

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN DAN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT DI PESANTREN MAHASISWA AL-HIKAM MALANG

Muhammad Alifil Ma'luf¹, Michael Ardita²

Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang, Malang, Indonesia

¹muhammadalifil25@gmail.com, ²michael.ardita@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Inovasi teknologi telah membawa kemajuan signifikan di berbagai sektor, termasuk bidang pertanian. Salah satu aplikasinya adalah sistem penyiraman tanaman otomatis yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan air yang efisien. Proyek ini melibatkan perancangan dan implementasi sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT), memanfaatkan mikrokontroler ESP32, bersama dengan sensor kelembapan tanah kapasitif, sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), serta sensor intensitas cahaya (BH1750). Penyiraman otomatis dijadwalkan pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB, yang akan aktif jika salah satu sensor mendeteksi kondisi tanah kering. Data dari semua sensor dikirimkan ke server dan disimpan dalam database MySQL setiap lima menit. Visualisasi data lingkungan dapat diakses secara real-time melalui halaman web monitoring yang responsif di perangkat laptop maupun smartphone. Pengujian membuktikan bahwa sistem berfungsi akurat, stabil, dan efisien dalam mengelola penyiraman serta memfasilitasi pemantauan lingkungan tanaman secara remote. Diharapkan sistem ini dapat diterapkan di lingkungan seperti pesantren atau lokasi lain yang memerlukan solusi penyiraman otomatis yang hemat air.

Kata Kunci: ESP32, kelembapan tanah, IoT, monitoring, penyiraman otomatis;

I. PENDAHULUAN

Unit Tani Cabai di Pondok Pesantren Al-Hikam Malang, yang berlokasi di Kota Malang, Jawa Timur, terbentuk sebagai realisasi dari prestasi santri dalam Kompetisi Rencana Bisnis Al-Hikam pada acara Festival Ilmiah Santri (FIS) 2024.. Inisiatif ini juga berfungsi untuk menyediakan kerangka kerja praktis dan mendukung kebutuhan edukasi santri. Namun, praktik budidaya dan irigasi tanaman cabai di pesantren tersebut masih dilakukan secara manual oleh para santri. Kondisi ini sering mengakibatkan tanaman cabai tidak memperoleh pasokan air yang memadai dan berkelanjutan untuk pertumbuhan optimal. Kurangnya air yang tidak tertangani dapat menyebabkan tanaman layu dan mengganggu perkembangannya. [1].

Pertanian kontemporer telah menerapkan beberapa teknologi pemeliharaan tanaman otomatis untuk meningkatkan proses seperti irigasi, pemupukan, dan panen [2]. Pemanfaatan teknologi pemantauan dan otomatisasi menggunakan mikrokontroler lazim di berbagai jenis tanaman, termasuk sayuran, tanaman hias, dan jamur tiram [3]. Air sangat penting bagi tanaman untuk mencapai fotosintesis dan pertumbuhan yang optimal. Oleh karena itu, faktor-faktor seperti irigasi yang memadai dan kelembapan tanah sangat penting untuk menilai kualitas pertumbuhan [4]. Sistem irigasi otomatis dikembangkan dengan berbagai pemicu, seperti penjadwalan waktu atau kondisi lingkungan, termasuk suhu dan kelembapan tanah.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi yang secara otomatis diaktifkan berdasarkan ambang batas kelembapan tanah yang spesifik untuk tanaman cabai. Keunikan utama dari proyek ini adalah penggunaan daya listrik dari panel surya milik Pondok Pesantren Al-Hikam, yang memastikan sistem otomatisasi ini tidak menambah beban biaya operasional. Mikrokontroler akan memulai proses penyiraman secara mandiri saat mendeteksi tingkat kelembapan tanah berada di bawah batas minimal yang telah ditetapkan.

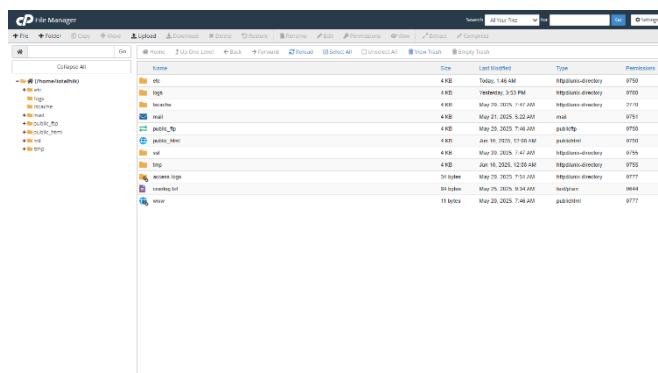
II. KAJIAN PUSTAKA

A. *Internet Of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merujuk pada kerangka kerja global yang memungkinkan objek-objek untuk mentransmisikan data secara otonom melalui jaringan, tanpa memerlukan interaksi antara manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. IoT dinilai memiliki potensi revolusioner yang setara, bahkan mungkin melampaui, dampak internet. Karena penelitian IoT masih relatif baru, saat ini belum ada definisi universal yang diterima secara luas [5].

B. Web Server

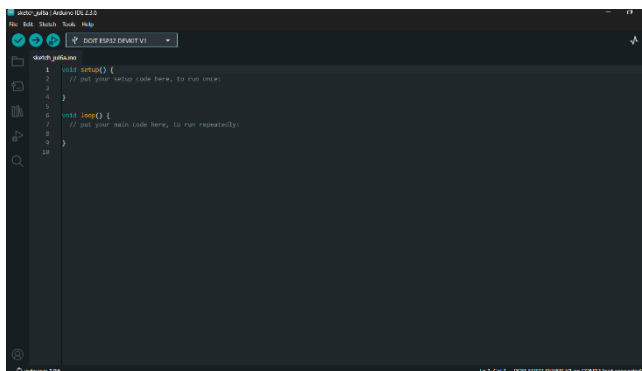
Server web merupakan program aplikasi yang bertugas menyediakan layanan data. Peran utamanya adalah menerima permintaan HTTP atau HTTPS dari peramban web pengguna dan mengembalikan respons, yang umumnya berupa halaman web dalam format HTML. Dengan demikian, server web bertindak sebagai host bagi aplikasi web dan pemroses permintaan dari klien. Untuk mendukung penyediaan konten web yang dinamis, server web seringkali terintegrasi dengan penerjemah bahasa skrip, didukung oleh pustaka tambahan seperti PHP atau ASP. [6][7]. Gambar 1 menggambarkan antarmuka File Manager yang berfungsi pada Web Server yang digunakan dalam sistem ini sebagai utilitas manajemen berkas.



Gambar 1. File Manager Web Server

C. IDE Arduino

Proses pemrograman perangkat memerlukan penyiapan konfigurasi awal. Arduino IDE (Integrated Development Environment) berperan sebagai kompiler dan alat pengaturan yang mengoptimalkan software untuk setiap jenis mikrokontroler. Keunggulannya, programmer tidak perlu secara manual mendefinisikan ulang nilai-nilai dasar karena IDE telah menyediakan konfigurasi default untuk inisialisasi chip yang dipakai. Bahasa C dipilih sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi untuk platform Arduino, yang mendukung pengoperasian IDE secara optimal [8][9]. Gambar 2 mengilustrasikan antarmuka Arduino IDE yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler ESP32.



