

Sistem Kendali Otomatisasi Suhu Kelembaban dan Pencahayaan Pada Terrarium Berbasis Internet of Things

Qano Triez Yoastha*, Irma Nirmala, Suhardi

Prodi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak

Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

Email: ^{1,*}qanotriезy@student.untan.ac.id, ²irma.nirmala@siskom.untan.ac.id, ³suhardi@siskom.untan.ac.id

Email Penulis Korespondensi: qanotriезy@student.untan.ac.id

Submitted: 12/06/2024; Accepted: 31/07/2024; Published: 31/07/2024

Abstrak—Terrarium merupakan salah satu solusi dekoratif ruangan yang menarik dan ramah lingkungan. Namun, pemilik harus lebih teliti memperhatikan kondisi kelembaban dan cahaya yang optimal untuk Terrarium. Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini membuat sebuah sistem kendali otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk penyiraman dan pencahayaan terrarium. Sistem ini dilengkapi dengan sensor kelembaban (DHT22) dan sensor intensitas cahaya (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi kondisi lingkungan. Ketika terdeteksi kelembaban tidak normal, sistem secara otomatis akan menyiram tanaman, sementara lampu akan disesuaikan dengan intensitas cahaya ruangan. Selain itu, data sistem disajikan secara real-time melalui website dan ditampilkan pada layar LCD. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor kelembaban sebesar 98,45% dan sensor intensitas cahaya sebesar 98,51%, sedangkan sensor jarak ultrasonik memiliki akurasi rata-rata sekitar 98,61%. Penelitian ini menawarkan solusi praktis untuk merawat terrarium dengan efisien dan efektif melalui penerapan teknologi IoT.

Kata Kunci: Cahaya; Kelembaban; Otomatis; Suhu; Terrarium

Abstract—Terrarium is one of the interesting and environmentally friendly room decorative solutions. However, the owner must be more careful to pay attention to the optimal humidity and light conditions for the terrarium. In an effort to overcome these obstacles, this research makes an Internet of Things (IoT)-based automation control system for terrarium watering and lighting. The system is equipped with a humidity sensor (DHT22) and a light intensity sensor (Light Dependent Resistor) to detect environmental conditions. When abnormal humidity is detected, the system will automatically water the plants, while the lights will be adjusted to the light intensity of the room. In addition, the system data is presented in real-time through the website and displayed on the LCD screen. The test results show the accuracy rate of the humidity sensor is 97.45% and the light intensity sensor is 98.51%, while the ultrasonic proximity sensor has an average accuracy of about 98.61%. This research offers a practical solution for maintaining terrariums efficiently and effectively through the application of IoT technology.

Keywords: Automatic; Humidity; Light; Temperature; Terrarium

1. PENDAHULUAN

Dekorasi tanaman terrarium dapat menjadi salah satu solusi untuk menjadi dekorasi ruangan sekaligus menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan lahan. Terrarium merupakan salah satu bentuk miniatur media tanam yang sudah lama dikenal di Indonesia, namun masih sedikit yang mengenalnya. Terrarium merupakan sebuah tempat atau wadah dari bahan kaca gelas, dengan tanaman di dalamnya dan makhluk hidup lainnya yang berasal dari satu ekosistem [1][2]. Bioactive Terrarium merupakan wadah terestrial yang mencakup tanaman hidup, invertebrata, dan mikroorganisme untuk menciptakan ekosistem miniatur. Faktor-faktor seperti cahaya, udara, tanah, suhu, dan kelembaban sangat penting dalam menyempurnakan ekosistem pada Terrarium. Dengan memperhatikan kebutuhan dasar organisme, terutama untuk spesies seperti lumut, bioactive terrarium bertujuan untuk mereplikasi kondisi ekosistem aslinya [3]. Lumut daun adalah jenis tumbuhan yang sering digunakan pada Terrarium, dijumpai di daerah yang lembab seperti di hutan hujan [4][5][6]. Pada Terrarium hewan seperti isopod sering digunakan untuk menguraikan makanan, adapun penggunaan hewan kaki seribu juga berperan dalam membantu penguraian makanan dalam Terrarium yang senang dengan lingkungan lembab [7][8] [9]. Penambahan siput hijau juga sering digunakan sebagai hewan hiasan pada Terrarium yang memerlukan kondisi lingkungan yang lembab dan kurang dari paparan sinar matahari [10][11].

Penyiraman air dan pencahayaan yang cukup merupakan hal penting dalam pemeliharaan Terrarium untuk membuat kondisi yang baik untuk hidup organisme di dalamnya. Namun, Kegiatan ini bisa saja terlupakan dikarenakan kesibukan pemilik yang tidak dapat ditinggalkan sehingga berdampak pada kesehatan dan kelangsungan ekosistem pada Terrarium. Kekurangan kelembaban dapat mengakibatkan dehidrasi pada tanaman dan hewan di dalamnya, sementara kurangnya intensitas cahaya dapat menghambat proses fotosintesis tanaman, kedua hal ini dapat berujung pada kematian organisme di dalam Terrarium [12]. Maka dari itu sistem kendali sering digunakan untuk melakukan fungsi tertentu termasuk penyiraman otomatis dan pencahayaan otomatis, dimana penyiraman akan dilakukan secara otomatis berdasarkan pengukuran dari sensor. Melalui pengukuran sensor, sistem tersebut memungkinkan penyiraman secara otomatis yang disesuaikan dengan kebutuhan kelembaban. Pemantauan terhadap intensitas cahaya juga penting, di mana sistem kendali dapat mengatur lampu untuk menyesuaikan intensitasnya dengan kondisi pencahayaan ruangan. Studi terkait suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa kondisi yang optimal untuk terrarium adalah kelembaban berkisar antara 60% hingga 90%, suhu antara 25° hingga 32°C, dan intensitas cahaya antara 0 hingga 1000 lux. Intensitas cahaya sangat penting

untuk mendukung proses fotosintesis tanaman makin stabil cahaya yang dapat di berikan akan menjaga kelembaban di dalam Terrarium.

