

Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah untuk Budidaya Tomat

Andika Bagus Saputra¹, Latief Prayoga Yudhi Putra^{2*}, Muhammad Saifullah³

¹Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
1220103190@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
2*220103180@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
3220103199@email.ac.id

Abstrak—Sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) telah dirancang dan diimplementasikan untuk mengoptimalkan budidaya *Solanum lycopersicum* (tomat) dalam pot. Permasalahan utama budidaya manual adalah sulitnya menjaga kelembapan tanah optimal, yang sering menyebabkan pemborosan air atau stres pada tanaman. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah kapasitif, suhu udara DHT11, dan suhu tanah DS18B20, sistem ini secara otomatis mengaktifkan pompa air ketika kelembapan tanah turun di bawah 60% dan menghentikannya saat nilai target tercapai. Hasil pengujian selama dua minggu menunjukkan sistem berhasil menjaga kelembapan tanah secara konsisten dan meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30% dibandingkan metode manual. Data suhu udara (28°C–33°C), kelembapan udara (50%–65%), dan suhu tanah (26°C–29°C) ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk dan layar LCD I2C, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh yang responsif. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis IoT menawarkan solusi efektif dan efisien untuk budidaya tomat, mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, dan mengurangi konsumsi air.

Kata kunci—Irigasi Otomatis, Kelembapan Tanah, Suhu, Tomat, ESP32

Abstract—An automated Internet of Things (IoT)-based irrigation system was designed and implemented to optimize *Solanum lycopersicum* (tomato) cultivation in pots. A key challenge in manual cultivation is maintaining optimal soil moisture, often leading to water wastage or plant stress. Utilizing an ESP32 microcontroller integrated with a capacitive soil moisture sensor, a DHT11 air temperature and humidity sensor, and a DS18B20 soil temperature sensor, this system automatically activates a water pump when soil moisture drops below 60% and deactivates it upon reaching the target value. Two weeks of testing demonstrated the system's success in consistently maintaining optimal soil moisture and increasing water usage efficiency by up to 30% compared to manual methods. Real-time data on air temperature (28°C–33°C), air humidity (50%–65%), and soil temperature (26°C–29°C) is displayed via the Blynk application and an I2C LCD screen, enabling responsive remote monitoring and control. This research concludes that the IoT-based automated irrigation system offers an effective and efficient solution for tomato cultivation, optimizing plant growth, and reducing water consumption.

Keywords—IoT, Automatic Irrigation, Soil Moisture, Tomatoes, ESP32

I. PENDAHULUAN

Solanum lycopersicum (tomat) merupakan salah satu komoditas hortikultura vital dalam industri pertanian, dengan kebutuhan air yang krusial, khususnya pada tahap perkembangan nutrisi dan produksi [1]. Dalam konteks perubahan iklim global yang semakin mempengaruhi pola curah hujan dan ketersediaan air, efisiensi konsumsi air di pertanian menjadi sangat penting [2]. Penerapan teknik irigasi yang akurat merupakan tantangan signifikan bagi petani; metode manual kerap menyebabkan inefisiensi, baik akibat aplikasi air yang berlebih maupun keterlambatan suplai air [3]. Kedua kondisi ini dapat berdampak negatif terhadap kesehatan tanaman dan produktivitasnya [4].

Perkembangan teknologi, khususnya Internet of Things (IoT), telah menghadirkan solusi baru dalam mengatasi masalah irigasi dengan memungkinkan sistem otomatis berbasis sensor untuk memantau kondisi tanah secara real-time [5]. Sistem irigasi otomatis ini, yang memanfaatkan sensor kelembapan tanah, mikrokontroler, dan konektivitas internet, memungkinkan penyiraman tanaman dilakukan secara tepat sesuai dengan kebutuhan aktualnya, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil panen [6]. Selain itu, inovasi teknologi irigasi seperti sistem irigasi tetes, irigasi kabut mikro (fogging irrigation), dan pengendalian kelembapan berbasis digital juga terbukti dapat mendukung sistem pertanian presisi (precision farming) dengan menjaga

kestabilan kelembaban tanah dan mengoptimalkan penyerapan nutrisi tanaman[7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis ESP32[11] yang mampu memantau kelembaban tanah berkelanjutan, mengaktifkan pompa air secara otomatis, dan menyediakan pemantauan data real-time melalui aplikasi web atau seluler[8]. Diharapkan, penerapan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman tomat serta mendukung keberlanjutan pertanian di tengah tantangan ketersediaan air yang semakin terbatas[9].

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tahap Penelitian

Studi ini terdiri dari tujuh tahapan utama, yaitu analisis dan perumusan masalah, identifikasi kebutuhan alat dan sistem, desain dan perakitan perangkat keras, pembuatan antarmuka pengguna, integrasi sistem, pengujian dan evaluasi sistem, serta implementasi sistem. Masing-masing fase ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa pengembangan sistem irigasi berbasis IoT otomatis berjalan secara optimal dan dilakukan sesuai dengan kebutuhan budidaya tomat.

