



**Prototipe Sistem *Smart Chamber* Berbasis
Internet of Things dengan Logika Fuzzy untuk
Kontrol Suhu, Kelembapan, dan Pencahayaan
pada Pertumbuhan Jamur Tiram**

Tugas Akhir

**Oleh:
Muhammad Gilang Nur Syahroni
(4212431007)**

**Program Studi Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Prototipe Sistem Smart Chamber Berbasis Internet of Things dengan Logika Fuzzy untuk Kontrol Suhu, Kelembapan, dan Pencahayaan pada Pertumbuhan Jamur Tiram" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 20 Juli 2026



Muhammad Gilang Nur Syahroni
NIM: 4212431007

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Muhammad Gilang Nur Syahroni
(4212431007)

Tanggal Sidang: 11 Mei, 2026

Disetujui oleh :



1. Fadli Firdaus, S.Pd., M.Pd.
NIK: 122271



1. Daniel Sutopo Pamungkas,
S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 100006

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines.

2. Adlian Jefiza S.Pd., M.T.
NIK: 119220

[Prototipe Sistem Smart Chamber Berbasis Internet of Things dengan Logika Fuzzy untuk Kontrol Suhu, Kelembapan, dan Pencahayaan pada Pertumbuhan Jamur Tiram]

Abstrak

Suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya merupakan tiga faktor lingkungan penting dalam proses budidaya dan penyimpanan produk agrikultur. Ketiga parameter ini perlu dikendalikan secara tepat agar kualitas dan hasil produksi tetap optimal. Penelitian ini bertujuan merancang sistem otomatis berbasis ESP32 yang mampu mengatur suhu, kelembapan, dan pencahayaan dalam sebuah chamber menggunakan logika fuzzy, khususnya untuk komoditas seperti jamur tiram.

Sistem ini menggunakan sensor SHT30 untuk membaca suhu dan kelembapan, serta sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya. Pengambilan keputusan dikendalikan oleh algoritma logika fuzzy yang mengatur kecepatan kipas untuk suhu, frekuensi humidifier untuk kelembapan, dan tingkat kecerahan LED melalui dimmer untuk pencahayaan. Antarmuka pengguna terdiri dari rotary encoder dan layar LCD, serta sistem mendukung kendali jarak jauh melalui aplikasi mobile berbasis IoT. Sistem ini menjadi solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi budidaya dan penyimpanan produk agrikultur sensitif.

Kata kunci: BH1750, ESP32, Logika Fuzzy

[Prototype of an Internet of Things-Based Smart Chamber System with Fuzzy Logic for Temperature, Humidity, and Lighting Control in Oyster Mushroom Growth]

Abstract

Temperature, humidity, and light intensity are three critical environmental factors in the cultivation and storage of agricultural products. These parameters need to be precisely controlled to maintain optimal quality and yield. This study aims to design an automated ESP32-based system capable of regulating temperature, humidity, and lighting within a chamber using fuzzy logic, specifically for commodities such as oyster mushrooms.

The system utilizes an SHT30 sensor to measure temperature and humidity, and a BH1750 sensor to monitor light intensity. Decision-making is managed by a fuzzy logic algorithm that controls fan speed for temperature, humidifier frequency for humidity, and LED brightness via a dimmer for lighting. The user interface consists of a rotary encoder and an LCD screen, and the system also supports remote control through an IoT-based mobile application. This system offers a practical solution to enhance the efficiency of cultivating and storing sensitive agricultural products.

Keywords: BH1750, ESP32, Fuzzy Logic.

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar pada program studi yang penulis tempuh.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaiannya tidak terlepas dari doa, dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, **Bapak Arik Suprianto** dan **Ibu Yeni**, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun material, serta semangat yang tiada henti kepada penulis.
2. Adik penulis, **Safira**, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir.
3. **Bapak Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T., Ph.D**, selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, kritik, serta saran yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. **Bapak Diono, S.Tr.T., M.Sc.**, yang telah memberikan masukan, motivasi, serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lebih baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan civitas akademika yang telah memberikan ilmu, bantuan, serta pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Seluruh teman, sahabat, dan pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan doa selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, dunia akademik, serta pihak-pihak yang membutuhkan.

