

Rancang Bangun Sistem Irigasi Otomatis berbasis ESP32 dan Sensor Kelembapan Tanah untuk Monitoring Real-Time

Roofid Khoirul Iman Mendrofa¹, Ulinnuha Latifa², Marvel Aji Setiawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
^{1,2,3}Jl. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, 41361, Indonesia

¹2210631160068@student.unsika.ac.id

²ulinnuha.latifa@ft.unsika.ac.id

³2210631160049@student.unsika.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 13-05-2026
revisi : 19-05-2026
diterima : 22-05-2026
dipublish : 30-06-2026

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sektor pertanian semakin berkembang, khususnya dalam sistem penyiraman otomatis. Penelitian ini bertujuan merancang sistem irigasi berbasis ESP32 dan sensor kelembapan tanah yang mampu melakukan pemantauan kondisi tanah secara real-time. Sensor *soil moisture* digunakan untuk mendeteksi kadar air tanah, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengiriman informasi ke aplikasi monitoring. Sistem dirancang agar pompa air aktif ketika kelembapan berada di bawah batas tertentu dan berhenti secara otomatis saat kondisi tanah telah mencapai tingkat kelembapan yang ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam menjaga kelembapan tanah serta memberikan informasi monitoring secara daring dengan waktu respons yang relatif cepat. Implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mempermudah proses penyiraman tanaman secara otomatis.

Kata kunci : ESP32; Internet of Things; irigasi otomatis; monitoring realtime; soil moisture sensor; blynk

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan sistem tertanam (*embedded system*) telah memberikan banyak inovasi pada bidang pertanian modern, khususnya dalam pengelolaan sistem irigasi otomatis. Pemanfaatan teknologi sensor dan mikrokontroler memungkinkan proses pemantauan kondisi tanah dilakukan secara real-time sehingga penggunaan air dapat menjadi lebih efisien dan terkontrol. Salah satu permasalahan utama pada sistem irigasi konvensional adalah proses penyiraman yang masih dilakukan secara manual, sehingga sering terjadi pemborosan air akibat penyiraman yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selain itu, keterlambatan dalam penyiraman juga dapat menyebabkan kondisi tanah menjadi terlalu kering dan berdampak pada penurunan kualitas pertumbuhan tanaman (Aisyah et al., 2025).

Berdasarkan data pada perancangan sistem yang dilakukan, penggunaan air pada irigasi manual dapat mengalami pemborosan hingga 40–60% akibat tidak adanya kontrol kelembapan tanah secara otomatis. Selain itu, lebih dari 50% lahan pertanian berpotensi mengalami kekeringan periodik karena kurangnya pemantauan kondisi tanah secara berkala. Ketidakkonsistenan proses penyiraman juga menyebabkan produktivitas tanaman menurun hingga sekitar 30% karena kondisi kelembapan tanah yang tidak stabil. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa sistem irigasi manual masih memiliki banyak keterbatasan dalam menjaga efisiensi penggunaan air dan kestabilan kondisi tanah (Ardianto et al., 2025).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem otomatisasi irigasi yang mampu melakukan penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah secara aktual. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem. Sensor kelembapan tanah digunakan untuk membaca kadar air di dalam tanah, kemudian data tersebut diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan kondisi pompa air secara otomatis. Sistem akan mengaktifkan pompa ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas 40%, dan mematikan pompa ketika kelembapan telah mencapai nilai di atas 40% (Pamungkas et al., 2025).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem otomatisasi irigasi berbasis kelembapan tanah menggunakan ESP32 dan sensor *soil moisture* guna meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga kestabilan kelembapan tanah, serta mempermudah proses penyiraman tanaman secara otomatis dan real-time. Dengan adanya sistem ini diharapkan proses irigasi menjadi lebih efektif, hemat air, serta mampu mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual.

TEORI

SISTEM IRIGASI OTOMATIS

Sistem irigasi otomatis merupakan suatu sistem penyiraman tanaman yang bekerja secara otomatis berdasarkan parameter tertentu tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Pada

umumnya, sistem ini memanfaatkan sensor sebagai media pendeteksi kondisi lingkungan dan mikrokontroler sebagai pusat pengendali proses penyiraman. Penggunaan sistem irigasi otomatis bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga kestabilan tanah, serta mengurangi ketergantungan terhadap proses penyiraman manual (Deasy Mandasari et al., 2025).

