

Smart Irrigation System Berbasis Iot Untuk Optimalisasi Penggunaan Air Pada Tanaman

Mochammad Naufal Ardani 1) , Rihartanto 2) , Hari Purwadi 3) , Rafi Firjatullah Arya Nugraha 4)

1,2,3Teknik Komputer, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Cipto Mangun Kusumo, Gunung Panjang, Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda,
Kalimantan Timur 75131

e-mail: naufalkampus10@gmail.com¹, rihart@gmail.com², hari.purwadi06@gmail.com³,
rafinugrah30@gmail.com⁴

ABSTRAK

Ketersediaan air menentukan keberhasilan proses budidaya tanaman secara signifikan. Penggunaan metode penyiraman manual sering memicu pemborosan air dan kegagalan dalam menjaga stabilitas kelembaban tanah. Studi ini mengembangkan serta menerapkan sistem pengairan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) demi meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya air. Perangkat ini mengintegrasikan mikrokontroler NodeMCU sebagai unit kendali utama yang terhubung langsung dengan sensor kelembaban tanah. Sistem mengirimkan seluruh data pemantauan ke platform IoT sehingga pengguna dapat mengakses informasi melalui ponsel pintar dari jarak jauh. Pompa air akan aktif secara otomatis saat sensor mendeteksi tingkat kelembaban tanah di bawah ambang batas minimum. Data pengujian membuktikan bahwa sistem bekerja secara akurat dalam menyiram tanaman sesuai kebutuhan tanah serta menyediakan fungsi monitoring real-time. Penerapan teknologi ini berhasil menghemat konsumsi air dan mempermudah manajemen perawatan tanaman bagi pengguna secara efektif.

Kata kunci : Internet of Things, Smart Irrigation, Sensor Kelembaban Tanah, NodeMCU, Sistem Penyiraman Otomatis.

ABSTRACT

The availability of water determines the success of the crop cultivation process significantly. The use of manual watering methods often provokes waste of water and failure to maintain soil moisture stability. This study develops and implements an automated irrigation system based on the Internet of Things (IoT) to improve productivity and efficiency of Water Resources. The device integrates the NodeMCU microcontroller as the main control unit directly connected to the soil moisture sensor. The system sends the entire monitoring data to the IoT platform so that users can access information via smart phone remotely. The water pump will activate automatically when the sensor detects the soil moisture level below the minimum threshold. The test Data proves that the system works accurately in watering plants according to soil needs and provides real-time monitoring functions. The application of this technology successfully saves water consumption and simplifies plant care management for users effectively.

Keywords: keywords and key variables corresponding to numbered 3-5 pieces, separate them with commas.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memegang peranan krusial bagi kehidupan, kemajuan pembangunan, serta stabilitas ekonomi di wilayah Indonesia [1]. Ketersediaan air secara memadai dan terukur menjadi elemen kunci yang menentukan tingkat keberhasilan tumbuh kembang vegetasi. Mengingat jumlah penduduk global kian meningkat di

tengah keterbatasan cadangan air, sektor agraris memerlukan inovasi teknologi irigasi untuk memaksimalkan efisiensi pemakaian air [2]. Ketidakseimbangan pasokan air, baik dalam kondisi defisit maupun surplus, memicu gangguan kesehatan tanaman yang fatal. Kurangnya asupan air mengakibatkan tanaman mengering lalu mati, sedangkan volume air yang berlebih memicu proses

pembusukan pada jaringan tumbuhan [3]. Aktivitas penyiraman memerlukan perhatian khusus dalam manajemen perawatan karena tanaman membutuhkan asupan cairan yang stabil untuk menjalankan fotosintesis demi mendukung pertumbuhan optimal. [4]. Penyiraman yang dilakukan secara berlebihan akan mengakibatkan tanaman yang dirawat menjadi mudah sakit dan tidak bisa berkembang. [5].

Petani dan pemilik tanaman biasanya melakukan proses penyiraman secara konvensional. Mereka kerap mengabaikan berbagai parameter lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan vegetasi [6]. Cara manual ini menguras tenaga serta waktu yang cukup besar. Distribusi air sering tidak merata ketika jumlah tanaman sangat banyak. Pemilik juga menghadapi kendala serius saat harus meninggalkan tanaman tanpa pengawasan dalam durasi lama. Kondisi tersebut berisiko menyebabkan kematian tanaman akibat kurangnya perawatan intensif [7]. Selain itu, keterbatasan fisik manusia menjadi penghambat dalam memantau kondisi tanaman secara terus-menerus.

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan perubahan besar pada sektor pertanian melalui peningkatan efisiensi serta keberlanjutan. Implementasi IoT menghadirkan sistem pemantauan langsung, pengelolaan sumber daya, serta otomatisasi operasional [8]. Berbagai perangkat sensor dan aktuator saling terhubung lewat jaringan internet untuk memungkinkan kendali jarak jauh secara seketika. Sistem akan mengalirkan air secara otomatis saat sensor mendeteksi kondisi tanah yang kering. Mekanisme ini membebaskan petani dari beban kerja penyiraman secara manual [9].