Beberapa penelitian terdahulu telah berusaha mengatasi permasalahan tersebut melalui berbagai pendekatan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Faiz Muna dimana pada penelitian ini, Terrarium dirancang dengan menggunakan aplikasi Blynk dan sistem remote wireless untuk memantau suhu, mengendalikan lampu, dan memberikan pakan reptil sesuai jadwal [13].

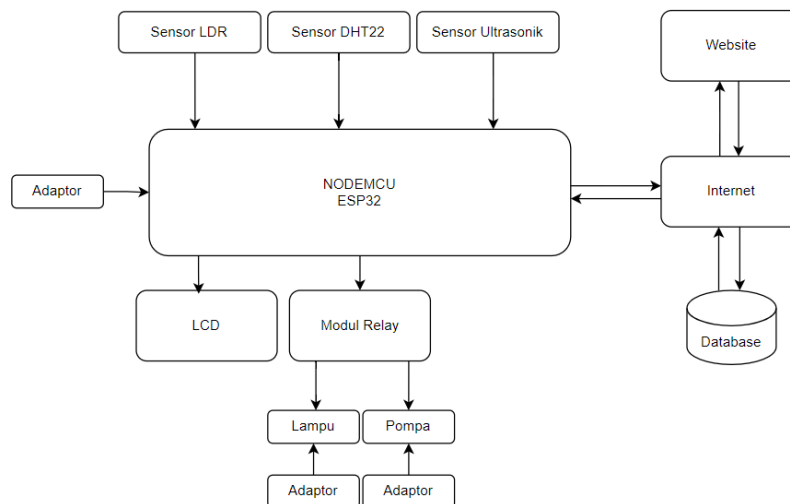
Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Stancu. Penelitian yang dilakukan yaitu merupakan implementasi otomatisasi yang meliputi berbagai aspek. Contohnya, pengguna dapat menjadwalkan penyiraman tanaman secara otomatis setiap hari atau mengatur jumlah cahaya yang diterima tanaman dalam sehari. Sebagai contoh, pemilik dapat mengatur penjadwalan untuk menyalakan lampu dan pompa untuk penyiraman [14].

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Arsimulyadi. Hasil dari penelitian dan pengembangan ini menunjukkan bahwa penggunaan prototipe Suobium pada terrarium bioaktif telah berhasil mengatur suhu dan kelembaban dalam rentang 77% hingga 88%. Selama pengujian selama satu hari, sistem pengendalian otomatis secara efektif melakukan penyemprotan air (misting) saat kelembaban mencapai 88%. Penyemprotan dilakukan ketika sensor DHT22 membaca kelembaban di bawah 77%, dan dihentikan saat kelembaban mencapai di atas 88% [15].

Namun, belum ada penelitian yang secara spesifik mengimplementasikan sistem pencahayaan dan penyiraman secara otomatis pada Terrarium. Memberikan penyiraman air dan pencahayaan yang cukup merupakan rutinitas yang harus dilakukan oleh pemilik terrarium demi kelangsungan hidup yang ada di dalamnya. Maka dari itu penerapan sistem kendali yang akan dibuat digunakan untuk mengontrol alat yang bisa melakukan fungsi penyiraman otomatis dan pecahaya otomatis berbasis Internet of Things, dimana penyiraman dan pencahayaan akan dilakukan secara otomatis berdasarkan pengukuran dari sensor. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem secara otomatis, dengan akses melalui antarmuka website pada terrarium. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem kendali otomatis, memastikan efisiensi dan kenyamanan dalam pemeliharaan Terrarium.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu proses atau langkah dalam melakukan penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian diantaranya studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi serta pengujian sistem.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras terdiri dari beberapa komponen perangkat keras yaitu NodeMCU ESP32, LDR, DHT22 Temperature and Humidity Sensor, Ultrasonik, LCD 16x2, Pompa air, Lampu, Jack DC Female, modul relay 4 channel dan Expansion NodeMCU ESP32. Sedangkan pada perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan sistem dan pengkondisian pada NodeMCU ESP32 perancangan antar muka pada website. Pada perancangan sistem dari smartterrarium yang setiap komponennya memiliki fungsi untuk berjalannya sistem ini. Penggunaan internet digunakan sebagai jalur penghubung dari Mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk menyimpan data pada database yang akan di tampilkan pada halaman website. Pada penelitian ini memiliki tiga sensor pembacaan yang akan di tampilkan pada layar LCD 16x2 sebagai input yaitu sensor suhu kelembaban DHT22, sensor LDR dan sensor ultrasonik. Sensor suhu kelembaban DHT22 akan mengukur tingkat kelembaban di dalam Terrarium untuk menjalankan kondisi penyiraman yang di jalankan dari pompa secara



otomatis. Sensor LDR akan mengukur tingkat intensitas cahaya pada ruangan sehingga akan membuat lampu 1 dan lampu 2 pada relay akan menyala dan mati secara otomatis. Penggunaan sensor ultrasonik pada penelitian ini berfungsi untuk mengukur jarak tinggi air pada wadah penampungan air.

2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini yaitu dilakukan proses pengumpulan sumber pustaka dan dokumentasi untuk memperoleh informasi yang menunjang dalam penelitian ini literatur yang digunakan dapat berupa jurnal ilmiah penelitian sebelumnya, buku- buku maupun jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini serta data-data yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian ini.

