

Sistem Pemantauan Suhu, Kelembapan Udara dan pH Air pada Rumah Anggur berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Website

Mislaini*, Ikhwan Ruslianto, Kasliono

Fakultas MIPA, Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Email: ^{1,*}mislaini@student.untan.ac.id, ²ikhwanruslianto@siskom.untan.ac.id, ³kasliono@siskom.untan.ac.id

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

Submitted: 16/08/2023; Accepted: 14/09/2023; Published: 25/09/2023

Abstrak—Anggur merupakan tanaman yang sulit tumbuh di lahan beriklim tropis karena memerlukan perawatan khusus dan lingkungan tumbuh yang spesifik. Seperti di Indonesia terutama di Kalimantan barat di kota Pontianak dipenuhi dataran rendah. Pertumbuhan optimal anggur terjadi pada dataran rendah (0-300 mdpl) dengan kelembapan udara 75% - 80% dan suhu antara 23°C - 31°C, serta pH air 5,5 - 7,3. Untuk mencapai kondisi ideal tersebut, digunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan media greenhouse dalam memantau dan mengendalikan lingkungan pertumbuhan anggur. Penggunaan teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan memperhatikan suhu, kelembapan, dan pH air sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, kualitas, dan hasil panen anggur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi IoT dalam mengendalikan suhu dan kelembapan udara secara efektif meningkatkan produktivitas anggur. Melalui pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat dan real-time, teknologi IoT memberikan dampak positif pada pertumbuhan tanaman, seperti peningkatan jumlah daun, panjang batang, dan jumlah tunas. Hasil pengujian akurasi pada setiap sensor dengan melakukan 15 kali percobaan menunjukkan bahwa akurasi pengukuran pH air rata-rata adalah 0,1%, sedangkan pengukuran suhu dan kelembapan udara memiliki akurasi rata-rata sebesar 0,1% dan 0,3% secara berturut-turut. Selain itu, rata-rata waktu respon sistem dalam mengendalikan mist maker, kipas, dan pompa alkali adalah 3 detik berdasarkan 15 kali percobaan.

Kata Kunci: Greenhouse; Tanaman Anggur; Internet of Things; IoT; Sensor; Website

Abstract—Grapes are plants that are difficult to grow in tropical climates. It requires specific environmental conditions as well as special care, with optimal growth of grapes occurring in lowlands (0-300 masl) with a humidity score ranging from 75% - 80% humidity and temperatures between 23°C - 31°C, and a water pH level from 5.5 pH - 7.3 pH. To achieve these ideal conditions, technology in the form of an Internet of Things (IoT) system and a greenhouse is used in order to monitor and control the grapes' growing environment. The use of this technology aims to improve efficiency and productivity by taking into account the temperature, humidity and water pH level as factors which affect the growth, quality, and yield of grapes. Research result shows that the use of IoT technology in controlling temperature and humidity air effectively increases the productivity of grapes. This can be seen from the increase in the number of leaves, stem length, and number of shoots on grapes that were monitored and controlled by the IoT system. The results of testing the accuracy of each sensor by conducting 15 experiments show that the average water pH measurement accuracy is 0.1%, while temperature measurements and air humidity has an average accuracy of 0.1% and 0.3% respectively. In addition, the average response time of the system in controlling mist makers, fans and pumps alkaline is 3 seconds based on 15 tries.

Keywords: Greenhouse; Grape Plants; Internet of Things; IoT; Sensor; Website.

1. PENDAHULUAN

Anggur adalah jenis tanaman yang sulit untuk tumbuh di lingkungan tropis seperti di Indonesia, terutama di Kalimantan Barat. Dikarenakan anggur membutuhkan perawatan khusus selama periode waktu yang lama dan lingkungan tumbuh khusus. Hal ini disebabkan oleh kondisi iklim yang kering dengan suhu tinggi yang berkisar antara 23 dan 32°C [1]. Tanaman anggur di kota Pontianak tumbuh dengan baik pada dataran rendah (0-300 mdpl), udara yang kering dengan kelembapan 75% - 80%, suhu berkisar antara 23°C - 31°C dengan pH Air 5,5 - 7,3 [2].

Untuk mencapai kondisi ideal dan mengatasi tantangan pertumbuhan anggur di lingkungan tropis seperti di Indonesia, terutama di Kalimantan Barat kota Pontianak. Kondisi iklim yang kering dengan suhu tinggi membuat tanaman anggur sulit tumbuh di area tersebut, digunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan media greenhouse dalam memantau dan mengendalikan lingkungan pertumbuhan anggur. Greenhouse adalah salah satu cara untuk dapat mengendalikan lingkungan agar sesuai bagi pertumbuhan tanaman anggur. Dengan adanya bantuan suatu sistem dan media pertanian greenhouse dapat memantau dan mengendalikan suhu, kelembapan udara dan pH air. Selain itu, greenhouse juga tidak dapat memberikan perawatan tanaman secara otomatis dan realtime [3]. Dengan bantuan Teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat menghubungkan sensor-sensor cerdas ke jaringan internet, sistem pemantauan menggunakan IoT dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman anggur [4]. Penggunaan teknologi ini bertujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan memperhatikan suhu, kelembapan, dan pH air sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, kualitas, dan hasil panen anggur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi IoT dalam mengendalikan suhu dan kelembapan udara secara efektif meningkatkan produktivitas anggur. Melalui pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat dan real-time, teknologi IoT memberikan dampak positif pada pertumbuhan tanaman, seperti peningkatan jumlah daun, panjang batang, dan jumlah tunas.

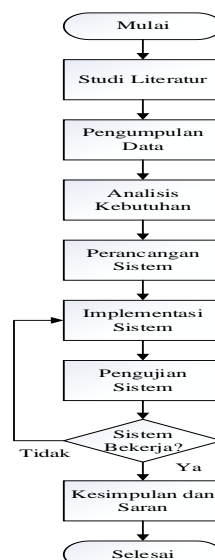
Adapun berbagai studi yang mengkaji tentang sistem IoT yang berfokus pada Greenhouse yaitu berjudul “Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT”. Penelitian ini menggunakan sensor DHT11, papan mikrokontroler Arduino Uno, dan modul WiFi ESP8266. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Arduino Uno bertindak sebagai otak dari sistem, menerima data dari sensor dan memprosesnya. Modul WiFi ESP8266 digunakan untuk menghubungkan sistem ke jaringan WiFi, memungkinkan pengiriman data ke server atau penerima lain melalui jaringan tersebut. Menggunakan layar LCD digunakan untuk memvisualisasikan nilai-nilai yang diukur oleh sensor, memberikan pengguna informasi tentang kondisi lingkungan yang terdeteksi. Kelemahan ketika terjadi gangguan pada jaringan WiFi, mengalami kesulitan dalam melacak atau mengirim data ke server [5]. Penelitian terdahulu selanjutnya yang berjudul “Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry Pi”. Penelitian ini menggunakan perangkat Raspberry Pi digunakan untuk mengontrol berbagai perangkat elektronik. Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya di sekitarnya. Ketika cahaya berubah, nilai resistansi dari LDR juga akan berubah, dan informasi ini dapat dibaca dan diinterpretasikan oleh Raspberry Pi. Sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitarnya. Data yang dihasilkan oleh sensor DHT11 akan diteruskan ke Raspberry Pi, sehingga sistem dapat memantau dan memahami kondisi suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitarnya [3]. Penelitian terkait selanjutnya yang berjudul “Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Pada Greenhouse Guna Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Anggur (Vitis vinifera) Di Daerah Sidoarjo”. Penelitian ini membuat penyiraman otomatis ini yang diharapkan dapat membantu petani menyiram Bibit anggur tumbuh dengan efisiensi tinggi dan lebih cepat berkat alat ini, yang mampu mengukur kelembapan dan suhu di dalam greenhouse [6].

