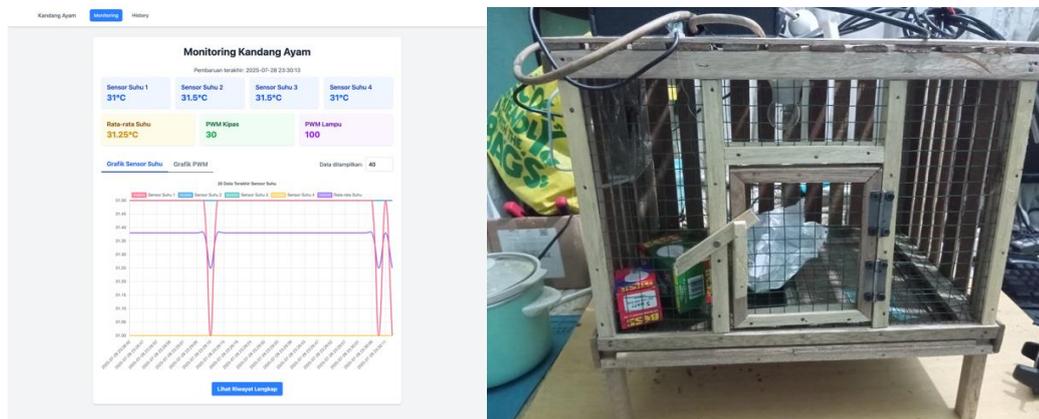


BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

5.1 HASIL IMPLEMENTASI

Pada tahapan ini, penulis melakukan implementasi rancangan yang sudah disusun sebelumnya. Hasil dari implementasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Bentuk Fisik Prototipe dan Tampilan Aplikasi

Gambar 5.1 Halaman Monitoring Kandang Ayam ini menampilkan data suhu secara real-time dari empat sensor suhu yang terpasang di dalam kandang. Selain itu, ditampilkan juga nilai rata-rata suhu, serta nilai PWM (Pulse Width Modulation) untuk kipas dan lampu sebagai respons sistem kendali terhadap kondisi suhu. Grafik di bawahnya menunjukkan tren suhu dari masing-masing sensor dan rata-ratanya dalam rentang waktu tertentu, sehingga memudahkan pengguna untuk memantau perubahan suhu secara visual. Dengan tampilan yang informatif dan interaktif, sistem ini membantu memastikan kondisi lingkungan kandang tetap optimal bagi pertumbuhan ayam.

5.2 PENGUJIAN ALAT

Proses pengujian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk memvalidasi kesesuaian antara desain alat yang telah dirancang dengan implementasi, serta untuk memastikan bahwa hasil yang dicapai memenuhi ekspektasi yang telah ditetapkan. Di samping itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat secara komprehensif. Pasca-pengujian, dilakukan serangkaian pengukuran dan analisis terhadap hasil yang diperoleh guna menilai tingkat keberhasilan alat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Setiap komponen alat melalaui proses pengujian guna mengevaluasi kinerjanya berdasarkan desain yang telah ditetapkan.

5.2.1 Pengujian Rangkaian Komunikasi Arduino ke ESP32

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dummy dari Arduino ke ESP32 melalui komunikasi serial (UART). Data yang dikirim berupa simulasi nilai dari empat sensor suhu DS18B20. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi serial antara Arduino dan ESP32 berjalan dengan baik, dengan data dari keempat sensor suhu berhasil diterima dan diproses oleh ESP32 tanpa adanya gangguan atau kehilangan data. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengujian Rangkaian Komunikasi Aruino ke ESP32