2.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan adalah proses yang penting sebelum membangun infrastruktur yang diperlukan dalam perancangan sistem. Dalam konteks ini, terdapat dua jenis kebutuhan yang harus dipertimbangkan, yakni kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem ini meliputi NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler, modul relay sebagai saklar untuk mengatur lampu dan pompa, lampu LED digunakan sebagai alat penerangan pada Terrarium, pompa untuk penyiraman, sensor DHT22 dan LDR untuk membaca suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya, sensor ultrasonik untuk mengukur volume air, serta LCD 16x2 untuk menampilkan nilai sensor.

Dalam proses pengembangan sistem ini, ada beberapa perangkat lunak yang berperan penting. Pertama, Balsamiq Wireframes digunakan untuk merancang antarmuka website secara visual, digunakan untuk menghasilkan prototipe yang dapat diuji dan dievaluasi. Selanjutnya, Visual Studio Code menjadi pilihan utama sebagai editor pemrograman karena fleksibilitasnya dan banyaknya fitur yang mendukung pengembangan website. Penggunaan Fritzing sebagai alat untuk merancang diagram perangkat keras secara visual, membantu dalam membuat rangkaian komponen secara lebih mudah. Penyimpanan data, Firebase dipilih sebagai solusi database karena menyediakan layanan database realtime dan autentikasi pengguna. Terakhir, untuk mengembangkan kode program perangkat keras penggunaan Arduino IDE yang memiliki beragam fitur dan dukungan untuk berbagai jenis mikrokontroler.

Penggunaan ESP32 dirancang untuk dapat digunakan pada aplikasi seluler, perangkat elektronik dan Internet of Thing (IoT). Mikrokontroler ini dapat digunakan pada daya yang rendah dan menggunakan lowduty cycle yang dapat meminimalkan energi yang dikeluarkan oleh chip. ESP32 adalah mikrokontroler yang terintegrasi sehingga dapat digunakan pada Wi-Fi dan Bluetooth IoT disertai oleh 20 komponen eksternal [16][17]. DHT22 digunakan sebagai sensor pengukur suhu dan kelembaban dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yang terdiri dari power supply, data signal, null, dan ground. DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik daripada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4% dan kelembaban 18%. DHT22 juga merupakan sensor kelembaban dan suhu relatif dengan output digital [18]. Penambahan sensor LDR atau light Dependent Resistor merupakan salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya dan komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Cara kerja dari sensor ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Besarnya nilai hambatan pada LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri [19].

Modul relay digunakan sebagai saklar elektronik yang dikendalikan secara elektrik. Modul relay terdiri dari satu atau lebih relai elektromagnetik, yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetisme untuk mengendalikan kontak-kontaknya [20]. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak dengan cara kerjanya mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelektrik. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Modul sensor Ultrasonik ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm [21]. Penggunaan LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, symbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasang dengan Mikrokontroler. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras [22].

2.3 Galat

Error selisih mengukur akurasi dengan cara membandingkan perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai pengukuran. Error relatif adalah hasil bagi antara error selisih absolut dengan nilai sebenarnya dan dikali. Setelah mendapatkan nilai dari error relatif, dilakukan pengukuran akurasi sebagai perbedaan tingkat error dari nilai 100% [23]. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung error selisih dapat dilihat pada Persamaan 2.1, persamaan untuk menghitung error relatif dapat dilihat pada Persamaan 2.2, dan persamaan untuk menghitung akurasi dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$\text{Error Selisih}(\%) = \text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai Pengukuran} \quad (1)$$

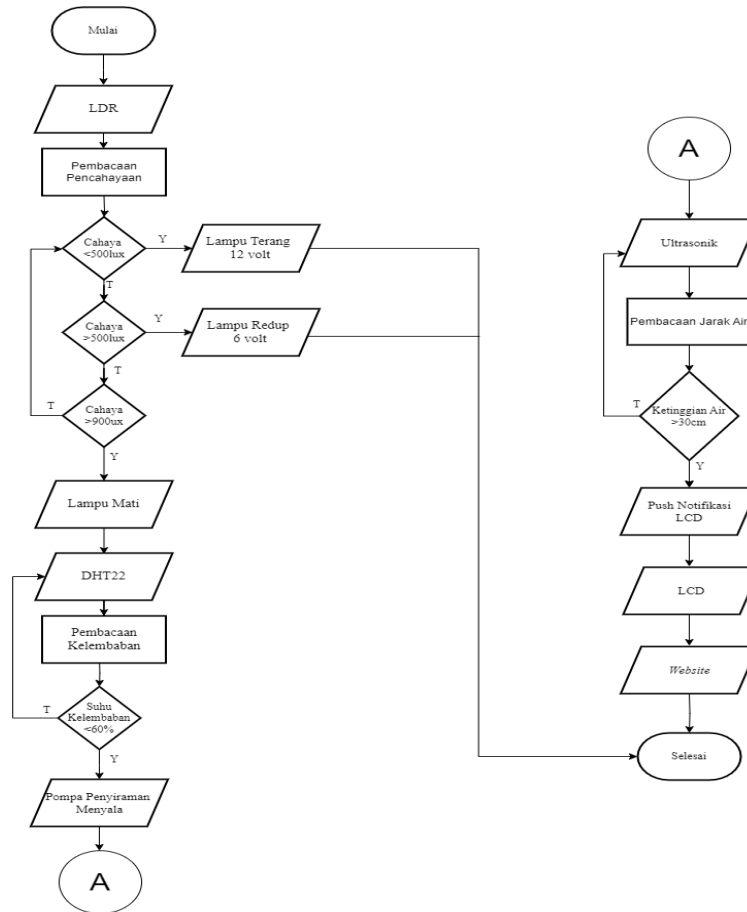
$$\text{Error Relatif}(\%) = \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai Pengukuran}}{\text{Nilai Sebenarnya}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Akurasi}(\%) = 100\% - \text{Error Relatif}(\%)$$