Gambar 2. IDE Arduino

D. Capacitive Soil Moisture Sensor (Sensor Kelembapan Tanah)

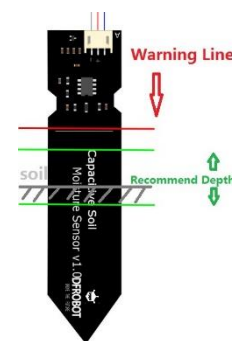
Sensor kelembapan tanah kapasitif mendeteksi kandungan air tanah dengan mengukur perubahan kapasitansi yang

disebabkan oleh variasi nilai dielektrik. Secara fisik, sensor ini tersusun dari dua pelat konduktif dengan bahan dielektrik di antara keduanya. Ketika kadar air di media tanam berubah, konstanta dielektrik tanah akan terpengaruh, yang pada gilirannya mengubah nilai kapasitansi yang diukur. Kelebihan utama sensor kapasitif dibandingkan jenis resistif adalah ia tidak kontak langsung dengan tanah, menjadikannya lebih tahan korosi dan memberikan pembacaan yang lebih stabil. Sensor ini beroperasi pada rentang tegangan 3,3–5,5 V DC dan menghasilkan output analog yang diubah menjadi kadar kelembapan melalui proses ADC (Analog to Digital Converter) [10][11]. Gambar 3 menyajikan bentuk fisik dari sensor kelembapan tanah kapasitif yang menjadi salah satu komponen utama dalam sistem.



Gambar 3. Capacitive Soil Moisture Sensor (Sensor Kelembapan Tanah)

Pada Arduino UNO, ADC menghasilkan nilai 0–1023, di mana nilai tinggi menunjukkan kelembapan rendah. Untuk interpretasi dalam bentuk persentase, diperlukan proses kalibrasi: nilai ADC saat sensor di udara kering dianggap sebagai 0% RH, sedangkan saat dicelupkan dalam air dianggap sebagai 100% RH [10][12]. Gambar 4 menggambarkan rentang kalibrasi sensor kelembapan tanah yang digunakan sebagai acuan untuk mengonversi nilai analog menjadi estimasi kelembapan dalam bentuk persentase.



Gambar 4. Rentang Kalibrasi Sensor Kelembapan Tanah

$$\% \text{ Soil Moisture} = 100 - \frac{\text{ADC}}{4095} \times 100 \quad (12)$$

(Nilai Tertinggi)

Hasil kalibrasi ini memungkinkan pemetaan nilai ADC menjadi kelembapan tanah dalam persen. Tabel 1 memberikan klasifikasi kondisi kelembapan tanah berdasarkan hasil kalibrasi nilai ADC dan persentase kelembapan, yang terdiri dari kategori “Low”, “Medium”, dan “High”. [12].

Tabel 1. Tingkat Kelembapan Tanah

Jangkauan Nilai ADC	Persentase Kelembapan (%)	Kondisi Tanah
1801 - 2200	0% - 33%	Kering

1401 - 1800	34% - 66%	Lembap (Ideal)
1000 - 1400	67% - 100%	Basah

E. Power Supply DC (Adaptor)

Listrik yang digunakan di lingkungan perumahan, komersial, dan industri sebagian besar berupa arus bolak-balik (AC) karena keunggulan ekonomisnya dalam pembangkitan dan pendistribusiannya. Namun demikian, sebagian besar perangkat elektronik modern membutuhkan arus searah (DC) pada tegangan yang lebih rendah. Oleh karena itu, setiap perangkat elektronik umumnya dilengkapi dengan rangkaian konversi AC-ke-DC yang dikenal sebagai Catu Daya DC atau adaptor [13]. Gambar 5 menggambarkan arsitektur fisik adaptor DC yang digunakan sebagai catu daya utama untuk sistem ini.



Gambar 5. Adaptor

Catu Daya DC terdiri dari empat komponen penting: transformator yang menurunkan tegangan AC; penyearah yang mengubah AC menjadi DC yang tidak teregulasi; filter yang mengurangi riak; dan regulator tegangan yang menstabilkan tegangan keluaran untuk memenuhi kebutuhan rangkaian elektronik [13].

F. NodeMCU ESP32

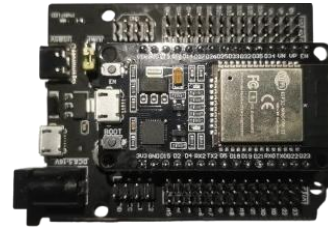
Mikrokontroler ESP32 adalah System on Chip (SoC) terintegrasi yang mencakup WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, dan banyak periferal. ESP32 adalah chip terintegrasi yang mencakup prosesor, memori, dan akses GPIO (General Purpose Input/Output). ESP32 dapat berfungsi sebagai sirkuit alternatif untuk Arduino. ESP32 memungkinkan konektivitas Wi-Fi langsung. Gambar 6 menggambarkan konfigurasi fisik mikrokontroler NodeMCU ESP32, yang berfungsi sebagai unit kontrol utama dalam sistem.



Gambar 6. NodeMCU ESP32

Spesifikasi ESP32 adalah sebagai berikut: Papan ini tersedia dalam dua konfigurasi: 30 GPIO dan 36 GPIO. Keduanya melakukan operasi yang sama; namun, tipe 30 GPIO dipilih karena memiliki dua konektor GND. Semua pin ditandai dengan jelas di permukaan atas papan untuk memudahkan identifikasi. Papan ini dilengkapi antarmuka USB ke UART yang dapat dengan mudah diprogram dengan perangkat lunak pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE. Daya dapat disuplai ke papan melalui konektor micro USB

[14][15]. Gambar 7 menggambarkan NodeMCU ESP32 yang dilengkapi dengan Expansion Shield untuk konektivitas yang lebih baik ke berbagai sensor dan perangkat.



Gambar 7. NodeMCU ESP32 dengan Expansion Shield

G. Relay

Rangkaian elektromagnetik dirancang untuk mengendalikan beragam rangkaian elektronik terintegrasi atau sakelar, yang dapat diatur oleh rangkaian elektronik lain, dengan menggunakan energi listrik sebagai sumber dayanya. Kontak akan tertutup (aktif) atau terbuka (nonaktif) karena efek induksi magnetik yang dihasilkan oleh sakelar; kontak dioperasikan secara manual tanpa memerlukan arus listrik [8][16]. Gambar 8 mengilustrasikan susunan fisik modul relai saluran tunggal yang digunakan untuk mengendalikan pompa air dalam sistem irigasi otomatis.



Gambar 8. Relay

H. Water Pump (Pompa Air)

Pompa air submersible ringkas. Pompa air mungil ini cocok untuk akuarium, kolam ikan, hidroponik, robotika, atau pengembangan proyek berbasis mikrokontroler. Pompa air adalah perangkat yang berfungsi untuk menyedot dan mensirkulasikan air di dalam sistem pendingin, sehingga memungkinkan aliran air di dalam mesin [17]. Gambar 9 menggambarkan susunan fisik pompa air mini yang digunakan sebagai aktuator untuk irigasi otomatis tanaman sesuai dengan instruksi mikrokontroler.



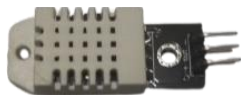
Gambar 9. Water Pump (Pompa Air)

Pada sistem penyiraman tanaman pompa air ini sangat berguna untuk mendorong air atau mengeluarkan air dan menyiramnya pada tanaman yang sudah dikontrol melalui mikrokontroler [8].