Pada sistem irigasi konvensional, proses penyiraman sering dilakukan secara berkala tanpa memperhatikan kondisi aktual tanah sehingga dapat menyebabkan pemborosan air maupun kekurangan suplai air pada tanaman. Dengan adanya sistem otomatis, proses penyiraman dapat dilakukan sesuai kebutuhan tanaman berdasarkan nilai kelembapan tanah yang terukur secara *realtime*.

INTERNET OF THINGS (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep komunikasi antar perangkat elektronik yang saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Teknologi IoT memungkinkan pengguna melakukan monitoring dan pengendalian perangkat dari jarak jauh secara *realtime* (Sudarmaji et al., 2024).

Dalam penelitian ini, teknologi IoT digunakan untuk memantau nilai kelembapan tanah dan status pompa air melalui aplikasi monitoring berbasis internet. Data yang diperoleh dari sensor akan dikirim oleh mikrokontroler ESP32 ke platform monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem irigasi secara langsung melalui smartphone atau

perangkat lainnya. Penerapan IoT pada sistem pertanian modern memberikan banyak keuntungan, seperti peningkatan efisiensi kerja, kemudahan monitoring, penghematan energi, serta optimalisasi penggunaan sumber daya air (Yogita et al., 2025).

MIKROKONTROLLER ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan banyak digunakan pada sistem *embedded* serta aplikasi IoT. ESP32 memiliki fitur utama berupa konektivitas WiFi dan Bluetooth yang telah terintegrasi dalam satu modul sehingga sangat sesuai digunakan pada sistem monitoring berbasis internet. Selain memiliki kemampuan komunikasi data, ESP32 juga memiliki performa pemrosesan yang cukup tinggi, konsumsi daya yang rendah, serta jumlah pin input/output yang cukup banyak untuk mendukung berbagai sensor dan aktuator (Neelima et al., 2025).

Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang menerima data dari sensor *soil moisture*, memproses nilai kelembapan tanah, kemudian mengendalikan relay dan pompa air sesuai kondisi yang telah ditentukan. ESP32 juga mengirimkan data monitoring ke aplikasi IoT secara real-time (Ode et al., n.d.).

SENSOR SOIL MOISTURE

Sensor *soil moisture* merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah berdasarkan kandungan air di dalam media tanah. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan nilai resistansi atau kapasitansi pada tanah

akibat adanya kadar air (Nuryadi et al., 2025).

Nilai keluaran sensor akan diubah menjadi data persentase kelembapan yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Pada penelitian ini, sensor *soil moisture* digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan kondisi penyiraman tanaman. Sistem akan mengaktifkan pompa air ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah 40% dan mematikan pompa ketika kelembapan tanah telah mencapai nilai di atas 40%. Penggunaan sensor kelembapan tanah pada sistem irigasi otomatis sangat penting karena mampu meningkatkan akurasi penyiraman dan mengurangi pemborosan air (Morchid et al., 2024).

RELAY

Relay merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan secara elektrik. Relay memungkinkan mikrokontroler mengendalikan perangkat dengan arus dan tegangan lebih besar, seperti pompa air. Pada penelitian ini, relay digunakan sebagai penghubung antara ESP32 dan pompa air. Ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah batas minimum, ESP32 akan memberikan sinyal kepada relay untuk mengaktifkan pompa. Sebaliknya, ketika kelembapan tanah telah mencukupi, relay akan memutuskan arus listrik sehingga pompa berhenti bekerja (Gunawan et al., 2024).

POMPA AIR DC

Pompa air DC merupakan aktuator yang digunakan untuk mengalirkan air pada sistem irigasi otomatis. Pompa bekerja berdasarkan perintah dari mikrokontroler melalui relay. Pada penelitian ini digunakan

pompa air mini DC 5V/12V yang berfungsi untuk menyiram tanaman secara otomatis ketika kondisi tanah berada dalam keadaan kering. Penggunaan pompa DC dipilih karena memiliki konsumsi daya yang relatif rendah dan mudah diintegrasikan dengan sistem mikrokontroler (Karlina, 2025).