Penelitian terdahulu selanjutnya berjudul “Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis Internet Of Things” dalam penelitian ini, variabel lingkungan seperti cahaya, pH tanah, kelembapan udara, kelembapan tanah, suhu, dan air diubah untuk memengaruhi proses pertumbuhan. Dalam penelitian ini, NodeMCU ESP32 digunakan sebagai pengendali komponen perangkat keras dan perangkat lunak secara keseluruhan. Sensor kelembapan tanah kapasitif untuk mengukur kelembapan tanah, sensor pH tanah untuk mengukur tingkat keasaman tanah, dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara [7]. Dari berbagai penelitian terdahulu memiliki beberapa perbedaan diantara WiFi ESP8266 diupdate menggunakan NodeMCU ESP32 kemudian Menggunakan layar LCD digunakan untuk memvisualisasikan nilai-nilai yang diukur oleh sensor untuk menggantikan LCD dibuat tampilan berupa website untuk menampilkan nilai-nilai sensor.

Berdasarkan dari permasalahan yang ada, maka dapat dikembangkan sebuah penelitian yang diharapkan dapat mempermudah untuk memantau serta mengendalikan sistem pada greenhouse secara realtime berbasis Website. Sehingga dapat dikembangkan penelitian selanjutnya dengan memanfaatkan Internet of Things dimana sensor-sensor saling terkoneksi untuk memantau suhu, kelembapan dan pH air. Penggunaan teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan memperhatikan suhu, kelembapan, dan pH air sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, kualitas, dan hasil panen anggur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dengan menggunakan perangkat aplikasi berbasis web, penelitian ini berfokus pada penerapan sistem pemantauan suhu, kelembapan udara, dan pH air pada Rumah Anggur yang berbasis Internet of Things (IoT). Gambar 1 menunjukkan tahapan metode penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menggambarkan urutan langkah-langkah dalam metode penelitian, yang meliputi tinjauan pustaka, akuisisi data, analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian. Jika terdapat masalah pada implementasi sistem, tahap tersebut akan direvisi, sementara jika sistem beroperasi secara optimal, langkah berikutnya melibatkan rangkuman dan saran.

2.1 Studi Literatur

Pada permulaan langkah penelitian, dilakukan analisis literatur dengan mengambil data dan informasi dari berbagai sumber teori penunjang yang akan diterapkan dalam penelitian. Sumber-sumber ini mencakup buku, jurnal riset, lembar data, dan situs web yang relevan dengan subjek penelitian.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam tahap penelitian ini, cara pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi. Metode observasi melibatkan mengumpulkan informasi dan data secara langsung di lapangan dengan melihat pertumbuhan tanaman anggur dan bagaimana alat atau sistem bekerja di greenhouse. Ini dilakukan untuk memastikan kebenaran penelitian. Dalam penelitian ini, data suhu, kelembapan, dan pH air dikumpulkan dari sensor dan kemudian dicatat secara real-time pada database.

2.3 Analisis Kebutuhan

Proses analisis sistem dan perancangan perangkat lunak dan perangkat keras akan dilakukan untuk membuat perangkat kendali dan pemantauan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Komponen perangkat keras yang diperlukan untuk menjalankan penelitian termasuk kedalam komponen proses yang utama, sensor-sensor yang digunakan, dan sarana komunikasi antara perangkat keras dan server. Beberapa perangkat keras yang dimaksudkan untuk digunakan adalah:

a. Sensor DHT11

Sensor DHT11 mengeluarkan sinyal digital yang telah dikalibrasi. Dengan menggunakan tegangan sebesar 3-5,5 Volt DC, sensor DHT11 mampu mendeteksi suhu antara 0 dan 50°C dan kelembapan relatif antara 20 dan 90%. Sensor ini memiliki keakuratan sekitar 4 persen untuk kelembapan relatif dan 2 persen untuk suhu [8]. Bentuk sensor DHT11 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor DHT11

Pada gambar 2 Sensor DHT11 digunakan agar mampu mendeteksi suhu yang berada yang ada didalam greenhouse yang berkisar antara 0 dan 50°C dan kelembapan relatif antara 20 dan 90 persen.

b. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah pengembangan dari ESP8266 dan memiliki beberapa Kelebihan jika dibandingkan dengan varian sebelumnya. ESP32 memiliki 36 pin GPIO dan resolusi ADC 12 bit, sedangkan ESP8266 memiliki 17 pin GPIO dan resolusi ADC 10 bit. Selain itu, ESP32 memiliki inti CPU dan mendukung jaringan Wi-Fi yang lebih cepat dan bluetooth. NodeMCU berfungsi dalam sistem dengan mengolah data dari sensor DHT11 dan pH meter serta memberi tahu relay untuk menghubungkan atau memutuskan arus [9]. Gambar 3 menunjukkan bentuk NodeMCU ESP32.



