

**RANCANG BANGUN SISTEM IRIGASI CERDAS BERBASIS SENSOR  
KELEMBABAN TANAH DAN ESP32 UNTUK EFISIENSI AIR  
PADA TANAMAN PADI**

Mus Muallim Nursan<sup>1</sup>, Mustamin<sup>2</sup>

Program studi Pendidikan Vokasional Mekatronika, Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Makassar

[1musmuallim20@gmail.com](mailto:1musmuallim20@gmail.com), [2mustamin@unm.ac.id](mailto:2mustamin@unm.ac.id)

**ABSTRACT**

*Water use efficiency is a critical factor in rice cultivation, particularly in the context of limited water resources and increasing food demand. Conventional irrigation systems generally rely on fixed schedules without considering actual soil moisture conditions, which can lead to excessive water consumption. This study aims to design and develop a smart irrigation system based on soil moisture sensors and an ESP32 microcontroller to improve water use efficiency in rice cultivation. The developed system utilizes soil moisture sensors to monitor real-time soil water conditions, which are processed by the ESP32 to automatically control a water pump as the irrigation actuator. The research methodology includes hardware design, software development, and system performance testing in an experimental field. The test results indicate that the system can automatically regulate irrigation based on soil moisture levels and reduce water usage compared to conventional irrigation methods. Therefore, the proposed smart irrigation system has the potential to support precision agriculture practices and enhance water use efficiency in rice cultivation.*

*Keywords: smart irrigation, ESP32, soil moisture sensor, water efficiency, rice cultivation*

**ABSTRAK**

Efisiensi penggunaan air merupakan faktor penting dalam budidaya tanaman padi, terutama di tengah keterbatasan sumber daya air dan meningkatnya kebutuhan pangan. Sistem irigasi konvensional umumnya masih bergantung pada jadwal tetap tanpa mempertimbangkan kondisi kelembaban tanah, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem irigasi cerdas berbasis sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler ESP32 guna meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman padi. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor kelembaban tanah sebagai input untuk mendeteksi kondisi kadar air tanah secara real-time, kemudian diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan aktuator berupa pompa air secara otomatis. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem di lahan percobaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengontrol proses irigasi secara otomatis sesuai dengan kondisi kelembaban tanah dan dapat mengurangi penggunaan air dibandingkan metode irigasi konvensional. Dengan demikian, sistem irigasi cerdas

ini berpotensi mendukung praktik pertanian presisi dan meningkatkan efisiensi penggunaan air pada budidaya tanaman padi.

Kata Kunci: irigasi cerdas, ESP32, sensor kelembaban tanah, efisiensi air, tanaman padi

## **A. Pendahuluan**

Air merupakan sumber daya vital yang menopang sektor pertanian, di mana penggunaannya sangat penting untuk mencapai produksi pangan yang berkelanjutan (Ali et al., 2022). Secara global, sektor pertanian menyumbang sekitar 70% dari total konsumsi air tawar, sehingga pengelolaan air menjadi sangat krusial tidak hanya untuk mengurangi pemborosan tetapi juga untuk meningkatkan hasil panen serta ketahanan terhadap perubahan iklim (Ingrao et al., 2023). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai pentingnya air dalam pertanian mendorong berbagai upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatannya, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia yang masih sangat bergantung pada sektor agraris sebagai penopang stabilitas ekonomi nasional (Hashemi et al., 2024; Lina Sudarwati & Nasution, 2024).

Meskipun air memiliki peran yang sangat penting dalam pertanian,

sistem irigasi konvensional umumnya masih bergantung pada penjadwalan manual yang berpotensi menyebabkan kelebihan pengairan dan pemborosan air (Di Gennaro et al., 2024). Sistem tersebut belum dilengkapi dengan mekanisme otomatisasi maupun umpan balik, sehingga distribusi air menjadi tidak merata dan tingkat efisiensinya rendah, terutama pada lahan pertanian berskala luas (Yerli et al., 2023).

Dalam perkembangan teknologi digital yang semakin pesat, *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu inovasi yang paling signifikan dalam dunia teknologi modern. IoT merupakan konsep yang menggambarkan keterhubungan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran data serta komunikasi antarperangkat secara otomatis dan real-time. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan IoT mengalami peningkatan yang sangat cepat dan telah mengubah

cara manusia berinteraksi dengan perangkat, lingkungan, maupun sesama pengguna teknologi. Implementasi IoT mendukung irigasi otomatis, pemantauan lahan, dan efisiensi sumber daya air pertanian (Ma'mun et al., 2023).