LIQUID CRYSTAL DISPLAY (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat output yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk karakter maupun angka. LCD berfungsi sebagai media monitoring lokal pada sistem. Dalam penelitian ini, LCD digunakan untuk menampilkan nilai persentase kelembapan tanah serta status pompa air secara langsung. Dengan adanya LCD, pengguna dapat mengetahui kondisi sistem tanpa harus membuka aplikasi monitoring IoT (Syahputra & Ulinuha, 2025).

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan dan eksperimen. Metode perancangan dilakukan dengan merancang sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah menggunakan mikrokontroler ESP32, sedangkan metode eksperimen dilakukan melalui pengujian sistem untuk mengetahui kinerja alat dalam mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan kondisi kelembapan tanah.

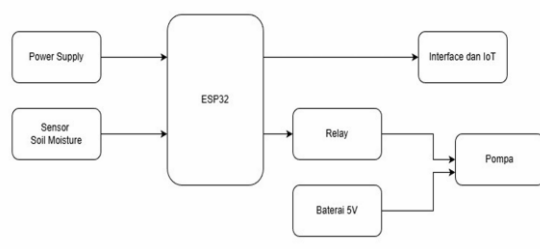
PERANCANGAN SISTEM

Sistem irigasi otomatis yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor *soil moisture*, mikrokontroler ESP32, relay, pompa air DC, LCD, dan sumber daya baterai. Sensor *soil moisture* berfungsi untuk

membaca tingkat kelembapan tanah, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi pompa air secara otomatis. Relay digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air, sedangkan LCD digunakan untuk menampilkan nilai kelembapan tanah dan status pompa secara langsung. Pada sistem ini diterapkan metode kontrol berbasis ambang batas (threshold). Pompa air akan aktif ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah 40%, dan pompa akan berhenti ketika kelembapan tanah berada di atas atau sama dengan 40%.

DIAGRAM BLOK SISTEM

Diagram blok sistem digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen pada sistem irigasi otomatis. Sensor *soil moisture* mengirimkan data analog ke ESP32, kemudian ESP32 memproses data tersebut untuk mengontrol relay dan pompa air. Selain itu, data kelembapan tanah juga ditampilkan pada LCD dan dapat dimonitor secara real-time melalui sistem IoT, seperti pada Gambar 1.

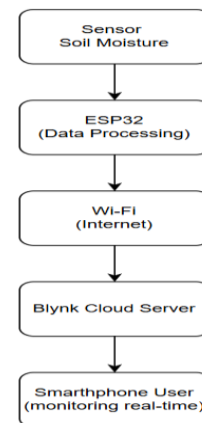


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Sistem dirancang menggunakan metode kontrol berbasis threshold untuk menjaga kestabilan kelembapan tanah dan meningkatkan efisiensi penggunaan air pada proses irigasi otomatis.

PERANCANGAN SISTEM IOT

Sistem *Internet of Things* (IoT) pada penelitian ini dirancang untuk memungkinkan proses monitoring kelembapan tanah dan status pompa air dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Arsitektur sistem IoT terdiri dari sensor *soil moisture* sebagai perangkat input, ESP32 sebagai mikrokontroler utama sekaligus modul komunikasi WiFi, platform *Blynk Cloud* sebagai server monitoring, dan aplikasi Blynk pada smartphone sebagai media monitoring pengguna. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Sistem IoT

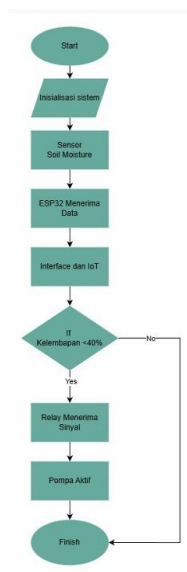
Pada proses kerja sistem, sensor *soil moisture* membaca nilai kelembapan tanah kemudian mengirimkan data analog ke ESP32 untuk diproses menjadi nilai persentase kelembapan. Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data tersebut melalui jaringan WiFi menggunakan koneksi internet menuju server Blynk Cloud. Data yang telah diterima server kemudian ditampilkan secara real-time pada aplikasi Blynk di smartphone pengguna.