Batam, 20 Juli 2026

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Pertumbuhan Jamur Tiram	12
2.3. Logika Fuzzy	12
2.4. Gambaran Pengembangan Produk	13
2.4.1. Mikrokontroler	14
2.4.2. SHT30	14
2.4.3. BH1750	15
2.4.4. Fan	15
2.4.5. LED Dimmer	16
2.4.6. Rotary Encoder	16
2.4.7. LCD 16x2	17
2.4.8. Antarmuka	17

Bab 3. Metodologi Penelitian	19
3.1. Perancangan.....	19
3.1.1. Perancangan Sistem	19
3.1.2. Perancangan Sistem Perangkat Lunak.....	19
3.1.3. Perancangan Desain Mekanikal.....	20
3.1.4. Perancangan Desain Elektrikal	21
3.1.5. Konsep Fuzzy Tsukamoto	21
3.2. Alat dan Bahan	24
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	26
4.1. Tampilan Hardware	26
4.2. Pengujian Sensor	27
4.2.1. Pengujian Sensor SHT30	27
4.2.2. Pengujian Sensor BH1750.....	31
4.2.3. Pengujian Aktuator Kipas	33
4.2.4. Pengujian Aktuator Humidifier	35
4.2.5. Pengujian Aktuator Pencahayaan (LED)	36
4.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	37
4.3.1. Pengujian Tanpa Penggunaan Aktuator	37
4.3.2. Pengujian Dengan Penggunaan Aktuator	38
4.3.3. Dashboard Blynk.....	38
4.3.4. Pengujian Latensi Pada komunikasi IoT menggunakan Blynk.....	39
4.4. Pembahasan Fuzzy	41
4.4.1. Derajat keanggotaan fuzzy variabel suhu	41
4.4.2. Derajat keanggotaan fuzzy variabel kelembapan	42
4.4.3. Fuzzy intensitas cahaya	42
4.4.4. Tabel Inferensi	43
4.4.5. Defuzzifikasi.....	45
4.5. Pembahasan Output.....	46
4.5.1. Output Fan	46

4.5.2. Output Humidifier	46
4.5.3. Output Humidifier	47
4.6. Pertumbuhan jamur tiram	47
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
Daftar Pustaka	50
Biodata	53
Lampiran	54

Daftar Gambar

Gambar 1. Fuzzy Tsukamoto	13
Gambar 2. ESP32	14
Gambar 3. SHT30.....	15
Gambar 4. BH1750	15
Gambar 5. Heatsink Cooling Fan	16
Gambar 6. LED Dimmer.....	16
Gambar 7. Rotary Encoder	17
Gambar 8. LCD 16x2	17
Gambar 9. Flowchart Perancangan Sistem.....	19
Gambar 10. Blok Diagram	19
Gambar 11. Flowchart Alat.....	20
Gambar 12. Perancangan Desain Mekanikal	20
Gambar 13. Perancangan Desain Elektrikal.....	21
Gambar 14. Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu	22
Gambar 15. Grafik Fungsi Keanggotaan Kelembapan Udara.....	22
Gambar 16. Grafik Fungsi Keanggotaan Intensitas Cahaya	22
Gambar 17. Tampilan Hardware	26
Gambar 18. Tampilan Pengkabelan Elektrikal	27
Gambar 19. Pengujian pembacaan suhu SHT30 menggunakan termometer	28
Gambar 20. Chart Perbandingan Suhu Lingkungan dengan Suhu Yang Terukur Pada Sensor.....	28
Gambar 21. Visualisasi Chart Error Rate Sensor SHT30 Kelembapan Udara	30
Gambar 22. Visualisasi Chart Error Rate Sensor BH1750 Intensitas Cahaya	32
Gambar 23. Chart Korelasi PWM Fan Speed dan Voltage Output Fan	34
Gambar 24. Pengukuran output voltage fan speed menggunakan multimeter...	34
Gambar 25. Pengukuran output voltage humidifier menggunakan multimeter..	35
Gambar 26. Chart Korelasi PWM LED dan Voltage Output LED	36
Gambar 27. Pengukuran output voltage LED menggunakan multimeter.	37
Gambar 28. Parameter yang diperoleh pada kondisi tanpa penggunaan aktuator.	37
Gambar 29. Parameter yang diperoleh pada kondisi dengan penggunaan aktuator.	38
Gambar 30. Antarmuka Blynk	38
Gambar 31. Grafik Nilai Latensi Jaringan IoT Terhadap Waktu (<i>Uptime</i>)	40
Gambar 32. Pengukuran Tinggi Jamur Tiram	48
Gambar 33. Pengukuran Lebar Jamur Tiram	48

