

RANCANG BANGUN SIMULASI IRIGASI OTOMATIS PADA TANAMAN BAWANG MERAH DI MUNCAR KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH DAN SENSOR CAHAYA BERBASIS IoT

Ananta Oktavian^{1*}, AB Yunanda²

¹²Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

anantaoktav21@gmail.com^{1*} antonbreva@untag-sby.ac.id²

Received: 28-03- 2023

Revised: 15-04-2025

Approved: 30-04-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem irigasi otomatis yang dirancang khusus untuk mendukung petani bawang merah di wilayah Muncar, Kabupaten Banyuwangi. Sistem ini mengadopsi teknologi Internet of Things (IoT) dengan mengintegrasikan sensor kelembapan tanah dan sensor cahaya untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Tujuan utama dari sistem ini adalah kemampuan untuk mengoptimalkan penggunaan air irigasi dengan menyiram tanaman bawang merah secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah yang terdeteksi oleh sensor. Selain itu, integrasi sensor cahaya memungkinkan sistem untuk menyesuaikan jadwal irigasi sesuai dengan intensitas pencahayaan, sehingga proses irigasi lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sistem ini dilengkapi dengan kemampuan kendali jarak jauh melalui aplikasi Telegram, yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lahan, menerima notifikasi, dan mengendalikan sistem irigasi secara langsung dari perangkat seluler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis ini mampu berfungsi dengan baik sesuai kebutuhan tanaman bawang merah. Sistem berhasil mengoptimalkan penggunaan air irigasi dengan menyiram tanaman hanya saat kelembapan tanah di bawah ambang batas yang ditentukan. Integrasi dengan aplikasi Telegram juga memberikan kemudahan bagi petani dalam memantau dan mengendalikan irigasi tanpa harus hadir secara langsung di lahan. Dengan teknologi ini, diharapkan dapat tercapai peningkatan produktivitas dan efisiensi dalam budidaya bawang merah, sekaligus membantu petani mengelola sumber daya air secara lebih bijaksana dan efektif.

Kata kunci: Irigasi otomatis, Bawang Merah, Sensor kelembapan tanah, Sensor Cahaya, Internet of Things.

PENDAHULUAN

Bawang merah dan bawang daun merupakan komoditas hortikultura yang memiliki potensi besar dan nilai ekonomi yang signifikan. Tanaman ini telah lama dibudidayakan secara intensif oleh para petani dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Selain itu, bawang merah dan bawang daun memiliki peluang yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik sekaligus memenuhi permintaan ekspor (Rihadi et al., 2021). Bawang merah mengandung berbagai zat yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti sifat antikanker, pengganti antibiotik, serta membantu menurunkan tekanan darah, kolesterol, dan kadar gula darah. Berdasarkan penelitian, bawang merah mengandung kalsium, fosfor, zat besi, karbohidrat, serta vitamin A dan C (Brutu et al., 2022). Bawang merah varietas Tajuk merupakan jenis yang berasal dari Thailand dan termasuk dalam kelompok varietas klon. Tingginya berkisar antara 26,4 hingga 40 cm dengan daun berbentuk silindris, berongga di bagian tengah, panjang daun sekitar 27–32 cm, dan lebar 0,49–0,54 cm. Daunnya berwarna hijau muda dengan jumlah daun umbi sebanyak 3–8 helai, sedangkan per rumpun dapat mencapai 15–48 helai. Umbinya berbentuk bulat dengan tinggi 2,2–3,5 cm dan diameter 0,8–2,7 cm, serta memiliki warna merah muda. Berat umbi per buah berkisar antara 6–12 gram, dan setiap rumpun memiliki 5–15 umbi. Total berat umbi

per rumpun mencapai 30–80 gram, dengan jumlah anakan antara 6–12. Tingkat penyusutan berat umbi (basah ke kering simpan) berada di kisaran 22–25%. Varietas ini memiliki keunggulan berupa kemampuan adaptasi yang baik pada musim kemarau dan ketahanan terhadap hujan. Bawang merah dengan aroma tajam yang khas banyak ditanam di dataran rendah., seperti wilayah Nganjuk dan Banyuwangi(Pratiwi et al., 2020). Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu teknologi revolusioner yang mengubah cara pandang dalam beberapa tahun terakhir. Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor dan perangkat yang saling terhubung untuk mengumpulkan serta bertukar data, memungkinkan objek fisik berkomunikasi dan berinteraksi dengan lingkungannya. Salah satu bidang potensial untuk IoT adalah pengelolaan budidaya bawang merah. Pemantauan kelembapan tanah menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga produktivitas tanaman bawang merah. Di era digital saat ini, teknologi IoT memiliki manfaat yang sangat besar untuk memantau kelembapan tanah secara real-time. Tujuan utamanya adalah mengembangkan sistem pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT yang dapat membantu petani mengoptimalkan penggunaan air(A. Akbar, 2023). Alat ini dirancang untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah pada tanaman dan diprogram untuk secara otomatis menyuplai air melalui sistem pipa yang didukung oleh pompa. Sistem ini dapat menyesuaikan volume air sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pengukuran kelembapan tanah dilakukan menggunakan sensor Soil Moisture, yang bekerja dengan membaca kelembapan relatif (RH). Sensor ini memberikan pembacaan lebih dari 700 untuk kondisi tanah yang kering dan kurang dari 700 untuk kondisi yang lembap(Hidayat et al., 2020). Perangkat ini dirancang agar dapat dikendalikan melalui perangkat Android dengan memanfaatkan koneksi internet untuk keperluan kontrol dan pemantauan. Berdasarkan hasil penelitian, alat ini terbukti berfungsi dengan baik dan mampu menjalankan sistem penyiraman secara manual maupun otomatis tanpa mengalami bug atau kegagalan sistem(Gunawan et al., 2023).