Gambar 3. NodeMCU ESP32

Pada gambar 3 NodeMCU ESP32 yang digunakan berjumlah 4 buah memiliki CPU dan mendukung jaringan Wi-Fi yang lebih cepat dan bluetooth. NodeMCU berfungsi dalam sistem dengan mengolah data dari sensor DHT11, pH meter, Pompa Alkali serta memberi tahu relay untuk menghubungkan atau memutuskan arus.

c. Sensor pH Meter

Sensor pH meter terkoneksi dengan perangkat pengukuran dan menampilkan hasil pembacaan nilai pH air yang sedang dianalisis [10]. Tujuannya adalah untuk mengestimasi tingkat keasaman atau kebasaan dari air yang ada dalam wadah penyimpanan di lokasi tersebut greenhouse [11]. Bentuk sensor ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor pH meter

Pada Gambar 4, sensor pH air yang tersambung dengan NodeMCU ESP32 memiliki fungsi untuk mendeteksi serta membaca tingkat keasaman atau basa pH air pada penampungan air di greenhouse. Sensor akan melakukan pembacaan asam atau basa dengan fitur analog to digital converter (ADC).

d. Modul Relay

Relay berperan sebagai penghubung atau pemutus aliran listrik dengan kapasitas yang cukup besar, dan kendali atasnya dilakukan melalui sinyal listrik dengan arus yang relatif kecil. Dalam konfigurasi Normally Open (NO), saat sinyal program diberikan nilai 1 atau high, Relay akan membuka jalur dan menghentikan aliran listrik; sebaliknya, jika nilai yang diberikan adalah 0 atau low, Relay akan menutup jalur dan memungkinkan aliran listrik mengalir [12]. Bentuk Relay dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Modul Relay

Pada Gambar 5 Relay di konfigurasi Normally Closed (NC), saat program memberikan nilai 0 atau low, Relay akan menutup jalur dan mempertahankan aliran listrik; namun, ketika nilai yang diberikan adalah 1 atau high, Relay akan membuka jalur dan memutus aliran listrik pada sensor DHT11, pH meter dan Pompa alkali.

e. Pompa Air Dc

Pompa air Dc merupakan alat mekanis yang Mengalirkan air dari lokasi yang lebih rendah ke posisi yang lebih tinggi. Pompa DC, misalnya, memompa air dari tandon ke wadah lain dan kemudian mengalirkannya ke mist maker untuk mengubah air menjadi uap salju [6]. Bentuk pompa air Dc dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pompa Air Dc

Pada gambar 6 Pompa air digunakan untuk mengisi wadah penampungan yang air didalamnya akan di cek tingkat basa dan kesamanya oleh pH meter.

f. Pompa Alkali

Pompa Alkali adalah perangkat mekanis yang dirancang khusus untuk mengangkat cairan alkali dari area rendah ke area yang lebih tinggi. Tugasnya adalah mengalirkan air yang mengandung sifat alkali ke dalam wadah penampungan air, sehingga dapat diolah atau digunakan sesuai kebutuhan [12]. Bentuk Pompa alkali dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pompa Alkali

Pada gambar 7 pompa alkali digunakan untuk memberi air alkali ketika air didalam wadah penampungan tingkat keasamannya meningkat.

g. Mist Maker

Humidifier berfungsi sebagai perangkat pelembab ruangan yang memiliki kemampuan untuk mengubah air menjadi uap. Pada penelitian ini, digunakan mist maker sebagai jenis humidifier yang memiliki kemampuan mengubah air menjadi awan kabut atau embun yang dingin, serupa dengan yang terlihat pada biang es. Alat ini memiliki daya jangkau hingga 5 meter, dan untuk mengoperasikannya membutuhkan catu daya sebesar 24VDC. Penggunaan mist maker dapat efektif melembabkan ruangan dengan efisiensi yang sangat baik [13]. Bentuk Mist Maker dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Mist Maker

Pada gambar 8 mist maker digunakan untuk mengubah air menjadi uap air yang digunakan melembapkan ruangan greenhouse.

2.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Berikut adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sistem ini:

- a. Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak yang memiliki peran yang sangat signifikan dalam proses kompilasi kode biner, pemrograman, dan transfer data ke memori pada mikrokontroler (Santoso & Wijayanto, 2022).
- b. Aplikasi pengeditan kode Visual Studio Code (VS Code) dikembangkan oleh Microsoft untuk sistem operasi Windows, Linux, dan macOS. Fasilitasnya melibatkan bantuan pada saat debug, pengelolaan Git dan GitHub, sorotan sintaksis, saran kode pintar, fragmen kode, serta kemampuan restrukturisasi kode. Visual Studio Code dapat diadaptasi sepenuhnya, memungkinkan para pengguna untuk merubah tema tampilan, pintasan papan keyboard, serta preferensi pribadi dan memasang ekstensi guna menambahkan fitur tambahan [15].
- c. Firebase adalah platform yang memungkinkan aplikasi untuk berjalan secara real-time. Ketika terjadi perubahan pada data, aplikasi yang terkoneksi dengan Firebase akan secara otomatis mengalami pembaruan di setiap perangkat termasuk situs website dan perangkat mobile. Firebase menyediakan beragam Kumpulan sumber daya komprehensif berbagai platform web dan mobile, dan dapat diintegrasikan dengan berbagai kerangka kerja seperti node, java, javascript, dan lain-lain. Data disimpan dalam format JSON (JavaScript Object Notation) di cloud melalui API (Application Programming Interface) untuk menyimpan dan menyinkronkan data, sehingga memungkinkan pembaruan secara real-time [16].

2.4 Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, melibatkan perakitan alat menggunakan semua komponen perangkat keras sesuai dengan yang telah ditetapkan. Perangkat lunak diprogram agar sistem dapat beroperasi sesuai harapan. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan dengan memasukkan kode program ke dalam perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terhubung.

2.5 Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep gabungan antara internet dan objek fisik, di mana objek-objek tersebut dilengkapi dengan sensor dan dapat terhubung ke internet. Sensor pada objek-objek ini mampu mengumpulkan data dan mentransmisikannya melalui jaringan internet. Data pembacaan dari sensor ini kemudian perlu disajikan dengan metode yang dapat dipahami oleh pengguna sehingga informasi lancar dialihkan dari bahasa analog sensor ke bahasa digital yang dapat dimengerti oleh server atau aplikasi pengguna (Nalendra & Mujiono, 2020).

2.6 Greenhouse

Greenhouse merupakan suatu struktur bangunan yang transparan yang memiliki kemampuan untuk mengatur kondisi iklim di dalamnya, dengan tujuan menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan dan pemeliharaan tanaman. Dengan adanya greenhouse, tanaman dapat diproduksi sepanjang tahun tanpa tergantung pada musim, dan dapat terlindungi dari gangguan hama dan penyakit, sehingga risiko penyebaran hama dan penyakit yang tidak diinginkan dapat diminimalkan (Putri dkk., 2019).

2.7 Website

Website adalah media yang berfungsi untuk menyediakan informasi yang saling berhubungan. Mereka dapat menyampaikan informasi dalam bentuk teks, gambar, video, suara, animasi, atau kombinasi dari semua ini [19]. Dalam konteks penelitian ini, laman web dimanfaatkan sebagai sistem untuk memantau suhu, kelembapan udara, dan tingkat pH air di lingkungan perkebunan anggur.