Selain melakukan monitoring, sistem IoT juga memungkinkan pengguna mengetahui status pompa air secara langsung, baik dalam kondisi ON maupun

OFF. Komunikasi data antara ESP32 dan platform Blynk menggunakan protokol TCP/IP melalui koneksi WiFi yang telah terintegrasi pada modul ESP32. Dengan adanya sistem IoT ini, proses monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa harus melihat kondisi alat secara langsung.

FLOWCHART SISTEM

Flowchart sistem digunakan untuk menggambarkan alur kerja program pada sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah. Diagram alir ini menunjukkan proses pembacaan sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler ESP32, hingga pengendalian pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi kelembapan tanah.



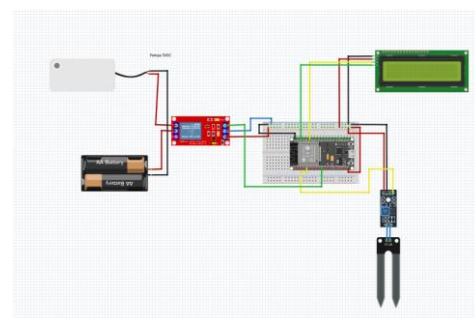
Gambar 3. Flowchart Sistem

Berdasarkan flowchart pada Gambar 3, proses dimulai dengan inisialisasi sistem yang meliputi aktivasi ESP32, sensor *soil moisture*, relay, LCD, dan koneksi IoT. Setelah proses inisialisasi selesai, sensor *soil moisture* melakukan pembacaan nilai

kelembapan tanah secara berkala. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke ESP32 untuk diproses menjadi nilai persentase kelembapan tanah.

DIAGRAM WIRING SISTEM

Diagram wiring sistem digunakan untuk menunjukkan hubungan antar komponen pada sistem irigasi otomatis berbasis kelembapan tanah. Wiring diagram ini menggambarkan proses koneksi antara mikrokontroler ESP32, sensor *soil moisture*, relay, pompa air, LCD, serta sumber daya baterai yang digunakan pada sistem. Setiap komponen dirangkai sesuai fungsi masing-masing agar sistem dapat bekerja secara otomatis dalam melakukan monitoring dan pengendalian irigasi. Pada rangkaian ini, sensor *soil moisture* berfungsi sebagai input untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah, sedangkan ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali sistem yang memproses data sensor dan mengontrol relay untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan pompa air.



Gambar 4. Diagram Wiring Sistem

Berdasarkan diagram wiring yang telah dirancang, seluruh komponen sistem dapat saling terhubung dan bekerja sesuai dengan fungsi masing-masing. Sensor *soil moisture* mengirimkan data kelembapan tanah ke ESP32 untuk diproses, kemudian

ESP32 mengendalikan relay sebagai saklar otomatis pompa air berdasarkan nilai ambang kelembapan yang telah ditentukan. Selain itu, LCD digunakan untuk menampilkan informasi kelembapan tanah dan status pompa secara langsung. Dengan konfigurasi wiring tersebut, sistem irigasi otomatis mampu bekerja secara real-time, efisien, serta mendukung proses monitoring dan pengendalian penyiraman tanaman secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT).

KALIBRASI SENSOR SOIL MOISTURE

Kalibrasi sensor *soil moisture* dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai pembacaan sensor dengan tingkat kelembapan tanah yang sebenarnya. Proses kalibrasi bertujuan agar data yang diperoleh dari sensor dapat digunakan sebagai parameter pengendalian sistem irigasi otomatis secara lebih akurat. Pada penelitian ini, sensor *soil moisture* digunakan untuk mendeteksi kondisi tanah kering dan tanah basah berdasarkan nilai analog yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32.