METODE PENELITIAN

1. Proses pengumpulan data
Proses ini dilakukan dengan mengumpulkan data data pada lokasi penelitian sebagai acuan pembuatan alat Irigasi
2. Perancangan alat
Perancangan dilakukan setelah pengumpulan data dilakukan, guna mengetahui kebutuhan hingga bentuk alat yang sesuai dengan lokasi penelitian
3. Simulasi alat
Simulasi dilakukan setelah semua alat berhasil dirancang dalam proses ini, simulasi dilakukan dengan miniatur sawah dengan luas 3 x 2 m dengan bentuk guludan yang sama sesuai sawah milik Bpk. Sapuan

Pengumpulan Data

Penulis menggunakan referensi pada jurnal(Rahman et al., 2022) yakni membuat alat penyiraman otomatis dengan sensor kelembapan tanah dan sensor Suhu DHT 11 dan dapat di monitoring melalui smartphone. Sedangkan perbandingan jurnal tersebut dengan jurnal ini adalah perbedaan dalam penggunaan sensor LDR Module dan juga subjek penelitian dan objek penelitian dimana subjek adalah pembudiaya dan petani dan objek adalah Bawang merah



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Adapun alat yang perlu di perhatikan secara khusus yakni ESP32 sebagai penghubung antara alat dengan koneksi jaringan internet, Soil Moisture sebagai pengukur kelembapan dalam guludan dan LDR Module sebagai pengukur intensitas cahaya. Penelitian ini diambil pada sawah milik Bpk. Sapuan pada tanggal 16 Desember 2024, luas sawah milik Bpk. Sapuan sendiri adalah $\frac{1}{4}$ bahu ($1750m^2$) dengan banyak Guludan 66 dengan panjang masing-masing guludan 12m. Untuk simulasi implementasinya penulis membuat guludan dengan ukuran 3 x 2 m dengan kondisi soil moisture dapat membaca kelembapan pada tanah dalam kedalaman 5cm.



Gambar 2 Sawah Bpk.Sapuan

Bahan Dan Alat Irigasi

Pada tahapan ini penulis menjelaskan alat dan bahan pembuatan alat irigasi dan rancangan dari alat irigasi. Alat dan bahan dalam pembuatan penelitian ini meliputi Hardware dan Software diantaranya:

a) HARDWARE

1. NodeMCU ESP32

Mikrokontroler ESP32, yang diprogram melalui platform Arduino IDE, berfungsi sebagai unit kontrol utama. Tugasnya adalah menerima dan memproses data yang dikirimkan oleh berbagai sensor, kemudian berdasarkan hasil pemrosesan tersebut, ESP32 akan mengendalikan perangkat-perangkat lain yang terhubung. (Ariawan, 2024)

2. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor Kelembapan Tanah Kapasitif menggunakan prinsip kapasitansi untuk mengukur kelembapan tanah dengan lebih akurat dan tahan lama dibandingkan sensor resistif, sehingga ideal untuk aplikasi pertanian cerdas