Subagja dkk.(2023) dalam penelitian berjudul "Pengujian Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis

IoT" sebelumnya hanya menggunakan sensor kelembaban tanah. Studi saat ini menyempurnakan kekurangan tersebut dengan mengintegrasikan sensor DHT 11 untuk mengukur suhu udara di sekitar lokasi tanaman [10]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan serta penerapan Smart Irrigation System berbasis IoT. Sistem ini menjalankan penyiraman otomatis berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Integrasi teknologi ini memfasilitasi pengawasan sistem secara real-time sekaligus mengoptimalkan efisiensi penggunaan air bagi tanaman.

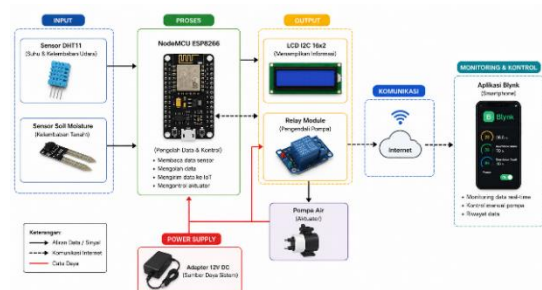
METODE PENELITIAN

Peneliti menerapkan metode eksperimental melalui perancangan dan implementasi Smart Irrigation System yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem tersebut menjalankan proses pemantauan sekaligus pengendalian penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan data kelembaban tanah. Peneliti juga menyertakan fitur pengawasan jarak jauh melalui platform IoT yang memungkinkan pengguna meninjau kondisi tanaman secara real-time.

2.1 Perancangan Sistem

Tahap ini mencakup perancangan sistem secara menyeluruh yang mengintegrasikan elemen perangkat keras dan perangkat lunak. Sensor *soil moisture* mendeteksi tingkat kelembaban tanah, kemudian mikrokontroler NodeMCU memproses data tersebut secara sistematis. NodeMCU memiliki spesifikasi teknis yang serupa dengan papan pengembangan Arduino pada seri ESP8266. Ulasan tutorial ESP8266 dari Embeddednesia menjelaskan kesulitan pemrograman ESP8266 yang memerlukan teknik pengabelan khusus serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program [11]. Sistem menentukan status aktif

pompa air melalui analisis parameter kelembaban tanah yang tersedia. Integrasi platform IoT memfasilitasi pengguna dalam memantau kondisi tanaman secara seketika melalui perangkat ponsel pintar.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Gambar 1 mengilustrasikan diagram blok yang menjabarkan mekanisme kerja serta keterkaitan elemen pada Smart Irrigation System berbasis Internet of Things (IoT). Arsitektur sistem ini mengintegrasikan komponen input, proses, dan output melalui mikrokontroler Node MCU ESP8266 selaku unit kendali utama. Sisi input memanfaatkan sensor DHT11 untuk memantau kondisi suhu serta kelembaban udara secara presisi. Secara simultan, sensor soil moisture mengukur tingkat kelembaban pada media tanam. Kedua sensor tersebut mengirimkan data secara aktual menuju mikrokontroler untuk kebutuhan pemrosesan informasi lebih lanjut. Pada bagian proses, NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai unit pengolah data yang membaca nilai sensor, kemudian membandingkannya dengan nilai ambang batas (set point) yang telah ditentukan. NodeMCU memanfaatkan koneksi WiFi untuk mentransmisikan data ke platform Blynk IoT. Integrasi tersebut memfasilitasi proses pemantauan serta kendali perangkat dari jarak jauh secara efektif.

Sistem ini memiliki dua kategori komponen keluaran utama. Komponen pertama berupa LCD I2C menyajikan data suhu, kelembaban udara, dan tingkat

kelembaban tanah secara visual pada perangkat. Komponen kedua yaitu modul relay menjalankan peran sebagai saklar elektronik guna mengoperasikan pompa air. Relay bekerja sebagai perangkat elektronik yang menggunakan arus listrik untuk memutuskan atau menyambung aliran daya. Perangkat ini mengendalikan beban arus bolak-balik (AC) melalui sirkuit kendali arus searah (DC) meskipun kedua sirkuit memiliki sumber tegangan yang berlainan [12]. Mikrokontroler segera memicu relay untuk menghidupkan pompa air saat sensor mendeteksi kelembaban tanah di bawah ambang batas minimal. Sistem otomatis mematikan relay dan menghentikan kerja pompa air segera setelah kelembaban tanah menyentuh titik optimal.

Pengguna juga mengawasi status tanaman secara langsung melalui aplikasi Blynk IoT. Platform tersebut memberikan akses untuk mengontrol pompa air secara manual sesuai kebutuhan. Adaptor 12V menyuplai tenaga listrik ke seluruh bagian sistem, mulai dari mikrokontroler hingga pompa air. Pasokan daya yang konsisten ini menjamin stabilitas dan kelangsungan operasional perangkat secara menyeluruh.