Internet of Things (IoT) memiliki peran strategis dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem informasi di berbagai sektor, termasuk manufaktur, transportasi, kesehatan, dan pendidikan. Melalui integrasi perangkat yang saling terhubung, IoT mampu melakukan pengumpulan data secara real-time dari beragam sumber seperti sensor, alat ukur, serta perangkat berbasis internet, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai dasar analisis dan pengambilan keputusan. Selain itu, IoT juga memungkinkan proses pemantauan kondisi sistem secara langsung, mencakup kinerja operasional, lingkungan, maupun aspek keamanan, sehingga respons terhadap permasalahan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat. Lebih lanjut, data yang diperoleh dapat diolah secara real-time menggunakan algoritma cerdas serta teknologi analitik seperti machine learning dan big data,

sehingga menghasilkan informasi yang lebih akurat dan bernilai guna tinggi bagi pengelolaan sistem informasi modern (Nahari et al., 2023).

Konsep pertanian presisi menekankan pemberian input pertanian secara tepat berdasarkan kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi lingkungan. Sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah merupakan salah satu implementasi nyata dari konsep pertanian presisi. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mendukung praktik pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan (Sidik et al., 2025).

Penghematan energi merupakan indikator penting, terutama pada sistem irigasi otomatis yang beroperasi dalam jangka waktu lama. Sistem yang efisien hanya mengaktifkan pompa saat diperlukan sehingga konsumsi energi dapat ditekan. Hal ini sangat relevan untuk penerapan di daerah pertanian dengan keterbatasan sumber listrik (Sidik et al., 2025).

ESP32 dari Espressif merupakan salah satu perangkat yang sangat andal dalam mendukung pengembangan berbagai proyek

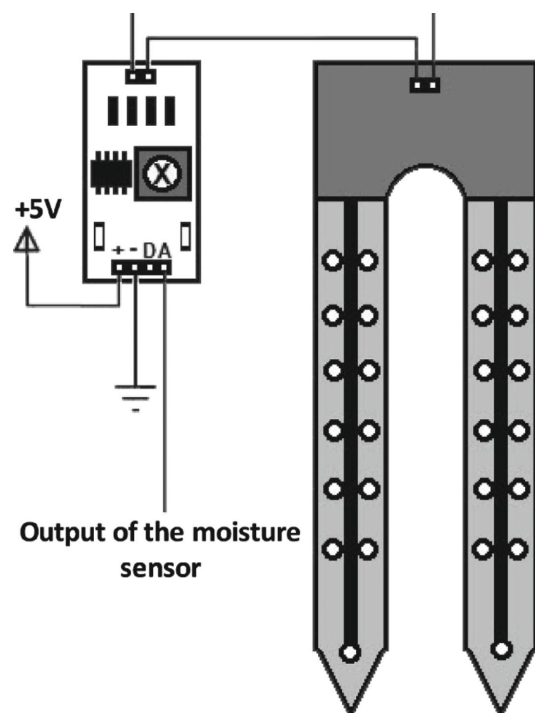
Internet of Things (IoT). Dalam proses pengembangan, pemilihan perangkat yang tepat menjadi hal yang sangat penting karena setiap permasalahan pada suatu domain membutuhkan solusi teknologi yang berbeda. Untuk dapat menentukan solusi yang sesuai, pengembang perlu memahami karakteristik permasalahan sekaligus mengenali perangkat serta fitur yang tersedia. Dalam beberapa kasus, penyelesaian masalah tidak hanya menggunakan satu alat, tetapi dapat melibatkan kombinasi beberapa perangkat sekaligus. Setelah perangkat yang tepat dipilih, tahap selanjutnya adalah mengoptimalkan cara penggunaannya agar dapat bekerja secara efisien dan efektif sehingga memberikan nilai tambah maksimal bagi pengguna akhir (Ma'mun et al., 2023).

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (*research and development*) yang bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kinerja sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah pada aplikasi pertanian. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada perancangan, implementasi,

serta evaluasi kinerja suatu sistem teknologi yang dapat diterapkan secara langsung di lapangan (Sugiyono, 2019).

Tahap awal penelitian adalah **analisis kebutuhan sistem**, yang dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan irigasi pada pertanian konvensional, khususnya terkait ketidaktepatan pemberian air. Pada tahap ini juga ditentukan spesifikasi sistem yang meliputi jenis sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, aktuator, serta sumber daya yang sesuai dengan kondisi pertanian skala kecil hingga menengah.



**Gambar 1.** Rancangan alat

Tahap berikutnya adalah **perancangan perangkat keras** (*hardware*). Perangkat keras yang

dirancang terdiri atas sensor kelembaban tanah sebagai input, mikrokontroler sebagai unit pengolah data, modul relay sebagai pengendali aktuator, dan pompa air sebagai aktuator utama sistem irigasi. Sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mendeteksi kadar air dalam tanah dan mengirimkan data secara kontinu ke mikrokontroler.