- dan pemantauan lingkungan(Monitoring et al., 2022)
3. Sensor Cahaya
Light Dependent Resistor (LDR) merupakan jenis resistor yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh cahaya. Intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan penurunan resistansi, sedangkan kondisi gelap menyebabkan peningkatan resistansi.(Subagio et al., 2020)
 4. Kabel USB
Salah satu kelebihan utama USB dibandingkan jenis port lainnya adalah kecepatan transfer datanya. Data ditransfer melalui USB dalam bentuk paket-paket, dengan ukuran maksimal 64 bit per paket. Lebih lanjut, desain kabel USB dibuat khusus agar resisten terhadap gangguan sinyal (noise) dan distorsi, sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan pada data yang diterima(Awalia et al., 2023)
 5. Kabel Jumper
Kabel jumper merupakan konduktor listrik yang dilengkapi dengan pin konektor pada kedua ujungnya, yang memfasilitasi koneksi antar komponen dalam rangkaian elektronika, khususnya yang berkaitan dengan platform Arduino, tanpa melalui proses penyolderan.(Setiawan et al., 2024)
 6. Mesin pompa air (BLDC)
Motor BLDC menyajikan solusi optimal untuk aplikasi pemompaan air berkat efisiensi yang tinggi, masa pakai yang lebih lama, kemampuan kontrol yang presisi, dan karakteristik unggul lainnya. Kendati biaya pengadaan awal relatif lebih tinggi dibandingkan motor konvensional, keuntungan jangka panjang seperti efisiensi energi dan reduksi biaya perawatan menjadikan motor BLDC sebagai alternatif yang atraktif untuk berbagai keperluan pemompaan.(JASMINE, 2014)
 7. Relay
Sebagai saklar elektromekanis, relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengendalikan sirkuit bertegangan tinggi dengan menggunakan arus yang lebih kecil. Relay terdiri dari dua bagian utama: kumparan (electromagnet) dan saklar mekanis(Carroll et al., 2009)
 8. Adaptor DC 12V
Untuk mengoperasikan mikrokontroler, dalam hal ini Arduino Uno, diperlukan sumber daya. Sumber daya ini dapat diperoleh dengan menghubungkan board ke komputer melalui kabel USB, yang juga berfungsi untuk pemrograman, atau dengan menggunakan sumber daya eksternal berupa adaptor AC yang dikonversi ke DC atau baterai.(Nugroho et al., 2022)
 10. Bread Board
Breadboard adalah sebuah papan yang dirancang dengan konduktor listrik di dalamnya. Konduktor ini berfungsi sebagai titik-titik koneksi atau pin, yang memungkinkan perakitan dan pengujian rangkaian elektronik tanpa penyolderan(Anif et al., 2017)
 11. Pipa ½ inch
Pipa 1/2 inch" mengacu pada pipa yang memiliki diameter nominal 1/2 inci (setengah inci). Ini adalah ukuran standar pipa yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam sistem perpipaan rumah tangga dan irigasi skala kecil(Kuat et al., 2002)

b) SOFTWARE

1. Arduino IDE

Untuk memproses data, digunakan perangkat lunak Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan. Arduino IDE menyediakan *library* dan fungsi-fungsi yang memudahkan penulisan kode untuk memproses data sensor yang diterima oleh ESP32. Kode yang ditulis di Arduino IDE kemudian di-*upload* ke ESP32 agar dapat dieksekusi (View of Rancang Bangun Sistem Monitoring Data Sebaran Covid-19 Secara Real-Time menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things (IoT).pdf, n.d.)

2. Telegram

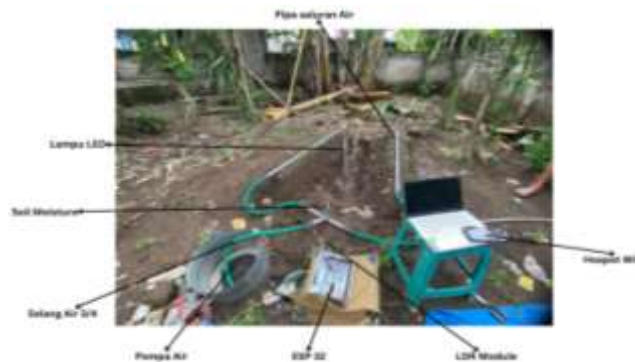
Telegram menyediakan fitur Bot yang dapat digunakan untuk pencarian, pengingat, dan koneksi. Dalam konteks ini, Bot Telegram digunakan untuk memantau dan mengendalikan irigasi berbasis NodeMCU ESP32, mengirim notifikasi melalui internet, sehingga memungkinkan kontrol jarak jauh. (Ramadhani et al., 2023)

3. Draw io

Perangkat lunak Draw.io adalah aplikasi diagramming gratis dan open-source yang sangat populer. Ia memungkinkan pengguna untuk membuat berbagai jenis diagram, mulai dari diagram alir sederhana hingga diagram yang lebih kompleks seperti diagram UML, diagram jaringan, dan mockup antarmuka pengguna (Oktafiandi et al., 2024)

Rancangan Alat Irigasi

Pada tahapan ini penulis membuat rancangan alat irigasi, Gambar rancangan bisa dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.

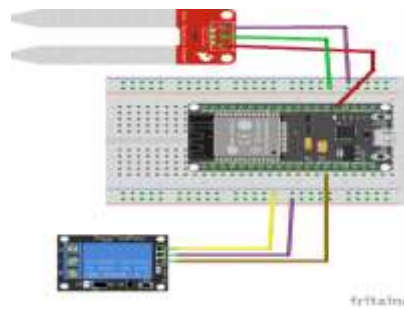


Gambar 3

Penulis menempatkan sensor soil moisture diantara guludan gunanya agar supaya Ketika penyiraman dilakukan sensor tidak bersentuhan langsung dengan yang dimana menyebabkan perubahan kelembapan secara signifikan yang dapat membuat ESP 32 mengirim perintah pada pompa untuk menghentikan penyiraman padahal seluruh guludan belum sepenuhnya tersirami. Penempatan Lampu LED di letakkan ditengah guludan agar supaya mampu menyinari keseluruhan guludan. Penggunaan selang air ukuran $\frac{3}{4}$ juga gunanya mengurangi anggaran biaya dikarenakan harga sambungan pipa juga terbilang cukup mahal.