I. Sensor DHT22

Pompa air dalam sistem irigasi tanaman sangat penting untuk memasok air ke tanaman, yang dikendalikan oleh

mikrokontroler. Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara adalah DHT22. Sensor ini mengukur suhu dan kelembapan relatif, menghasilkan keluaran sinyal digital, dan terdiri dari empat pin: catu daya, data, NC (tidak terhubung), dan ground [18][19]. Berbeda dengan DHT11, DHT22 memiliki akurasi yang lebih tinggi, dengan kesalahan pengukuran suhu sebesar 4% dan kesalahan kelembapan relatif sebesar 18% [18][20]. Gambar 10 menggambarkan susunan fisik sensor DHT22 yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan di sekitar tanaman.



Gambar 10. Sensor DHT22

J. Sensor BH1750

Sensor BH1750 menghasilkan sinyal digital, sehingga menghilangkan kebutuhan akan proses komputasi di mikrokontroler. Dibandingkan dengan sensor fotodioda dan LDR, sensor BH1750 memiliki akurasi dan kemudahan penggunaan yang lebih tinggi, karena sensor fotodioda dan LDR menghasilkan keluaran analog yang memerlukan komputasi untuk mendapatkan nilai intensitas [21][22]. Gambar 11 menggambarkan susunan fisik sensor BH1750 yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar.



Gambar 11. Sensor BH1750

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menguraikan tahapan pengembangan, implementasi, dan penilaian sistem penyiraman tanaman otonom berbasis IoT, termasuk perancangan perangkat keras dan analisis data sensor di Pondok Pesantren Al-Hikam, Malang.

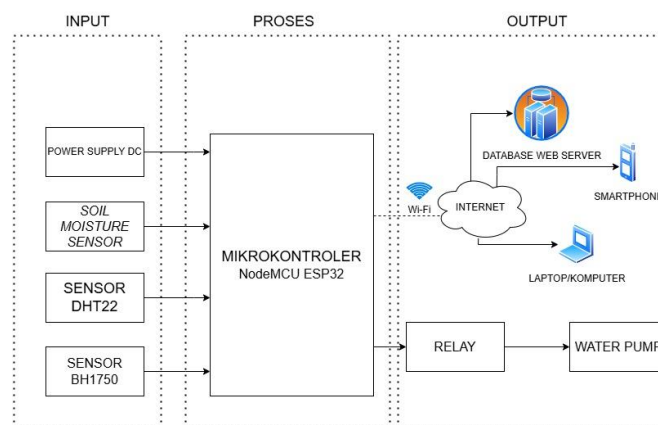
A. Spesifikasi Alat

1. Parameter yang digunakan dalam sistem penyiraman otomatis meliputi sensor kelembapan tanah kapasitif, sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, serta sensor intensitas cahaya BH1750.
2. Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi, yang berfungsi untuk memproses data dari sensor dan mengirimkan informasi ke server secara wireless.
3. Data sensor ditampilkan secara real-time dan dapat diakses melalui web monitoring yang menyajikan grafik serta tabel guna memantau kondisi lingkungan secara akurat.
4. Penyiraman dilakukan otomatis pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB, selama 15 detik, apabila salah satu dari sensor kelembapan mendeteksi kondisi "Kering".

5. Sistem tidak menggunakan notifikasi, namun seluruh informasi dapat dipantau melalui jaringan lokal via web browser.
6. Rangkaian sistem bekerja pada tegangan 5V DC untuk sensor dan logika, serta 12V DC untuk pompa air menggunakan catu daya eksternal.
7. Unit sistem diuji pada wadah berukuran 10 cm × 20 cm yang berisi 5 pot kecil, dan dilengkapi dengan 3 sensor kelembapan tanah yang ditempatkan di posisi strategis untuk memantau kelembapan secara merata di seluruh area tanam.

B. Diagram Blok Alat

Pada diagram alir tersebut menunjukkan beberapa tahapan dalam proses penelitian yaitu, dimulai dengan menganalisis kebutuhan yang dilanjutkan dengan desain dan perancangan alat yang akan dibuat. Kemudian, dibuatlah alat yang sudah dirancang dan dilakukan pengujian. Dalam proses pengujian juga akan dilakukan evaluasi kinerja alat jika alat tidak berfungsi maka akan dilakukan perbaikan dan diuji kembali. Akan tetapi, jika alat sudah berfungsi maka akan dilanjutkan pada tahap pengambilan hasil data, serta hasil data tersebut akan dianalisis. Tahap terakhir yakni pembuatan laporan dari alat yang sudah dibuat alat [23][24].

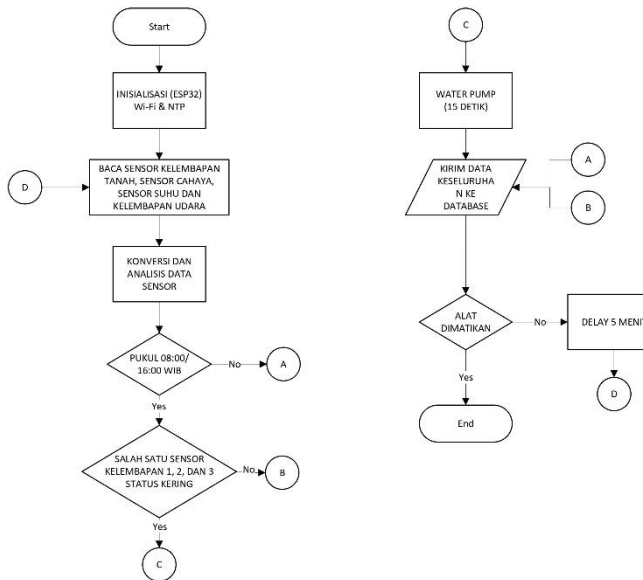


Gambar 12. Blok Diagram Alat

Gambar 12 menggambarkan diagram blok perangkat. Sistem ini memiliki tiga kategori sensor: tiga sensor kelembapan tanah, satu sensor suhu dan kelembapan DHT22, dan satu sensor cahaya BH1750. Semua sensor terhubung ke mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data. ESP32 secara berkala mengumpulkan data dan mengirimkannya melalui Wi-Fi ke server web untuk divisualisasikan dalam bentuk grafik dan tabel.

Jika sensor kelembapan menunjukkan status "Kering" pada pukul 08.00 atau 16.00 WIB, ESP32 akan mengaktifkan pompa air melalui modul relai selama 15 detik untuk menyediakan irigasi otomatis pada sistem. Sistem secara keseluruhan beroperasi dengan catu daya 5V untuk komponen elektronik dan sumber daya 12V untuk pompa.