2.1.1 Analisis dan Perumusan Masalah

Langkah awal dari penelitian ini mengarah pada pemetaan akar persoalan yang sering muncul pada praktik irigasi budidaya tomat, terutama yang masih mengandalkan metode manual. Prosedur penyiraman tradisional seringkali berlangsung tanpa mempertimbangkan kondisi tanah secara aktual, sehingga tidak jarang terjadi pemborosan air atau ketidaktepatan dalam waktu pemberian air. Ketidakteraturan ini berdampak langsung pada kesehatan tanaman dan menurunkan produktivitas lahan. Pemahaman terhadap masalah ini diperoleh melalui serangkaian observasi di lokasi pertanian dan wawancara dengan petani setempat. Disamping itu, tinjauan literatur digunakan sebagai acuan dalam mengkaji keterbatasan sistem konvensional serta potensi solusi berbasis

teknologi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ditetapkan fokus utama penelitian, yakni membangun sistem penyiraman berbasis IoT yang dapat mengatur distribusi air secara otomatis dan adaptif terhadap kondisi aktual kelembaban tanah.

2.1.2 Identifikasi Kebutuhan Alat dan Sistem

Setelah permasalahan dirumuskan secara komprehensif, perhatian beralih pada penentuan spesifikasi alat dan rancangan sistem yang dibutuhkan guna membentuk sistem irigasi otomatis yang andal. Kebutuhan utama mencakup sensor kelembaban tanah kapasitif sebagai pengukur kadar air, sensor suhu lingkungan (DHT11) dan sensor suhu tanah (DS18B20) sebagai pengumpul data lingkungan mikro tanaman, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Selain itu, diperlukan pompa air kecil yang dikendalikan secara otomatis melalui modul relay, dan layar LCD I2C sebagai penampil informasi lokal. Di sisi perangkat lunak, sistem membutuhkan antarmuka yang mampu menampilkan data secara real-time dan memberikan kontrol kendali, di mana aplikasi Blynk menjadi pilihan utama karena kompatibel dengan ESP32 serta mudah dikonfigurasi. Semua kebutuhan tersebut dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi, ketahanan terhadap lingkungan luar ruangan, dan fleksibilitas integrasi.

2.1.3 Desain dan Perakitan Perangkat Keras

Tahapan desain sistem secara fisik dimulai dari penyusunan arsitektur hubungan antar komponen, seperti sensor, mikrokontroler, relay, dan pompa. Konfigurasi rangkaian ini dirancang untuk menghasilkan pembacaan sensor yang stabil serta pengendalian aktuator yang responsif dan aman. Dalam proses ini juga diperhatikan pengaturan catu daya agar sesuai dengan kebutuhan beban perangkat dan mencegah gangguan seperti tegangan lonjak atau interferensi. Setelah simulasi virtual rangkaian selesai, seluruh komponen dirakit secara langsung menggunakan papan rangkaian dan konektor modular. Seluruh perangkat keras

kemudian dipasang dalam wadah pelindung berbahan tahan air agar tetap dapat bekerja dalam kondisi lingkungan terbuka. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang sebelumnya.

2.1.4 Pembuatan Tampilan Antarmuka Pengguna

Agar sistem ini dapat dikendalikan dan dipantau dengan mudah oleh pengguna, maka dibuat antarmuka berbasis mobile menggunakan platform Blynk. Desain aplikasi disusun agar tampilannya informatif namun tetap sederhana, dengan menyajikan informasi penting seperti nilai kelembapan tanah, suhu udara dan suhu tanah, serta status pompa. Pengguna juga diberikan akses untuk mengatur pompa secara manual maupun otomatis sesuai kebutuhan. Selain visualisasi data secara real-time, sistem juga dilengkapi fitur notifikasi yang memberikan peringatan saat kelembapan tanah turun di bawah batas aman. Sebagai tambahan, tampilan lokal juga disediakan melalui layar LCD I2C agar pengguna dapat memperoleh informasi langsung di lokasi tanpa harus membuka aplikasi.

2.1.5 Integrasi Sistem

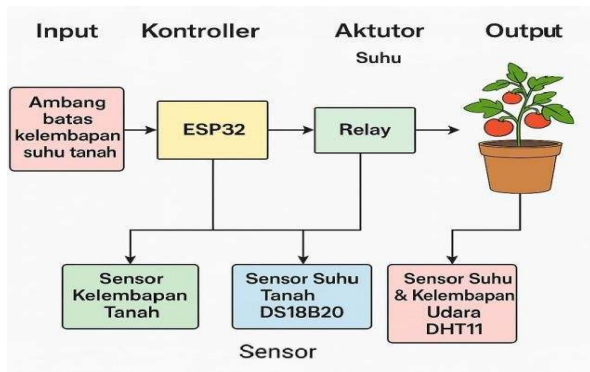
Setelah seluruh komponen siap, tahapan berikutnya adalah menyatukan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu kesatuan sistem yang bekerja secara sinkron. Dalam proses ini, dilakukan penyesuaian antara data sensor, instruksi pengendali, serta tampilan informasi ke aplikasi. Pemrograman mikrokontroler disusun agar mampu membaca beberapa sensor secara simultan dan memberikan respon tepat pada pompa air berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Konektivitas internet juga diatur agar stabil dan kompatibel dengan jaringan lokal yang tersedia. Pengujian integrasi dilakukan dalam beberapa skenario, seperti fluktuasi jaringan dan pembacaan data ekstrem, guna memastikan sistem tetap andal serta mampu menjalankan semua fungsinya secara konsisten.