Soil Moisture:

Pin Vcc terhubung dengan pin (+) pada breadboard, pin GND terhubung dengan pin (-) pada breadboard, Pin AUOT terhubung dengan D35



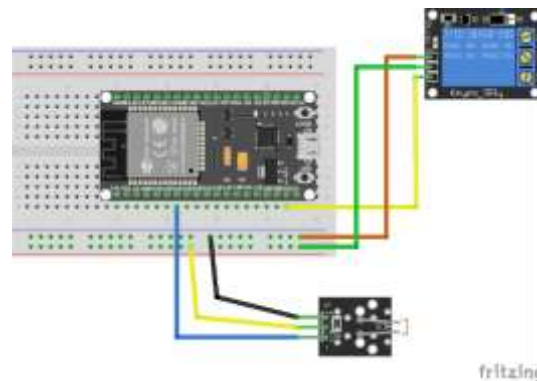
Gambar 4 Soil Moisture

Relay SSR:

Pin ESP 32 D15 terhubung pada input Relay SSR (-) dan Pin (+) pada breadboard terhubung ke input Relay SSR (+)

Output Pompa Air:

Output Relay SSR (+) (-) terhubung pada adaptor 12 volt sebagai pengganti aliran Listrik AC ke DC untuk Pompa Air



Gambar 5 Module Sensor

Sensor Module LDR:

Pin GND pada module terhubung ke pin (-) pada breadboard, pin Vcc pada module terhubung ke (+) pada breadboard, pin DO pada module terhubung ke D32 pada ESP 32

Relay:

Pin Vcc terhubung ke (+), pin GND terhubung ke (-) dan pin ESP 32 D19 terhubung ke Input pada Relay

Output Lampu LED:

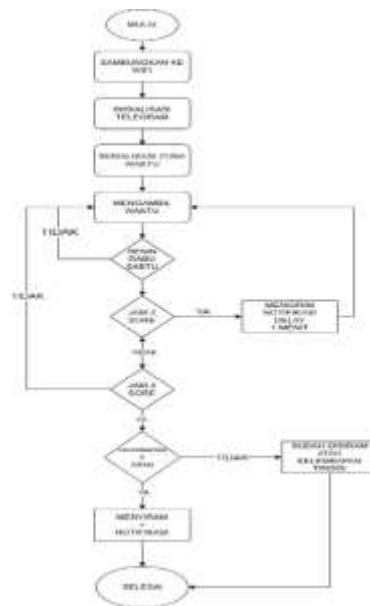
Salah satu jalur kabel stop kontak masuk ke Output COM & NC pada Relay

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perancangan diawali dengan pembuatan diagram blok perangkat keras untuk memahami cara kerja alat, lalu dilanjutkan dengan perancangan rangkaian yang mengintegrasikan seluruh perangkat menjadi sistem terkendali (F. Akbar et al., 2021)

Penulis menjabarkan alur cara kerja alat irigasi pada gambar 5.

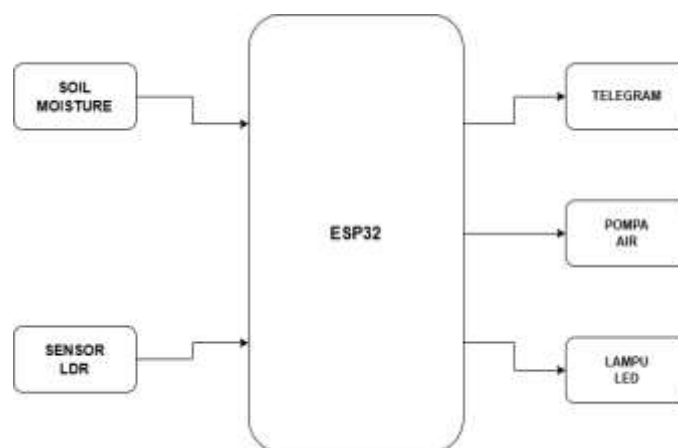
Flowchart pada Gambar 5 menjelaskan mengenai cara kerja dari alat Irigasi



Gambar 6 Flowchart Alat Irigasi

Otomatis pada tanaman Bawang Merah. Cara kerja alat ini ialah setelah ESP32 menerima daya dan mendapat sambungan jaringan, mikrokontroler akan menginisialisasi telegram dan juga zona waktu setelah ESP32 menentukan waktu dan mendeteksi apakah pada hari dan waktu tertentu (senin, rabu, sabtu pada jam 15.00) maka ESP32 akan mengirim notifikasi pada telegram, apabila pengguna tidak merespon sampai jam 16.00 maka sensor soil moisture akan otomatis membaca kelembapan tanah lalu mengirim notifikasi pada telegram dan juga menyiram Bawang Merah, namun apabila notif pada jam 15.00 di respon (menyiram) oleh pengguna untuk menyiram Bawang Merah, maka pada saat jam 16.00 alat tidak akan mengirim perintah pada pompa air untuk menyiram Bawang Merah.