C. Flowchart Alat



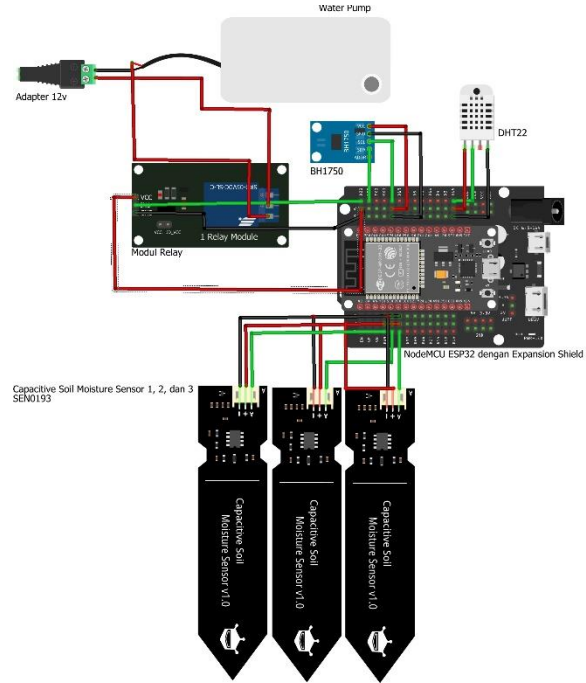
Gambar 13. Flowchart Alat

Gambar 13 mengilustrasikan diagram alir yang menggambarkan proses sistem penyiraman otonom berbasis ESP32. Sistem dimulai dengan pengaturan Wi-Fi dan sinkronisasi waktu melalui NTP. ESP32 kemudian memperoleh data dari tiga sensor kelembapan tanah, sensor cahaya BH1750, dan sensor suhu dan kelembapan DHT22. Sistem memverifikasi apakah waktu saat ini adalah pukul 08.00 atau 16.00 WIB setelah konversi dan pemrosesan data.

Sistem memverifikasi apakah salah satu dari ketiga sensor kelembapan menunjukkan kondisi "Kering". Pompa air akan berfungsi selama 15 detik untuk mengairi tanaman. Selanjutnya, semua data dikirimkan ke basis data server web, dan sistem berhenti selama 5 menit sebelum memulai prosedur baru..

Jika alat dimatikan, maka proses dihentikan dan sistem tidak melakukan pembacaan maupun penyiraman hingga alat kembali diaktifkan.

D. Wiring Alat



Gambar 14. Wiring Alat

Diagram pengkabelan di atas menggambarkan rangkaian sistem irigasi otomatis yang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem ini beroperasi dengan konverter DC 12V yang memberi daya pada pompa air melalui modul relai 1 kanal. Pompa terhubung ke terminal Normal Terbuka (NO) relai, sehingga hanya aktif ketika relai diaktifkan. Relai dikendalikan oleh pin GPIO 23 pada ESP32. Tiga sensor kelembapan tanah kapasitif (SEN0193) terpasang pada media tanam dan terhubung ke pin analog GPIO 32, GPIO 34, dan GPIO 35 untuk pengukuran kadar kelembapan tanah secara real-time.

Sensor DHT22, yang digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan, terhubung ke pin GPIO 15. Sensor ini menghasilkan sinyal digital yang dapat segera didekode oleh ESP32. Sensor cahaya BH1750 menggunakan komunikasi I2C, terhubung ke pin SDA (GPIO 21) dan SCL (GPIO 22) pada ESP32.

Semua data sensor diproses oleh ESP32 dan ditransfer melalui Wi-Fi ke server web lokal, yang dapat diakses oleh ponsel pintar atau komputer untuk data waktu nyata dan pemantauan grafis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab III memberikan gambaran lengkap tentang karakteristik perangkat dan konfigurasi sistem. Bab ini menganalisis hasil uji sistem irigasi tanaman otonom berbasis Internet of Things (IoT) yang diimplementasikan di Pondok Pesantren Al-Hikam di Malang. Evaluasi dilakukan untuk menentukan efektivitas sistem dalam membaca variabel lingkungan, mengelola irigasi otonom berdasarkan kondisi terkini, menampilkan data secara waktu nyata melalui halaman web pemantauan, dan menyimpannya dalam basis data untuk analisis selanjutnya.

A. Hasil Pengujian Sensor

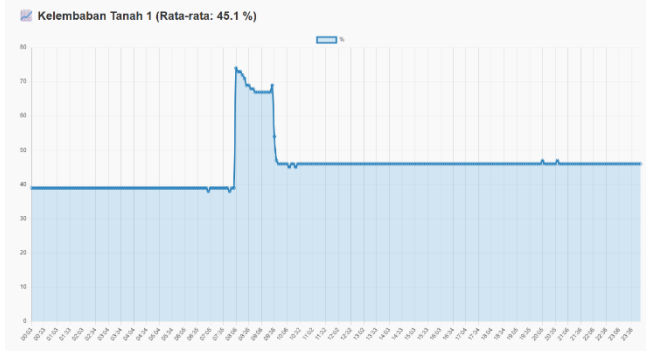
1. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah kapasitif menghasilkan sinyal analog yang diinterpretasikan oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan status kelembapan dan estimasi persentase. Klasifikasi kelembapan ditentukan berdasarkan hasil kalibrasi:

- Nilai analog > 2200 → Status: Kering, estimasi kelembapan < 30%
- Nilai antara 1500–2200 → Status: Lembap, estimasi kelembapan 30–69%
- Nilai < 1500 → Status: Basah, estimasi kelembapan ≥ 70%

Eksperimen ini melibatkan pemasangan tiga sensor di beberapa substrat tanam. Grafik yang mengilustrasikan data dari ketiga sensor ditampilkan di bawah ini:

- Kelembapan Tanah 1 menunjukkan kelembapan rata-rata 45,1% (kategori lembap), dengan pembacaan maksimum terjadi pada pukul 08.00, yang menunjukkan respons terhadap irigasi otomatis. Gambar 15 dan 16 menyajikan grafik dan tabel yang menampilkan hasil pengukuran Kelembapan Tanah 1 yang diperoleh selama eksperimen.



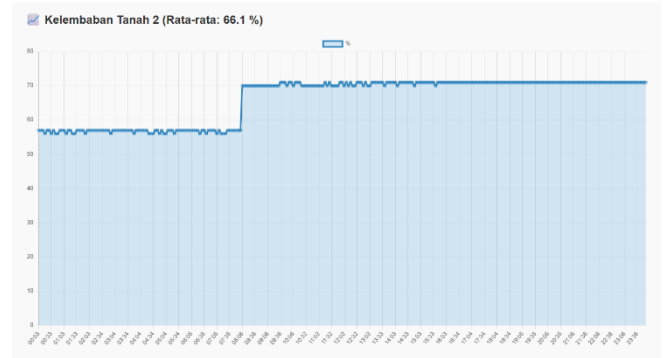
Gambar 15. Grafik Kelembapan Tanah 1

Waktu	Sensor	Nilai	Persen	Status
2025-06-27 23:57:00	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:51:58	Kelembaban Tanah 1	1645	49%	Lembab
2025-06-27 23:46:54	Kelembaban Tanah 1	1650	49%	Lembab
2025-06-27 23:41:52	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:36:51	Kelembaban Tanah 1	1659	49%	Lembab
2025-06-27 23:31:49	Kelembaban Tanah 1	1647	49%	Lembab
2025-06-27 23:26:48	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:21:46	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:16:45	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:11:44	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 23:06:42	Kelembaban Tanah 1	1650	49%	Lembab
2025-06-27 23:01:41	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 22:56:39	Kelembaban Tanah 1	1645	49%	Lembab
2025-06-27 22:51:38	Kelembaban Tanah 1	1645	49%	Lembab
2025-06-27 22:46:36	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 22:41:35	Kelembaban Tanah 1	1644	49%	Lembab
2025-06-27 22:36:33	Kelembaban Tanah 1	1648	49%	Lembab
2025-06-27 22:31:32	Kelembaban Tanah 1	1630	49%	Lembab
2025-06-27 22:26:30	Kelembaban Tanah 1	1619	49%	Lembab

Gambar 16. Tabel Data Kelembapan Tanah 1

- Kelembapan Tanah 2 menunjukkan stabilitas sekitar 66,1%, yang menunjukkan konsistensi media tanam setelah irigasi. Gambar 17 dan 18 menampilkan grafik dan tabel hasil pengukuran yang diperoleh dari

sensor Kelembapan Tanah 2 selama proses pengujian.