2.1.6 Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian sistem dilaksanakan secara langsung pada media tanam berupa pot tanaman tomat dalam periode pengamatan selama dua minggu. Selama rentang waktu tersebut, sistem berjalan secara otomatis dan terus merekam data seperti kelembapan tanah, suhu, status operasional pompa, dan volume air yang digunakan. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari sistem otomatis ini dengan metode penyiraman konvensional pada pot kontrol [13]. Aspek yang dianalisis meliputi efisiensi pemakaian air, stabilitas kelembapan tanah, dan pengaruh sistem terhadap pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter morfologis seperti tinggi dan jumlah daun. Selain itu, kemudahan penggunaan antarmuka dan ketahanan sistem terhadap kondisi lingkungan juga diperhatikan sebagai bagian dari evaluasi menyeluruh terhadap performa sistem.

2.1.7 Implementasi Sistem

Penerapan sistem irigasi otomatis ini dilakukan secara penuh pada skala kecil, yakni pot-pot tanaman tomat yang mewakili kondisi budidaya dalam lingkungan terbatas. Sistem yang telah teruji kemudian dipasang untuk menjalankan siklus penyiraman secara berkelanjutan berdasarkan pembacaan sensor pada setiap pot. Setiap unit pot dilengkapi dengan sensor dan dialiri air oleh pompa mini secara otomatis. Panduan penggunaan sistem disiapkan agar pengguna dapat melakukan pengawasan dan pemeliharaan secara mandiri. Tahapan ini juga menjadi titik awal pengembangan lebih lanjut, termasuk evaluasi terhadap kinerja jangka panjang sistem, serta kemungkinan perluasan fungsi sistem seperti integrasi informasi cuaca dan algoritma adaptif berdasarkan pola pertumbuhan tanaman.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT

Berikut adalah penjelasan dari diagram blok diatas :

- a. Input : Berupa parameter yang ditetapkan untuk sistem, dalam analogi ini adalah 5 menit dan 90 °C. Dalam konteks sistem irigasi, input dapat berupa ambang batas kelembapan tanah yang telah ditentukan, seperti 40% (minimum) dan 65% (maksimum).
- b. Controller : Berperan sebagai pusat pengambilan keputusan, dalam sistem sebenarnya diwakili oleh mikrokontroler ESP32. Ia menerima sinyal dari sensor dan memproses logika untuk mengontrol aktuator.
- c. Aktuator : Bertugas untuk mengeksekusi perintah dari kontroler. Dalam sistem irigasi, aktuator berupa modul relay dan pompa air, yang aktif saat sistem memerlukan penyiraman.
- d. Plant : Merupakan bagian utama yang dikendalikan dalam sistem. Dalam konteks irigasi, "plant" mengacu pada tanaman dan media tanam yang dipengaruhi oleh sistem irigasi melalui penyiraman air.
- e. Sensor : Mengumpulkan informasi dari lingkungan, dalam hal ini berupa sensor kelembapan tanah, sensor suhu udara (DHT11), dan sensor suhu tanah (DS18B20). Informasi dari sensor dikirim kembali ke kontroler sebagai umpan balik.

f. Output : Hasil akhir sistem, yang dalam sistem irigasi berupa nilai kelembapan tanah aktual, status penyiraman, dan data lingkungan yang ditampilkan melalui LCD I2C dan aplikasi IoT Blynk.

Diagram blok ini mencerminkan prinsip kerja sistem kendali otomatis berbasis umpan balik, di mana kontroler akan terus menerima informasi dari sensor untuk menyesuaikan aksi sistem, sehingga mencapai kondisi yang diinginkan secara efisien dan berkelanjutan. Komponen perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini ditampilkan pada Tabel 1.

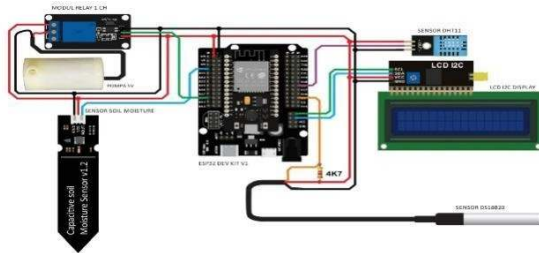
Tabel 1. Komponen Perangkat Keras Sistem Irigasi Otomatis.

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 Dev Kit V1	Mikrokontroler utama yang menangani logika sistem dan komunikasi data
2	Sensor Kelembapan Tanah	Mengukur kadar air tanah secara real-time
3	Sensor DHT11	Mengukur suhu dan kelembapan udara sekitar tanaman
4	Sensor DS18B20	Mengukur suhu tanah dengan presisi tinggi
5	Modul Relay	Mengendalikan pompa air secara otomatis
6	Pompa Air	Menyiram tanaman ketika kelembapan tanah di bawah ambang batas
7	LCD I2C	Menampilkan status pompa, suhu, dan kelembapan secara lokal
8	Resistor 4.7 kΩ	Sebagai pull-up untuk sensor DS18B20 agar

		komunikasi stabil
--	--	-------------------

2.2. Desain dan Komponen Sistem

Sistem dibagi menjadi beberapa bagian penting meliputi bagian sensor, kontroler, plant dan actuator ini adalah gambaran umum sistem yang dirancang.



Gambar 1. Desain dan Komponen Sistem

Seluruh komponen dirangkai menggunakan protokol komunikasi I2C dan 1-Wire untuk efisiensi pengkabelan dan komunikasi data. Sensor kelembapan tanah diletakkan pada zona akar tanaman, dan pompa air terhubung ke wadah penampung air. Mikrokontroler ESP32 bertindak sebagai pusat kendali sistem dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi.