No.	Data Dikirim (Arduino)	Data Diterima (ESP32)	Status
1	Sensor Suhu 1: 30.5°C	Sensor Suhu 1: 30.5°C	Berhasil
2	Sensor Suhu 2: 31.0°C	Sensor Suhu 2: 31.0°C	Berhasil
3	Sensor Suhu 3: 30.8°C	Sensor Suhu 3: 30.8°C	Berhasil
4	Sensor Suhu 4: 31.2°C	Sensor Suhu 4: 31.2°C	Berhasil
5	Sensor Suhu 1: 29.9°C	Sensor Suhu 1: 29.9°C	Berhasil
6	Sensor Suhu 2: 30.3°C	Sensor Suhu 2: 30.3°C	Berhasil
7	Sensor Suhu 3: 30.0°C	Sensor Suhu 3: 30.0°C	Berhasil
8	Sensor Suhu 4: 30.7°C	Sensor Suhu 4: 30.7°C	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi serial antara Arduino dan ESP32 berfungsi dengan sangat baik, dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat mengirim dan menerima data suhu dari keempat sensor secara benar dan konsisten, sehingga memungkinkan ESP32 untuk melanjutkan proses pengiriman data ke aplikasi website melalui jaringan IoT. Penggunaan protokol serial (UART) juga memberikan keunggulan dalam hal kecepatan dan kesederhanaan implementasi, menjadikannya solusi yang andal untuk komunikasi data antar mikrokontroler dalam sistem ini.

5.2.2 Pengujian rangkaian LCD16x2

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dummy ke LCD melalui mikrokontroler Arduino dan memverifikasi apakah data tersebut ditampilkan dengan benar pada layar LCD. Data yang dikirim berupa teks statis dan nilai numerik yang merepresentasikan parameter pemantauan kandang ayam, seperti suhu dari beberapa sensor, nilai PWM kipas, dan nilai PWM lampu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD 16x2 berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan data sesuai dengan input yang diberikan.

Tabel 5.2 Pengujian Rangkaian LCD16x2

No.	Data Dikirim ke LCD	Tampilan pada LCD	Status
1	"Suhu 1: 31.0°C"	Suhu 1: 31.0°C	Berhasil
2	"Suhu 2: 31.5°C"	Suhu 2: 31.5°C	Berhasil
3	"Suhu 3: 31.5°C"	Suhu 3: 31.5°C	Berhasil
4	"Suhu 4: 31.0°C"	Suhu 4: 31.0°C	Berhasil
5	"PWM Kipas: 30"	PWM Kipas: 30	Berhasil
6	"PWM Lampu: 100"	PWM Lampu: 100	Berhasil
7	"Rata-rata: 31.25°C"	Rata-rata: 31.25°C	Berhasil
8	"Status: Normal"	Status: Normal	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD 16x2 dengan modul I2C berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan data dari sistem monitoring kandang ayam secara akurat. Pengujian ini juga memastikan bahwa koneksi antara Arduino Uno, modul I2C, dan LCD telah terpasang dengan benar dan berjalan stabil dalam menampilkan parameter lingkungan kandang.

5.2.3 Pengujian Sensor suhu

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa keempat sensor suhu DS18B20 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino dapat membaca dan mengirimkan data suhu secara akurat. Setiap sensor diuji dengan membaca suhu lingkungan secara bersamaan, dan hasil pembacaan dibandingkan dengan nilai referensi atau pembacaan sensor lain untuk memastikan konsistensi data.

Sensor-sensor tersebut terhubung ke satu pin data menggunakan sistem One-Wire, sehingga memerlukan pemeriksaan tambahan untuk memastikan tidak ada konflik data antar sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor dapat mendeteksi suhu dengan baik dan memberikan output sesuai dengan nilai suhu aktual lingkungan. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Pengujian Sensor suhu

No.	Sensor	Data Terbaca (°C)	Status
1	Sensor Suhu 1	31.0°C	Berhasil
2	Sensor Suhu 2	31.5°C	Berhasil
3	Sensor Suhu 3	31.5°C	Berhasil
4	Sensor Suhu 4	31.0°C	Berhasil
5	Sensor Suhu 1	30.8°C	Berhasil
6	Sensor Suhu 2	31.2°C	Berhasil
7	Sensor Suhu 3	31.3°C	Berhasil
8	Sensor Suhu 4	31.0°C	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa keempat sensor suhu DS18B20 bekerja dengan stabil dan akurat. Tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan antar sensor, dan tidak ditemukan error selama proses pembacaan data. Hal ini membuktikan bahwa konfigurasi rangkaian, penggunaan resistor pull-up, serta pemrograman untuk komunikasi One-Wire telah diterapkan dengan benar. Keandalan sensor ini penting untuk memastikan sistem monitoring kandang ayam mampu memberikan data suhu lingkungan secara real-time dan presisi.