Daftar Tabel

Table 1. Penelitian Terdahulu.....	4
Table 2. Input	21
Table 3. Output	21
Table 4. Tabel Inferensi	24
Table 5. Estimasi biaya	25
Table 6. Pengujian Pembacaan Suhu SHT30	27
Table 7. Pengujian Pembacaan Kelembapan SHT30.....	29
Table 8. Pengujian Pembacaan Intensitas Cahaya BH1750	31
Table 9. Pengujian Aktuator Kipas.....	33
Table 10. Pengujian Aktuator Piezo Electric Humidifier	35
Table 11. Pengujian Aktuator Pencahayaan (LED).....	36
Table 12. Potongan Data Log Transisi Jaringan ESP32 ke Cloud	40
Table 13. Sistem Skoring	43
Table 14. Kategori Output	44
Table 15. Tabel Inferensi	44
Table 16. Simulasi Perhitungan Skor Kondisi.....	45

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya merupakan faktor lingkungan yang memiliki pengaruh besar terhadap kualitas berbagai produk pertanian, terutama dalam ruang tertutup seperti *chamber* atau *box container*. Perubahan kecil pada salah satu parameter tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme terganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan otomatis yang mampu mengendalikan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara real-time untuk menjaga kestabilan lingkungan internal[1].

Indonesia sebagai negara agraris memiliki beragam komoditas yang sangat bergantung pada kestabilan kondisi lingkungan, salah satunya adalah jamur tiram. Jamur ini merupakan jenis jamur yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia, dengan total produksi mencapai 527.758 kg[2]. Namun, jamur tiram tergolong sensitif terhadap fluktuasi suhu dan kelembapan, sehingga kestabilan kedua faktor ini menjadi kunci keberhasilan budidayaanya. Untuk memperoleh hasil optimal, suhu ideal berada pada kisaran 27-30 °C, kelembapan relatif (RH) dijaga pada 85-95%[3], serta intensitas cahaya berkisar antara 200-500 lux[4].

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan di lahan budidaya jamur tiram di daerah Tiban, Kota Batam, diketahui bahwa sistem budidaya yang diterapkan masih bersifat konvensional, tanpa adanya dukungan teknologi pemantauan dan pengendalian lingkungan secara otomatis. Petani hanya mengandalkan pengalaman dan pengamatan visual dalam mengatur kelembapan dan suhu di dalam kumbung. Hal ini menyebabkan ketidaktahuan terhadap kondisi lingkungan aktual di dalam ruang tanam, khususnya kelembapan udara, yang tidak dapat dipantau secara presisi. Selain itu, tidak tersedia sistem pengontrol otomatis untuk menjaga suhu, kelembapan, maupun pencahayaan sesuai standar budidaya jamur tiram. Kondisi ini mengakibatkan kualitas dan kuantitas hasil panen sangat bergantung pada konsistensi manual petani, yang cenderung fluktuatif.

Menjawab permasalahan tersebut, dikembangkan sistem pengendali suhu, kelembapan, dan cahaya berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini dilengkapi dengan sensor SHT30 untuk memantau suhu dan kelembapan secara akurat, serta sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya di dalam ruang *chamber*. Aktuator berupa kipas digunakan untuk menurunkan suhu, sedangkan humidifier ultrasonik menjaga tingkat kelembapan tetap optimal. Untuk pencahayaan, digunakan LED yang dikendalikan melalui LED dimmer, memungkinkan penyesuaian intensitas cahaya secara dinamis berdasarkan data dari sensor BH1750.