2.8 Framework Laravel

Framework adalah rangkaian dari fungsi memudahkan dan mempercepat pekerjaan seorang programmer. Dengan menggunakan framework, programmer tidak dibutuhkan kreasi fungsi atau kelas dari awal. Laravel merupakan sebuah contoh kerangka kerja (framework) untuk membuat situs web menggunakan bahasa pemrograman PHP yang bersifat open-source dan bisa digunakan tanpa biaya. Kerangka kerja ini dikembangkan oleh Taylor Otwell dan didesain khusus untuk menyederhanakan proses pengembangan aplikasi situs web dengan pola arsitektur

Model-View-Controller (MVC). Struktur MVC pada Laravel sedikit berbeda dari struktur MVC yang umum. Dalam lingkungan Laravel, terdapat sistem routing yang bertugas sebagai penghubung antara permintaan (request) dari pengguna dengan pengendali (controller). Melalui mekanisme ini, pengendali tidak secara langsung menerima permintaan tersebut [20].

2.9 Tanaman Anggur

Anggur merupakan tanaman yang berasal dari wilayah sekitar Laut Hitam dan Laut Kaspia. Dari wilayah tersebut, tanaman anggur menyebar ke Amerika Utara, Amerika Selatan, Eropa, dan kemudian ke Asia termasuk Indonesia. Sebagian besar produksi anggur dunia, yaitu sekitar 71%, digunakan untuk pembuatan wine, 27 % dikonsumsi sebagai buah segar, dan 2% dijadikan buah kering. Daging buah anggur memiliki rasa yang sekaligus asam dan manis, serta kandungan air yang tinggi. Asam maleat dan asam sitrat adalah jenis asam yang dominan pada anggur. Kandungan glukosa dan fruktosa yang tinggi adalah penyebab rasa manis pada buah anggur [21]. Buah anggur memiliki kandungan vitamin yang dapat menangkal risiko kanker dan gangguan kesehatan lainnya. Selain itu, mereka berperan sebagai agen antiradikal bebas.

2.10 Galat

Dalam metode numerik, galat sering disebut sebagai error. Galat merupakan Perbedaan antara nilai aktual dan nilai yang dihitung menggunakan pendekatan numerik. Untuk menentukan galat ini, diperlukan alat ukur yang digunakan untuk mengkalibrasi hasil pembacaan sensor. Kalibrasi ini bertujuan untuk memastikan apakah pembacaan sensor pH Air sesuai dengan nilai yang diukur menggunakan pH meter, dan apakah pembacaan sensor DHT11 sesuai dengan nilai yang diukur menggunakan Mini Digital Thermometer & Hygrometer. Proses kalibrasi ini penting untuk mengetahui seberapa besar Perbedaan kesalahan antara pengukuran sensor terhadap rentang bacaan dari perangkat pengukur yang diterapkan [7]. Persamaan (1) menampilkan rumus yang dipakai untuk menghitung nilai normalisasi bacaan sensor; Persamaan (2) memperlihatkan nilai normalisasi bacaan alat ukur, dan Persamaan (3) menggambarkan besaran perbedaan/error.

$$X'_n = \frac{X_n - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

$$X'_n = \frac{X_n - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

$$\text{Selisih/ Error(\%)} = |X'_n - X'_0| \times 100\% \quad (3)$$

Dengan Keterangan :

X'_n = normalisasi pembacaan sensor

X'_0 = normalisasi pembacaan alat ukur

X_n = hasil pembacaan sensor

X_0 = hasil pembacaan alat ukur

X_{\max} = nilai maksimum alat ukur

X_{\min} = nilai minimum alat ukur

2.11 Pengujian Sistem

Setelah proses implementasi selesai, langkah selanjutnya adalah tahap pengujian yang meliputi Pemeriksaan komponen fisik dan perangkat program. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk memverifikasi kinerja seluruh elemen sistem. Pada fase pemeriksaan, dilakukan langkah-langkah untuk menyesuaikan ulang sensor-sensor yang digunakan dalam eksperimen. Proses kalibrasi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang nilai error pengukuran sensor dengan membandingkannya dengan alat ukur standar. Jika pengujian menunjukkan hasil pengukuran sensor dengan nilai error yang kecil, maka pengukuran yang dilakukan oleh sensor tersebut dianggap lebih akurat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi pada perangkat keras merupakan proses perakitan pada komponen-komponen yang dibutuhkan oleh sistem seperti yang telah dirancang. Penerapan pada perangkat keras termasuk pelaksanaan penerapan sistem pemantauan suhu dan tingkat kelembapan udara di dalam greenhouse dan implementasi sistem kendali pH air.

3.1 Implementasi Sistem Pada Perangkat Keras

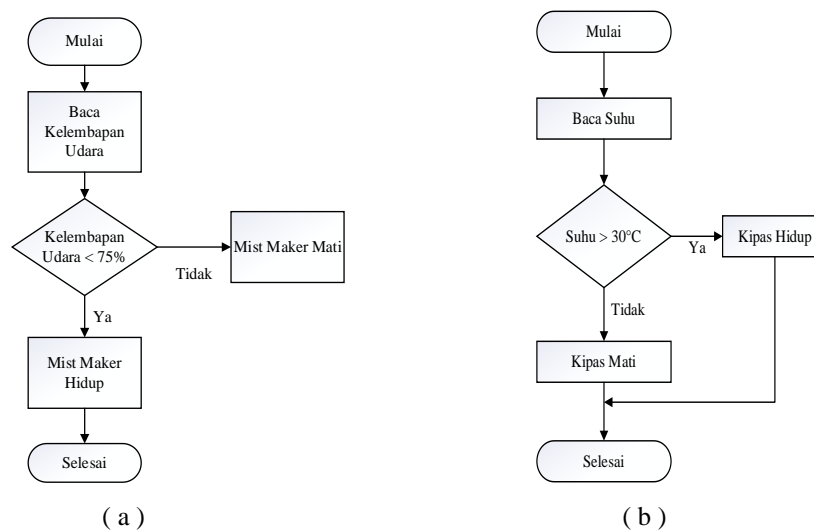
3.1.1 Implementasi Sistem Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara.

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 bersama dengan sensor DHT11 menjadi komponen integral dalam struktur pengukuran suhu dan kelembapan udara yang diimplementasikan dalam lingkungan rumah kaca. Cara sistem mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam greenhouse dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Implementasi sistem pembacaan suhu dan kelembapan udara

Pada gambar 9 terdapat Sensor DHT11 yang terhubung ke NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai pengukur suhu dan kelembapan udara pada greenhouse. Sensor akan melakukan pengukuran terhadap suhu dan tingkat kelembapan udara di dalam keadaan dingin atau panas dengan menampilkan hasil pembacaan sensor berupa nilai suhu dan kelembapan udara.