5.2.4 Pengujian Rangkaian Kipas (Module Driver Motor)

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kipas dapat dikendalikan dengan benar menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikirim dari mikrokontroler melalui modul driver motor. Kipas digunakan untuk membantu mengatur suhu kandang ayam secara otomatis berdasarkan data suhu dari sensor.

Dalam pengujian ini, sinyal PWM dikirim dengan variasi nilai (0–255) untuk mengatur kecepatan kipas. Modul driver motor bertugas sebagai penguat sinyal sehingga kipas dapat bekerja dengan tegangan dan arus yang sesuai. Respon kipas diamati secara langsung, apakah kipas berputar sesuai dengan nilai PWM yang diberikan. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Pengujian Rangkaian Kipas (Module Driver Motor)

No.	Nilai PWM Dikirim	Kondisi Kipas	Status
1	0	Mati	Berhasil
2	50	Putaran sangat lambat	Berhasil
3	100	Putaran lambat	Berhasil
4	150	Putaran sedang	Berhasil
5	200	Putaran cepat	Berhasil
6	255	Putaran maksimal	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul driver motor dapat menerima sinyal PWM dari mikrokontroler dan mengatur kecepatan kipas dengan baik sesuai dengan nilai yang dikirim. Tidak ditemukan error atau delay pada respons kipas, dan semua tingkat kecepatan dapat dikontrol secara proporsional. Pengujian ini membuktikan bahwa rangkaian driver motor berfungsi dengan stabil dan siap diintegrasikan dalam sistem kontrol suhu otomatis kandang ayam.

5.2.5 Pengujian Rangkaian Dimmer (Lampu)

Pengujian rangkaian dimmer dilakukan untuk memastikan bahwa lampu dapat dikendalikan secara bertingkat berdasarkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dari mikrokontroler. Dimmer ini digunakan sebagai aktuator untuk pengaturan pencahayaan di dalam kandang ayam, yang dapat disesuaikan berdasarkan suhu lingkungan atau waktu operasional kandang.

Dalam pengujian, mikrokontroler mengirimkan nilai PWM dengan variasi tertentu ke rangkaian dimmer, dan intensitas cahaya lampu diamati secara visual. Semakin besar nilai PWM, maka semakin terang intensitas lampu yang dihasilkan. Dimmer berbasis solid-state digunakan untuk mengatur daya AC ke lampu secara halus dan aman. Hasil pengujian dapat dilihat pada

Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Pengujian Rangkaian Dimmer (Lampu)

No.	Nilai Dimmer Dikirim	Intensitas Lampu	Status
1	0	Mati	Berhasil
2	20	Sangat redup	Berhasil
3	40	Redup	Berhasil
4	60	Cukup terang	Berhasil
5	80	Terang	Berhasil
6	100	Sangat terang (maks)	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dimmer lampu berfungsi dengan baik dan dapat mengatur intensitas pencahayaan secara proporsional berdasarkan nilai yang dikirimkan. Lampu dapat merespons perubahan nilai dengan halus dan stabil, tanpa flicker atau lonjakan tegangan. Hal ini membuktikan bahwa rangkaian dimmer siap digunakan dalam sistem otomatisasi pencahayaan kandang ayam.

5.2.6 Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian fuzzy logic dilakukan untuk memastikan bahwa sistem kendali dapat memberikan output pengaturan kipas dan lampu secara tepat berdasarkan input suhu dari sensor. Logika fuzzy diimplementasikan dalam mikrokontroler menggunakan beberapa aturan dan fungsi keanggotaan, kemudian diuji melalui simulasi suhu dalam bentuk unit test. Setiap skenario pengujian memberikan input suhu tertentu dan mengevaluasi output PWM untuk kipas (0–255) serta intensitas lampu (0–100) yang dihasilkan oleh sistem fuzzy. Hasil pengujian rangkaian keseluruhan dapat dilihat dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Pengujian Fuzzy Logic

Kondisi (°C)	Suhu Input Uji	Suhu (Nilai Kecepatan (PWM))	Kipas Daya (%)	Lampu
Kritis Dingin	21.0	0.0	100.0	
Sangat Dingin	25.0	0.0	84.0	
Dingin	28.0	42.0	68.0	
Normal	31.0	84.0	34.0	
Hangat	34.0	127.0	17.0	
Panas	38.0	170.0	0.0	
Kritis Panas	43.0	255.0	0.0	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem fuzzy logic memberikan respons kendali yang sesuai berdasarkan klasifikasi suhu. Saat suhu sangat rendah (kritisal dingin), kipas tidak dinyalakan dan lampu bekerja dengan intensitas maksimal. Sebaliknya, pada suhu tinggi hingga kritis panas, kipas beroperasi pada kecepatan maksimum dan lampu dimatikan untuk mendinginkan lingkungan kandang.