Interaksi pengguna dilakukan melalui rotary encoder dan tampilan LCD, yang memungkinkan pengaturan parameter secara manual. Selain itu, sistem ini juga

dilengkapi dengan fitur Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi mobile. Seluruh data dari sensor diolah secara real-time oleh ESP32, dan apabila terdeteksi kondisi lingkungan yang menyimpang dari nilai optimal, sistem akan secara otomatis menyesuaikan kerja aktuator untuk mengembalikan parameter lingkungan ke kondisi yang sesuai.

Dengan adanya sistem pemantauan otomatis berbasis ESP32 ini, diharapkan proses produksi jamur tiram dapat berjalan lebih stabil, terkontrol, dan efisien, terutama bagi petani skala kecil seperti yang terdapat di Tiban, Batam. Selain itu, kehadiran fitur kontrol pencahayaan menambah fleksibilitas sistem ini untuk diterapkan dalam berbagai skenario budidaya dan penyimpanan, menjadikannya solusi praktis dan adaptif dalam mendukung peningkatan produktivitas pertanian serta ketahanan pangan nasional.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana perancangan dan pengujian prototipe *smart chamber* berbasis IoT yang dapat memantau dan mengontrol suhu, kelembapan, dan pencahayaan pada budidaya jamur tiram?
2. Bagaimana penerapan logika fuzzy dalam sistem untuk menentukan keputusan pengaturan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang optimal bagi pertumbuhan jamur tiram?

1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, berikut adalah tujuan dari Tugas Akhir yang akan dibuat, yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem smart chamber berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memonitor dan mengendalikan parameter suhu, kelembapan, dan pencahayaan.
2. Untuk menerapkan logika fuzzy dalam pengambilan keputusan kontrol guna menciptakan kondisi lingkungan mikro yang optimal bagi pertumbuhan jamur tiram.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan ialah:

1. Membantu petani jamur tiram dalam menjaga stabilitas kondisi lingkungan, meliputi suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya, pada area budidaya jamur tiram.

2. Memudahkan pemantauan kondisi ruang tanam secara jarak jauh melalui perangkat mobile berbasis IoT.

1.5. Batasan

Agar permasalahan tidak meluas, maka permasalahan dalam tugas akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Sistem hanya memantau dan mengontrol tiga parameter lingkungan yaitu suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya di dalam ruang tanam (chamber).
2. Metode logika fuzzy yang digunakan dibatasi pada sistem inferensi fuzzy Tsukamoto untuk menentukan level kendali aktuator (kipas, humidifier, lampu).

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang dimana telah banyak terkait “Prototipe Sistem Smart Chamber Berbasis Internet of Things dengan Logika Fuzzy untuk Kontrol Suhu, Kelembapan, dan Pencahayaan pada Pertumbuhan Jamur Tiram” dalam bentuk perancangan maupun pengembangan lainnya. Berikut beberapa jurnal penelitian yang digunakan sebagai acuan.

Table 1. Penelitian Terdahulu

N o	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2022	Purnawati H, Rahmawati A, Adriaan R	Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar	Sistem ini dirancang untuk mengendalikan suhu dan kelembapan pada kumbung budidaya jamur tiram dengan memanfaatkan sensor DHT22. Penelitian ini menerapkan metode threshold-based control dalam proses pengendaliannya dan pengolahan data dilakukan melalui	Penggunaan kontrol threshold cenderung kurang responsif terhadap perubahan kecil. Berbeda dengan logika fuzzy yang lebih adaptif, ditambah monitoring IoT yang memungkinkan pemantauan langsung melalui smartphone.

				perangkat keras Wemos D1 R32[5].	
2	2019	Sumantri K Risandriya, Rifqi Amalya Fatekha, dan Sandy Aji Fitriansyah	JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING VOL. 3, NO. 1	Menggunakan sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), sensor kelembapan tanah (FC-28), dan sensor cahaya (LDR), serta menerapkan logika Fuzzy dan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dilengkapi dengan aktuator berupa pompa air DC 12V untuk penyiraman dan motor power window sebagai pengendali kelembapan udara[6].	Sistem tidak dilengkapi dengan antarmuka fisik seperti rotary encoder dan LCD untuk kontrol manual langsung, yang tersedia dalam sistem ini untuk memberikan fleksibilitas baik dalam penggunaan lokal maupun jarak jauh melalui IoT