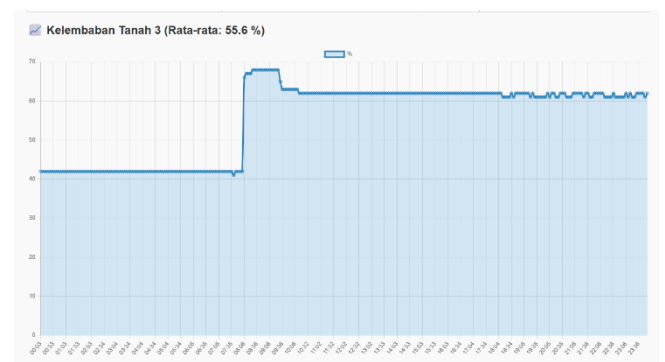


Gambar 17. Grafik Kelembapan Tanah 2

Waktu	Sensor	Nilai	Persen	Status
2025-06-27 23:57:01	Kelembaban Tanah 2	1191	87%	Basah
2025-06-27 23:51:58	Kelembaban Tanah 2	1159	87%	Basah
2025-06-27 23:46:54	Kelembaban Tanah 2	1155	87%	Basah
2025-06-27 23:41:53	Kelembaban Tanah 2	1155	87%	Basah
2025-06-27 23:36:51	Kelembaban Tanah 2	1162	87%	Basah
2025-06-27 23:31:50	Kelembaban Tanah 2	1167	87%	Basah
2025-06-27 23:26:48	Kelembaban Tanah 2	1167	87%	Basah
2025-06-27 23:21:47	Kelembaban Tanah 2	1157	87%	Basah
2025-06-27 23:16:45	Kelembaban Tanah 2	1159	87%	Basah
2025-06-27 23:11:44	Kelembaban Tanah 2	1157	87%	Basah
2025-06-27 23:06:42	Kelembaban Tanah 2	1168	87%	Basah
2025-06-27 23:01:41	Kelembaban Tanah 2	1162	87%	Basah
2025-06-27 22:56:39	Kelembaban Tanah 2	1163	87%	Basah
2025-06-27 22:51:38	Kelembaban Tanah 2	1194	87%	Basah
2025-06-27 22:46:37	Kelembaban Tanah 2	1165	87%	Basah
2025-06-27 22:41:35	Kelembaban Tanah 2	1162	87%	Basah
2025-06-27 22:36:34	Kelembaban Tanah 2	1174	87%	Basah
2025-06-27 22:31:32	Kelembaban Tanah 2	1159	87%	Basah
2025-06-27 22:26:31	Kelembaban Tanah 2	1185	87%	Basah

Gambar 18. Tabel Data Kelembapan Tanah 2

- Kelembapan Tanah 3 meningkat dari 42% menjadi sekitar 55,6% setelah penyiraman pagi, menunjukkan efektivitas sistem dalam menjaga tingkat kelembapan tanah. Gambar 19 dan 20 menampilkan hasil pengukuran dari sensor Kelembapan Tanah 3 selama proses pengujian.



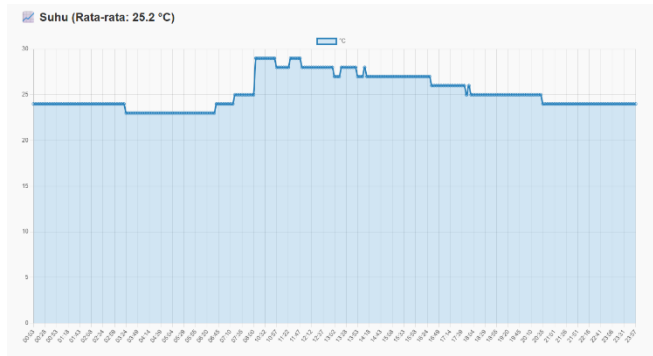
Gambar 19. Grafik Kelembapan Tanah 3

Data Sensor				
Waktu	Sensor	Nilai	Persentase	Status
2025-06-27 23:57:01	Kelembaban Tanah 3	1555	54%	Lembab
2025-06-27 23:57:59	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab
2025-06-27 23:58:55	Kelembaban Tanah 3	1553	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:53	Kelembaban Tanah 3	1553	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:51	Kelembaban Tanah 3	1551	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:50	Kelembaban Tanah 3	1554	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:49	Kelembaban Tanah 3	1553	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:47	Kelembaban Tanah 3	1552	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:45	Kelembaban Tanah 3	1555	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:44	Kelembaban Tanah 3	1553	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:43	Kelembaban Tanah 3	1554	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:41	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:40	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:38	Kelembaban Tanah 3	1562	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:37	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:35	Kelembaban Tanah 3	1557	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:34	Kelembaban Tanah 3	1554	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:32	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab
2025-06-27 23:59:31	Kelembaban Tanah 3	1559	54%	Lembab

Gambar 20. Tabel Data Kelembapan Tanah 3

2. Sensor Suhu dan Kelembapan Udara (DHT22)

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan di lingkungan tanaman. Gambar 21 dan 22 menggambarkan grafik dan tabel nilai suhu udara yang diperoleh dari sensor DHT22. Suhu rata-rata yang tercatat adalah 25,2°C, yang menunjukkan fluktuasi antara siang dan malam. Suhu menurun pada malam hari dan kemudian meningkat pada siang hari.



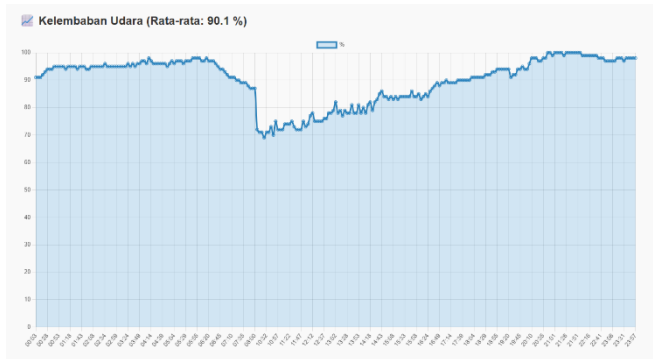
Gambar 21. Grafik Suhu

Data Sensor				
Waktu	Sensor	Nilai	Persentase	Status
2025-06-27 23:57:01	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:57:58	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:58:55	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:53	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:52	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:50	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:49	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:48	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:46	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:44	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:43	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:41	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:40	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:38	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:37	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:36	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:34	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:33	Suhu	24 °C	53,3%	Normal
2025-06-27 23:59:31	Suhu	24 °C	53,3%	Normal

Gambar 22. Tabel Data Suhu

Gambar 23 dan 24 menggambarkan pembacaan kelembapan yang diperoleh dari DHT22. Kelembapan udara

rata-rata adalah 90,1%, menunjukkan tingkat kelembapan yang tinggi, terutama pada malam hari, dan secara bertahap menurun menjelang siang hari. Hasil ini menunjukkan bahwa lingkungan memiliki kelembapan yang cukup untuk pertumbuhan tanaman, dan sensor secara akurat mendeteksi perubahan kondisi udara.