2.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

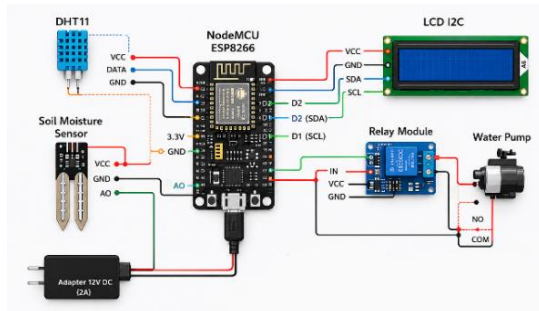
Penelitian ini mengoperasikan beragam elemen perangkat keras sebagai komponen teknis utama. Tabel 1 menyajikan rincian mengenai spesifikasi perangkat keras serta perangkat lunak untuk keperluan riset ini.

Tabel 1. Komponen Perangkat Keras

Komponen	Fungsi
NodeMCU ESP8266	Sebagai mikrontroler dan modul komunikasi WiFi
Sensor Soil Moisture	Untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah
Sensor DHT11	Mengukur suhu kelembapan sekitar tanaman

Pompa Air	Menyiram tanaman
Relay Module	Sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air
Aplikasi Blynk	Antarmuka monitoring dan kontrol manual
Adapter 12V	Sebagai Sumber daya

Riset ini mengandalkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama untuk mengelola sensor kelembaban tanah dan sensor DHT11. Sistem tersebut menggunakan modul relay sebagai sakelar elektronik yang mengendalikan pompa air pada mekanisme penyiraman. Seluruh komponen ini membentuk infrastruktur irigasi cerdas berbasis IoT untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Arsitektur tersebut menjalankan penyiraman otomatis secara presisi berdasarkan parameter kelembaban tanah.



Gambar 2. Skematik rangkaian

Gambar 2 menyajikan skema rangkaian sistem irigasi cerdas yang mengadopsi teknologi Internet of Things (IoT). NodeMCU ESP8266 berperan sebagai otak pengendali yang mengintegrasikan seluruh sensor, aktuator, serta perangkat keluaran. Sensor DHT11 bertugas merekam parameter suhu dan kelembaban udara pada area sekitar tanaman. Komponen ini mengirimkan data melalui pin digital sehingga NodeMCU dapat membaca informasi lingkungan secara kontinu.

Selain itu, sistem melibatkan sensor kelembaban tanah untuk mengidentifikasi kadar air dalam media

tanam. Integrasi sensor ini pada pin analog memungkinkan NodeMCU memproses perubahan nilai kelembaban menjadi data digital yang akurat. NodeMCU mengevaluasi data dari kedua sensor untuk menentukan status tanah dan kondisi lingkungan tanaman.

Pengguna dapat memantau suhu serta kelembaban secara langsung melalui layar LCD yang menggunakan modul I2C. Pemanfaatan jalur komunikasi I2C ini menghemat penggunaan pin pada mikrokontroler saat menghubungkan perangkat tampilan. Sistem menjalankan mekanisme penyiraman otomatis dengan memanfaatkan modul relay sebagai saklar elektronik pompa air. Relay mengaktifkan pompa air ketika kadar kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah diatur sebelumnya.

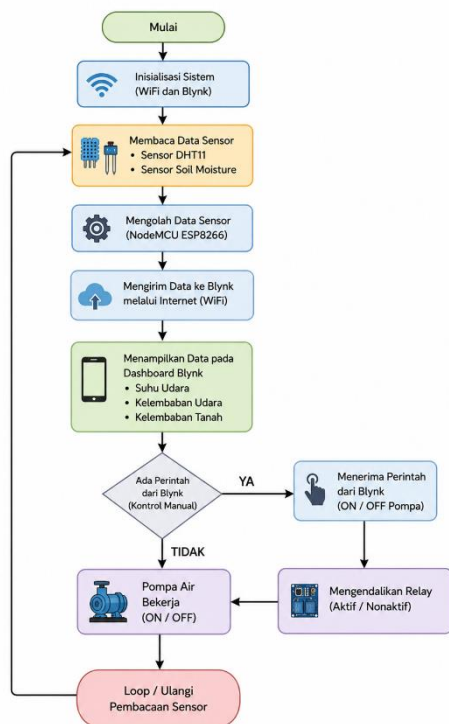
Sebaliknya, relay segera memutuskan arus listrik ke pompa saat tanah sudah mencapai tingkat kelembaban yang cukup. Catu daya sebesar 12V 5A dari adaptor mengalirkan energi ke seluruh rangkaian melewati unit NodeMCU. Mikrokontroler tersebut mendistribusikan tegangan ke setiap sensor, modul relay, dan LCD untuk menjamin stabilitas kinerja komponen.