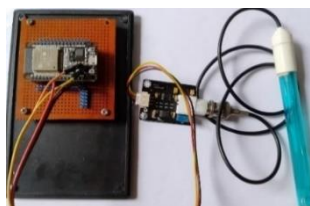


Gambar 10. Diagram alir sensor DHT11, (a) Pengendalian Sistem Suhu pada Website dan (b) Pengendalian Sistem Kelembapan Udara pada Website.

Pada gambar 10 perancangan perangkat lunak menggunakan sensor DHT11, apabila sensor DHT11 mendeteksi kelembapan udara pada greenhouse berada di bawah 75% maka relay akan mengaktifkan mist maker hingga kelembapan naik dan akan berhenti jika kelembapan sudah mencapai kondisi yang ditentukan yaitu berada pada rentang 75% hingga 80%. Setelah dilakukan proses tersebut secara otomatis, data tersebut dikirim akan ke server dan tersimpan di dalam database. Apabila sensor DHT11 mendeteksi suhu pada greenhouse berada diatas 30°C maka relay akan mengaktifkan kipas hingga suhu turun dan akan berhenti jika suhu dibawah 30°C.

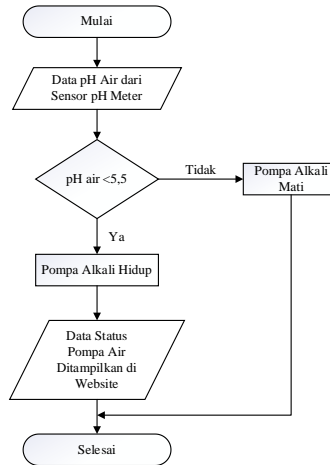
3.1.2 Implementasi Sistem Pembacaan pH Air

Bagian-bagian dalam sistem saat konfigurasi pemantauan pH air yang diaplikasikan pada wadah air dalam greenhouse termasuk mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan sensor pH Air. Penerapan sistem pengukuran pH air pada wadah penyimpanan cairan di lingkungan greenhouse di dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Implementasi sistem pembacaan pH air

Pada Gambar 11 sensor pH air yang tersambung dengan NodeMCU ESP32 memiliki fungsi untuk mendeteksi serta membaca tingkat keasaman atau basa pH air pada penampungan air di greenhouse. Sensor akan melakukan pembacaan asam atau basa dengan fitur analog to digital converter (ADC), skala pembacaan sensor pH Air mencakup dari nilai 0-14. Jika nilai pembacaan yang dihasilkan sensor pH Air dibawah 5.5 maka air terdeteksi asam. Sensor pH memiliki 3 pin yaitu VCC, GND dan A. Pada penelitian ini, D33 digunakan sebagai keluaran nilai pH meter.



Gambar 12. Implementasi sistem pembacaan pH air

Pada gambar 12 perancangan perangkat lunak menggunakan sensor pH meter dilakukan dengan pengendalian otomatis maka sistem menjalankan sesuai dengan nilai parameter pada pH air. Air gambut dengan tingkat keasaman (pH) yang rendah (pH < 5,5) digunakan dalam wadah penampungan. Ketika sensor pH mendeteksi bahwa pH air di dalam wadah penampungan turun di bawah 5,5, sistem relay akan secara otomatis mengaktifkan pompa alkali untuk mencampurkan alkali secara merata ke dalam air penampungan. Kemudian pompa alkali akan berhenti jika pH air sudah mencapai rentang 5,5 hingga 7,3. Setelah dilakukan pemberian air alkali secara otomatis, data yang didapatkan akan dikirim ke server dan tersimpan di dalam database.

3.1.3 Implementasi Sistem Pengendalian Relay

Bagian-bagian dalam sistem pengendalian yang digunakan di dalam rumah kaca terdiri dari NodeMCU ESP32 dan modul relay dengan 4 saluran. Hasil dari penerapan pengendalian menggunakan relay di dalam rumah kaca tertera dalam Ilustrasi/Gambar 13.

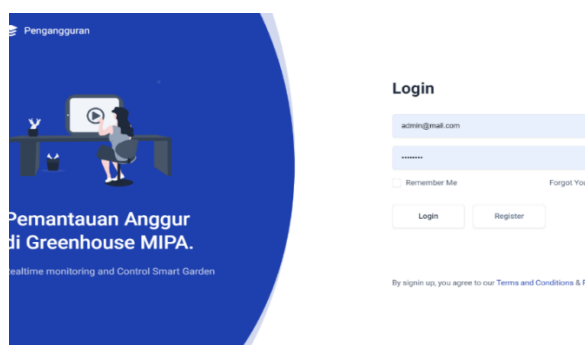


Gambar 13. Implementasi Sistem Kendali Relay di dalam Greenhouse

Pada gambar 13 modul relay yang berperan sebagai pengalih untuk on/off alat-alat yang dikontrol menggunakan NodeMCU ESP32. Fungsi dari NodeMCU ESP32 terhadap modul relay adalah sebagai perangkat yang memberikan sinyal yang berupa nilai 1 atau 2 kepada pin yang terhubung ke relay. Relay pada sistem ini menggunakan active low yang artinya akan memutuskan aliran listrik ketika NodeMCU ESP32 memberikan sinyal bernilai 2 (High), dan akan terputus kembali saat sinyal berada dalam kondisi 1 (Low).

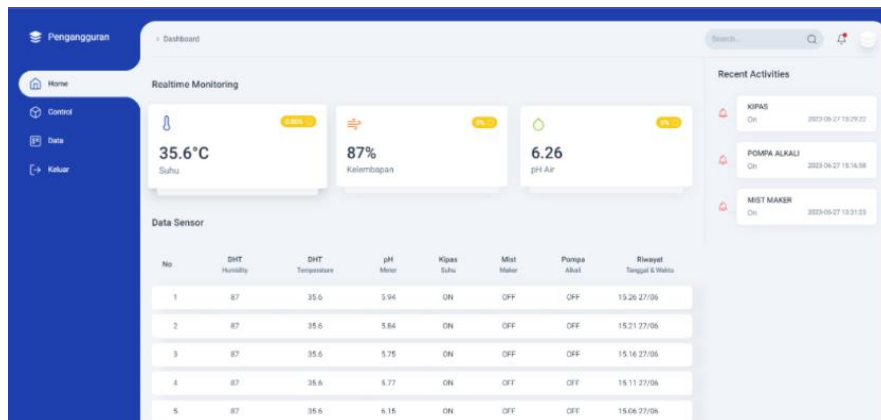
3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pelaksanaan perangkat lunak mencakup proses pengembangan kode program yang didefinisikan dan diberikan kondisi sesuai dengan perancangan perangkat keras sehingga dapat berjalan sesuai dengan fungsinya, implementasi database firebase dan API Selain itu, tahap ini juga menampilkan tampilan antarmuka berbasis website. tampilan masuk dapat dilihat pada Gambar 14.