2.2.1 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler canggih generasi terbaru yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan dirancang khusus untuk mendukung kebutuhan perangkat berbasis IoT. Perangkat ini memiliki fitur utama berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE) yang terintegrasi langsung dalam satu chip, sehingga memudahkan integrasi komunikasi nirkabel tanpa tambahan modul eksternal. Dalam sistem ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang bertugas membaca data dari berbagai sensor, mengolahnya sesuai logika yang telah diprogram, serta mengatur keluaran untuk mengaktifkan aktuator berupa pompa air. Selain itu, ESP32 memiliki dukungan terhadap protokol komunikasi standar seperti I2C, SPI, dan UART, yang menjadikannya fleksibel untuk dikombinasikan dengan berbagai jenis sensor maupun perangkat pendukung lainnya. Keunggulan lain dari ESP32 adalah efisiensi

dayanya yang tinggi serta kemampuan menjalankan multitasking, memungkinkan perangkat ini mengelola berbagai fungsi secara paralel seperti membaca sensor, mengendalikan relay, dan mengirim data ke server IoT. Dalam konteks sistem irigasi pot tanaman, ESP32 menjadi jembatan utama antara dunia fisik (sensor dan pompa) dan dunia digital (antarmuka mobile). Ini memungkinkan otomatisasi yang responsif, dengan kemampuan pemantauan dan kendali jarak jauh secara real-time.



Gambar 3. ESP32

2.2.2 Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture Sensor)

Sensor kelembapan tanah yang digunakan pada sistem ini merupakan jenis kapasitif, yaitu sensor yang bekerja berdasarkan perubahan kapasitansi akibat variasi kandungan air dalam media tanam. Tidak seperti sensor resistif yang menggunakan elektroda langsung dan rentan mengalami korosi, sensor kapasitif menawarkan keandalan yang lebih baik karena tidak bersentuhan langsung dengan air secara elektrokimia. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang merepresentasikan kadar kelembapan tanah, yang kemudian dibaca oleh mikrokontroler dan diolah menjadi nilai digital. Sensor ini ditempatkan secara vertikal dalam media tanam berupa pot yang berisi tanaman tomat, sehingga dapat membaca tingkat kelembapan di sekitar akar secara lebih akurat. Informasi dari sensor ini menjadi parameter utama dalam penentuan waktu penyiraman. Apabila nilai kelembapan turun di bawah ambang batas tertentu, sistem akan secara otomatis mengaktifkan pompa untuk menambahkan air ke media tanam. Penggunaan sensor jenis ini sangat cocok untuk aplikasi jangka panjang karena stabilitas pembacaannya dalam berbagai kondisi lingkungan.



Gambar 4. Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture)

2.2.3 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul digital yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar pot tanaman. Sensor ini menggunakan prinsip kerja termistor untuk suhu dan sensor kapasitif untuk kelembapan, lalu mengonversi perubahan tersebut menjadi data digital yang dikirim ke mikrokontroler. Dalam sistem ini, DHT11 berfungsi untuk memberikan gambaran kondisi lingkungan mikro yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat secara tidak langsung. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu 0–50°C dengan akurasi $\pm 2^\circ\text{C}$, serta kelembapan 20–90% RH dengan toleransi $\pm 5\%$. Meskipun tidak memiliki tingkat presisi tinggi, sensor ini cukup efektif digunakan dalam sistem monitoring sederhana seperti pada irigasi pot tanaman. Informasi yang dikumpulkan dari DHT11 membantu dalam mencatat pola iklim mikro sekitar pot, yang dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai parameter tambahan dalam penyiraman otomatis atau dijadikan bahan analisis untuk optimasi pertumbuhan tanaman.



Gambar 5. Sensor Suhu Udara (DHT11)

2.2.4 Sensor Suhu Tanah DS18B20

Untuk memperoleh data suhu tanah secara spesifik, digunakan sensor digital DS18B20 yang dikenal dengan akurasi dan stabilitas tinggi. Sensor ini menggunakan satu wire interface, sehingga hanya memerlukan satu pin untuk komunikasi data, yang membuatnya efisien dalam penggunaan pin mikrokontroler. Sensor DS18B20 mampu mengukur suhu mulai dari -55°C hingga 125°C , dengan akurasi $\pm 0.5^\circ\text{C}$ pada rentang suhu yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Dalam implementasinya, sensor ini ditanam langsung di dalam pot hingga menyentuh bagian bawah zona akar. Data suhu tanah sangat penting karena suhu media tanam berpengaruh langsung terhadap aktivitas akar, penyerapan nutrisi, dan laju metabolisme tanaman. Informasi yang diperoleh dapat dikombinasikan dengan kelembapan tanah untuk memberikan keputusan penyiraman yang lebih presisi, terutama saat cuaca ekstrem terjadi. DS18B20 memberikan nilai tambah dalam validitas data yang dikumpulkan oleh sistem secara keseluruhan.



Gambar 6. Sensor Suhu Tanah (DS18B20)

2.2.5 Layar LCD I2C

LCD 16x2 dengan modul komunikasi I2C digunakan sebagai tampilan lokal sistem untuk menampilkan informasi secara real-time. Penggunaan modul I2C memungkinkan efisiensi penggunaan pin pada ESP32 karena hanya memerlukan dua kabel data. Tampilan ini menampilkan parameter penting seperti suhu udara, suhu tanah, kelembapan tanah, serta status pompa (aktif atau nonaktif). LCD menjadi alternatif penting ketika pemantauan tidak dapat dilakukan melalui aplikasi, atau saat pengguna ingin mengecek sistem secara langsung di lokasi.

