem pemantau cerdas, maka penyiraman tanaman otomatis sebagai opsi untuk memberikan efisiensi kepada petani maupun bagi orang yang memiliki hobi menanam cabai dan tanaman lainnya [14], [17]. Teknologi sistem pemantau ini mampu kualitas tanaman melalui pemantauan dari kondisi kelembapan tanah yang diukur berdasarkan pH

meter dan suhu lingkungan yang mendukung hasil analisa data tersebut [18].

2.2 Internet of Things

IoT adalah teknologi yang bekerja secara jarak jauh yang memungkinkan pengguna mampu berkomunikasi secara langsung melalui perangkat yang dapat dibawa kemanapun melalui jaringan internet [15].

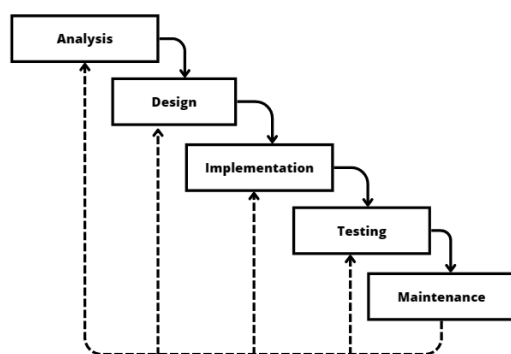
IoT bermanfaat sebagai sistem pemantau melalui jaringan internet, sehingga mampu mengurangi biaya operasional dalam mengelola suatu kebutuhan yang memerlukan pemantauan secara terus – menerus [19].

Sistem IoT memiliki peran yang sangat penting yang memungkinkan untuk penghematan energi yang digunakan [20], [21].

Berdasarkan pendapat para peneliti sebelumnya, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa IoT atau disebut sebagai sistem pengolahan data secara jarak jauh, merupakan teknologi yang saat ini bermanfaat untuk berbagai jenis alat elektronik maupun sistem purwarupa yang dirancang dan dikembangkan menjadi alat yang serbaguna yang mampu meningkatkan efisiensi terhadap waktu yang digunakan dalam mengelola apapun yang membutuhkan pemantauan secara jarak jauh.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang dalam bentuk pengembangan dari penelitian yang sudah ada. Penulis menggunakan alur penelitian berdasarkan metode *waterfall*, dimana metode ini mengembangkan sistem yang dilakukan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan penelitian yang dilakukan [22]. Metode ini dilakukan secara berurutan yang meliputi *Analysis*, *Design*, *Implementation*, *Testing*, *Maintenance* [23], [24].



Gambar 1. Skema alur penelitian Waterfall [24]

Gambar 1 menunjukkan model penelitian waterfall [22], [23], [25]. Berikut langkah – langkah penelitian ini yang dilakukan berdasarkan metode waterfall sebagai berikut:

1) Analisis Sistem

Sistem kerja alat dianalisa berdasarkan kebutuhan yang diperlukan melalui proses observasi berbagai kondisi tanah dan cuaca. Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data baik secara studi literatur maupun secara teknis dari penggunaan alat tersebut. Data yang telah diperoleh kemudian dikumpulkan dengan mengenali bagian-bagian dari sistem kerja alat yang membutuhkan tambahan indikator dan variabel data untuk diuji secara keseluruhan terhadap kondisi tanah pada tanaman cabai.

2) Design

Tahap kedua terdiri dari perancangan alat yang dikembangkan dari peneliti yang sudah ada. Perancangan sistem pada alat dibuat sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan tanaman cabai dengan menggunakan aplikasi fritzing sebagai proses awal pembuatan skematik rangkaian. Perancangan sistem ini telah diuji dan dievaluasi dalam bentuk diagram alir untuk mendapatkan hasil data yang akurat dengan menggunakan alat ukur pH dan kelembaban tanah yang sudah ada.

3) Implementation

Pengujian sistem secara keseluruhan diimplementasikan pada tanaman cabai, sehingga prototipe sistem yang telah dirancang dan diuji dapat memberikan hasil yang tepat sesuai dengan perbandingan alat ukur pH meter.