Selanjutnya dilakukan **perancangan perangkat lunak** (*software*) berupa algoritma kendali irigasi otomatis. Algoritma ini mengatur proses pembacaan data sensor, pengolahan data, serta pengambilan keputusan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air berdasarkan nilai ambang kelembaban tanah yang telah ditentukan. Penentuan nilai ambang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman agar sistem dapat bekerja secara optimal.

Tahap **implementasi sistem** dilakukan dengan merakit seluruh komponen perangkat keras dan memprogram mikrokontroler sesuai algoritma yang telah dirancang. Implementasi dilakukan pada media tanam sebagai simulasi lahan pertanian untuk memastikan sistem dapat berfungsi secara terintegrasi.

Pengujian awal dilakukan untuk memastikan setiap komponen bekerja dengan baik sebelum dilakukan pengujian kinerja sistem.

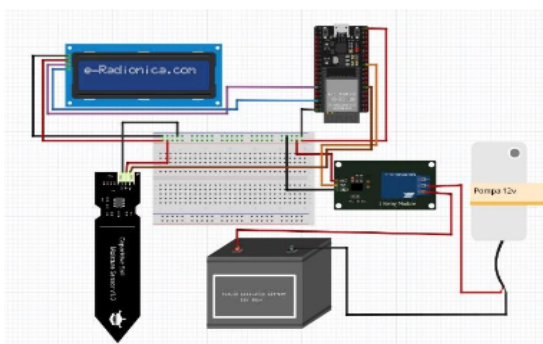


**Gambar 2.** Impelementasi alat

Tahap terakhir adalah **pengujian kinerja sistem**, yang bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kelembaban tanah dan mengontrol pompa air secara otomatis. Parameter yang diamati meliputi respons sistem terhadap perubahan kelembaban tanah, kestabilan kerja pompa air, serta kemampuan sistem dalam menjaga kelembaban tanah pada rentang optimal. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk menilai efektivitas sistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air.

Dalam perancangan desain teknologi irigasi tetes pada tanaman jagung, digunakan sejumlah komponen utama yang saling

terintegrasi untuk menjamin sistem dapat berfungsi dengan baik. Gambar 2 menunjukkan skema rangkaian yang menggabungkan sensor Soil Moisture, mikrokontroler ESP32, LCD I2C, modul relay 2 channel 5V, serta baterai 12V 8Ah. Seluruh komponen tersebut dirangkai untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, menampilkan nilai kelembaban pada layar, serta mengendalikan aliran air pada sistem irigasi.



**Gambar 3.** Skema Rangkaian

Gambar 3 menunjukkan skema rangkaian teknologi irigasi tetes pada tanaman jagung. Teknologi ini tersusun atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal. Baterai 12V 8Ah berfungsi sebagai sumber daya listrik yang menyuplai seluruh komponen dalam rangkaian. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem, di mana berbagai

sensor dan modul dihubungkan melalui pin GPIO.

Sensor Soil Moisture digunakan untuk mendeteksi serta mengukur tingkat kelembaban tanah, yang dihubungkan ke salah satu pin analog ESP32 sehingga nilai kelembaban dapat dibaca dan diproses. Modul relay berfungsi sebagai saklar on-off otomatis untuk mengendalikan pompa air yang berperan dalam mengalirkan air irigasi.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan LCD yang terhubung melalui modul I2C pada ESP32, yaitu pada pin GPIO 21 (SDA) dan GPIO 22 (SCL). LCD tersebut digunakan untuk menampilkan nilai pembacaan sensor Soil Moisture dalam bentuk persentase.

### **C. Hasil Dan Pembahasan**

Hasil pengujian kestabilan kerja pompa air menunjukkan bahwa pompa dapat bekerja secara stabil selama proses irigasi berlangsung. Pompa tidak mengalami siklus hidup mati-nyala yang berlebihan karena sistem menggunakan nilai ambang batas kelembaban tanah sebagai dasar pengendalian. Kestabilan ini berkontribusi terhadap efisiensi energi dan memperpanjang umur pompa air.

Dengan demikian, sistem irigasi otomatis yang dikembangkan tidak hanya efisien dari sisi penggunaan air, tetapi juga dari sisi efisiensi energi (Sidik et al., 2025).