(3)

2.4 Flowchart Sistem

Dalam perancangan sistem memiliki beberapa proses dan data, modul sensor terdiri dari tiga sensor yang digunakan dan bekerja secara otomatis. Untuk memahami alur kerja dari sistem ini dapat dilihat pada bagian flowchart berikut ini:



Gambar 2. Flowchart Sistem

Rancangan flowchart sistem dalam penelitian ini dimulai dengan menginisialisasi setiap komponen perangkat yang terhubung ke NodeMCU ESP32 seperti sensor DHT22, sensor LDR, sensor Ultrasonik, tampilan LCD dan modul relay. Kemudian pada sensor LDR sebagai pengukur intensitas cahaya pada ruangan Terrarium yang akan membuat kondisi pada relay. Kondisi pertama jika sensor membaca intensitas cahaya kurang dari 500 maka lampu 1(Lampu Terang) pada modul relay akan menyala, lalu pada kondisi kedua yaitu jika intensitas cahaya lebih dari 500 maka modul relay akan mematikan lampu 1 dan akan menyalakan lampu 2 (Lampu Redup). Pada kondisi ketiga jika intensitas cahaya sangat terang di angka lebih dari 900 maka kedua lampu akan dimatikan pada modul relay. Selanjutnya sensor suhu akan melakukan pembacaan suhu dan kelembaban pada Terrarium jika kelembaban kurang dari 60% maka pompa pada modul relay akan melakukan penyiraman pada Terrarium dengan durasi 5 detik lalu jeda untuk melakukan penyiraman selama 60 menit untuk menunggu reaksi kelembaban pada Terrarium setelah dilakukan penyiraman. Sistem akan menampilkan hasil pemantauan sensor dikirim ke website dan LCD. Proses dilanjutkan dengan sensor jarak Ultrasonik yang akan melakukan pendeteksian jarak air penampungan pada wadah air, jika jarak air kurang dari 30cm maka sistem akan mengirim notifikasi “Tambahkan Air!” ke LCD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah tahap di mana perancangan sistem direalisasikan untuk siap dioperasikan. Pada tahap implementasi sistem, komponen perangkat keras dan perangkat lunak dirangkai sehingga membentuk sistem yang sesuai dengan perancangan. Implementasi perangkat keras meliputi implementasi pompa otomatis dan lampu otomatis, implementasi sistem deteksi suhu sensor DHT22, implementasi sistem deteksi cahaya sensor LDR,

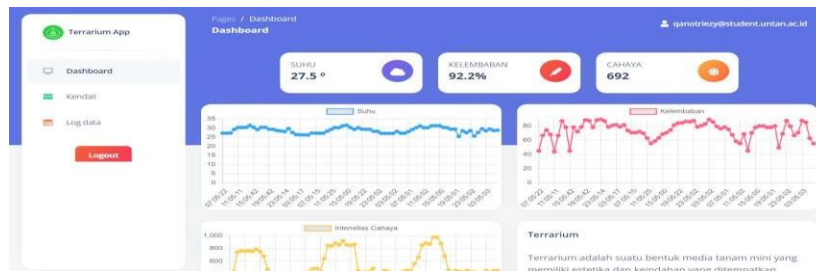
implementasi sistem deteksi jarak sensor Ultrasonik, implementasi tampilan LCD 16x2 pembacaan sensor serta implementasi keseluruhan sistem. Sedangkan implementasi perangkat lunak meliputi implementasi antarmuka website dan implementasi kode program di perangkat keras.

3.2 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan langkah-langkah penyusunan komponen perangkat keras yang telah dirancang pada bab perancangan. Komponen yang digunakan pada pompa air otomatis dan lampu otomatis adalah NodeMCU ESP32, 1 buah lampu 12 Volt, 1 buah lampu 6 Volt modul relay 4 chanel, pompa, dan wadah penampungan air. relay dihubungkan ke NodeMCU yang membuat pompa melakukan penyiraman pada Terrarium dimana kondisi akan dibaca dari sensor DHT22 jika kelembaban kurang dari 60% maka akan melakukan penyiraman secara otomatis. Pada lampu otomatis kondisi di dapat dari hasil pembacaan sensor LDR dengan menyesuaikan pembacaan kondisi intensitas cahaya pada ruangan Terrarium. Pada penelitian ini digunakan pembacaan Analog pada Sensor DHT22, yang memberikan nilai suhu dan kelembaban. Nilai suhu dan kelembaban akan dihasilkan sensor DHT22 yang diletakkan di dalam Terrarium. Sensor LDR terhubung dengan NodeMCU ESP32. Pada penelitian ini Sensor LDR digunakan untuk membaca nilai intensitas cahaya ruangan, dengan ambang batas sebesar 0-1000. Komponen yang digunakan pada deteksi jarak air pada wadah penampungan yaitu NodeMCU ESP32 dan Sensor jarak Ultrasonik. Sensor Ultrasonik terhubung dengan NodeMCU ESP32 menggunakan bacaan analog dengan pengukuran 2-450cm.