Melalui konfigurasi ini, sistem mampu mengawasi parameter lingkungan tanaman secara mandiri. Perangkat ini juga secara efektif mengotomatisasi proses penyiraman berdasarkan respons sensor terhadap kelembaban tanah di lapangan.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Penelitian ini memfokuskan perancangan perangkat lunak pada pengendalian sistem penyiraman otomatis dan pemantauan kondisi lingkungan secara aktual. Peneliti menggunakan Arduino IDE untuk menyusun kode pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai basis Internet of Things guna

mengelola sistem lewat ponsel pintar. NodeMCU menjalankan program khusus untuk menangkap input dari sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah pada interval waktu tertentu. Mikrokontroler segera mengolah informasi dari sensor tersebut guna mengidentifikasi status lingkungan di sekitar tanaman. Sistem memaparkan hasil pembacaan pada layar LCD sekaligus mentransfer data ke aplikasi Blynk via jaringan WiFi agar pengguna bisa mengecek suhu, kelembaban udara, dan kadar air tanah dari kejauhan. Blynk menyediakan platform bagi pengguna iOS maupun Android untuk mengoperasikan modul Arduino, Raspberry Pi, Wemos, serta perangkat serupa melalui koneksi internet. Struktur antarmuka aplikasi ini memberikan kemudahan akses bagi pengguna pemula sekalipun. Berbagai fitur dalam aplikasi ini secara signifikan menunjang kenyamanan dan fleksibilitas operasional bagi penggunanya. [13].



Gambar 3. Diagram Alur Perangkat Lunak Sistem

Gambar 3 memaparkan rangkaian kerja perangkat lunak dalam sistem Irigasi Pintar yang mengandalkan teknologi Internet of Things (IoT). Tahapan ini bermula saat mikrokontroler NodeMCU ESP8266 membangun koneksi WiFi dan menghubungkan platform Blynk. Sistem segera memindai data dari sensor DHT11 serta sensor kelembaban tanah secara rutin setelah jaringan aktif. NodeMCU mengolah seluruh input tersebut guna menganalisis keadaan lingkungan pada lahan tanaman. Kemudian, mikrokontroler mentransmisikan hasil pembacaan sensor menuju aplikasi Blynk melalui jaringan internet. Hal ini memberikan akses bagi pengguna untuk memantau indikator suhu, kelembaban udara, dan kondisi kelembaban tanah secara real-time menggunakan ponsel pintar.

Selain itu, aplikasi Blynk menawarkan fitur kendali manual yang sangat praktis. Pengguna memiliki otoritas untuk menghidupkan atau mematikan pompa air kapan saja melalui gawai mereka. Perintah dari aplikasi akan dikirimkan ke NodeMCU melalui jaringan internet dan diteruskan ke modul relay yang berfungsi sebagai pengendali pompa air. Dengan demikian, sistem tidak hanya bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi tanah, tetapi juga dapat dikontrol secara manual oleh pengguna apabila diperlukan.

2.4 Kalibrasi Sensor

Tahapan kalibrasi sensor kelembaban tanah berfungsi menjamin perolehan data yang presisi. Prosedur ini mencakup pengujian dalam dua keadaan lingkungan yang berbeda, yakni media tanah kering dan tanah basah. Nurachman dkk. mencatat bahwa sensor YL69 mencapai tingkat akurasi puncak 97,25% pada level kelembaban 80%. Akan tetapi, sensor tersebut mengalami fluktuasi signifikan saat mendeteksi kelembaban rendah dengan rentang akurasi antara

42% hingga 97%. Nilai pembacaan sensor pada kondisi tanah kering ditetapkan sebagai AirValue, sedangkan pada kondisi tanah basah ditetapkan sebagai WaterValue. Nilai tersebut kemudian digunakan dalam proses konversi menjadi persentase kelembaban tanah menggunakan fungsi mapping [14].

Aris Sudaryanto dkk. (2024) mengungkapkan tingkat akurasi tinggi pada penggunaan sensor DHT11. Instrumen ini menghasilkan deviasi suhu sebesar 3,16% yang setara dengan akurasi 96,84%. Pengukuran kelembapan menunjukkan angka kesalahan 7,07% atau memiliki tingkat ketepatan 92,93%. Capaian tersebut menghasilkan nilai akurasi total pada angka rata-rata 94,89%. Temuan ini memperkuat posisi DHT11 sebagai komponen ideal bagi infrastruktur pemantauan lingkungan berbasis IoT, khususnya Smart Agriculture. Perangkat ini menjamin stabilitas dan ketajaman hasil deteksi terhadap dinamika suhu serta kelembaban udara secara berkelanjutan [15].