3.1 Blok Diagram



Gambar 7 Blok Diagram

Pada Gambar 3.2 sistem kerja alat yang akan dibuat, yang mana sensor soil moisture dan sensor LDR akan mengirim data kedalam Mikrokontroler ESP32 maka setelah data terbaca oleh ESP32, Mikrokontroler akan mengirim notifikasi pada Bot Telegram, setelah itu pengguna dapat memberi perintah melalui Aplikasi Telegram. Apabila

pengguna mengirim perintah menyiram maka ESP32 akan memberikan perintah pada Relay SSR untuk membuka aliran arus Listrik dan menyalakan pompa air

Rangkaian Alat Irigasi

Rangkaian keseluruhan alat di jelaskan oleh penulis pada gambar 6.



Gambar 8 Rangkaian Alat

Rangkaian ini dapat bekerja apabila soil moisture membaca kelembapan pada tanah guludan kurang dari yang ditentukan(dibawah 60%) dan pompa air akan berhenti apabila nilai kelembapan tanah sudah cukup untuk guludan(diatas 70%). Untuk Lampu LED sendiri akan menyala apabila LDR Module menangkap intensitas Cahaya kurang dari 40%. Dalam rangkain ini Pompa air juga dapat di nyalakan/dimatikan secara manual melalui Bot Telegram.

Hasil Pengujian ESP32

Penulis menjelaskan hasil dari pengujian alat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Pengujian ESP32

NO	Fungsi	Hasil		Keterangan
		Berhasil	Gagal	
ESP32		Berhasil	Gagal	
1	Menangkap/membaca jaringan Wifi	Berhasil		Ketika menerima daya Mikrokontroler ESP32 terkoneksi dengan jaringan WiFi
2	Mengirim notifikasi pada telegram	Berhasil		Mengirim notifikasi yang telah di tentukan pada bot telegram
3	Mengirim perintah pada Relay untuk menyalakan/mematikan Pompa Air	Berhasil		Pompa dapat menyala pada jam & hari tertentu yang telah ditentukan apabila sensor membaca kurangnya asupan air pada tanah guludan
4	Mengirim perintah pada Relay untuk menyalakan/mematikan Lampu LED	Berhasil		Lampu LED dapat menyala apabila intensitas Cahaya yang didapat oleh sensor LDR terbaca kurang dari presentase yang di harapkan

Hasil Pengujian Soil Moisture

Penulis menjelaskan hasil dari pengujian alat pada tabel di bawah ini

Tabel 2 Pengujian Soil Moisture

NO	Fungsi	Hasil		Keterangan
		Berhasil	Gagal	
Soil Moisture				
1	Menangkap/membaca kelembapan tanah	Berhasil		Soil moisture membaca presentase kelembapan tanah pada kondisi tanah yang basah/kering
2	Mengirim hasil deteksi kelembapan pada ESP32	Berhasil		Mengirim data pada ESP32 dalam bentuk presentase dan dikirimkan pada bot telegram
3	Mengirim perintah pada Relay untuk menyalakan/mematikan Pompa Air	Berhasil		Pompa dapat menyala pada jam & hari tertentu yang telah ditentukan apabila sensor membaca kurangnya asupan air pada tanah guludan

Hasil Pengujian LDR Module

Penulis menjelaskan hasil dari pengujian alat pada tabel di bawah ini

Tabel 3 Pengujian LDR Module

NO	Fungsi	Hasil		Keterangan
		Berhasil	Gagal	
Sensor LDR				
1	Menangkap/membaca intensitas cahaya	Berhasil		Sensor LDR membaca intensitas Cahaya pada tempat yang telah ditentukan
2	Mengirim hasil deteksi intensitas cahaya pada ESP32	Berhasil		Mengirim data pada ESP32 dalam bentuk presentase dan dikirimkan pada bot telegram
3	Mengirim perintah pada relay untuk menyalakan/mematikan lampu LED	Berhasil		Lampu LED dapat menyala apabila intensitas Cahaya yang didapat oleh sensor LDR terbaca kurang dari presentase yang di harapkan

Hasil Pengujian LDR Telegram



Gambar 9 Menu Start

1. /status

Pada Menu /start Bot telegram akan menampilkan keseluruhan fitur menu dari alat yang dibuat pengguna dapat melakukan pengecekan kondisi tanah dan intensitas Cahaya pada guludan. Dari fitur tersebut terdapat beberapa fitur menu yang lain diantaranya:

2. /lakukan_penyiraman

Pada menu ini user diberikan fitur untuk memberi perintah menyiram tanaman atau tidak melalui Bot Telegram, seperti pada gambar berikut:



Gambar 10 Menu Lakukan Penyiraman

Pada fitur /lakukan_penyiraman user dapat memerintahkan pompa untuk melakukan penyiraman pada guludan dan durasinya sesuai dengan perintah dari user, fitur ini merupakan fitur penting dalam Alat ini karena fitur ini menjadi tolak ukur keberhasilan dari Alat Irigasi Otomatis ini, apabila penyiraman telah dilakukan maka user akan menerima pesan bahwa penyiraman telah dilakukan untuk memastikan bahwa penyiraman sudah sesuai dengan durasi yang di inginkan dan memastikan bahwa pompa sudah berhenti menyiram.

Pengujian Kestabilan Soil Moisture

Pengujian ini merupakan hasil kestabilan Soil Moisture sebelum dan sesudah Guludan tersirami oleh air, pengujian dilakukan dengan cara mengecek status secara berkala melalui Bot Telegram dengan durasi tertentu. Hasil dapat dilihat pada table dibawah.

Tabel 4 Sebelum Penyiraman

NO	Hasil Sensor	Durasi (menit)	Selisih	Error
1	45%	5 Menit	45%	0%
2	46%	5 Menit	45%	1%
3	46%	5 Menit	46%	0%
4	45%	5 Menit	47%	2%
5	46%	5 Menit	46%	0%
Rata-rata				45,6%
Akurasi				98,67%

Dari tabel 4 didapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi dengan durasi per 5 menit pengecekan kestabilan Soil Moisture didapatkan hasil rata – rata 45,6% dan juga memiliki akurasi 98,67% ini berarti Soil Moisture memiliki kestabilan yang cukup tinggi dan dengan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa Soil Moisture berjalan sesuai dengan apa yang penulis inginkan

Tabel 5 Sesudah Penyiraman

NO	Hasil Sensor	Durasi (menit)	Selisih	Error
1	89%	5 Menit	88%	1%
2	90%	5 Menit	87%	2%
3	88%	5 Menit	88%	0%
4	89%	5 Menit	87%	1%
5	90%	5 Menit	91%	2%
Rata-rata				89,2%
Akurasi				98,64%

Dari tabel 4.5 didapatkan hasil setelah penyiraman yang memiliki ke akurasion tinggi pada Soil Moisture dengan selisih dibawah 5% dan mendapatkan rata – rata 89,2% Tingkat ke akurasion juga tinggi di angka 98,64% ini menunjukkan dengan melakukan pengecekan secara berkala selama 5 menit mendapatkan Tingkat akurasi yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah penyiraman Soil Moisture memiliki kestabilan yang tinggi.

Pengujian Kestabilan LDR Module

Tabel 6 Kestabilan LDR Module

NO	Hasil Sensor	LED (ON/OFF)	Error
1	40%	ON	Tidak
2	36%	ON	Tidak
3	78%	OFF	Tidak
4	38%	ON	Tidak
5	84%	OFF	Tidak
Rata-rata			55,2%
Akurasi			99,0%

Dari tabel diatas hasil dari LDR Module mendapatkan Tingkat akurasi di angka 99,0% dengan rata – rata yang diambil dari hasil tangkapan sensor di angka 55,2% hasil ON/OFF juga menampilkan hasil yang di inginkan oleh penulis. Dari hasil diatas menunjukan LDR Module berfungsi dengan baik sesuai dengan Alat Irigasi yang di inginkan

Pengujian Black Box

Tabel 7 Pengujian Black Box

Kode	Pengujian	Kasus Uji	Hasil yang diharapkan	Hasil riil
TC-001	ESP32	ESP32 menerima hasil tangkapan dari sensor Soil Moisture dan LDR Module	Data kelembapan tanah dan intensitas Cahaya diterima oleh ESP32 dan dapat melakukan perintah melalui Bot Telegram	Data ditampilkan melalui Bot Telegram & sesuai dengan tangkapan dari Soil Moisture dan LDR Module
TC-002	Adaptor 12 volt	Adaptor menerima daya dari aliran Listrik AC 250v dan dikonversikan menjadi DC 12 Volt	Adaptor mengubah daya AC to DC dengan tegangan 12 Volt	Adaptor berhasil mengubah arus AC to DC dengan tegangan 12 Volt
TC-003	Soil Moisture	Sensor ditanam pada tanah dengan kelambapan yang bervariasi.	Data kelembapan tanah dikirimkan ke ESP32.	Data Kelembapan berhasil dibaca
TC-004	LDR Module	Sensor di tempatkan pada intensitas Cahaya yang bervariasi	Data hasil tangkapan LDR Module dikirim ke ESP32	Data Intensitas Cahaya berhasil dibaca
TC-005	Relay SSR	Relay diaktifkan oleh ESP32 berdasarkan perintah user	Relay dapat membuka dan menutup daya Listrik pompa	Relay berfungsi seperti yang diharapkan dan tidak menyebabkan feedback yang memicu terjadinya error
TC-006	Relay 5Volt DC	Relay diaktifkan oleh ESP32 secara otomatis	Relay dapat menyambungkan dan menutup aliran Listrik terhadap LED sesuai perintah ESP32	Relay berfungsi sebagaimana mestinya dan tidak menyebabkan feedback yang memicu terjadinya error
TC-007	Pompa Air Brushles	Pompa diaktifkan oleh relay SSR berdasarkan perintah ESP32 atau dari Bot Telegram	Pompa menyiram air berdasarkan waktu yang ditentukan	Pompa telah menyiram sesuai dengan waktu yang telah ditentukan