Selain memberikan informasi visual secara instan, LCD juga membantu dalam proses debugging dan kalibrasi sistem di lapangan.



Gambar 7. Layar (LCD I2C)

2.2.6 Pompa Air Mini DC 5V

Unit aktuator utama dalam sistem ini adalah pompa air mini bertegangan 5 volt yang dipilih karena konsumsinya yang rendah dan kapasitasnya yang sesuai untuk skala pot tanaman. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air dari reservoir ke pot tanaman secara otomatis saat sistem mendeteksi kadar kelembapan tanah di bawah ambang batas. Pompa dikendalikan oleh relay dan hanya aktif dalam durasi yang telah ditentukan, untuk mencegah penyiraman berlebihan. Pompa mini jenis ini memiliki dimensi kompak, ringan, serta dapat dioperasikan secara efisien menggunakan sumber daya dari adaptor DC atau power bank, menjadikannya cocok untuk sistem portable atau berbasis energi terbarukan seperti panel surya kecil.



Gambar 8. Pompa Air Mini DC 5V

2.2.7 Modul Relay

Relai berfungsi sebagai sakelar elektronik yang menghubungkan atau memutus arus listrik dari mikrokontroler ke beban berdaya lebih tinggi, seperti pompa air. Modul relay pada sistem ini berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dan pompa mini, memungkinkan sistem menjalankan logika ON/OFF secara otomatis. Relay yang

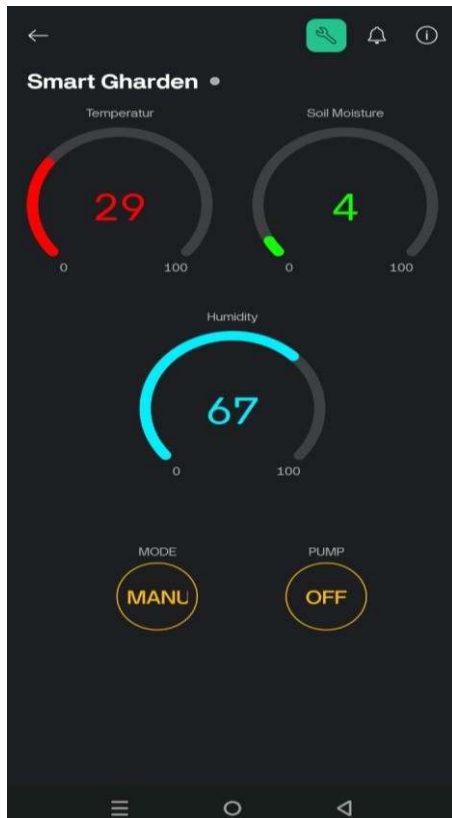
digunakan adalah tipe SPDT (Single Pole Double Throw) dengan opto-isolator untuk menghindari gangguan arus balik yang dapat merusak mikrokontroler. Modul ini juga dilengkapi dengan indikator LED dan terminal sekrup untuk memudahkan instalasi. Pemanfaatan relay menjadi krusial dalam menjaga stabilitas dan keamanan rangkaian kendali dalam sistem irigasi otomatis ini.



Gambar 9. Modul Relay

2.2.8 Antarmuka Pengguna (Aplikasi Blynk)

Untuk memungkinkan kontrol jarak jauh dan monitoring sistem secara real-time, dikembangkan antarmuka pengguna berbasis aplikasi mobile menggunakan platform Blynk. Aplikasi ini menghubungkan ESP32 ke server melalui Wi-Fi, dan menyediakan dasbor yang menampilkan semua data dari sensor serta status aktuator. Pengguna dapat melihat nilai suhu, kelembapan udara dan tanah, serta mengaktifkan atau menonaktifkan pompa melalui tombol yang tersedia. Fitur notifikasi juga ditambahkan agar pengguna mendapatkan peringatan saat sistem mendeteksi kondisi abnormal, seperti kelembapan tanah sangat rendah atau pompa gagal beroperasi. Antarmuka ini dirancang responsif, ringan, dan ramah pengguna, sehingga dapat digunakan oleh maupun pengguna umum tanpa perlu latar belakang teknis yang mendalam. Penggunaan Blynk mempercepat proses pengembangan sistem serta mengurangi kebutuhan pengkodean manual dalam pembangunan antarmuka.



Gambar 10. Antarmuka Pengguna

Sistem ini dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang dirancang untuk memudahkan pemantauan kondisi lingkungan serta pengoperasian perangkat irigasi melalui perangkat mobile. Antarmuka ini terhubung dengan sistem berbasis Internet of Things (IoT) sehingga memungkinkan pemrosesan data secara langsung dan interaktif antara sensor, aktuator, dan pengguna. Beberapa elemen utama dari tampilan antarmuka dijelaskan sebagai berikut:

1. **Pemantauan Parameter Lingkungan:** Antarmuka menyajikan data sensor secara langsung terkait tiga parameter penting, yaitu suhu udara, kelembapan tanah, dan kelembapan udara. Nilai suhu ditampilkan dalam satuan derajat Celcius dengan tampilan warna merah yang mencolok untuk memperjelas status kondisi lingkungan. Sementara itu, tingkat kelembapan tanah dan udara ditampilkan dalam format persentase, masing-masing dengan indikator visual

berwarna hijau dan biru. Informasi ini memberikan referensi penting bagi pengguna untuk menentukan apakah tanaman tomat berada dalam kondisi ideal atau memerlukan tindakan tambahan. **Kontrol Mode Operasi:** Antarmuka menyediakan tombol pilihan mode operasi yang memungkinkan pengguna untuk beralih antara mode manual dan otomatis dalam pengendalian kipas dan paranet. Mode manual memberikan kontrol penuh kepada pengguna, sementara mode otomatis memungkinkan sistem untuk mengatur perangkat tersebut berdasarkan parameter yang telah diprogram.