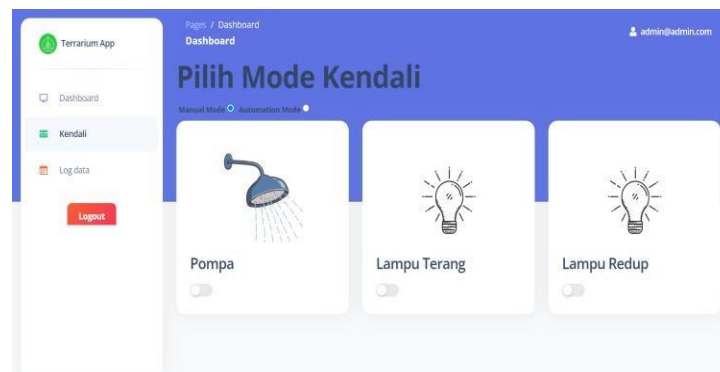
3.3 Implementasi Perangkat Lunak Antarmuka Website

Implementasi perangkat lunak yang dibangun meliputi implementasi antarmuka website yang telah dirancang pada bab perancangan. Tampilan antarmuka website bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengguna dengan antarmuka yang interaktif. Pada halaman dashboard berisikan informasi mengenai status pembacaan dari sesor berupa suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Selain itu juga akan menampilkan informasi mengenai penelitian. Pada dashboard juga terdapat chart untuk menampilkan perbandingan nilai pembacaan sensor. Adapun implementasi dari halaman dashboard dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Halaman Dashboard

Selain itu pengguna dapat memilih mode kontrol pada halaman kendali, jika pengguna memilih mode manual maka melakukan pengontrolan melalui tombol yang tersedia untuk setiap pompa dan lampu. Jika user memilih mode otomatis maka tidak bisa melakukan pengontrolan melalui tombol tersebut karena sistem akan berjalan otomatis dari hasil perhitungan sensor. Adapun tampilan halaman kendali lampu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman Kendali

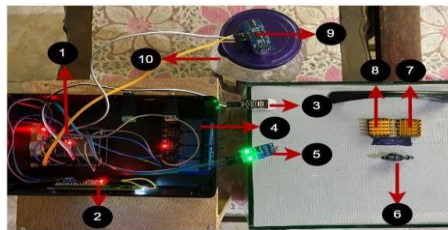
Adapun halaman log data merupakan halaman yang berisikan informasi mengenai history data pembacaan nilai sensor yaitu suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Pada Log Data juga terdapat history kondisi lampu dan pompa, history tersebut disimpan dalam bentuk tabel. Tabel pada halaman ini berisikan tanggal, waktu, suhu, kelembaban, intensitas cahaya, kondisi lampu 1, kondisi lampu 2, dan pompa. Adapun implementasi antarmuka halaman log data dapat dilihat pada Gambar 5.

No	Tanggal	Waktu	Suhu	Kelembaban	Intensitas Cahaya	Lampu 1	Lampu 2	Pompa
131	13-2-2024	11:25:32	31.3	92.7	494	mati	hidup	mati
132	13-2-2024	11:26:31	31.3	93.1	469	mati	hidup	mati
133	13-2-2024	11:27:34	31.3	86.4	616	hidup	mati	mati
134	13-2-2024	11:28:44	31.3	92.9	0	mati	mati	mati
135	13-2-2024	11:29:28	31.3	93	614	hidup	mati	mati
136	13-2-2024	11:30:29	31.3	81.9	615	hidup	mati	mati
137	13-2-2024	11:31:31	31.3	87.8	623	hidup	mati	mati
138	13-2-2024	11:32:30	31.3	93.2	614	hidup	mati	mati
139	13-2-2024	11:33:29	31.3	79.9	617	hidup	mati	mati
140	13-2-2024	11:34:30	31.5	84.4	684	hidup	mati	mati

Gambar 5. Halaman Log Data

3.4 Implementasi Keseluruhan Sistem

Komponen yang digunakan pada implementasi keseluruhan sistem ini adalah NodeMCU ESP32, Sensor LDR, DHT22 Temperature and Humidity Sensor, Sensor Ultrasonik, Modul Relay, LCD 16x2, Pompa, Lampu, Jack DC Female, dan wadah penampungan. Semua komponen tersebut disatukan menjadi satu perangkat sistem untuk peringatan, pendeteksian, serta penyiraman otomatis dan pencahayaan secara otomatis dengan NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali utama sistem. Sistem ini merupakan gabungan dari beberapa komponen utama seperti NodeMCU ESP32, sensor suhu dan kelembaban (DHT22), sensor LDR, serta sensor ultrasonik. Di samping itu, terdapat juga modul relay untuk mengontrol lampu dan pompa air, LCD 16x2 untuk menampilkan data, dan komponen fisik seperti pompa dan lampu. NodeMCU ESP32 menjadi pusat kendali utama yang mengoordinasikan seluruh aktivitas sistem. Fungsinya mencakup memberikan peringatan, mendeteksi kondisi lingkungan, dan mengatur penyiraman serta pencahayaan secara otomatis berdasarkan informasi yang diterima dari sensor-sensor tersebut.