2.5 Alur kerja Sistem

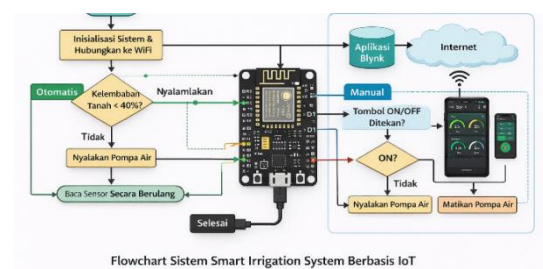
Penelitian ini menguraikan mekanisme kerja Smart Irrigation System berbasis Internet of Things (IoT). Sistem tersebut memantau kondisi lingkungan tanaman secara intensif. Perangkat mengontrol penyiraman melalui mode otomatis dan manual. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 mengendalikan seluruh operasional sistem. Komponen ini terintegrasi langsung dengan berbagai sensor dan perangkat output pendukung.

Sistem memulai operasi dengan melakukan inisialisasi perangkat keras. Perangkat segera membangun koneksi dengan jaringan WiFi. NodeMCU kemudian mengambil data suhu dan kelembaban udara melalui sensor DHT11. Sensor soil moisture juga mengirimkan data tingkat kelembaban tanah kepada mikrokontroler. NodeMCU mengolah data dari kedua sensor tersebut

untuk menganalisis kondisi lingkungan secara akurat. Informasi hasil pembacaan muncul pada layar LCD secara langsung. Sistem mengirimkan data tersebut ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet. Pengguna memantau status tanaman secara real-time melalui smartphone.

Perangkat secara rutin memeriksa nilai kelembaban tanah dari sensor soil moisture. Mikrokontroler mengaktifkan modul relay jika tingkat kelembaban berada di bawah ambang batas minimal. Tindakan ini memicu pompa air untuk menyiram tanaman secara otomatis. Sistem segera mematikan relay saat kelembaban tanah mencapai titik ideal. Pompa air berhenti beroperasi secara instan setelah target tercapai.

Aplikasi Blynk juga menyediakan fitur kendali manual bagi pengguna. Tombol kontrol pada aplikasi memungkinkan aktivasi atau penonaktifan pompa air sewaktu-waktu. NodeMCU menerima perintah dari aplikasi dan meneruskannya ke modul relay. Relay kemudian mengatur operasional pompa air sesuai instruksi pengguna. Mekanisme ini memastikan pemantauan kondisi tanaman berjalan efektif. Sistem mengoptimalkan volume air dalam proses penyiraman. Langkah tersebut meningkatkan efisiensi pemanfaatan air secara signifikan. Gambar 3 menyajikan alur kerja sistem dalam bentuk flowchart untuk memperjelas seluruh proses operasionalnya.



Gambar 4. Flowchart sistem smart irrigation

Flowchart tersebut menunjukkan urutan operasional Smart Irrigation System berbasis Internet of Things (IoT). Skema ini memaparkan fase inisialisasi hingga manajemen penyiraman tanaman melalui mode otomatis maupun manual. Perangkat menjalankan inisialisasi komponen keras pada tahap awal. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 kemudian menghubungkan diri dengan jaringan WiFi untuk sinkronisasi ke platform IoT. Sistem mengumpulkan data suhu dan kelembapan udara melalui sensor DHT11 setelah koneksi berhasil terjalin.

Secara bersamaan, sensor soil moisture mencatat kadar air tanah secara akurat. Unit kontrol langsung mengevaluasi angka kelembapan tanah hasil pembacaan sensor tersebut. Sistem menginstruksikan modul relay untuk menyalakan pompa air apabila kelembapan tanah berada di bawah ambang batas. Mekanisme ini memicu proses penyiraman otomatis secara mandiri. Sebaliknya, pompa air tetap berhenti beroperasi jika nilai kelembapan tanah masih melebihi batas ketentuan. Selain bekerja secara otomatis, sistem juga menyediakan fitur kontrol manual melalui aplikasi Blynk yang terhubung dengan NodeMCU melalui jaringan internet. Pengguna dapat menyalakan atau mematikan pompa air secara langsung melalui tombol kontrol pada aplikasi. Perintah yang dikirimkan dari aplikasi akan diterima oleh NodeMCU dan diproses untuk mengaktifkan atau menonaktifkan modul relay yang mengendalikan pompa air. Proses pembacaan sensor dan pengambilan keputusan tersebut berlangsung secara berulang selama sistem aktif sehingga kondisi lingkungan tanaman dapat terus dipantau dan proses penyiraman dapat dilakukan secara efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman.

2.6 Pengujian Sistem

Uji coba sistem dilakukan untuk menilai performa dari Smart Irrigation System yang berbasis Internet of Things (IoT) yang sudah dirancang dan diterapkan. Tujuan dari uji ini adalah guna memastikan bahwa semua elemen sistem, baik perangkat keras maupun lunak, dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang direncanakan, serta mampu melakukan pemantauan dan pengaturan penyiraman tanaman baik secara otomatis maupun manual. Pada fase pengujian, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 digabungkan dengan sensor DHT11, sensor kelembapan tanah, modul relay, pompa air, serta layar LCD. Sistem ini juga terhubung ke jaringan WiFi untuk memungkinkan transmisi data ke aplikasi Blynk yang berfungsi sebagai alat untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Semua komponen mendapatkan daya dari adaptor 12V yang terhubung ke NodeMCU melalui pin VIN, yang kemudian disalurkan ke elemen lain sesuai dengan kebutuhan voltase.