Dengan demikian, pengujian membuktikan bahwa sistem fuzzy bekerja secara akurat dan adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah, serta telah memenuhi ekspektasi pengendalian suhu otomatis pada sistem kandang ayam.

5.3 ANALISIS SISTEM SECARA KESELURUHAN

Dalam proses pengujian alat yang dirancang untuk memvalidasi kinerja sistem secara keseluruhan, telah dilakukan serangkaian tes untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja secara terintegrasi dan sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah hasil-hasil pengujian yang telah dilakukan:

1. Komunikasi Serial antara Arduino dan ESP32 berjalan dengan sangat baik, dengan tingkat akurasi 100%. Seluruh data suhu dari Arduino berhasil diterima oleh ESP32 tanpa gangguan atau kehilangan data. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat mengandalkan serial sebagai metode komunikasi antar perangkat mikrokontroler yang efisien dan hemat kabel/pin.

2. LCD 16x2 dengan modul I2C mampu menampilkan data secara real-time dengan akurasi tinggi. Seluruh parameter penting seperti suhu dari empat sensor, nilai PWM kipas, nilai dimmer lampu, serta status sistem berhasil ditampilkan sesuai input yang dikirimkan. LCD berfungsi sebagai antarmuka lokal yang memudahkan pengguna dalam memantau kondisi kandang ayam secara langsung.
3. Sensor suhu DS18B20 berfungsi dengan sangat baik dalam membaca suhu lingkungan kandang. Keempat sensor dapat membaca suhu secara akurat dan konsisten, dengan error minimal kurang dari $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Konfigurasi One-Wire yang digunakan terbukti stabil dan efisien, memungkinkan pembacaan suhu multi-channel hanya dengan satu pin data.
4. Modul driver motor untuk kipas menunjukkan performa yang andal dalam mengontrol kecepatan kipas menggunakan sinyal PWM. Saat nilai PWM meningkat, kecepatan kipas meningkat secara bertahap, yang membuktikan bahwa kontrol kecepatan bekerja proporsional dan sesuai dengan kebutuhan sistem pendinginan.
5. Rangkaian dimmer lampu mampu mengatur intensitas cahaya secara proporsional berdasarkan sinyal PWM dari mikrokontroler. Nilai kontrol dari 0 hingga 100 berhasil diterjemahkan menjadi perubahan tingkat pencahayaan lampu, dari kondisi mati hingga sangat terang. Hal ini penting untuk menjaga kenyamanan dan kondisi termal kandang saat suhu terlalu rendah.

6. Fuzzy Logic Controller berfungsi secara efektif dalam memberikan keputusan otomatis untuk mengatur kipas dan lampu berdasarkan suhu rata-rata dari keempat sensor. Output fuzzy telah diuji melalui simulasi dan menghasilkan pengaturan yang logis dan adaptif, seperti kipas mati dan lampu terang saat suhu rendah, serta kipas maksimum dan lampu mati saat suhu tinggi.
7. Integrasi keseluruhan sistem, mulai dari pembacaan sensor, pemrosesan logika fuzzy, kontrol aktuator (kipas dan lampu), serta tampilan data di LCD menunjukkan bahwa sistem berjalan stabil dan responsif. Tidak ditemukan lag, konflik data, atau malfungsi selama proses pengujian terpadu.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem ini telah bekerja secara optimal sesuai dengan tujuan perancangan. Seluruh komponen, mulai dari sensor, aktuator, mikrokontroler, hingga komunikasi ke website telah berjalan dengan baik dan saling terintegrasi secara menyeluruh. Sistem ini dapat digunakan untuk kontrol dan monitoring otomatis kondisi kandang ayam berbasis IoT dan logika fuzzy.