Gambar 23. Grafik Kelembapan Udara

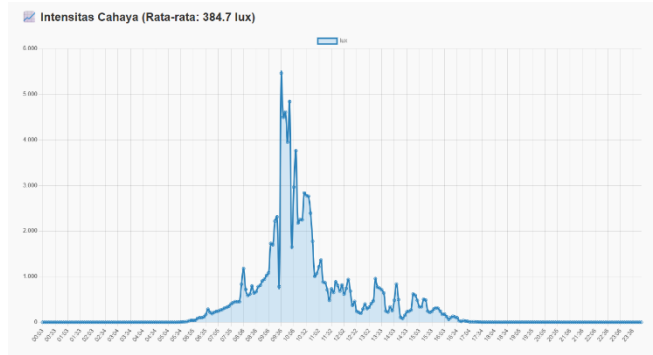
Data Sensor				
Waktu	Sensor	Nilai	Persentase	Status
2025-06-27 23:57:01	Kelembaban Udara	98	90%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:57:00	Kelembaban Udara	98	90%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:58:55	Kelembaban Udara	99	90%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:41:54	Kelembaban Udara	99	90%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:36:52	Kelembaban Udara	98	90%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:31:50	Kelembaban Udara	98	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:26:49	Kelembaban Udara	99	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:21:48	Kelembaban Udara	98	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:16:46	Kelembaban Udara	98	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:11:45	Kelembaban Udara	97	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:06:43	Kelembaban Udara	97	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 23:01:42	Kelembaban Udara	97	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:56:40	Kelembaban Udara	97	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:51:39	Kelembaban Udara	97	97%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:46:37	Kelembaban Udara	98	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:41:36	Kelembaban Udara	98	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:36:34	Kelembaban Udara	99	98%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:31:33	Kelembaban Udara	99	99%	Sangat Lembab
2025-06-27 22:26:31	Kelembaban Udara	99	99%	Sangat Lembab

Gambar 24. Tabel Data Kelembapan Udara

Respons sensor yang stabil dan realtime ini menjadi pendukung data tambahan dalam sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT.

3. Sensor Intensitas Cahaya (BH1750)

Gambar 25 dan 26 mengilustrasikan grafik dan tabel yang mewakili data intensitas cahaya yang diperoleh dari sensor BH1750. Sensor cahaya BH1750 menunjukkan fluktuasi intensitas cahaya, dengan nilai rata-rata 384,7 lux. Intensitas puncak terjadi antara pukul 09.00 dan 10.30, yang menunjukkan peningkatan tingkat cahaya alami. Nilai tersebut menurun tajam pada malam hari dan meningkat kembali pada siang hari. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor secara efektif mengidentifikasi variasi cahaya harian.



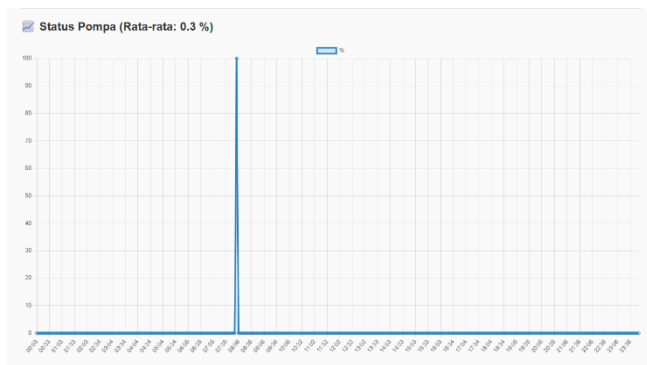
Gambar 25. Grafik Intensitas Cahaya

Data Sensor				
Waktu	Sensor	Nilai	Persen	Status
2025-06-27 23:57:01	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:52:00	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:48:58	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:41:54	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:38:52	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:31:51	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:26:49	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:21:48	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:16:46	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:11:45	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:06:43	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 23:01:42	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:56:40	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:51:39	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:46:37	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:41:36	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:36:34	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:31:33	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap
2025-06-27 22:26:31	Intensitas Cahaya	0 lux	0%	Celap

Gambar 26. Tabel Data Intensitas Cahaya

B. Pengujian Penyiraman Otomatis

Gambar 27 menyajikan grafik yang mengilustrasikan status operasional pompa air selama proses penyiraman otomatis. Sistem dikonfigurasi untuk mengairi pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB, dengan syarat setidaknya satu dari tiga sensor kelembapan tanah menunjukkan status "Kering". Pengujian dilakukan melalui pengamatan langsung kondisi sensor pada kedua interval tersebut.



Gambar 27. Grafik Status *Water Pump* (Pompa Air)

Sekitar pukul 08.00 Waktu Indonesia Barat (WIB), salah satu sensor menunjukkan kondisi "Kering", yang memicu pompa air untuk aktif secara otomatis selama 15 detik sesuai dengan rutinitas irigasi. Grafik status pompa air di atas menunjukkan bahwa sistem mendeteksi kondisi kering dengan tepat dan memulai proses penyiraman tanpa penundaan.

Data Sensor				
Waktu	Sensor	Nilai	Persen	Status
2025-06-27 23:57:02	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:52:00	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:48:58	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:41:54	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:38:52	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:31:51	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:26:49	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:21:48	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:16:46	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:11:45	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:06:43	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 23:01:42	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:56:40	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:51:39	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:46:37	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:41:36	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:36:34	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:31:33	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati
2025-06-27 22:26:32	Status Pompa	0	0%	Pompa Mati

Gambar 28. Tabel Data Status *Water Pump* (Pompa Air)

Pada pukul 16.00 Waktu Indonesia Barat (WIB), semua sensor menunjukkan status "Lembab" atau "Basah", sehingga pompa tidak dapat diaktifkan karena kondisi kering yang

dibutuhkan untuk irigasi tidak terpenuhi. Gambar 28 menyajikan tabel data status pompa air yang mencatat kondisi irigasi berdasarkan pembacaan sensor dan logika temporal yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa logika kontrol berbasis waktu dan berbasis kondisi sensor beroperasi secara akurat dan sesuai rancangan, hanya melakukan irigasi ketika dibutuhkan oleh data sensor.

C. Pengujian Penyimpanan Data ke Database

waktu	sensor	nilai	persen	status
2025-06-26 09:27:36	Kalendaban Tanah 1	7515	38	Kering
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Tanah 2	1723	57	Lembab
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Tanah 3	2334	43	Kering
2025-06-26 09:22:38	4 Suhu	26	59	Normal
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Ulanga	85	85	Sangat Lembab
2025-06-26 09:22:38	Intensitas Cahaya	819	01	Torang
2025-06-26 09:22:38	Status Pompa	0	0	Pompa Mati
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Tanah 1	2512	38	Kering
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Tanah 2	1170	17	Lembab
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Tanah 3	2259	42	Kering
2025-06-26 09:22:38	4 Suhu	26	59	Normal
2025-06-26 09:22:38	Kalendaban Ulanga	86	85	Sangat Lembab
2025-06-26 09:22:38	Intensitas Cahaya	390	39	Torangan
2025-06-26 09:22:38	Status Pompa	0	0	Pompa Mati
2025-06-26 09:22:31	Kalendaban Tanah 1	2659	38	Kering
2025-06-26 09:22:31	Kalendaban Tanah 2	1171	17	Lembab
2025-06-26 09:22:31	Kalendaban Tanah 3	2231	43	Kering

Gambar 29. Database Monitoring Tanaman

Gambar 29 menggambarkan antarmuka basis data MySQL. Semua data yang dikumpulkan dari sensor dikirimkan secara otomatis ke server lokal melalui koneksi Wi-Fi dan disimpan dalam basis data MySQL. Pengambilan dan penyimpanan data dilakukan dengan interval lima menit, memungkinkan sistem untuk mencatat perubahan kondisi lingkungan secara konsisten dan cepat.