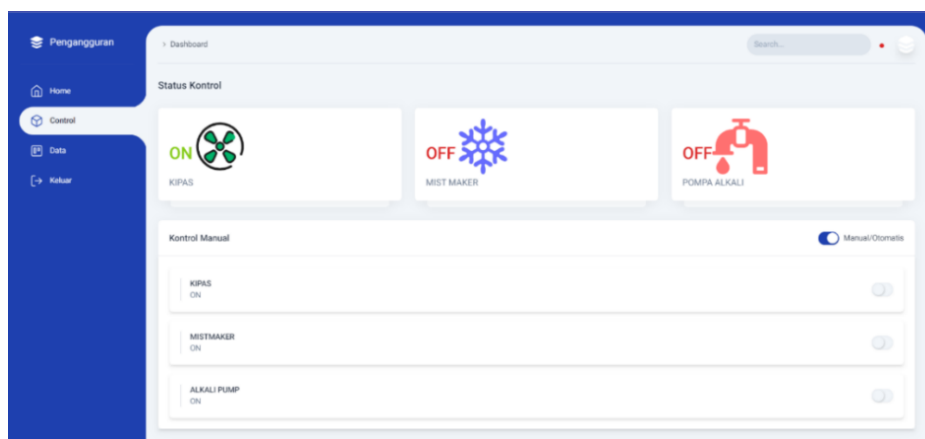
Gambar 14. Halaman Login

Gambar 14 merupakan tampilan masuk yang berfungsi sebagai akses masuk bagi admin agar dapat menggunakan website untuk memasuki sistem greenhouse berbasis Internet of Things. Dalam halaman login terdapat alamat surel dan kata sandi yang harus diinput oleh administrator dan pengguna.



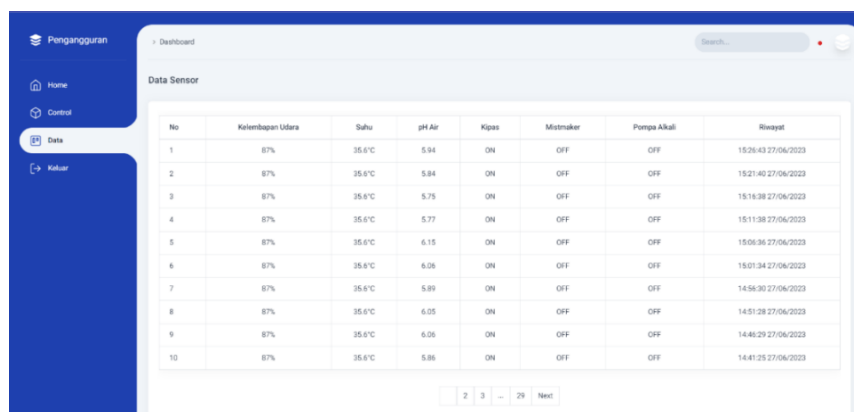
Gambar 15. Halaman Beranda

Pada gambar 15 berupa halaman ini menjadi langkah pertama setelah admin berhasil masuk ke dalam aplikasi. Pada Halaman beranda terdapat beberapa informasi data kelembapan udara, suhu, pH pada air pada greenhouse. Pada halaman beranda menampilkan waktu dan riwayat penggunaan kipas, pompa alkali dan mist maker.



Gambar 16. Halaman Kendali

Pada gambar 16 berupa halaman kendali merupakan halaman yang berfungsi untuk menampilkan status on/off pompa alkali, mist maker dan kipas. Selain itu halaman ini juga dapat memberikan perintah on/off untuk mengendalikan pompa alkali, mist maker dan kipas secara manual oleh admin.



Gambar 17. Halaman Data

Pada gambar 17 berupa halaman data laporan sensor adalah halaman untuk menampilkan data hasil pembacaan suhu, kelembapan udara dan pH air menggunakan sensor masing yang digunakan. Data yang dihasilkan oleh sensor ini selanjutnya akan terlihat di tabel. Data berisikan sensor yang digunakan, value.

3.3 Pengujian

Pada tahapan penelitian, pengujian dilakukan pada sensor DHT11, sensor pH meter dan respon Relay didalam greenhouse sebanyak 15 kali percobaan.

3.3.1 Pengujian Pengukuran Suhu dan Kelembapan Udara

Sensor DHT11 berfungsi untuk melakukan pengukuran suhu dan tingkat kelembapan udara yang berada di dalam greenhouse. Nilai keluaran dari sensor DHT11 merupakan data digital, sehingga tidak memerlukan konversi Analog to Digital Converter (ADC). Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai sensor DHT11 dengan alat ukur standar, seperti Mini Digital Thermometer & Hygrometer.

Tabel 1. Pengukuran suhu dan kelembapan udara didalam greenhouse

No	Pengukuran Suhu			Pengukuran kelembapan udara		
	Nilai Sensor(Xn)	Alat Ukur (Xo)	Selisis/Error	Nilai Sensor(Xn)	Alat Ukur (Xo)	Selisis/Error
1.	36	37.1	0.1%	74	71	0.3%
2.	37	37.1	0.0%	73	71	0.2%
3.	37	37.1	0.0%	73	71	0.2%
4.	37	37.1	0.0%	73	71	0.2%
5.	37	37.1	0.0%	73	71	0.2%
6.	37	37.1	0.0%	73	70	0.3%
7.	37	37.1	0.0%	73	70	0.3%
8.	37	37.1	0.0%	73	70	0.3%
9.	37	37.1	0.0%	73	70	0.3%
10.	37	37.2	0.0%	73	71	0.2%
11.	36	37.2	0.1%	73	71	0.2%
12.	36	37.2	0.1%	77	71	0.6%
13.	37	37.2	0.0%	77	71	0.6%
14.	35	37.2	0.2%	71	70	0.1%
15.	35	37.2	0.2%	71	70	0.1%
	Rata-Rata		0.1%	Rata-Rata		0.3 %

Tahapan pengambilan data dalam pengujian melibatkan pengambilan 15 set data, di mana rata-rata galat pengujian untuk pengukuran suhu adalah sekitar 0,1%. Sementara itu, galat rata-rata pengujian untuk pengukuran kelembapan udara sekitar 0,3%. Hasil ini diperoleh melalui perbandingan antara nilai pengukuran yang dihasilkan oleh sensor DHT11 dan Mini Digital Thermometer & Hygrometer. Penentuan rata-rata galat dilakukan dengan menggunakan perhitungan galat.

3.3.2 Pengujian sensor pH meter

Sensor pH meter diuji dengan membandingkan nilai yang dihasilkannya dengan bacaan alat ukur pH. Proses pengujian sensor pH bertujuan untuk mendeteksi dan mengevaluasi tingkat keasaman air di dalam wadah penampungan yang terletak di dalam agreenhouse.