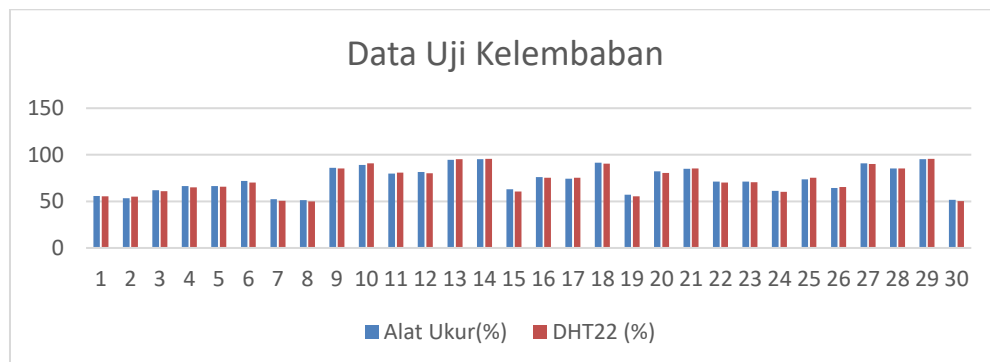
Gambar 6. Implementasi Keseluruhan Sistem

Keterangan gambar:

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. NodeMCU ESP32 | 6. Pompa |
| 2. Liquid Crystal Display 16x2 | 7. Lampu 1 |
| 3. Sensor DHT22 | 8. Lampu 2 |
| 4. Relay | 9. Sensor Ultrasonik |
| 5. Sensor Light Dependent Resistor (LDR) | 10. Wadah Penampungan Air |

3.5 Pengujian Pembacaan dan Akurasi Sensor DHT22

DHT22 digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban dan suhu berdasarkan kondisi Terrarium. Nilai keluaran dari sensor ini merupakan nilai analog yang dimana nilai pembacaannya sebagai input untuk perintah penyiraman. Untuk mengetahui kemampuan sensor DHT22 dalam pembacaan dan akurasi maka dilakukan pengujian dengan akurasi dan galat dengan membandingkan sensor DHT22 dan detektor udara kelembaban sebagai alat pengukuran suhu ruangan.

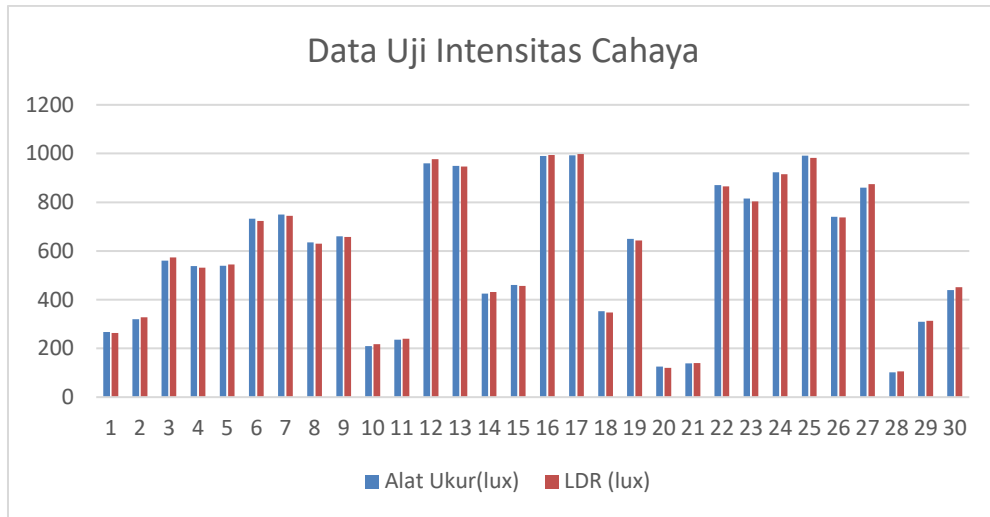


Gambar 7. Grafik Pengujian dan Perbandingan Sensor DHT22

Pengujian akurasi dan galat sensor DHT22 dengan alat ukur kelembaban dilakukan dengan mengambil data sebanyak 30 kali dengan rentang yang berbeda. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah, pada pengujian pertama sampai dengan pengujian ketigapuluh nilai rata-rata galat atau error sebesar 1,55% dan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,45%.

3.6 Pengujian Pembacaan Sensor Cahaya LDR

Sensor cahaya Light Dependent Resistor (LDR) digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya pada ruangan. Nilai keluaran dari sensor ini adalah nilai analog. Sumber cahaya pada pengujian ini menggunakan cahaya dari matahari dan senter yang masuk ke sensor. Pengujian dilakukan dengan dengan melihat hasil perbandingan alat ukur dan sensor antara sensor cahaya LDR dengan cahaya matahari dan senter yang masuk ke dalam ruangan.

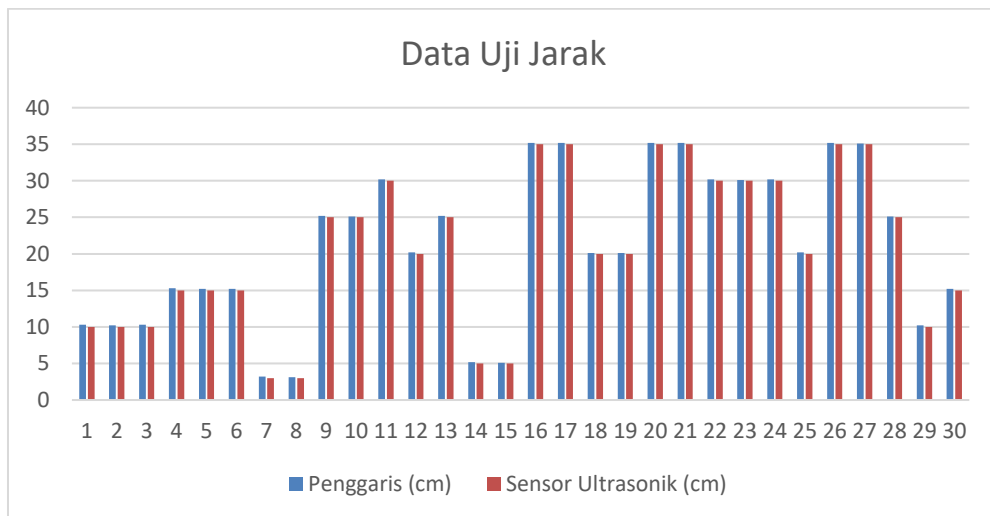


Gambar 8. Grafik Pengujian dan Perbandingan Sensor LDR

Pada pengujian sensor cahaya LDR, diperoleh hasil data berupa hidup atau mati lampu dengan data target berupa data pembacaan sensor LDR sudah sesuai dengan kondisi yang sudah dibuat. Terdapat 30 data data pengujian yang telah dilakukan. Adapun hasil pengujian dari beberapa rentang kondisi cahaya dengan rata-rata galat atau error sebesar 1,49% dan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,51%.