Sensor *soil moisture* menghasilkan data analog yang kemudian dibaca oleh Analog to Digital Converter (ADC) pada mikrokontroler ESP32. Nilai ADC tersebut digunakan untuk mengetahui besar tegangan keluaran sensor sebelum dikonversi menjadi nilai persentase kelembapan tanah. ESP32 memiliki resolusi ADC 12-bit sehingga menghasilkan nilai pembacaan dalam rentang 0 hingga 4095. s Persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan keluaran sensor berdasarkan nilai ADC ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$V_{out} = \frac{ADC}{4095} \times V_{ref} \quad (1)$$

Keterangan:

V_{out} = tegangan keluaran sensor (V)

ADC = nilai pembacaan ADC dari ESP32

4095 = resolusi maksimum ADC 12-bit ESP32

V_{ref} = tegangan referensi ESP32 (3,3 V)

Nilai tegangan keluaran sensor akan berubah sesuai dengan kondisi kelembapan tanah. Semakin tinggi kandungan air pada tanah, maka nilai tegangan keluaran sensor akan semakin kecil. Sebaliknya, pada kondisi tanah yang kering nilai tegangan sensor akan meningkat. Data hasil pembacaan sensor tersebut selanjutnya dikonversi menjadi nilai persentase kelembapan tanah menggunakan metode kalibrasi sensor. Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung persentase kelembapan tanah ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$Kelembapan (\%) = \frac{NS - NTK}{NTB - NTK} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

NS = Nilai Sensor = hasil pembacaan analog sensor

NTK = Nilai Tanah Kering = nilai ADC saat tanah kering

NTB = Nilai Tanah Basah = nilai ADC saat tanah basah

Nilai persentase kelembapan tanah yang diperoleh kemudian digunakan oleh ESP32 sebagai parameter utama dalam mengendalikan sistem irigasi otomatis.

Melalui metode ini, sistem mampu melakukan penyiraman secara otomatis sesuai kondisi aktual tanah sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien, kelembapan tanah lebih stabil, dan proses penyiraman manual dapat diminimalkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

IMPLEMENTASI SISTEM

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras yang terdiri dari ESP32, sensor *soil moisture*, relay, pompa air DC, LCD, serta sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem dirancang agar mampu melakukan monitoring kelembapan tanah dan mengontrol proses penyiraman secara otomatis berdasarkan nilai ambang kelembapan yang telah ditentukan.



Gambar 5. Hasil Perancangan Sistem

Hasil implementasi perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen

dapat bekerja dengan baik sesuai rancangan sistem. Sensor *soil moisture* berhasil membaca kondisi kelembapan tanah dan mengirimkan data ke ESP32. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan kondisi relay dan pompa air secara otomatis. Selain itu, nilai kelembapan tanah dan status pompa juga berhasil ditampilkan pada LCD dan aplikasi monitoring IoT secara real-time.

HASIL PENGUJIAN SISTEM

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mengontrol pompa air berdasarkan kondisi kelembapan tanah secara otomatis. Pada penelitian ini diterapkan metode kontrol berbasis *threshold* dengan batas kelembapan sebesar 40%. Pompa air akan aktif ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah 40% dan akan berhenti secara otomatis ketika nilai kelembapan tanah berada di atas atau sama dengan 40%. Metode ini digunakan agar proses penyiraman dapat berlangsung sesuai dengan kondisi aktual tanah sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien.

Kinerja sistem diuji dengan mengamati respons pompa terhadap perubahan nilai kelembapan tanah yang dibaca oleh sensor *soil moisture*. Sistem dikatakan bekerja dengan baik apabila pompa mampu merespons secara otomatis berdasarkan nilai ambang kelembapan yang telah ditentukan. Kriteria kerja sistem irigasi otomatis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Sistem Irigasi Otomatis

Presentase Kelembapan	Kondisi Pompa	Keterangan
-----------------------	---------------	------------

<40%	Aktif	Tanah kering, perlu disiram
≥40%	Mati	Tanah lembap, penyiraman berhenti