4) Testing

Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan bersamaan dengan implementasi, dimana pengujian dilakukan dengan melakukan kalibrasi alat terlebih dahulu dan mengamati suhu tanah pada tanaman cabai yang bertujuan untuk mengetahui faktor kelembaban tanah.

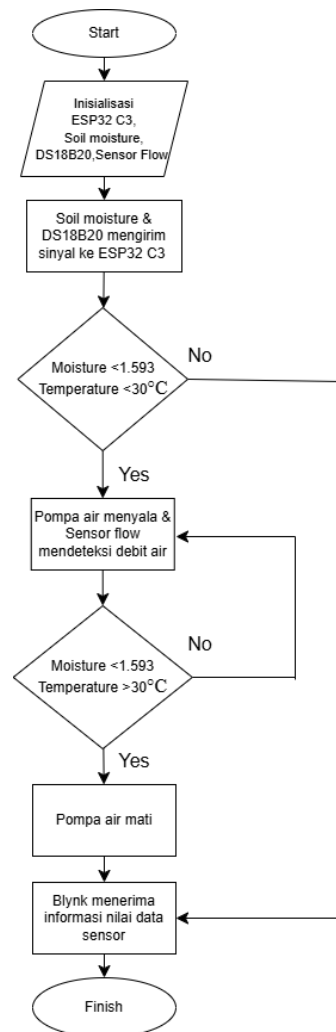
5) Maintenance

Proses perawatan dilakukan secara berkala untuk mengetahui kesalahan yang terjadi pada sistem kerja alat. Tahapan ini memberikan hasil yang positif bagi tanaman cabai, karena proses kerja alat yang optimal menghasilkan kondisi kesuburan tanah yang baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Berdasarkan desain yang telah dibuat pada Gambar 2, dapat ditunjukkan bahwa mikrokontroler ESP32 C3 Super mini sebagai pengendali utama yang terhubung ke semua perangkat komponen. Setiap komponen bekerja berdasarkan hasil pengamatan alat yang telah diuji dan dikalibrasi. Indikator pH tanah diperoleh dari alat ukur yaitu pH meter, sehingga dapat memberikan nilai referensi baik dari alat ukur pH meter maupun dengan prototipe. Pengujian dilakukan pada tanah kering untuk mengidentifikasi sensor *soil moisture* untuk mengetahui kelembaban tanah dan uji analisis sensor DS18B20 untuk mengenali suhu tanah pada tanaman cabai. Sehingga, pengujian awal memperoleh indikator nilai dari kondisi tanah pada tabel 1.



Gambar 2. Flowchart alur kerja sistem

Tabel 1. Indikator pH tanah, Kelembaban tanah dan Nilai sensor

Variabel	Indikator	Status
pH tanah	0 – 6.5	Asam
	7.0	Netral
	7.5 – 9.0	Basa
Kelembaban tanah	0 – 59%	Kering
	60% - 70%	Ideal
	75% - 140%	Lembap
Nilai sensor	1.100 – 1550	Kering
	1.593 – 1.929	Normal
	2.675 – 3.007	Basah

Berdasarkan pengujian sistem terhadap pembacaan sensor, hasil indikator kelembaban tanah dan nilai pH tanah ditunjukkan pada Tabel I. Tabel I menjelaskan indikator nilai pH meter, pengukuran kelembaban tanah dan nilai sensor yang terbaca oleh sensor kelembaban tanah. Tingkat kesuburan tanah dapat berbeda yang dipengaruhi oleh keasaman parameter yang diukur, secara kimiawi indikator pH umumnya berupa pH asam, netral dan basa [26].