Tabel 2. Pengukuran pH Air

No	Pengukuran		Selisis/Error
	Nilai Sensor(Xn)	Alat Ukur (Xo)	
1.	6.94	7.08	0.1%
2.	6.98	7.01	0.0%
3.	6.90	7.01	0.1%
4.	7.14	7.02	0.1%
5.	7.00	7.04	0.0%
6.	6.90	7.02	0.1%
7.	6.84	7.02	0.1%
8.	7.05	7.02	0.0%
9.	7.10	7.03	0.1%
10.	7.23	7.04	0.1%
11.	7.19	7.02	0.1%
12.	7.12	7.01	0.1%
13.	7.12	7.00	0.1%
14.	6.99	7.01	0.0%
15.	7.08	7.01	0.1%
	Rata-Rata		0.1%

Uji coba sensor pH meter melibatkan perbandingan antara nilai yang dihasilkan oleh sensor pH meter dengan bacaan alat pengukur pH. Proses pengujian sensor pH ini bertujuan untuk mendeteksi dan mengevaluasi tingkat keasaman air di dalam wadah penampungan yang terletak di dalam rumah kaca. Rata-rata selisih error antara nilai yang diberikan oleh alat pengukur dan sensor pH menghasilkan nilai sekitar 0,1%.

3.3.3 Pengujian Respon Relay

Pengujian respons modul relay bertujuan untuk mengukur berapa lama waktu yang diperlukan oleh sistem kipas, mist maker, dan pompa air alkali untuk beralih antara status on dan off di dalam greenhouse.

Tabel 3. Pengujian Respon Relay

No	Kontrol Sistem di Greenhouse					
	Kipas (Detik)		Mist Maker (Detik)		Pompa Alkali (Detik)	
	On	off	on	Off	On	Off
1.	3	3	2	3	3	3
2.	2	3	3	3	3	3
3.	4	2	2	2	2	2
4.	3	2	3	3	3	2
5.	2	3	3	2	2	3
6.	2	4	3	2	2	3
7.	3	3	3	3	3	3
8.	2	3	2	3	3	3
9.	4	2	2	3	3	2
10.	3	2	3	2	3	3
11.	3	3	2	3	3	2
12.	3	2	3	3	2	3
13.	2	3	3	2	3	3
14.	2	2	3	3	3	3
15.	3	2	2	2	3	2
Rata-Rata	2,73	2,6	2,6	2,6	2,73	2,66

Pengujian responsivitas modul relay dilakukan untuk mengidentifikasi durasi waktu yang dibutuhkan oleh sistem dalam menjalankan proses on dan off kipas, mist maker dan pompa air alkali didalam greenhouse. Pengujian respon relay pada sistem kipas, mist maker dan pompa air alkali dengan kondisi on dan off dilakukan sebanyak 15 kali percobaan. Dengan hasil pengujian kondisi kipas saat on 2,73 detik ketika off 2,6 detik, kondisi mist maker saat on 2,6 detik ketika off 2,6 detik dan kondisi respon relay pada pompa alkali sebesar 2,73 detik ketika on dan 2,66 ketika kondisi off.

3.4 Hasil Pertumbuhan tanaman anggur

Berikut adalah tabel hasil dari pertumbuhan tanaman anggur yang berada di greenhouse:

Tabel 4. Pertumbuhan Tanaman Anggur menggunakan Sistem

No	Pertumbuhan Anggur Menggunakan Sistem			
	Jumlah Daun	Jumlah Cabang	Panjang Batang/Tunas	Waktu
1.	163	11	604 cm	Kamis, 25 mei 2023
2.	170	11	604 cm	Kamis, 1 juni 2023
3.	176	13	604 cm	Kamis, 8 juni 2023
4.	177	13	604 cm	Kamis, 15 juni 2023
5.	181	15	605 cm	Kamis, 22 juni 2023

Pengukuran pertumbuhan tanaman anggur dilakukan selama lima minggu. Pengukuran pertumbuhan anggur dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan jumlah daun, jumlah cabang, panjang tunas dan panjang batang tanaman anggur setiap minggunya menggunakan manual dengan alat meter. Pengukuran tanaman anggur dilakukan agar dapat membandingkan hasil dari menggunakan sistem dengan menggunakan manual.

Tabel 5. Pertumbuhan Tanaman Anggur secara Manual

No	Pertumbuhan Anggur			
	Jumlah Daun	Jumlah Cabang	Panjang Batang/Tunas	Waktu
1.	123	6	445 cm	Kamis, 25 mei 2023
2.	126	6	446 cm	Kamis, 1 juni 2023
3.	132	7	448 cm	Kamis, 8 juni 2023
4.	138	7	504 cm	Kamis, 15 juni 2023
5.	135	7	506 cm	Kamis, 22 juni 2023

Pengukuran pertumbuhan tanaman anggur dilakukan selama lima minggu. Pengukuran pertumbuhan anggur dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan jumlah daun, jumlah cabang, panjang tunas dan panjang batang tanaman anggur setiap minggunya menggunakan manual dengan alat meter. Pengukuran tanaman anggur dilakukan agar dapat membandingkan hasil dari menggunakan sistem dengan menggunakan manual.