PENGUJIAN SENSOR DAN RESPONS POMPA

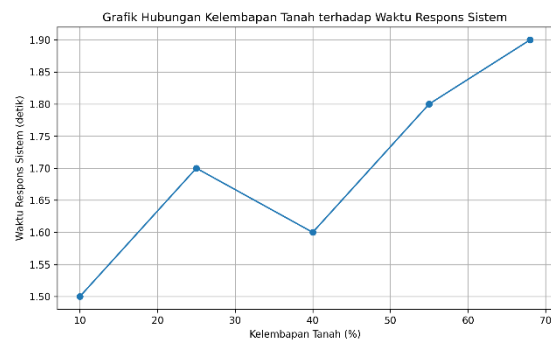
Pengujian sensor dan respons pompa dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kelembapan tanah serta kecepatan respons pompa air terhadap data yang dibaca oleh sensor *soil moisture*. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi kelembapan tanah mulai dari kondisi sangat kering hingga sangat lembap. Parameter yang diamati meliputi nilai kelembapan tanah, status pompa air, dan waktu respons sistem sejak sensor membaca kondisi tanah hingga pompa aktif atau nonaktif secara otomatis. Hasil pengujian sensor dan respons pompa ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor dan Respons Pompa

No	Kondisi Tanah	Nilai Kelembapan (%)	Status Pompa	Waktu Respons
1	Sangat Kering	10%	ON	1,5 s
2	Kering	25%	ON	1,7 s
3	Normal	40%	OFF	1,6 s
4	Lembap	55%	OFF	1,8 s
5	Sangat Lembap	68%	OFF	1,9 s

Dilihat dari hasil pengujian sensor dan respon pompa, sistem menunjukkan kemampuan respons yang stabil dalam

mendeteksi perubahan kelembapan tanah dan mengendalikan pompa air secara otomatis. Rata-rata waktu respons sistem berada pada rentang 1,5–1,9 detik sejak sensor membaca perubahan kondisi tanah hingga pompa air aktif atau nonaktif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komunikasi data antara sensor, ESP32, dan platform IoT dapat berjalan dengan baik secara real-time.



Gambar 7. Grafik Kelembapan vs Waktu Respon

PENGUJIAN SISTEM IOT

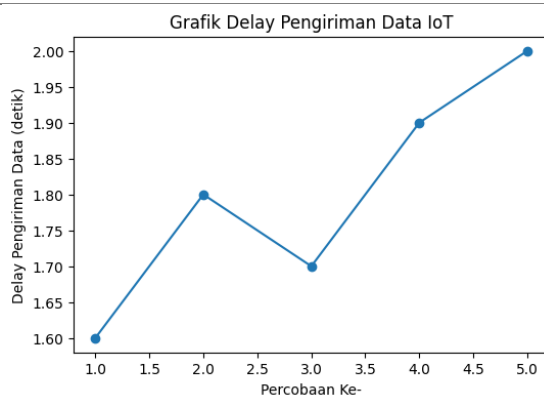
Pengujian sistem IoT dilakukan untuk mengetahui kemampuan ESP32 dalam mengirimkan data kelembapan tanah dan status pompa air ke aplikasi Blynk secara real-time. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan WiFi, kemudian data hasil pembacaan sensor *soil moisture* dikirimkan menuju Blynk Cloud dan ditampilkan pada aplikasi Blynk di smartphone.

Parameter yang diamati pada pengujian ini meliputi nilai kelembapan tanah, status pompa pada perangkat keras, status pompa yang tampil pada aplikasi Blynk, serta delay pengiriman data. Delay dihitung berdasarkan selisih waktu antara perubahan kondisi pada alat dengan

perubahan tampilan data pada aplikasi Blynk.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem IoT

No	NILAI KELEMBAPAN (%)	STATUS POMPA PADA ALAT	STATUS PADA BLYNK	DELAY PENGIRIMAN
1	10%	ON	ON	1,6 s
2	25%	ON	ON	1,8 s
3	40%	OFF	OFF	1,7 s
4	55%	OFF	OFF	1,9 s
5	68%	OFF	OFF	2,0 s



Gambar 8. Grafik Sistem IoT

Berdasarkan Tabel 3, data kelembapan tanah dan status pompa air berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk sesuai dengan kondisi aktual pada perangkat keras. Ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah 40%, pompa aktif dan status ON berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk. Sebaliknya, ketika nilai kelembapan tanah mencapai atau melebihi 40%, pompa mati dan status OFF tampil pada aplikasi monitoring.