Hasil pengamatan terhadap kelembaban tanah setelah penerapan sistem irigasi otomatis menunjukkan bahwa kelembaban tanah dapat dipertahankan pada rentang yang lebih stabil dibandingkan dengan penyiraman manual. Fluktuasi kelembaban tanah dapat dikurangi karena sistem hanya memberikan air ketika diperlukan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan air pada media tanam. Temuan ini sejalan dengan konsep pertanian presisi yang menekankan pengelolaan input pertanian secara tepat dan terukur.

Jika dibandingkan dengan metode irigasi manual, sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah memiliki keunggulan dalam hal konsistensi dan efisiensi. Irigasi manual sangat bergantung pada pengalaman dan kehadiran petani, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan dalam pemberian air. Sistem otomatis mampu mengurangi ketergantungan tersebut dan

memberikan pengairan yang lebih terkontrol.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian sistem dilakukan pada skala terbatas dan dalam kondisi lingkungan yang relatif terkendali. Faktor-faktor eksternal seperti variasi jenis tanah, kondisi cuaca ekstrem, dan kebutuhan air tanaman yang berbeda belum sepenuhnya diuji, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji keandalan sistem pada kondisi lapangan yang lebih beragam.

Selain itu, sistem yang dikembangkan masih menggunakan logika kendali berbasis nilai ambang sederhana. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengintegrasikan data cuaca, fase pertumbuhan tanaman, serta teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Integrasi tersebut berpotensi meningkatkan fleksibilitas dan kecerdasan sistem irigasi otomatis.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah yang dikembangkan mampu bekerja sesuai

dengan tujuan penelitian. Sistem berhasil mengontrol proses irigasi secara otomatis, responsif terhadap perubahan kondisi tanah, serta berpotensi mengurangi pemborosan air dan ketergantungan pada penyiraman manual. Hasil ini menjadi dasar yang kuat untuk pembahasan lebih lanjut terkait efektivitas sistem dalam mendukung pertanian presisi serta memperkuat temuan-temuan sebelumnya dan memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan teknologi irigasi yang efisien dan berkelanjutan.

### **E. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang dikemukakan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah berhasil dikembangkan dan mampu bekerja secara efektif dalam mengontrol proses irigasi sesuai kondisi aktual tanah. Sistem yang dirancang mampu mendeteksi perubahan kelembaban tanah secara akurat serta mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan, sehingga kelembaban tanah dapat dipertahankan pada rentang optimal dan penggunaan air menjadi lebih

efisien dibandingkan metode irigasi manual. Selain itu, kestabilan kerja sistem dan kesederhanaan desain menunjukkan bahwa sistem ini berpotensi diterapkan pada lahan pertanian skala kecil hingga menengah sebagai bagian dari penerapan pertanian presisi. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem dilengkapi dengan fitur pemantauan dan pengendalian jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT), integrasi data cuaca dan kebutuhan spesifik tanaman, serta pengujian pada skala lahan dan kondisi lingkungan yang lebih beragam guna meningkatkan keandalan dan keberlanjutan sistem irigasi otomatis.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ma'mun, H., Mukhtar, A., Burhanudin, A., & Hermana, R. (2023). *Revolusi IoT: Mengoptimalkan teknologi untuk masa depan cerdas*. Bandung: Widina Media Utama.
- Nahari, R. V., Alfita, R., Astuti, E. D., Pramudia, M., & Rahmawati, D. (2023). *Fundamental Internet of Things (IoT): Teori dan aplikasi*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Sidik, A. R., Tawakal, A., Sumirat, G. S., & Narputro, P. (2025). Smart irrigation based on soil moisture sensors with photovoltaic energy: A

- systematic review. *Engineering Proceedings*, 107(1),17.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Ali, A., Tahir, N., & Khalid, M. N. (2022). *Sustainable water use in agriculture: A review of worldwide research*. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 11(4), 246–250.
- Yerli, C., Şahin, U., Ors, S., & Kiziloglu, F. M. (2023). Improvement of water and crop productivity of silage maize by irrigation with different levels of recycled wastewater under conventional and zero tillage conditions. *Agricultural Water Management*, 277, 108130
- Sudarwati, L., & Nasution, N. F. (2024). Upaya pemerintah dan teknologi pertanian dalam meningkatkan pembangunan dan kesejahteraan petani di Indonesia. *Jurnal Kajian Agraria dan Kedaulatan Pangan (JKAKP)*, 3(1), 1–8.
- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisingh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts, and approaches for reducing the risks. *Heliyon*, 9(8), e18507.
- Hashemi, S. Z., Darzi-Naftchali, A., Karandish, F., Ritzema, H., & Solaimani, K. (2024). Enhancing agricultural sustainability with water and crop management strategies in modern irrigation and drainage networks. *Agricultural Water Management*, 305, 108997.
- 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*.