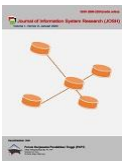
3.7 Pengujian Sensor Pembacaan Dan Akurasi Sensor Jarak Ultrasonik

Sensor jarak Ultrasonik digunakan untuk mengukur tinggi air pada wadah penampungan dan juga sebagai input untuk notifikasi jika air dalam wadah penampungan sudah mau habis. Nilai keluaran dari sensor ini adalah nilai analog dengan satuan Cm. Dilakukan pengujian untuk menghitung akurasi dan galat dengan membandingkan sensor Ultrasonik dan penggaris sebagai alat pengukuran tinggi air.



Gambar 8. Grafik Pengujian dan Perbandingan Sensor Ultrasonik

Pengujian akurasi dan galat sensor Ultrasonik dengan penggaris dilakukan dengan mengambil data sebanyak 30 kali dengan jarak yg berbeda beda dari kedua alat. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini adalah, pada pengujian pertama sampai dengan pengujian ketiga puluh dengan nilai rata-rata galat atau error sebesar 1,39%



dan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,61%.

3.8 Pengujian Keseluruhan Sistem

Tabel 1. Tabel Pengujian

Waktu	Suhu(c)	Kelembaban (%)	Intensitas Cahaya(lux)	Lampu 1	Lampu 2	Pompa
07:05:22	27.2	44.9	236	mati	hidup	hidup
12:05:22	30.3	66.5	766	hidup	mati	mati
17:05:15	30.4	72.1	470	mati	hidup	mati
10:05:16	28.3	69.7	941	mati	mati	mati
16:05:04	30.3	70.7	866	hidup	mati	mati
03:05:02	27.1	58.3	44	mati	hidup	hidup
09:05:02	30.2	67.5	660	hidup	mati	mati
11:05:02	30.2	55.5	883	hidup	mati	hidup
14:05:04	31.3	70.4	979	mati	mati	mati
21:05:00	28.5	49.6	430	mati	hidup	hidup

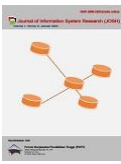
Pengujian keseluruhan sistem adalah pengujian terakhir yang dilakukan untuk memastikan sistem yang dibuat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Tahap pengujian ini merupakan penggabungan dari keseluruhan proses pengujian sebelumnya. Proses pengujian secara keseluruhan ini menggunakan NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan Wi-Fi, DHT22 sensor, sensor LDR, sensor Ultrasonik, modul relay, lampu, pompa dan LCD 16x2 untuk melakukan pemantauan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Output yang dihasilkan berupa penyiraman otomatis yang disalurkan lewat pompa pada relay, serta mengirimkan push notification ke LCD jika air pada wadah penampungan mulai habis. Pada output yang di hasilkan dari pengukuran intensitas cahaya menggunakan sensor cahaya LDR yaitu jika cahaya yang di ukur kurang dari 500 maka lampu 1 (lampu terang) akan menyala sedangkan jika cahaya yang diukur lebih dari 500 maka lampu 2 (lampu redup) akan menyala lalu mematikan kondisi lampu 1. Pada kondisi akhir dimana jika cahaya yang di ukur lebih dari 900 menandakan bahwa cahaya sangat terang maka kedua lampu akan mati. Proses pengujian dilakukan dengan memantau data hasil dari input dan output dari sistem apakah sesuai atau tidak. Pengujian ini dilakukan selama 3 hari yang dimana data yang tesimpan setiap 1 jam sekali.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, implementasi sistem kendali penyiraman dan pencahayaan otomatis pada terrarium telah memberikan dampak yang baik bagi pemilik. Selama uji coba sistem dan pengamatan selama 3 hari, sistem kendali tersebut mengurangi kewajiban rutin pemilik, seperti menyiram dan menjemur terrarium secara berkala. Penggunaan sensor, seperti DHT22 Temperature and Humidity Sensor, Light Dependent Resistor (LDR), dan sensor ultrasonik, telah menjaga kondisi terrarium dengan baik, memastikan lingkungan optimal untuk pemeliharaan tanaman dan hewan di dalamnya. Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi sebesar 98,45%, LDR dengan akurasi 98,51%, dan sensor ultrasonik dengan akurasi 98,61%. Tingkat akurasi yang tinggi dan nilai error yang minim dari sensor-sensor ini sangat berpengaruh dalam menjaga stabilitas sistem kendali Terrarium. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali yang diimplementasikan pada Terrarium berjalan dengan baik dan stabil. Kesimpulan ini menegaskan bahwa penggunaan sistem kendali otomatis dapat secara efektif meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pemeliharaan terrarium. Selain itu, penggunaan sensor yang akurat juga penting untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal bagi organisme hidup di dalam Terrarium. Oleh karena itu, sistem kendali otomatis menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi kendala-kendala yang ada dalam pemeliharaan Terrarium.