Rata-rata delay pengiriman data IoT dapat dihitung sebagai berikut:

$$Delay_{rata-rata} = \frac{1.6+1.8+1.7+1.9+2.0}{5} \quad (3)$$

$$= 1.8 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem IoT memiliki rata-rata delay sebesar 1,8 detik sehingga sistem dapat dikategorikan mampu melakukan monitoring secara real-time dengan baik. Delay pengiriman data tersebut masih tergolong rendah dan dipengaruhi oleh kestabilan jaringan WiFi serta proses sinkronisasi data dengan server Blynk Cloud. Berdasarkan grafik delay pengiriman data IoT, terlihat bahwa meskipun terdapat sedikit variasi delay pada setiap percobaan, sistem tetap mampu mengirimkan data kelembapan tanah dan status pompa air secara stabil dan realtime ke aplikasi monitoring.

ANALISIS SISTEM

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah mampu bekerja secara otomatis dan real-time sesuai dengan kondisi aktual tanah. Sensor *soil moisture* berhasil mendeteksi perubahan kadar air tanah dengan baik sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara lebih efisien dibandingkan metode manual

Pada pengujian pertama, pompa tidak langsung aktif ketika nilai kelembapan menunjukkan 0% karena sistem menerapkan delay selama 10 detik sebagai bentuk proteksi pompa. Setelah delay selesai, pompa aktif selama 20 detik untuk melakukan proses penyiraman. Mekanisme tersebut bertujuan untuk mengurangi risiko kerusakan pompa akibat proses switching yang terlalu cepat.

Selain itu, sistem monitoring berbasis IoT juga berhasil menampilkan data kelembapan tanah dan status pompa secara

real-time melalui aplikasi monitoring. Hal tersebut menunjukkan bahwa ESP32 mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol secara bersamaan dengan baik. Penggunaan sistem otomatis ini memberikan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Mengurangi pemborosan penggunaan air.
2. Menjaga kestabilan kelembapan tanah.
3. Mengurangi ketergantungan terhadap penyiraman manual.
4. Mempermudah proses monitoring kondisi tanah secara real-time.

Dengan adanya sistem kontrol otomatis berbasis sensor kelembapan tanah, proses penyiraman hanya dilakukan ketika tanah benar-benar membutuhkan air sehingga penggunaan air menjadi lebih efektif dan efisien.

HASIL PENGUJIAN EFISIENSI PENGGUNAAN AIR

Berikut merupakan tabel hasil pengujian penyiraman dengan metode manual dan otomatis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Metode Penyiraman

No	Metode Penyiraman	Penggunaan Air (mL)	Time
1	Manual	1000	60
2	Otomatis	650	20

Berdasarkan data pengujian, sistem irigasi otomatis, menggunakan air lebih sedikit dibandingkan metode manual. Hal tersebut terjadi karena sistem hanya melakukan penyiraman ketika kondisi tanah berada

dalam keadaan kering berdasarkan pembacaan sensor *soil moisture*.

Dilihat dari data pada Tabel 4, maka perhitungan efisiensi sistem adalah sebagai berikut:

$$Efisiensi (\%) = \frac{PAM - PAO}{PAM} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

PAM = Penggunaan Air Manual

PAO = Penggunaan Air Otomatis

$$Efisiensi (\%) = \frac{1000 - 650}{1000} \times 100 = 35\% \quad (5)$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis mampu menghemat penggunaan air sebesar 35% dibandingkan metode penyiraman manual. Selain itu, waktu penyiraman pada sistem otomatis juga lebih singkat karena pompa hanya aktif saat tanah benar-benar membutuhkan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis ESP32 dan sensor kelembapan tanah mampu bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Sensor *soil moisture* berhasil mendeteksi kondisi kelembapan tanah secara real-time dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan relay serta pompa air secara otomatis berdasarkan nilai ambang kelembapan sebesar 40%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penyiraman secara otomatis ketika kondisi tanah berada dalam keadaan kering dan menghentikan

proses penyiraman ketika kelembapan tanah telah mencapai kondisi lembap. Selain itu, penerapan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengguna melakukan pemantauan kondisi kelembapan tanah dan status pompa secara real-time melalui aplikasi monitoring.