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Tahap ini memberikan hasil percobaan pada tanah dalam kondisi cuaca dan tingkat keasaman tanah yang berbeda, yang menghasilkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian hari ke 1 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

Suhu (°C)	pH meter	Kelembapan tanah	Nilai Sensor	Flow Meter (ml)	Status
32,3°C	7.1	65%	1.850	-	Netral
31,8°C	7.3	70%	1.929	-	Netral
31,8°C	7.1	63,5%	1.706	-	Netral
32,8°C	7.0	60%	1.593	-	Netral

Pengujian sistem dilakukan setiap 15 menit dalam total waktu 60 menit untuk mengambil sampel data. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian hari pertama pada kondisi tanaman cabai. Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor flow belum membaca aliran air yang diberikan ke tanah, karena rata-rata kondisi kelembapan tanah berada pada kondisi pH netral yaitu 65%. Pada identifikasi suhu yang terbaca oleh sensor DS18B20, dilakukan pada tanah secara langsung pada kondisi tanah yang ideal.

Pengujian selanjutnya dilakukan di hari kedua dan menghasilkan data pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian hari ke 2 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

Suhu (°C)	pH meter	Kelembapan tanah	Nilai Sensor	Flow Meter (ml)	Status
35,6°C	7.1	63,5%	1.739	-	Netral
35,6°C	7.2	63,7%	1.743	-	Netral
35,6°C	7.1	62%	1.727	-	Netral
35,6°C	7.0	61,5%	1.698	-	Netral

Berdasarkan Tabel 3 waktu pengujian dilakukan sama dengan pengujian sebelumnya selama 15 menit. Secara keseluruhan pencapaian suhu lingkungan yang terbaca yaitu 35,6°C dan rata – rata kelembapan tanah 63%. Sehingga, pada pengujian di hari kedua kondisi tanah tetap dalam keadaan netral. Hari kedua memiliki pengaruh lain dari faktor cuaca yang lembab, sehingga tanaman cabai masih dalam kondisi kebutuhan air yang cukup.

Tabel 4. Pengujian hari ke 3 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

Suhu (°C)	pH meter	Kelembapan tanah	Nilai Sensor	Flow Meter (ml)	Status
34,5°C	6.1	53%	1.465	5.33 ml	Kering
34,8°C	6.5	57%	1.529	5.47 ml	Kering
35,6°C	6.1	52%	1.448	5.60 ml	Kering
35,6°C	6.1	51,3%	1.432	4.60 ml	Kering

Pengujian 3 (Tabel 3) memberikan hasil perubahan pada kondisi tanah. Sehingga pada kondisi ini terjadi karena tanah teridentifikasi memerlukan air dan kelembapan tanah kurang dari indikator nilai yang ditetapkan dengan rata – rata 53%. Sensor flow menerima informasi laju air yang mengalir dengan total debit air sebesar 21 ml selama 60 menit.

Tabel 5. Pengujian hari ke 4 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

Suhu (°C)	pH meter	Kelembapan tanah	Nilai Sensor	Flow Meter (ml)	Status
36,5°C	6.4	54%	1.513	2.80 ml	Kering
35,6°C	7.1	64,4%	1.770	0 ml	Netral
35,6°C	6.2	51%	1.402	3.73 ml	Kering
35,6°C	6.3	56,5%	1.544	2.13 ml	Kering

Tabel 5 pada pengujian hari ke 4 diperoleh konsumsi air sebanyak 8.66 ml dengan kelembapan rata – rata 56%.

Tabel 6. Pengujian hari ke 5 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

Suhu (°C)	pH meter	Kelembapan tanah	Nilai Sensor	Flow Meter (ml)	Status
28°C	7.2	66%	1.815	-	Netral
27,81°C	7.1	65%	1.768	-	Netral
27,62°C	7.1	64,1%	1.772	-	Netral
27,56°C	7.1	64%	1.771	-	Netral

Tabel 7. Pengujian hari ke 3 Identifikasi Sistem pada Tanaman Cabai

DS18B20	Soil Moisture	LCD	Relay	Pompa	Arduino ESP32	Flow sensor
0,38 mA	6,15 mA	27,7 mA	0,03 mA	115,8 mA	0,071 mA	0,071 mA