TC-008	Lampu LED	LED diaktifkan oleh relay 5Volt berdasarkan perintah ESP32	LED menyala berdasarkan intensitas Cahaya hasil tangkapan dari LDR Module	LED dapat menyala sesuai dengan intensitas Cahaya hasil tangkapan LDR Module
TC-009	Server Bot Telegram	Data dari tangkapan Soil Moisture & LDR Module dikirim dari ESP32 ke server Bot Telegram	Bot Telegram mampu menampilkan data dari tangkapan Soil Moisture & LDR Module	Data Soil Moisture & LDR Module berhasil ditampilkan di Bot Telegram
TC-010	Aplikasi Telegram	Pengguna dapat mengirim perintah untuk menyalakan pompa & mengatur waktu penyiraman melalui aplikasi Telegram	Perintah dari pengguna dapat dijalankan oleh ESP32 dan pompa menyala sesuai waktu yang telah ditentukan	Perintah pada aplikasi Telegram berhasil dijalankan sesuai keinginan pengguna

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang terdokumentasi dalam tabel, sistem irigasi berbasis IoT berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian yang dilakukan mencakup seluruh komponen utama sistem, mulai dari sensor kelembapan tanah (Soil Moisture) dan cahaya (LDR Module), mikrokontroler ESP32 sebagai otak sistem, relay (SSR dan 5V DC) yang berperan sebagai saklar elektronik, aktuator berupa pompa air *brushless* dan lampu LED sebagai indikator visual, hingga integrasi dengan Bot Telegram sebagai antarmuka pengguna. Seluruh komponen tersebut telah diuji secara individual dan dalam integrasi sistem secara keseluruhan, dan menunjukkan hasil yang positif serta memenuhi kriteria pengujian yang telah ditetapkan. Hal ini membuktikan bahwa rancangan dan implementasi sistem irigasi berbasis IoT ini telah berhasil dan berpotensi untuk diimplementasikan secara efektif di lingkungan pertanian untuk membantu petani dalam mengelola irigasi secara lebih cerdas dan efisien.

Pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu menerima dan memproses data dari sensor kelembapan tanah dan cahaya dengan akurat, serta merespons perintah yang diberikan melalui Bot Telegram untuk mengendalikan aktuator. Relay SSR dan 5V DC berfungsi dengan baik dalam mengendalikan aliran listrik ke pompa dan LED tanpa menimbulkan *feedback* yang dapat menyebabkan error. Pompa air *brushless* bekerja sesuai durasi yang ditentukan, baik melalui perintah otomatis dari ESP32 berdasarkan data sensor maupun perintah manual dari pengguna melalui Bot Telegram. Lampu LED juga merespons dengan tepat terhadap perubahan intensitas cahaya yang ditangkap oleh LDR Module. Yang terpenting, integrasi dengan Bot Telegram berhasil menyediakan antarmuka yang mudah digunakan bagi petani untuk memantau kondisi lahan dan mengendalikan sistem irigasi dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya otomatis dalam pengoperasiannya, tetapi juga memberikan fleksibilitas dan kemudahan bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. (2023). Implementasi Internet of Things Untuk Monitoring Kelembapan Tanah Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Kecerdasan Buatan Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 91–97.
- Akbar, F., & Sugeng, S. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruang Penyimpanan Obat Berbasis Internet Of Things (IoT) di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(9), 1021–1028. doi: 10.59188/journalsostech.v1i9.198
- Anif, M., & Pria Utama, G. (2017). Monitoring Ruang Jarak Jauh Menggunakan