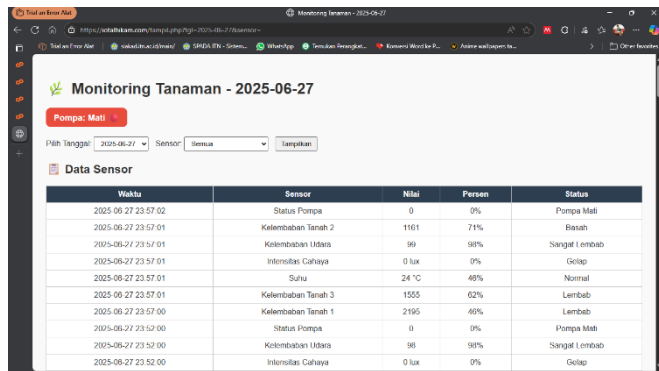
- Data yang tercatat meliputi:
- Nama sensor
- Nilai analog atau digital
- Estimasi persentase (untuk sensor kelembapan dan cahaya)
- Status kondisi (misalnya: Kering, Lembap, Basah)
- Waktu pengambilan data

Data agregat selanjutnya ditampilkan dalam tabel waktu nyata dan grafik visual interaktif di portal pemantauan. Fungsi ini memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi kondisi tanaman selama periode tertentu dan melihat tren historis perubahan lingkungan.

D. Evaluasi Tampilan Web Monitoring

Sistem pemantauan daring memiliki antarmuka yang dinamis dan fleksibel, memungkinkan akses yang sangat baik dari laptop dan perangkat seluler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Gambar 30 menggambarkan antarmuka pemantauan daring yang diakses melalui perangkat desktop, dengan tata letak komprehensif yang menampilkan grafik dan tabel secara unik dan interaktif.



Gambar 30. Tampilan Monitoring via Desktop

- b. Gambar 31 menggambarkan antarmuka pemantauan seperti yang ditampilkan di ponsel pintar. Tata letak web menyesuaikan secara dinamis dengan dimensi layar sekaligus menyediakan infografis dan tabel yang dapat digulir secara horizontal.



Gambar 31. Tampilan Monitoring via Smartphone

Antarmuka daring yang efisien, yang disempurnakan dengan indikasi status informatif dan navigasi intuitif, menjadikan sistem ini dapat diakses oleh berbagai pengguna, termasuk individu non-teknis di pesantren. Antarmuka ini memungkinkan pemantauan data secara real-time, sehingga pengguna dapat merespons perubahan kondisi tanaman dengan cepat. Fitur pemilihan tanggal dan filter sensor memungkinkan pengguna untuk berkonsentrasi pada data tertentu, sehingga meningkatkan akurasi dan efektivitas pemantauan kondisi lingkungan.

E. Evaluasi Kinerja Sistem



Gambar 32. Simulasi Percobaan

Gambar 32 menggambarkan simulasi sistem yang sedang beroperasi, termasuk data sensor dan aktivasi pompa selanjutnya berdasarkan tingkat kelembapan tanah. Sistem penyiraman tanaman otonom berbasis IoT menunjukkan kinerja yang andal dan memenuhi harapan berdasarkan hasil pengujian yang menyeluruh. Tabel 2 merangkum hasil pengujian untuk komponen-komponen penting sistem, termasuk akurasi sensor, keandalan konektivitas, efisiensi penggunaan air, dan kemudahan pemantauan web.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Percobaan

Aspek	Hasil Pengujian
Akurasi sensor kelembapan	Mendeteksi status tanah dengan jelas (Kering/Lembap/Basah)
Suhu dan kelembapan (DHT22)	Stabil dan mencerminkan kondisi lingkungan nyata
Intensitas cahaya (BH1750)	Responsif terhadap perubahan pencahayaan harian
Penyiraman otomatis	Bekerja sesuai jadwal dan logika sensor
Penyimpanan ke database	Data tercatat rapi dan lengkap, berguna untuk pemantauan dan evaluasi berkelanjutan
Tampilan web monitoring	Responsif di berbagai perangkat (HP/laptop), menampilkan grafik dan tabel real-time secara rapi dan interaktif. Warna status dan layout informatif memudahkan pemantauan kondisi lingkungan secara cepat.
Stabilitas koneksi dan sistem	Tidak ditemukan error atau gangguan selama pengujian
Efisiensi penggunaan air	Penyiraman hanya dilakukan saat diperlukan, membantu menghemat air
Kemudahan pemeliharaan	Sistem berjalan otomatis dan dapat dipantau dari jarak jauh

Antarmuka pemantauan web merupakan keunggulan utama sistem ini. Pengguna dapat melihat data sensor secara real-time, ditampilkan dalam format tabel dan grafik melalui antarmuka yang intuitif. Akses melalui ponsel pintar atau laptop memberikan fleksibilitas yang cukup besar, terutama di lingkungan pesantren yang ditandai dengan mobilitas pengguna yang beragam. Selain itu, penggunaan indikator warna untuk kelembapan dan status pompa memungkinkan

pengguna mengevaluasi kondisi tanaman dengan cepat tanpa perlu menganalisis data numerik yang ekstensif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil desain, implementasi, dan pengujian, sistem penyiraman tanaman otonom berbasis IoT ini berfungsi secara efisien. Sistem ini dapat memperoleh data real-time dari sensor kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara (DHT22), serta sensor intensitas cahaya (BH1750), dan menampilkan informasi ini melalui antarmuka pemantauan web yang responsif.

Penyiraman otomatis berhasil dilakukan pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB selama 15 detik, bergantung pada identifikasi kondisi tanah kering oleh setidaknya satu dari tiga sensor. Lebih lanjut, sistem ini secara efisien mengarsipkan data dengan interval lima menit dalam basis data, kemudian menampilkannya dalam bentuk tabel dan grafik untuk analisis yang lebih baik.

Teknik ini telah terbukti efektif dalam konservasi air, menjaga kelembapan tanah yang optimal, dan memfasilitasi pemantauan serta perawatan tanaman jarak jauh. Metode ini, yang tersedia melalui perangkat seluler atau laptop, memiliki potensi besar untuk diterapkan di pesantren atau lingkungan perumahan yang membutuhkan solusi pertanian cerdas berbasis teknologi.

Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan:

1. Integrasi dengan sistem notifikasi seperti Telegram atau email dapat ditambahkan agar pengguna menerima peringatan saat kondisi kritis terjadi, misalnya saat kelembapan sangat rendah.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan pengendalian manual melalui web, sehingga pengguna dapat menyiram tanaman secara langsung dari jarak jauh.
3. Perlu dilakukan pengujian jangka panjang untuk melihat ketahanan sensor dan kestabilan sistem dalam berbagai kondisi cuaca dan kelembapan lingkungan.
4. Sistem dapat diperluas untuk mendukung lebih dari satu lahan atau tanaman, dengan menambahkan sensor dan aktuator tambahan yang dikendalikan secara terpusat.
5. Untuk aplikasi di lingkungan nyata, perlu dilakukan integrasi dengan sumber daya listrik terbarukan seperti panel surya agar lebih mandiri dan ramah lingkungan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novianto, A. D., Farida, I. N., & Sahertian, J. (2021). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic.
- [2] Sutan, S. M., Kadarisman, D., Hosni, S., & Fadlillah, F. (2017). Rancang Bangun Sistem Irigasi dan Pemberian Nutrisi Otomatis Berbasis Rtc (Real Time Clock) pada Sistem Hidroponik Nutrien Film Technique (Nft). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), 117–128.
- [3] Ariyani, E. D., Salam, A., Simarmata, E. ., Pamungkas, G. ., & Affan, M. . (2021). Rancang Bangun dan Pembuatan Alat Penyiraman Tanaman Otomatis untuk Pemberdayaan Petani Sayuran di Desa Cihanjuang, Kabupaten Bandung Barat. *J-*
- [4] Surya Ramadhan, I., Martias, M., Sastra, R., & Iqbal, M. (2023). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno Dan NodeMCU. *INSANTEK*, 4(1), 12–17.
- [5] G. M. Sari. "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah." *Jurnal Elektronik dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 13-17, 2018.
- [6] Lesmideyarti, D., Hidayati, Q., Retno Nugroho, T., Teknik Elektro, J., Perhotelan, J., & Negeri Balikpapan, P. (2023). Perancangan Infrastruktur dan Implementasi Web Server Untuk Website Sekolah Sebagai Media Informasi dan Komunikasi di SMP PJHI Balikpapan (Vol. 11, Issue 1).
- [7] Warman I. M., Zahni, A., 2013. Rekayasa Web Untuk Pemesanan Handphone. *Jurnal Momentum*, Volume 15, pp. hal 30-38.
- [8] Yunan, A., Safriati, S., & Hermalinda, H. (2022). Teknik Penyiraman Tanaman Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 3(3), 331–337.
<https://doi.org/10.47065/josh.v3i3.1480>
- [9] M. Fadhil, B. D. Argo, dan Y. Hendrawan, "Rancang Bangun Prototype Alat Penyiram Otomatis dengan Sistem Timer RTC DS1307 Berbasis Mikrokontroler Atmega16 pada Tanaman Aeroponik," *Architecture of Prototype Automatic Sprinklers with a RTC DS1307 Timer System Based on Atmega16 Microcontroller in Aeroponics*, *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropika dan Biosistem*, vol. 3, no. 1, hlm. 37–43, 2015.
- [10] Dfrobot. (2017). Capacitive Soil Moisture Sensor SKU: SEN0193. Diakses pada 21 Desember 2024, dari: [Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193-DFRobot](https://www.dfrobot.com/product-1193-DFRobot)
- [11] Switchdoc.com. (2020). Tutorial-Using Capacitive Soil Moisture Sensors on the Raspberry Pi. Diakses pada 21 Desember 2024.

Dari Tutorial - Using Capacitive Soil Moisture Sensors on the Raspberry Pi - SwitchDoc Labs Blog

- [12] Jariyayothin, P., Jeravong-aram, K., Ratanachaijaroen, N., Tantidham, T., Intakot, P. 2018. IoT Backyard: Smart Watering Control System. Jurnal IEEE (Online) IoT Backyard: Smart Watering Control System | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore
- [13] Riskiono, S. D., Pamungkas, R. H. S., & Arya, Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Sayur Berbasis Arduino Dengan Sensor Kelembaban Tanah. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.33365/jimel.v1i1.186>
- [14] Wagiyana, A., & Rahmat. 2019. Prototype Modul Praktik Untuk Pengembangan Aplikasi Internet Of Things (Iot). Jurnal Ilmiah Setrum, 240-241.
- [15] Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. In Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (Vol. 6, Issue 2).
- [16] E. Z. Kafiar, E. K. Allo;, and D. J. Mamahit, "Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor," vol. 7, no. 3, 2018.
- [17] R. Ratnawati and S. Silma, "Sistem Kendali Penyiram Tanaman Menggunakan Propeller Berbasis Internet Of Things," Inspir. J. Teknol. Inf. dan Komun., vol. 7, no. 2, 2017, doi: 10.35585/inspir.v7i2.2449.
- [18] W. Rahmatullah. Rancang Bangun Data Logger Berbasis Sensor DHT22 untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Habitat Satwa Herpetofauna Secara Real-Time. Skripsi. Bogor, Institut Pertanian Bogor (2014), p. 1-42.
- [19] Islam, H. I., Nabilah, N., Atsaurry, S. S., Saputra, D. H., Pradipta, G. M., Kurniawan, A., Syafutra, H., Irmansyah, I., & Irzaman, I. (2016). Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruang Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (PIR). SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124. <https://doi.org/10.21009/0305020123>
- [20] A. H. Saptadi. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22, Jurnal Infotel. 6 (2014), p. 49-56.
- [21] Muntolib, A., Kartiko, J., Widodo, A., & Ardita, M. (n.d.). Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu, Kelembaban, Dan Cahaya Pada Rumah Budidaya Burung Walet Berbasis Blynk.
- [22] Pamungkas, Muchamad. 2015. Perancangan Dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya. Universitas Telkom. Jurnal Elkomika © Teknik Elektro Itenas | No. 2 | Vol.3 Issn: 2338-8323
- [23] Zulkifli, M. A. (2024). Rancang Bangun & Sistem Monitoring Kotak Paket Berbasis IoT [Makalah Seminar Hasil Skripsi, Institut Teknologi Nasional Malang].
- [24] Amanda Feby, "Teknologi Deteksi Dini Banjir Daerah Aliran Sungai menggunakan eltec Wifi LoRa 32 V2", Journal e-ISSN: 2548-9356.

VII. BIODATA PENULIS

Muhammad Alifil Ma'luf, lahir di Bekasi, 25 Agustus 2001, merupakan putra pertama dari Bapak Imron Rosyadi dan Ibu Siti Rodiyah. Ia menempuh pendidikan di SDIT Al-Fidaa (2007), MTs Sahid di bawah naungan Pondok Pesantren Modern Sahid (2013), dan SMK Mitra Industri MM2100 jurusan Teknik Elektronika Industri (2016).



Pada 2019, penulis melanjutkan studi di D-3 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, sekaligus aktif sebagai santri Pesantren Mahasiswa Al-Hikam Malang. Selama di pesantren penulis menjadi pengurus OSPAM tahun 2020–2021, 2021-2022, dan menjabat Ketua 1 Internal OSPAM pada 2022–2023.

Pengalaman magangnya mencakup PT Progress Diecast (Warehouse) dan Pos Indonesia Malang (Staf IT). Setelah lulus D-3, ia melanjutkan studi alih jenjang S-1 Teknik Elektro di Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang. Selama masa studi di ITN, ia juga aktif sebagai Asisten Laboratorium Jaringan Komputer. Penulis memilih peminatan: Teknik Elektronika Kendali dan Instrumentasi dengan judul skripsi: RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING LINGKUNGAN DAN PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT DI PESANTREN MAHASISWA AL-HIKAM MALANG.

muhammadalifil25@gmail.com