Peneliti menerapkan metode Black Box Testing guna memverifikasi keselarasan fungsi input dan output tanpa meninjau struktur internal kode program. Evaluasi sensor berfokus pada kemampuan DHT11 dalam memantau suhu serta kelembapan udara dan efisiensi sensor kelembapan tanah dalam mengukur kadar air tanah. Peneliti mencocokkan data keluaran sensor dengan parameter lingkungan yang sebenarnya untuk menjamin akurasi informasi. Uji konektivitas IoT membuktikan kemampuan NodeMCU dalam mengakses jaringan WiFi dan mentransfer data secara langsung ke aplikasi Blynk. Keberhasilan tahap ini terlihat dari penyajian data suhu serta kelembapan pada aplikasi Blynk yang berjalan lancar tanpa kendala keterlambatan. Pengujian fitur kontrol otomatis berlangsung dengan

memanipulasi tingkat kekeringan dan kelembapan pada media tanah. Sistem menginstruksikan modul relay untuk mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika kadar kelembapan berada di bawah nilai ambang batas. Sebaliknya, sistem memutus aliran listrik pada pompa air saat kelembapan tanah mencapai batas atas yang telah ditentukan.

Selain itu, uji kontrol manual juga dilakukan melalui aplikasi Blynk. Dalam pengujian ini, pengguna dapat menyalakan atau mematikan pompa air menggunakan tombol yang ada pada aplikasi. Perintah ini dikirimkan melalui internet dan diterima oleh NodeMCU untuk kemudian mengontrol modul relay sesuai dengan instruksi yang diberikan. Hasil dari seluruh pengujian tersebut kemudian dianalisis untuk menilai sejauh mana keberhasilan sistem dalam melakukan pemantauan dan pengaturan penyiraman tanaman. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini diharapkan dapat beroperasi secara optimal dalam mengelola penggunaan air dengan efisien sesuai dengan kondisi tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan seluruh pencapaian dari proses desain serta verifikasi teknologi Smart Irrigation System berbasis Internet of Things (IoT) dalam studi ini. Temuan penelitian mencakup realisasi infrastruktur fisik, pengembangan program perangkat lunak, dan evaluasi operasional sistem. Mekanisme tersebut mengawasi parameter ekologis tanaman sekaligus mengelola irigasi baik melalui prosedur otomatis maupun kendali manual. Penulis juga menganalisis efektivitas kerja sistem dalam mengoptimalkan volume air melalui pemanfaatan data sensorik secara akurat.

Arsitektur teknologi ini mengandalkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai unit

pemrosesan utama. Komponen ini berinteraksi langsung dengan sensor DHT11, sensor kelembapan tanah, modul relay, dan unit pompa air. Konektivitas aplikasi Blynk memberikan akses bagi pengguna untuk memantau variabel lingkungan tanaman secara real-time. Melalui ponsel pintar, pengguna dapat mengoperasikan sistem pengairan dari lokasi yang berbeda dengan mudah.

3.1 Implementasi Sistem

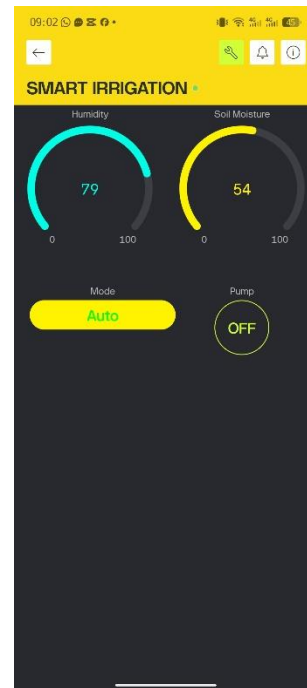
Proses pengintegrasian seluruh elemen keras dan lunak membentuk sistem Irigasi Cerdas berbasis IoT yang beroperasi secara otomatis maupun manual. Struktur sistem ini mencakup sensor kelembapan tanah, sensor DHT11, modul relay, pompa air, LCD I2C, dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai otak kendali utama. Tahap realisasi melibatkan perakitan seluruh komponen mengikuti rancangan skematik awal secara presisi. Sensor kelembapan tanah bertugas memantau kadar air tanah sementara sensor DHT11 mendeteksi suhu serta kelembapan udara sekitar tanaman. NodeMCU mengolah data sensor tersebut guna mengambil keputusan operasional penyiraman. Modul relay menggerakkan pompa air berdasarkan input data kelembapan tanah yang diterima.