REFERENCES

- [1] A. Wulandari dkk., “Pemberdayaan Kompetensi Guru melalui Pembuatan Media Terrarium dengan Pendekatan Community Base Research,” vol. 2, no. 2, hlm. 224–232, 2022.
- [2] M. Azizah, K. M. Handayani, I. F. Azhari, dan W. L. “Pemberdayaan Masyarakat Desa Hargomulyo Melalui Pembuatan Terarium Art Souvenir”, Yuhanna, Jurnal Abdimas Budi Darma, hlm. 123-129, 2018.
- [3] S. A. Ali dan K. V. Meitei, “Nigella sativa seed extract and its bioactive compound thymoquinone: The new melanogens causing hyperpigmentation in the wall lizard melanophores,” Journal of Pharmacy and Pharmacology, vol. 63, no. 5, hlm. 741–746, Mei 2019, doi: 10.1111/j.2042- 7158.2011.01271.x.
- [4] Putri dan M. Susan, “Monitoring Lumut Daun di Zona Tropik Kawasan Gunung selamet, Jawa Tengah,” BIOMA jurnal, vol. 15, hlm. 76–82, 2020.
- [5] R. Rangga, dan L. Luluka, “Pemantauan Struktur Tanah Pada Lahan Gambut Dengan Menggunakan Teknik Hidro Lumut Daun dan Bahan Pembenah Tanah,” Bioma Jurnal, vol. 1, no. 2, hlm. 214–232 2019.
- [6] R. dan Z. Z. Samuel Yohendri, “Inventarisasi Lumut Daun (Kelas Musci) di Kecamatan Entikong Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat,” JOURNAL of Biotechnology and Conservation in WALLACEA, vol. 01, hlm. 42–56, 2021.
- [7] Putra Wawan, “Identifikasi Dan Monitoring Isopoda Pada Pegunungan Klaten,” Universitas Airlangga, Kediri Jawa



- Timur, vol. 1, no. 2, hlm. 222–242, 2021.
- [8] R. Citraning dkk., “Observasi Hewan Invertebrata di Pantai Bandengan Jepara,” Universitas Kendiri, 2020.
- [9] K. Hewan Arthropoda Pada, G. Dan Peranannya Terhadap Lingkungan Sekitar, K. Nur Afifah, A. Susatyo Nugroho, dan M. Anas Dzaki, “Keanekaragaman Hewan Artropoda Pada Area Persawahan di Desa Batur Agung Gubug Grogoban dan Peranannya Terhadap Lingkungan Sekitar,” *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 27, no. 1, hlm. 76, 2023.
- [10] P. Leu, O. Naharia, E. M. Moko, A. Yalindua, dan J. Ngangi, “Karakter Morfologi dan Identifikasi Hama pada Tanaman Dalugha (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) di Kabupaten Kepulauan Talaud Propinsi Sulawesi Utara,” *JURNAL ILMIAH SAINS*, vol. 21, no. 1, hlm. 96, Apr 2021.
- [11] R. C. Rachmawati dkk., “Inventarisasi Kelimpahan Molusca di Pantai Teluk Awur Jepara,” Universitas PGRI Semarang, vol. 1, no. 1, 2022.
- [12] A. Vu dan S. P. Brown, “Plants and Youth: Designing and Building a Terrarium 1,” *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 12, no. 1, hlm. 76, 2023.
- [13] Muhammad Faiz Muna, “Perancangan dan Impelementasi Pengatur Suhu Terrarium Serta Pemberi Pakan Terjadwal Pada Hewan Reptil Menggunakan Arduino Berbasis Interner of Things,” Program Studi S-1 Teknik Elektro Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, 2019.
- [14] Stanciu, R. Bogdan, dan M. Marcu, “Ideas with no History of Application in Education and Technology View project Academy View project Developing a low-cost Smart Terrarium in the Context of Home Automation Applications,” 2020.
- [15] Arslimulyadi, “Prototipe Suobium Sebagai Kendali Otomatis Suhu Kelembaban Bioactive Terrarium Berbasis IoT,” Program Studi S-1 Teknik Elektro Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, 2020.
- [16] A. Sanaris dan I. Suharjo, “Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT) Prototype Automatic Drying Tool Using NodeMCU ESP32 and Telegram Bot Based on Internet of Things (IOT),” Gejayan, 2020.
- [17] A. A. M. Khalifa dan K. Prawiroredjo, “Model Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan Produksi Obat Berbasis NodeMCU ESP32,” *Jurnal ELTIKOM*, vol. 6, no. 1, hlm. 13– 25, Jan 2022,
- [18] A. R. S. Fenny Vinola, “Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 09, hlm. 117–126, 2020.
- [19] A. K. Tsauqi dkk., “Saklar Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (LDR) Pada Mikrokontroler Arduino UNO,” Universitas Negeri Jakarta, 2016, hlm. SNF2016-CIP-19-SNF2016-CIP-24, 2020 doi: 10.21009/0305020105.
- [20] M. Fajar Wicaksono, “Implemtasi Modul Wifi NODEMCU ESP8266 Untuk Smart Home,” Program Studi S-1 Elektro Universitas Negeri Jakarta, 2020.
- [21] M. S. Yoski dan R. Mukhaiyar, “Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor Ultrasonik,” Program Studi S-1 Elektro Universitas Negeri Semarang 2020.
- [22] Mardiyansyah, dan A. Nurkholis, “Sistem Pengontrol Irigasi Otomais Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO,” Program Studi S-1 Informatika Universitas Negeri Jakarta 2020.
- [23] A. D. Hendra Saptadi Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom Purwokerto Jl I Panjaitan No, “Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino,” 2020.