Berdasarkan analisis efisiensi penggunaan air, sistem irigasi otomatis mampu mengurangi penggunaan air sebesar 35% dibandingkan metode penyiraman manual. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembapan tanah dan metode kontrol berbasis threshold dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kestabilan kelembapan tanah secara lebih optimal. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya mampu mengotomatisasi proses irigasi, tetapi juga mendukung penerapan teknologi pertanian cerdas yang lebih efisien, modern, dan minim intervensi manual.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan penambahan sensor lingkungan lainnya seperti sensor suhu udara, sensor curah hujan, serta integrasi cloud database agar proses monitoring dan pengendalian sistem menjadi lebih akurat dan optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang, serta kepada Ibu Ulinnuha Latifa atas bimbinganya selama proses penelitian dan juga penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, N., Ulhaq, E. D., Dharmawan, A., & Purbakawaca, R. (2025). *DESIGN OF AN IOT-BASED SMART IRRIGATION SYSTEM USING SOIL*. 11(1), 89–97.

Ardianto, A. F., Rahmasari, E. S., & Pratama, A. P. (2025). *Smart Irrigation System Berbasis IoT dengan Sensor Soil Moisture dan DHT22 Menggunakan Sumber Daya Terbarukan*. 500–511.

Deasy Mandasari, R., Adrian, R., Kustiawan, I., Alam, S., Lukman Hakim, D., & Wahyudin, D. (2025). *AIoT-Based Soil Moisture Monitoring System for Precision Agriculture and Energy Efficiency in Rural Smart Villages*. *REKA ELKOMIKA*, 6(3), 217–225. <https://doi.org/10.26760/rekaelkomika.v6i3.217-225>

Gunawan, B., Alfian, A., & Khakim, K. (2024). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Tanaman Stevia*. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 2(6), 40–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/mars.v2i6.492>

Karlina, D. L. (2025). *Desain dan Implementasi Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP*. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 3(2), 59–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i2.762>

Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H. M., El, R., Qjidaa, H., & Ouazzani, M. (2024). *Results in Engineering IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems , telemetry data , and cloud computing*. *Results in Engineering*, 23(July), 102829. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829>

Neelima, S., Nikhil, S., Ramana, L., Yellajee, K., & Pavan, V. (2025). *SMART IRRIGATION SYSTEM USING IoT WITH MOISTURE SENSOR*. *IJNRD*, 10(4), 433–438.

Nuryadi, F., Wayan, N., Septiani, P., Lestari, M., & Tanah, P. (2025). *IMPLEMENTASI ESP32 UNTUK SISTEM PEMANTAUAN*. 79–86.

Ode, W., Mar, D., Biabdillah, F., Wajiansyah, A., & Mulia, A. (n.d.). *SMARTSOIL: SISTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR SOIL MOISTURE*. 14(1), 820–827.

Pamungkas, R., Ullah, A., Faizal, A., & Zarory, H. (2025). *Sistem Penyiraman Pintar dan Monitoring Tanaman Sawi Otomatis Berbasis Esp 32 dan Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. 10(2), 143–152.

Sudarmaji, A., Gunawan, B., Nugraha, F., Arini, N., & Mulyani, S. (2024). *Smart Soil Moisture Control Based on IoT ESP- 32 for Horticulture Cultivation in Coastal Area*. 04001.

Syahputra, A. B., & Ulinuha, A. (2025). Integrasi Komponen Elektronika Berbasis ESP32 dan Sensor Kelembapan untuk Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Anggrek. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 14(1), 47–55.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jstundiks>
ha.v14i1.93007

Yogita, J., Kore, S., Shankar, P., Sneha, V., & Patil, H. S. M. (2025). *Smart Irrigation System with Soil Moisture Sensing*. 13(2), 126–130.