2. **Pengaturan Mode Operasi:** Dalam antarmuka terdapat tombol pemilih mode operasi, yang memungkinkan pengguna beralih antara mode manual dan mode otomatis. Pada mode manual, pengguna memiliki kontrol penuh untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai keinginan. Sedangkan dalam mode otomatis (walaupun tidak ditampilkan secara eksplisit pada gambar), sistem akan mengelola pengoperasian pompa berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya, khususnya tingkat kelembapan tanah. **Kontrol Kipas:** Tombol ini memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan kipas. Kontrol manual kipas berguna untuk mengatur sirkulasi udara dan suhu di dalam greenhouse, terutama dalam kondisi tertentu yang memerlukan intervensi pengguna.
3. **Kontrol Aktuator Pompa Air:** Antarmuka menyediakan tombol untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air, dengan indikator status ON atau OFF. Dalam tampilan yang dianalisis, pompa dalam keadaan OFF, yang menunjukkan bahwa pompa belum aktif, baik secara manual ataupun otomatis. Fitur ini memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengontrol sistem irigasi sesuai kebutuhan tanaman secara langsung dari perangkat mobile.

III. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, berhasil dikembangkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT yang mampu mengatur kelembapan tanah pada tanaman tomat secara mandiri. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan memudahkan pemantauan kondisi tanah melalui aplikasi Blynk yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Sensor kelembapan mampu membaca tingkat basah tanah dengan akurat dan memberikan data digital yang digunakan untuk mengendalikan pompa air secara otomatis sesuai ambang batas kelembapan yang sudah ditentukan. Pompa air akan menyala saat kelembapan di bawah 60% dan mati saat mencapai atau melewati batas tersebut, sehingga tanah tetap berada pada kondisi optimal untuk pertumbuhan.

Selain pengaturan kelembapan, sistem juga dilengkapi sensor suhu udara dan tanah yang memantau kondisi lingkungan secara real-time untuk mendukung tumbuh kembang tanaman. Melalui aplikasi, pengguna dapat memantau dan mengontrol irigasi dari jarak jauh tanpa harus berada di lokasi, sehingga mempermudah pengelolaan tanaman. Meskipun sistem ini menunjukkan performa yang baik dalam menjaga kelembapan tanah dan memberikan data lingkungan yang akurat, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti kalibrasi sensor secara berkala dan ketergantungan pada koneksi internet. Pengujian saat ini masih terbatas pada pot tanaman tomat dengan durasi waktu singkat, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut untuk aplikasi skala lebih besar. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi efektif dan praktis untuk irigasi otomatis yang dapat membantu meningkatkan hasil budidaya tanaman tomat.

3.1.1 Pengujian Sensor Suhu dan Pemantauan

Selain kelembapan tanah, pengujian juga dilakukan pada sensor suhu udara dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT11, serta sensor suhu tanah menggunakan DS18B20. Pengujian bertujuan untuk memastikan sensor mampu memberikan data akurat dan real-time

sebagai dasar pemantauan kondisi lingkungan tanaman tomat.

Pengambilan data dilakukan pada beberapa waktu pengujian dengan catatan suhu udara, kelembapan udara, dan suhu tanah. Data ini penting untuk memantau kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman, karena suhu dan kelembapan berpengaruh langsung terhadap metabolisme tanaman dan penyerapan air. **asil Pengujian**

Pengujian pompa air dilakukan dengan simulasi variasi kelembapan tanah mulai dari kondisi kering (10%) hingga kondisi lembap (90%). Sensor kapasitif memberikan output nilai digital yang merepresentasikan kadar air dalam tanah. Tabel di bawah merangkum hasil pengujian yang menggambarkan hubungan antara kelembapan tanah, nilai sensor, dan status pompa air:

Tabel 1.1. Hasil Pengujian Kelembapan Tanah

Uji Coba Ke-	Kelembapan Tanah (%)	Value Sensor	Keterangan
1	10%	250	Pompa ON
2	20%	500	Pompa ON
3	30%	750	Pompa ON
4	40%	1000	Pompa ON
5	50%	1250	Pompa ON
6	60%	1500	Pompa OFF
7	70%	1750	Pompa OFF
8	80%	2000	Pompa OFF
9	90%	2250	Pompa OFF

3.1.2 Pengujian Sensor Suhu dan Pemantauan

Di samping kelembapan tanah, pengujian dilakukan pula terhadap sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), serta sensor suhu tanah (DS18B20). Pengujian bertujuan untuk

memastikan sensor mampu memberikan data akurat dan real-time sebagai dasar pemantauan kondisi lingkungan tanaman tomat.

Pengambilan data dilakukan pada beberapa waktu pengujian dengan catatan suhu udara, kelembapan udara, dan suhu tanah. Data ini penting untuk memantau kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman, karena suhu dan kelembapan berpengaruh langsung terhadap metabolisme tanaman dan penyerapan air.

3.1.3 Pengujian Sensor Suhu dan Pemantauan

Selain kelembapan tanah, pengujian juga dilakukan pada sensor suhu udara dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT11, serta sensor suhu tanah menggunakan DS18B20. Pengujian bertujuan untuk memastikan sensor mampu memberikan data akurat dan real-time sebagai dasar pemantauan kondisi lingkungan tanaman tomat.