Sistem secara otomatis menghidupkan pompa melalui aktivasi relay saat kelembapan tanah berada di bawah batas minimal. Pengguna tetap memiliki akses kendali manual melalui aplikasi Blynk IoT untuk mengoperasikan pompa sesuai kebutuhan. Gambar 4 menunjukkan wujud fisik integrasi perangkat keras dalam penelitian ini. Penyatuan seluruh komponen tersebut memungkinkan sistem menjalankan fungsi pemantauan dan penyiraman mandiri secara optimal.



Gambar 5. Implementasi sistem smart irrigation

Selain penggunaan perangkat keras, sistem Irigasi Cerdas ini juga terhubung dengan aplikasi Blynk IoT sebagai sarana untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Antarmuka Blynk dirancang untuk menyajikan data hasil pengukuran sensor secara langsung melalui ponsel pintar yang terhubung ke internet. Informasi yang ditampilkan mencakup suhu udara, kelembaban udara, serta kelembaban tanah yang dikumpulkan dari sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah. Di dalam antarmuka Blynk juga terdapat fitur pengendalian manual berupa tombol ON/OFF yang berfungsi untuk mengatur pompa air. Dengan menggunakan fitur ini, pengguna dapat menghidupkan atau mematikan pompa air secara langsung meski tidak berada di area tanaman. Pertukaran data antara NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk dilakukan melalui jaringan WiFi sehingga pemantauan dan pengendalian dapat berlangsung secara langsung. Penerapan antarmuka Blynk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memeriksa kondisi tanaman serta mendukung proses pengaturan penyiraman dengan cara yang lebih efektif. Tampilan antarmuka pemantauan pada aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Monitoring pada Aplikasi Blynk

3.2 Hasil Monitoring Sensor

Pengujian monitoring sensor dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca kondisi lingkungan tanaman. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sedangkan sensor soil moisture digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Data hasil pembacaan sensor kemudian ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk monitoring jarak jauh. Contoh hasil pembacaan sensor dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Sensor

No	Suhu	Kelembapan Udara	Kelembapan Tanah	Status Pompa
1.	29	70	35	ON
2.	30	68	40	ON
3.	31	65	32	ON
4.	28	72	45	OFF

Data tersebut mengonfirmasi bahwa mesin pompa air segera beroperasi ketika tingkat kelembaban tanah mencapai angka di bawah ambang batas standar. Temuan ini membuktikan kemampuan sistem dalam mengelola

irigasi tanaman secara mandiri dengan merespons kebutuhan aktual kondisi lahan secara presisi

3.3 Hasil Pengujian IoT

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas dari perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem Smart Irrigation yang berlandaskan Internet of Things (IoT). Untuk pengujian, diterapkan metode Black Box Testing, yang merupakan pendekatan pengujian yang berfokus pada pengamatan fungsi sistem melalui input dan output, tanpa mempertimbangkan struktur kode atau program yang digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap elemen sistem beroperasi sebagaimana direncanakan.

Dalam penelitian ini, pengujian diarahkan pada beberapa bagian penting dari sistem, termasuk sensor kelembaban tanah, sensor DHT11, koneksi NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan aplikasi Blynk, modul relay, dan pompa air. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi tertentu sebagai input, kemudian menganalisis respons yang muncul. Sistem dianggap berhasil jika output yang dihasilkan sesuai dengan harapan, misalnya pompa air aktif saat tanah kering dan mati saat tingkat kelembaban

tanah mencapai nilai yang telah ditentukan. Hasil dari pengujian sistem dengan menggunakan pendekatan Black Box Testing dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem Menggunakan Black Box Testings

No	Pengujian	Input/Kondisi	Output yang diharapkan	Hasil	Status
1	Sensor soil moisture	Tanah kering	Pompa menyala otomatis	Sesuai	Berhasil
2	Sensor soil moisture	Tanah basah	Pompa mati otomatis	Sesuai	Berhasil

3	Sensor DHT11	Perubahan suhu	Data tampil di LCD dan Blynk	Sesuai	Berhasil
4	Koneksi iot	NodeMCU terhubung WiFi	Data tampil real-time di Blynk	Sesuai	Berhasil
5	Kontrol manual	Tombol ON/OFF ditekan	Pompa merespon perintah	Sesuai	Berhasil

3.4 Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian Sistem hanya mengaktifkan pompa ketika kelembaban tanah berada di bawah 40%, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dibanding penyiraman konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan set point yang telah ditentukan. Selain itu, penggunaan sistem ini dapat mengurangi penyiraman yang tidak diperlukan, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dibandingkan metode penyiraman manual.