- Mikrokontroler Dfduino, Sensor Passive Infrared dan Buzzer. *Jurnal SISFOTEK*, 3584, 143–152. Retrieved from www.seminar.iaii.or.id
- Ariawan, A. (2024). *Smart Sprout : Irigasi Cerdas Berbasis AIoT untuk Pertanian Modern dan Ramah Lingkungan*. 7(2). doi: 10.32877/bt.v7i2.1841
- Awalia, A., Rosiana, E., Sasongkojati, B., & Aribowo, D. (2023). Analisis Kinerja Transfer Data pada Universal Serial Bus (USB) Type A to C dan Type C to C. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(4), 159–166. doi: 10.56211/sudo.v2i4.379
- Brutu, H., Purba, N. P., Gultom, F., Agung, U. D., & Regency, D. S. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Ekoenzim Dan Phonska Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.)Varietas Tajuk. *Jurnal Agrotekda*, 6(1), 40–50.
- Carroll, P. B., & Beverage, S. (2009). Journal of Engineering and. *Journal of Engineering and Technology Management*, 26(64), 211–214.
- Gunawan, S., Anshor, A. H., & Amali, A. (2023). Sistem Monitoring dan Kontrol Taman Pintar Berbasis IoT (Internet of Things) dengan NodeMCU ESP8266. *Bulletin of Computer Science Research*, 3(4), 283–288. doi: 10.47065/bulletincsr.v3i4.270
- Hidayat, A., Arief, V., Atina, W., Aldika, L., Niki, Y., Yudha, A., & Nugroho, A. S. (2020). Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanah Tanaman Buah Naga Berbasis IoT. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6*, 6(1), 1040–1047.
- JASMINE, K. (2014). 濟無No Title No Title No Title. *Penambahan Natrium Benzoat Dan Kalium Sorbat (Antiinversi) Dan Kecepatan Pengadukan Sebagai Upaya Penghambatan Reaksi Inversi Pada Nira Tebu*, 2(6).
- Kuat, D., Belah, T., Padang, I., Matana, H., & Manga', J. (2002). *Pengaruh Diameter Lubang Pipa Pada Kolom Terhadap Kuat Tekan*.
- Monitoring, A., Tanah, K., Serta, T., Dan, P., Otomatis, P., Tanaman, P., Lidah, H., Berbasis, M., Winsen, I., & Setiawan, A. (2022). Aplikasi Monitoring Kelembapan Tanah, Suhu, Kadar PH Tanah Serta Penyiraman Dan Pemupukan Otomatis Pada Tanaman Hias Lidah Mertua Berbasis IOT. *Jurnal Infra*, 10(1), 85–90. Retrieved from <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-informatika/article/view/12023>
- Nugroho, prio agung, & Bella, C. (2022). Sistem Alat Pengusir Hama Hewan Babi Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Gerak. *Jurnal Sutet*, 2(1), 1–17.
- Oktafiandi, R., Zakaria, H., Zailani, A. U., Ilyasah, R., Syahrul, D., Asrizal, M., Haidar, M. F., Reynaldi, P., Palah, S., Gibran, Y., Informatika, T., Komputer, F. I., Pamulang, U., & Selatan, T. (2024). *Jurnal+PKM+group+(ref-ok)*. 1(6), 410–416.
- Pratiwi, E. E., Maharijaya, A., & Dinarti, D. (2020). Genetic Diversity of Shallot (*Allium cepa* var. aggregatum) Based on Morphology and Molecular Marker setik Bawang Merah (*Allium cepa* var. aggregatum) Berdasarkan Marka Morfologi dan Molekuler. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 11(1), 51–60. doi: 10.29244/jhi.11.1.51-60
- Rahman, S., & Santika, R. R. (2022). *Prototype Penyiram Tanaman Bayam Otomatis untuk Menjaga Kelembaban Tanah Berbasis NodeMCU ESP8266*. 11(September), 26–32.
- Ramadhani, V., & Santoso, B. (2023). Perancangan alat monitoring kunci pintu dengan konsep IOT menggunakan NODEMCU berbasisTelegram. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer Dan Pendidikan*, 1(5), 1145–1151. Retrieved from <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>
- Rihadi, S. S. A., Soedomo, R. P., Sulandjari, K., & Laksono, R. A. (2021). Studi Karakteristik Agronomi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Agrihorti-1 dan Mentas dengan Bawang Daun Kultivar Lokal Kalimantan (*Allium fistulosum* L.) Di Dataran Tinggi Jawa Barat. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(1), 16. doi: 10.35329/agrovital.v6i1.2000

- Setiawan, S. A., Hidayat, M., & Sutarti. (2024). Prototype Lampu Penerangan Jalan Otomatis Menggunakan Sensor Ldr Berbasis Arduino Uno. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 11(1), 119–127. doi: 10.30656/prosisko.v11i1.8257
- Subagio, R. T., Kusnadi, K., & Sudiarto, T. (2020). Prototype Sistem Keamanan Buka Tutup Atap Jemuran Otomatis Menggunakan Sensor Air Dan Light Dependent Resistor (Ldr) Berbasis Arduino. *Jurnal Digit*, 8(2), 161–172.
- View of Rancang Bangun Sistem Monitoring Data Sebaran Covid-19 Secara Real-Time menggunakan Arduino Berbasis Internet of Things (IoT).pdf.* (n.d.).