3	2023	Muhamma d Yasmin Nur Shahrosi, Alex harijanto, Lailatul Nuraini	STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Vol. 7 No. 3	Menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor DHT22 untuk pengukuran suhu dan kelembapan, serta sensor BH1750 untuk pengukuran intensitas cahaya. Sistem ini dirancang untuk mempermuda h pemantauan kondisi lingkungan tanaman cabai secara real- time[7].	Sistem hanya berfungsi sebagai alat pemantau (monitoring) tanpa fitur pengendalian otomatis melalui aktuator seperti kipas, humidifier, atau LED dengan dimmer, sehingga tidak mampu menjaga kestabilan suhu, kelembapan, dan pencahayaan secara otomatis.
4	2023	Fadilah , Setiadi , Fitriyadi	Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer Vol. 19, No. 1	Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembapan udara, serta sensor BH1750	Tidak terdapat penerapan logika fuzzy dalam sistem walet, sehingga pengambilan keputusan pengendalian lingkungan

				untuk pengukuran intensitas cahaya. Sistem ini dilengkapi dengan Water Pump dan AC Mini sebagai aktuator untuk mengatur kondisi lingkungan secara otomatis[8].	masih bersifat statis atau berbasis threshold biasa, berbeda dengan sistem ini yang mengadopsi logika fuzzy untuk memberikan respons yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan kondisi.
5	2024	Abdul Muntolib, Kartiko Adi Widodo, Michael Ardita	Magnetika Volume 08 Nomor 01	Perancangan dan pembuatan prototipe sistem kontrol suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya pada rumah budidaya burung walet berbasis Blynk. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai	Antarmuka pengguna hanya tersedia melalui aplikasi Blynk, tanpa adanya kontrol lokal fisik seperti rotary encoder dan LCD yang memungkinkan pengguna tetap dapat mengoperasikan sistem meskipun

				mikrokontroler , serta sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban, dan sensor LUX untuk pengukuran intensitas cahaya[9].	tanpa akses internet.
6	2020	Willy Tanadi	TESLA VOL. 22 NO. 2	Sistem kontrol menggunakan mode ON-OFF hysteresis, dengan sensor suhu dan kelembapan (DHT11) yang diposisikan di sisi kiri, tengah, dan kanan kumbung. Mikrokontroler NodeMCU V3 mengolah data dari sensor untuk mengaktifkan aktuator secara otomatis. Antarmuka pemantauan	Sistem masih menggunakan kontrol ON-OFF hysteresis, yang cenderung menghasilkan perubahan kondisi lingkungan yang tidak halus (fluktuatif)

				dilakukan melalui aplikasi Blynk[10].	
7	2023	Ganis Sanhaji, Ikbali Nurfalalah, Riski Ba'ti Anbali	JURNAL TEKNOLOGI Vol. 11 No. 1	Sistem ini menggunakan mikrokontroler Atmega328p sebagai unit pemrosesan dan modul ESP8266 sebagai penghubung Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh. Sensor DHT22 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya, dan sensor MQ135 untuk mengukur kualitas udara. Data dari sensor diproses oleh Atmega328p	Sistem menggunakan dua mikrokontroler terpisah (Atmega328p untuk pemrosesan dan ESP8266 untuk koneksi Wi-Fi), yang menambah kompleksitas komunikasi antarkomponen dan konsumsi daya, sedangkan sistem ini menggunakan ESP32 yang lebih efisien karena sudah memiliki pemrosesan dan konektivitas Wi-Fi terintegrasi

				dan ditampilkan pada LCD 16x2 serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka monitoring[11].	dalam satu chip.
8	2022	Nur Syifa Syafaat, Hurriyatul Fitriyah, Edita Rosana Widasari	Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 6, No. 9	Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, sensor BH1750 untuk pengukuran intensitas cahaya, serta sensor kelembapan tanah untuk memantau tingkat kelembaban media tanam. Sistem ini menerapkan logika fuzzy untuk mengontrol pompa air secara otomatis[12].	Tidak terdapat antarmuka lokal maupun IoT seperti rotary encoder, LCD, atau pemantauan jarak jauh, sedangkan sistem ini menyediakan keduanya untuk kemudahan kontrol baik secara langsung maupun melalui aplikasi.
9	2021	Muhammad Akbar	Smart Comp Vol. 10 No. 2	Menggunakan mikrokontroler Arduino,	Tidak terdapat penerapan logika fuzzy