Pengambilan data dilakukan pada beberapa waktu pengujian dengan catatan suhu udara, kelembapan udara, dan suhu tanah. Data ini penting untuk memantau kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman, karena suhu dan kelembapan berpengaruh langsung terhadap metabolisme tanaman dan penyerapan air.

Berikut tabel hasil pengukuran sensor selama pengujian:

Tabel 2.2. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Waktu Pengujian	Suhu Udara (°C)	Kelembapan Udara (%)	Suhu Tanah (°C)
08:00 WIB	28	65	26
10:00 WIB	30	60	27
12:00 WIB	32	55	28
14:00 WIB	33	50	29
16:-- WIB	31	53	28

18:00 WIB	29	58	27
-----------	----	----	----

Dari tabel tersebut terlihat bahwa suhu udara dan tanah mengalami kenaikan di siang hari dan mulai menurun di sore hari, sedangkan kelembapan udara cenderung menurun saat suhu udara naik, dan naik kembali saat suhu menurun. Pola ini sesuai dengan kondisi lingkungan alami yang normal di area pengujian.

Data yang diperoleh dari sensor ini selanjutnya ditransmisikan secara real-time ke platform aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembapan dari jarak jauh. Monitoring ini sangat membantu dalam menjaga kondisi optimal tanaman tomat, misalnya memastikan suhu tidak terlalu tinggi yang dapat menyebabkan stres pada tanaman, atau kelembapan yang terlalu rendah sehingga perlu dilakukan penyiraman tambahan.

Pemantauan suhu tanah juga penting karena suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Dengan sistem ini, pengaturan irigasi bisa disesuaikan berdasarkan data sensor sehingga kondisi media tanam tetap ideal.

3.2 Pembahasan

Pengujian sensor suhu udara (DHT11), kelembapan udara (DHT11), dan suhu tanah (DS18B20) menunjukkan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan untuk memantau kondisi lingkungan di sekitar pot tanaman tomat. Data suhu udara yang terekam berkisar antara 28°C hingga 33°C sepanjang hari, mengikuti pola naik pada siang hari dan turun pada sore hari, yang merupakan kondisi normal lingkungan outdoor. Sedangkan kelembapan udara menunjukkan tren menurun saat suhu udara meningkat, kemudian naik kembali saat suhu turun. Hal ini sesuai dengan fenomena alami, dimana udara cenderung lebih kering saat suhu tinggi dan lebih lembap saat suhu menurun.

Suhu tanah yang diukur menggunakan sensor DS18B20 juga menunjukkan peningkatan ringan pada siang hari, dari 26°C hingga 29°C, dan menurun kembali saat sore hari. Fluktuasi suhu tanah penting dipantau karena memengaruhi aktivitas akar tanaman, khususnya dalam

penyerapan air dan nutrisi. Suhu tanah yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat proses tersebut dan berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman.

Integrasi data suhu dan kelembapan ini ke dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT memungkinkan penyesuaian proses penyiraman secara lebih efektif. Dengan memantau suhu dan kelembapan secara real-time, sistem dapat menentukan waktu dan volume penyiraman yang tepat untuk menjaga kondisi media tanam tetap optimal, sehingga tanaman tomat dapat tumbuh dengan sehat dan produktif.

Selain itu, penggunaan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan jarak jauh memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memonitor kondisi tanaman tanpa harus berada di lokasi fisik. Hal ini sangat membantu dalam pengelolaan tanaman terutama untuk pengguna yang mengelola banyak pot tanaman atau mengawasi tanaman dari jarak jauh.

Secara keseluruhan, pengujian sensor suhu dan kelembapan menunjukkan bahwa perangkat dan sistem yang dirancang mampu memberikan data lingkungan yang akurat dan dapat diandalkan, mendukung fungsi utama sistem irigasi otomatis agar lebih responsif dan efisien dalam mengelola kebutuhan air tanaman tomat.

IV. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menerapkan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) khusus untuk budidaya *Solanum lycopersicum* dalam pot. Sistem ini menggabungkan sensor kelembapan tanah jenis kapasitif, sensor suhu udara DHT11, serta sensor suhu tanah DS18B20 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama. Melalui integrasi ini, sistem mampu memantau kondisi lingkungan tanaman secara langsung dan menyesuaikan proses penyiraman secara otomatis, sehingga menciptakan kondisi tumbuh yang ideal untuk tanaman tomat.

Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem dapat secara konsisten menjaga kelembapan tanah pada tingkat optimal, di mana pompa air akan menyala ketika kelembapan turun di bawah

60% dan berhenti saat nilai tersebut tercapai. Mekanisme ini memastikan penggunaan air yang efisien sekaligus mencegah kekeringan media tanam, yang sangat penting untuk mendukung kesehatan dan produktivitas tanaman. Selain itu, data suhu udara dan tanah yang dikumpulkan memberikan informasi pendukung penting untuk mengoptimalkan proses irigasi, karena suhu merupakan faktor yang berpengaruh besar terhadap proses fisiologis dan penyerapan nutrisi tanaman.