3.5 Pembahasan dan Analisis Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metode Black Box Testing, sistem Irigasi Cerdas berbasis IoT memperlihatkan kinerja yang sejalan dengan desain awal. Sensor kelembaban tanah menunjukkan kinerja optimal dalam mendeteksi fluktuasi kadar air pada kondisi kering maupun basah. Secara simultan, sensor DHT11 menyajikan data suhu dan kelembaban udara melalui layar LCD serta aplikasi Blynk secara langsung. Hasil pengujian pada modul relay dan pompa air memastikan sistem mampu memulai penyiraman otomatis ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas minimum. Perangkat segera menghentikan aliran air saat kelembaban telah mencapai standar yang ditetapkan. Selain itu, penggabungan NodeMCU ESP8266 dengan platform Blynk memberikan hasil yang stabil. Integrasi ini memudahkan pengguna dalam mengawasi dan mengendalikan

pompa secara manual melalui perangkat seluler. Berdasarkan hasil evaluasi seluruh komponen, sistem berfungsi dengan stabil dan sesuai dengan tujuan penelitian, yakni membantu proses penyiraman tanaman secara otomatis serta mendukung penggunaan air yang lebih hemat.

KESIMPULAN

Peneliti berhasil merealisasikan rancangan Smart Irrigation System berbasis Internet of Things (IoT) melalui proses pengerjaan dan pengujian yang sistematis. Arsitektur sistem ini menggabungkan NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, sensor kelembaban tanah, modul relay, dan unit pompa air. Prosedur Black Box Testing mengonfirmasi bahwa seluruh komponen teknis berfungsi selaras dengan target spesifikasi awal.

Platform Blynk memfasilitasi pemantauan suhu serta tingkat kelembaban lingkungan dan tanah secara langsung. Sistem secara otomatis mengaktifkan atau menghentikan pompa air mengikuti parameter kelembaban tanah yang terdeteksi. Pengguna juga tetap memiliki kendali penuh melalui opsi operasional manual pada aplikasi. Evaluasi terhadap lima skenario pengujian menghasilkan tingkat akurasi operasional yang sempurna. Teknologi ini memberikan solusi efektif untuk penghematan air dan otomatisasi perawatan tanaman yang lebih praktis.

SARAN

Pengembangan di masa depan sebaiknya memprioritaskan penggunaan sensor dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Integrasi basis data cloud sangat berguna untuk mendukung proses analisis informasi dalam periode waktu yang lama. Penggunaan panel surya sebagai pasokan daya tambahan dapat meningkatkan efisiensi energi sekaligus

mendukung keberlanjutan lingkungan secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fitri, M. A., & Usni, M. (2024, October). Systematic literature review: Pertanian berbasis agroekologi untuk mendukung pertanian berkelanjutan. In *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian* (Vol. 5, No. 1, pp. 427-436).
- [2]. Hasibuan, M. R. R. (2023). Inovasi Teknologi Irigasi Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air Dalam Pertanian.
- [3]. Hasani, M. I., & Wulandari, S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile. *ILKOMNIKA*, 5(3), 149-161.
- [4]. Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 3(2), 91-98.
- [5]. Nadindra, D. E., & Chandra, J. C. (2022). Sistem IoT penyiram tanaman otomatis berbasis Arduino dengan kontrol Telegram. *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, 5(1), 104-114.
- [6]. Orlando, E., & Chandra, Y. I. (2022). Penerapan metode prototype dalam membuat alat penyiraman tanaman otomatis berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika (TEKINFO)*, 23(2), 9-23.
- [7]. Hasani, M. I., & Wulandari, S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile. *ILKOMNIKA*, 5(3), 149-161.
- [8]. Saputra, R., Rohman, F., Rasinta, I., Viyona, M., Daulay, D. P., Pratama, Y. Z., ... & Indriyani, I. (2024).

-
- Pelatihan Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Bidang Pertanian untuk Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Universitas Jambi. *JDISTIRA-Jurnal Pengabdian Inovasi dan Teknologi Kepada Masyarakat*, 4(2), 400-405.
- [9]. Jumingin, J., Atina, A., & Juanda, A. (2022). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor DHT11. *Jurnal Ampere*, 7(2), 73-83.
- [10]. Subagja, F. E., Supriyadi, A. P., Kurniadi, A. R., & Saragih, Y. (2023). Pengujian Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Iot. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 8(2), 91-97.
- [11]. Wijayanti, M. (2022). Prototype Smart Home Dengan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot. *J. Ilm. Tek*, 1(2), 101-107.
- [12]. Pratika, M. S., Piarsa, I. N., & Wiranatha, A. A. K. A. C. (2021). Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 2(3), 515-523.
- [13]. Junfithrana, A. P. (2021). Aplikasi smart home node mcu iot untuk blynk. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*.
- [14]. Nurachman, Y. A., Maulana, Y. Z., Wibisono, G., & Hakim, L. (2026). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembapan Tanah dan Suhu Udara Berbasis IoT. *Jurnal SINTA: Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, 3(1), 16-23.
- [15]. Sudaryanto, A., & Kridoyono, A. (2024). Accuracy of DHT11 Temperature and Humidity Sensor in Egg Incubator. *Informatics, Electrical and Electronics Engineering (Infotron)*, 4(1), 1-6.