3.5 Pembahasan

Sistem pemantauan suhu, kelembapan udara, dan pH air digunakan dalam tiga unit. NodeMCU ESP32 pertama berfungsi untuk membaca hasil pengukuran sensor pH air. Data hasil bacaan sensor dikirim ke database Firebase melalui koneksi internet, dan dapat dipantau melalui website. NodeMCU ESP32 kedua bertugas membaca hasil pengukuran dari sensor DHT11, kemudian data bacaan dikirim ke database Firebase melalui koneksi internet. Hal ini juga memungkinkan pemantauan hasil pengukuran sensor melalui website. NodeMCU ESP32 ketiga digunakan untuk mengendalikan modul relay melalui platform web. Modul relay ini mampu mengendalikan perangkat seperti pompa alkali, kipas, dan mist maker. Dua mode kendali yang tersedia adalah mode manual dan otomatis melalui website. Pada kendali manual, pengguna dapat mengaktifkan atau mematikan perangkat melalui tombol switch on/off untuk kipas, mist maker, dan pompa alkali. Pada kendali otomatis, sistem beroperasi berdasarkan nilai minimum yang telah ditetapkan. Pengujian sistem kendali manual (on dan off) untuk kipas, mist maker, dan pompa alkali dilakukan sebanyak 15 kali. Hasil rata-rata waktu respons untuk kipas dalam kondisi on adalah sekitar 2,73 detik, dan dalam kondisi off adalah sekitar 2,6 detik. Rata-rata waktu respons mist maker dalam kondisi on dan off adalah sekitar 2,6 detik. Sedangkan rata-rata waktu respons pompa alkali dalam kondisi on adalah sekitar 2,73 detik, dan dalam kondisi off adalah sekitar 2,67 detik. Perbedaan waktu respons ini dipengaruhi oleh stabilitas dan kecepatan jaringan yang digunakan. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai yang diharapkan. Ini mencakup pemantauan kelembapan udara, suhu, dan pH air melalui website.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari rangkaian penelitian yang meliputi tahap perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, implementasi, dan uji coba, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan suhu udara dan pengendalian pH air di dalam greenhouse berbasis IoT dengan integrasi website memiliki efektivitas yang tinggi. Implementasi teknologi IoT ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat dan real-time, berpotensi memberikan dampak positif pada pertumbuhan tanaman, terlihat dari peningkatan jumlah daun, panjang batang, dan tunas. Hasil pengujian akurasi dilakukan dengan mengukur pH air, suhu, dan kelembapan udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran pH air rata-rata sekitar 0,1%, sedangkan akurasi pengukuran suhu dan kelembapan udara rata-rata sekitar 0,1% dan 0,3% secara berurutan. Pengujian kendali on/off untuk mist maker, kipas, dan pompa alkali dijalankan sebanyak 15 iterasi. Waktu respon rata-ratanya untuk mist maker adalah 3 detik dalam kondisi hidup dan mati, sementara kipas memiliki waktu respon yang sama, yaitu 3 detik untuk hidup dan mati. Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa rekomendasi yang dapat diambil untuk pengembangan selanjutnya aplikasi berbasis mobile untuk memudahkan pengguna dalam menerima notifikasi, memantau, dan mengontrol sistem tanpa harus menggunakan browser. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa adaptor yang digunakan pada NodeMCU ESP32 sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh perangkat, dan menjaga kebersihan air pada penampungan agar tidak mempengaruhi akurasi pengukuran sensor pH.

REFERENCES

- [1] I. Ruslianto, U. Ristian, dan H. Hasfani, "Sistem Pintar Untuk Anggur (Sipunggur) pada Kawasan Tropis Berbasis Internet of Things (IoT)," JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika), 2022.
- [2] S. Herlambang, D. Yudhiantoro, dan A. W. A. Wibowo, "BIOCHAR UNTUK BUDIDAYA ANGGUR," 2021.
- [3] R. Friadi dan Junadhi, "Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembapan Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI," 2019.
- [4] R. Kadepi, S. Bahri, J. Rekayasa Sistem Komputer, dan F. H. MIPA Universitas Tanjungpura Jalan Hadari Nawawi Pontianak, "SISTEM MONITORING DAN PENGONTROLAN PADA BUDI DAYA IKAN MAS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," jurnal coding, 2022.
- [5] A. M. Khafi, D. Erwanto, dan Y. B. Utomo, "Sistem Kendali Suhu Dan Kelembapan Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT," 2019.
- [6] D. T. Utomo, A. Baihaqi, H. Asysyauqi, R. Azizissani, dan A. H. A. Ash'shobir, "Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Pada Greenhouse Guna Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Anggur (Vitis vinifera) Di Daerah Sidoarjo," JEECOM, vol. 4, no. 1, 2022.
- [7] Hendra, D. Triyanto, dan U. Ristian, "RANCANG BANGUN SMART GREEN HOUSE BERBASIS INTERNET OF THINGS," 2021.
- [8] I. A. Sari, A. N. Handayani, dan D. Lestari, "Smart Greenhouse sebagai Media Pembibitan Kentang Granola Kembang Berbasis Mikrokontroler," 2018.
- [9] A. Setiawan dan A. I. Purnamasari, "Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Door Magnetic Switch Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan," JURNAL RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 2019.

- [10] Pratama Aric, Bahri Syamsul, dan Suhardi, “SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGONTROLAN PADA TANAMAN SAWI DAN IKAN NILA UNTUK POLA COCOK TANAM AKUAPONIK BERBASIS IOT,” 2022.
- [11] S. Aminah, T. Rismawan, S. Suhardi, dan D. Triyanto, “Sistem Pemantauan dan Kendali Kelembapan Udara Pada Budi Daya Bunga Anggrek Berbasis Internet of Things,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 6, hlm. 2081, Des 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i6.5250.
- [12] Solihin, D. Triyanto, dan U. Ristian, “SISTEM MONITORING PH AIR DAN KONTROL POMPA AIR UNTUK PERSIAPAN PENYIRAMAN TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (Studi Kasus: SMART GARDEN FMIPA UNTAN),” *Coding*, 2021.
- [13] F. Aziz dan B. Suprianto, “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kelembapan pada Sistem Tanam Aeroponik Menggunakan Kontroler PID 595 RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN KELEMBAPAN PADA SISTEM TANAM AEROPONIK MENGGUNAKAN KONTROLLER PID,” 2019.
- [14] S. P. Santoso dan F. Wijayanto, “RANCANG BANGUN AKSES PINTU DENGAN SENSOR SUHU DAN HANDSANITIZER OTOMATIS BERBASIS ARDUINO,” *Jurnal Elektro*, 2022.
- [15] W. Joni Kurniawan, “Sistem E-Learning Do’a dan Iqro’ dalam Peningkatan Proses Pembelajaran pada TK Amal Ikhlas,” *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, vol. 1, no. 3, hlm. 154–159, 2019.
- [16] E. A. W. Sanadi, A. Achmad, dan Dewiani, “Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire,” *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 22, no. 1, hlm. 20–26, Mei 2019, doi: 10.25042/jpe.052018.04.
- [17] A. K. Nalendra dan M. Mujiono, “Perancangan IoT (Internet of Things) pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai,” *Generation Journal*, vol. 4, no. 2, 2020.
- [18] A. R. Putri, Suroso, dan uroso, “Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Miniatur Greenhouse Berbasis IOT,” 2019.
- [19] A. S. Nurjaman dan V. Yasin, “KONSEP DESAIN APLIKASI SISTEM MANAJEMEN KEPEGAWAIAN BERBASIS WEB PADA PT. BINTANG KOMUNIKASI UTAMA (Application design concept of web-based staffing management system at PT Bintang Komunikasi Utama),” 2020. [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisicomTelp.+62-21-3905050>,
- [20] T. Bin Tahir, M. Rais, dan M. A. Hs, “Aplikasi Point OF Sales Menggunakan Framework Laravel Point OF Sales Appilaction using Laravel Framework,” vol. 2, no. 2, hlm. 2355–7699, 2019, doi: 10.33387/jiko.
- [21] R. DESTARI, H. Ismail, dan K. Bay, “MANFAAT BUAH ANGGUR DALAM TINJAUAN TAFSIR DAN KORELASINYA DENGAN ILMU KESEHATAN (KAJIAN TEMATIK),” 2021.