		Setiawan, Sunaryono		modul WiFi, sensor SHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembapan udara, serta sensor cahaya[13].	dalam pengambilan keputusan, sehingga kontrol hanya bersifat threshold ON- OFF konvensional yang cenderung menyebabkan perubahan lingkungan yang tidak halus
10	2021	Pradipta Megantara , Aris Triwiyatno , Hadha Afrisal	TRANSIENT, VOL. 10, NO. 1	Menggunakan mikrokontroler ATMega2560, sensor DHT11 untuk suhu udara, BH1750 untuk intensitas cahaya, dan YL69 untuk kelembapan tanah. Sistem ini menerapkan kendali PID untuk mengatur pompa air DC 12V melalui	Sistem ini tidak menyebutkan adanya antarmuka lokal (misalnya rotary encoder + LCD) maupun dukungan kontrol manual langsung di perangkat

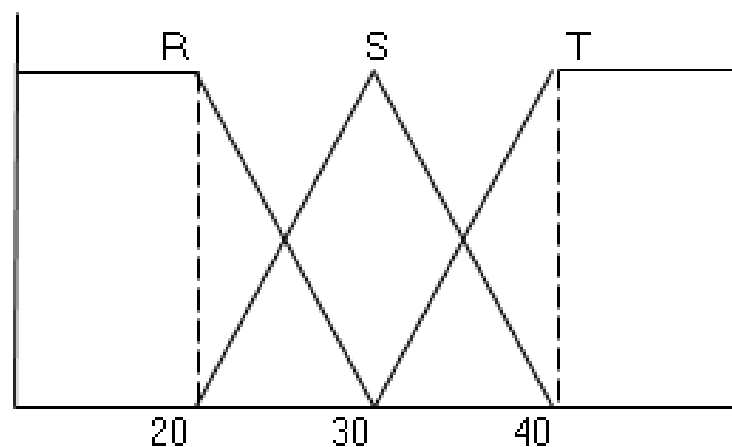
				driver PWM L298N, lampu pijar untuk suhu, dan lampu LED untuk cahaya yang dikendalikan oleh modul PWM AC Robotdyn Light Dimmer[14].	
--	--	--	--	---	--

2.2. Pertumbuhan Jamur Tiram

Pertumbuhan jamur tiram sangat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan tingkat cahaya. Suhu idealnya berkisar antara 27–30 °C, dengan kelembapan udara sekitar 85–95%. Intensitas cahaya yang sesuai adalah antara 0–500 lux[3] pada panjang gelombang 450–500 nm, sementara periode pencahayaan yang optimal berkisar antara 8–12 jam[15].

2.3. Logika Fuzzy

Metode Fuzzy Tsukamoto adalah salah satu teknik inferensi dalam logika fuzzy yang digunakan dalam kondisi penuh ketidakpastian[16]. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Toshio Tsukamoto pada 1979 dan memanfaatkan aturan berbasis fungsi keanggotaan monoton. Pendekatan ini sering digunakan dalam berbagai bidang seperti diagnosis penyakit atau sistem prediksi produksi.



Gambar 1. Fuzzy Tsukamoto

Terdapat 4 tahapan dalam menyelesaikan sistem pendukung keputusan dengan menggunakan logika fuzzy Tsukamoto:

1. Fuzzyfikasi

Menentukan semua variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel input, tentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang sesuai.