ESP32 dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi memungkinkan sistem terhubung dengan aplikasi mobile berbasis Blynk, Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan sistem secara real-time dari jarak jauh. Antarmuka yang dirancang mudah digunakan ini menampilkan informasi penting seperti kelembapan tanah, suhu udara, suhu tanah, serta status pompa air, dan juga menyediakan opsi kontrol manual. Fitur pemberitahuan otomatis membantu pengguna mengantisipasi kondisi yang tidak normal, seperti kelembapan rendah atau kegagalan pompa, sehingga memudahkan respons cepat.

Pengujian selama dua minggu terhadap pot tomat di lapangan menunjukkan bahwa sistem ini efektif menjaga stabilitas kelembapan tanah dan lebih efisien dalam penggunaan air daripada penyiraman manual. Kondisi ini berdampak positif pada pertumbuhan tanaman yang dapat diamati dari aspek morfologis seperti tinggi dan jumlah daun. Penggunaan layar LCD I2C sebagai media tampilan lokal menambah fleksibilitas dalam pemantauan langsung di lokasi tanpa bergantung pada koneksi internet.

Meski demikian, beberapa hal perlu dikembangkan lebih lanjut, termasuk kalibrasi sensor secara rutin untuk menjaga keakuratan data, pengujian ketahanan sistem dalam jangka panjang, serta pengembangan algoritma irigasi adaptif yang dapat menyesuaikan dengan pola pertumbuhan tanaman dan kondisi lingkungan eksternal, misalnya cuaca. Penambahan sensor tambahan dan sistem manajemen data yang lebih kompleks juga berpotensi meningkatkan kinerja serta memperluas aplikasi sistem ini ke skala

budidaya yang lebih besar atau jenis tanaman lainnya.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis IoT yang dirancang mampu menjadi solusi teknologi pertanian presisi yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Sistem ini tidak hanya mengoptimalkan produktivitas dan kualitas tanaman dengan mengurangi intervensi manual, tetapi juga memudahkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh yang sangat relevan di era digital. Dengan pengembangan dan adaptasi yang tepat, teknologi ini memiliki potensi untuk diimplementasikan secara luas dalam berbagai model budidaya modern, mendukung pertanian urban dan berkelanjutan di masa depan.

REFERENSI

- [1] M. Q. Zuhriawan, F. Hidayatulloh, I. Baroroh, S. Prihatiningtyas, and W. A. Devi, "Pembuatan Media Tanam Hidroponik Dengan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT," vol. 5, no. 2, pp. 4–8, 2024.
- [2] Mardaus. Intan Sari. Elfi Yenny Yusuf, "PRODUKSI TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) DENGAN PEMBERIAN SP-36 DAN DOLOMIT DI TANAH GAMBUT," *J. Agro Indragiri*, vol. 4, no. 2, pp. 25–35, 1970, doi: 10.32520/jai.v4i2.1271.
- [3] A. Fath, R. Kholdani, A. Dharmawati, D. I. Puspitasari, T. Wahyu, and R. I. Y. Anwar, "Pemodelan Spasial Kelembaban Tanah Berbasis Indeks Spektral dengan Integrasi Citra Satelit Multi-sensor," pp. 155–159, 2024.
- [4] S. K. Saptomo, R. Isnain, and B. I. Setiawan, "Irigasi Curah Otomatis Berbasis Sistem Pengendali Mikro," *J. Irig.*, vol. 8, no. 2, p. 115, 2016, doi: 10.31028/ji.v8.i2.115-125.
- [5] N. F. Nurjanah, "Implementasi Alat Siklus Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things (IoT)," p. 24, 2021, [Online]. Available: <https://eprints.umm.ac.id/73647/%0Ahttps://eprints.umm.ac.id/73647/48/PENDAHULUAN.pdf>
- [6] M. Hasibuan Redha Rasyid, "Inovasi Teknologi Irigasi Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air Dalam Pertanian," *J. Irig.*, pp. 1–11, 2023.
- [7] A. Ridwan, A. Prabowo, V. Theonardo, and W. Angelo, "Pengembangan Sistem Kontrol Suhu Ruang Cerdas Berbasis Arduino dengan Integrasi Sensor Kelembaban , CO 2 , dan Occupancy," pp. 1–15, 2024.
- [8] R. F. Maulana, M. A. Ramadhan, W. Maharani, and M. I. Maulana, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IOT Studi Kasus Ruang Server IT Telkom Surabaya," *Indones. J. Multidiscip. Soc. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 224–231, 2023, doi: 10.31004/ijmst.v1i3.169.
- [9] M. Nisa, A. Mustofa, I. S. Millah, and F. Nailah, "Rancang Bangun Smart Green House Pada Budidaya Tanaman Kangkung Berbasis IoT (Internet of Things)," *Techno Bahari*, vol. 10, no. 2, pp. 11–17, 2023, doi: 10.52234/tb.v10i2.300.
- [10] M. Riski, A. Alawiyah, M. Bakri, N. U. Putri, J. Jupriyadi, and L. Meilisa, "Alat Penjaga Kestabilan Suhu Pada Tumbuhan Jamur Tiram Putih Menggunakan Arduino UNO R3," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 67–79, 2021, doi: 10.33365/jtkom.v2i1.42.
- [11] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, "Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [12] M. D. Syamsiar, M. Rivai, and S. Suwito, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16512.
- [13] M. rasyid R. Hasibuan, "EVALUASI EFISIENSI PENGGUNAAN AIR DALAM PERTANIAN BERBASIS TEKNOLOGI IRIGASI MODERN Muhammad Rasyid Redha Hasibuan," *Univ. medan Area Indones.*, pp. 1–11, 2023, [Online]. Available: <https://osf.io/kcvfy/download>