Kondisi kelembapan tanah masih tetap terjaga pada hari ke 5 (Tabel 6) dengan kelembapan rata – rata 65% dari kondisi tanah pada hari sebelumnya. Sehingga, debit air tidak terlalu banyak diberikan kepada tanah. Hal ini dibuktikan bahwa, sistem ini berpengaruh terhadap konsumsi daya yang dapat memberikan penghematan daya dan efisiensi waktu. Konsumsi daya keseluruhan komponen

rata – rata yang digunakan sebesar 25,02 mA (Tabel 7.).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan alur penelitian dan hasil yang telah dilakukan. Sistem pemantau kelembapan tanah yang ditujukan pada tanaman cabai, memberikan dampak baik bagi penghematan dan efisiensi waktu bagi para petani atau bagi Masyarakat yang memiliki hobi menanam cabai di lingkungan sekitar rumah. Hal ini dapat ditunjukkan pada pengujian yang telah dilakukan sebanyak 4 hari dalam waktu 60 menit memperoleh rata – rata debit air yang terbaca oleh sensor flow meter sebesar 14.83 ml, kelembapan tanah 59% dengan pH 6.81. Dengan demikian, kondisi tanah tidak dalam waktu lama pada kondisi kekurangan air, karena sistem secara otomatis memberikan suplai air dan terpantau secara jarak jauh melalui internet pada aplikasi Blynk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Teknologi Pertanian, A. Sucipto, D. Nuraji, M. Enrique Lazuardi Ramadany, J. Vitasari, and R. Aji Widarso, "Implementasi Sistem Deteksi Otomatis pada Tanaman Cabai Rawit Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis TensorFlow untuk Optimasi Pertanian Modern Implementation of an Automatic Detection System for Chili Plants Using a TensorFlow-Based Convolutional Neural Network (CNN) for Modern," 2024, doi: 10.25047/nacia.v2i1.254.
- [2] Antonisfia Yul, Alfitri Nadia, Susanti Roza, Yultrisna, and Aditya Saputra, "Penerapan Teknologi Penyemprotan Pestisida Pada Tanaman Cabe Bagi Kelompok Tani Sungai Buluh Kecamatan Batang Anai," *Japepam: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 3, pp. 5–9, Apr. 2024.
- [3] Sari Intan, Riono Yoyon, Syahputra Razi, Sari Puspita Ria, and Alwi Ahmad, "Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Batang Pisang (POC) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Tanah Gambut," *Jurnal Agro indragiri*, vol. 10, Jan. 2025.
- [4] I. Ivanova, "Soil moisture forecasting from sensors-based soil moisture, weather and irrigation observations: A systematic review," Mar. 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.atech.2024.100692.
- [5] S. Mane, N. Das, G. Singh, M. Cosh, and Y. Dong, "Advancements in dielectric soil moisture sensor Calibration: A comprehensive review of methods and techniques," *Comput Electron Agric*, vol. 218, p. 108686, Mar. 2024, doi: 10.1016/J.COMPAG.2024.108686.
- [6] Z. Chang, F. Zhang, J. Xiong, J. Ma, B. Jin, and D. Zhang, "Sensor-free Soil Moisture Sensing Using LoRa Signals," *Proc ACM Interact Mob Wearable Ubiquitous Technol*, vol. 6, no. 2, Jul. 2022, doi: 10.1145/3534608.
- [7] Y. Rahmanto, A. Rifaini, S. Samsugi, and S. Dadi Riskiono, "SISTEM MONITORING PH AIR PADA AQUAPONIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO," 2020.
- [8] L. Yu *et al.*, "Review of research progress on soil moisture sensor technology," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 32–42, Jul. 2021, doi: 10.25165/j.ijabe.20211404.6404.
- [9] D. Agustina and M. F. Amrulloh, "Rancang Bangun Sensor Kelembaban Tanah Untuk Sistem Irigasi Tanaman Kaktus Bebas Android." [Online]. Available: <https://ejournal.catuspata.com/index.php/jkdn/index>
- [10] J. Wang, L. Chang, S. Aggarwal, O. Abari, and S. Keshav, "Soil moisture sensing with commodity RFID systems," in *MobiSys 2020 - Proceedings of the 18th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, Association for Computing Machinery, Inc, Jun. 2020, pp. 273–285. doi: 10.1145/3386901.3388940.
- [11] I. Tsalil, A. 1*, A. Oktarino, and M. Heru, "Perancangan dan Pengembangan Sistem Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Arduino," *JUTEKOM*, vol. 1, 2025, doi: 10.35134/Jutekom.v9i2.1.
- [12] T. T. Y. Yudiana, T. S. Patma, and M. Fauziyah, "Implementasi Sensor Kelembaban Tanah Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan IoT," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, May 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i1.3025.
- [13] F. Haikel Pracoyo, I. Saifudin, K. Wanto, D. Anwar, and N. Sulawesi, "Prototype of Microcontroller-Based Oil Viscosity Measuring Instrument Using Flow Meter Sensor," 2024.
- [14] D. Rizky Ardianto, Khairunnisa Serlia, Lukito Tondo Suryo, and Ramadhan Rifqi, "PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM

- DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH,” *Jurnal Taguchi*, vol. 4, pp. 308–325, Dec. 2024.
- [15] I. M. H. Abduh, and R. Suppa, “SISTEM PENGONTROLAN PENYIRAM TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5613.
- [16] M. F. Hamzah, “SISTEM MONITORING CAIRAN INFUS BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5488.
- [17] T. T. Y. Yudianta, T. S. Patma, and M. Fauziyah, “Implementasi Sensor Kelembapan Tanah Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan IoT,” *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, May 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i1.3025.
- [18] D. Rizky Putra Pratama, N. Nugraha Pratama, and M. Riyad Ariwibowo, “Arduino Based Automatic Watering System in Tomato Garden Using Soil Moisture,” *Indonesian Journal of Computer Science*.
- [19] R. Alkahfie, L. Fujiyanti, A. Josi, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, “Perakitan Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM Pada Rumah Tangga Secara Real-Time Berbasis Aplikasi Android,” 2025.
- [20] S.- Hidayat, “SISTEM MONITORING KUALITAS AIR LIMBAH RUMAH TANGGA BERBASIS IOT,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5938.
- [21] Rahmat Irsyada, Muhdlor Auhah Haq, Naila Afina Rohmah, Prima Angga Hadi Saputra, and Roikhatul Jannah, “Implementasi NodeMCU ESP8266 dan Sensor Cahaya Pada Lampu Berbasis Internet Of Things,” *Jurnal ilmiah Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 22–32, Mar. 2022, doi: 10.55606/juisik.v2i1.514.
- [22] B. Fachri and C. Rizal, “Penerapan Metode Waterfall Dalam Perancangan Sistem Informasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka Berbasis Web,” Online, 2024. [Online]. Available: <https://kampusmerdeka.kemdikbud.go.id/>,
- [23] S. Purnomo and F. A. Alijoyo, “Sistem Peminjaman Barang Menggunakan QR Code Berbasis Aplikasi Android,” *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 6, no. 2, pp. 322–328, Apr. 2024, doi: 10.47233/jteksis.v6i2.1350.
- [24] M. A. Roziqin, S. Hartatik, and M. Taufiq, “The Description Of Teacher And Parents Communication In Building Student Characters At SDIT Ghilmani Ketintang Surabaya,” ... : *Jurnal Pendidikan Guru ...*, 2020, [Online]. Available: <http://repository.unusa.ac.id/id/eprint/6506>
- [25] N. Hartatik, N. L. Azizah, and S. Busono, “SISTEM INFORMASI DESA BERBASIS WEB DENGAN MENGGUNAKAN METODE WATERFALL,” *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 1, pp. 264–271, Feb. 2024, doi: 10.29100/jupi.v9i1.4428.
- [26] Mhd. Kahfi and A. F. Pohan, “Klasifikasi Kesuburan Tanah Menggunakan Parameter Resistivitas, Kadar Air, dan pH Tanah Studi Kasus: Tanaman Jagung,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 2, pp. 192–198, Apr. 2023, doi: 10.25077/jfu.12.2.192-198.2023.