2. Pembentukan Aturan fuzzy

Aturan fuzzy dibentuk untuk memperoleh hasil yang menyatakan relasi yang antara variabel input dengan variabel output. Aturan fuzzy yang digunakan adalah aturan “jikamaka” dengan operator antar variabel masukan adalah operator “dan”. Pertanyaan yang mengikuti “jika” disebut sebagai antisiden dan pernyataan yang mengikuti “maka” disebut sebagai konsekuen.

$$\text{Jika } (a_1 \text{ adalah } A_1) \cap \dots \cap (a_n \text{ adalah } A_n) \\ \text{maka } (b \text{ adalah } k)$$

3. Analisis Logika fuzzy

Setiap aturan yang dibentuk merupakan suatu pernyataan implikasi. Pada metode fuzzy Tsukamoto, fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi implikasi Min. Fungsi implikasi Min adalah mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan fuzzy yang bersangkutan. Secara umum dapat ditulis:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x_i), \mu_B(y_i))$$

4. Defuzzifikasi

proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata terpusat (Average).

$$p = \frac{\sum \alpha_i p_i}{\sum \alpha_i}$$

2.4. Gambaran Pengembangan Produk

Untuk mendukung “Sistem Smart Chamber Berbasis ESP32 dengan Logika Fuzzy untuk Kontrol Suhu, Kelembapan, dan Pencahayaan pada Budidaya dan

Penyimpanan Produk Pangan” membutuhkan beberapa komponen untuk pembuatan alatnya yaitu sebagai berikut.

2.4.1. Mikrokontroller

Perkembangan Internet of Things (IoT) didorong oleh semakin banyaknya perangkat pintar yang terhubung dan mampu mengumpulkan serta memproses data secara real-time—mengombinasikan sensor, aktuator, middleware, hingga infrastruktur edge/fog computing—untuk mendukung otomatisasi cerdas pada berbagai aplikasi[17]. Mikrokontroler ESP32 telah menjadi pilihan populer dalam ekosistem IoT berkat arsitektur dual-core Tensilica LX6 (hingga 240 MHz), konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta dukungan GPIO dan periferal yang lengkap seperti ADC, DAC, dan PWM. Dengan banyaknya GPIO serta kemampuan untuk bekerja mandiri tanpa memerlukan papan tambahan seperti Arduino, ESP32 menjadi solusi ideal untuk sejumlah besar proyek IoT skala kecil hingga menengah.



Gambar 2. ESP32

2.4.2. SHT30

Modul sensor SHT30 merupakan perangkat digital berpresisi tinggi yang dirancang untuk mengukur suhu dan kelembapan secara andal. Sensor ini memanfaatkan teknologi CMOSens®, yang mengintegrasikan elemen kapasitif untuk deteksi kelembapan serta termistor berbasis band-gap untuk pengukuran suhu. Dengan tingkat akurasi mencapai $\pm 2\%$ RH untuk kelembapan dan $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk suhu, SHT30 menawarkan kinerja yang stabil dalam jangka panjang. Proses kalibrasi dan linearisasi dilakukan secara internal, sehingga data yang dihasilkan telah dalam bentuk digital dan dapat langsung dikirim melalui antarmuka I²C (hingga 1 MHz) untuk diproses oleh mikrokontroler[18].

Jika dibandingkan dengan sensor DHT11 dan DHT22, SHT30 menunjukkan performa yang lebih unggul. DHT11 memiliki akurasi suhu sekitar $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, sementara DHT22 berada pada $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk pengukuran kelembapan, DHT11 tidak memiliki spesifikasi resmi terkait akurasinya, sedangkan DHT22 memiliki akurasi di kisaran $\pm 2\text{--}5\%$ RH[19].



Gambar 3. SHT30

2.4.3. BH1750

Modul sensor BH1750 adalah pilihan andal untuk mengukur intensitas cahaya digital, menghasilkan nilai dalam satuan lux melalui prinsip kerja fotodiode yang diikuti rangkaian internal dan konversi ke sinyal digital via antarmuka I²C[20]. Sensor ini menyediakan rentang pengukuran lebar (1–65.535 lx) dalam resolusi tinggi (hingga 16-bit), menghasilkan output lux yang stabil dan akurat, serta telah terbukti memiliki tingkat akurasi hampir sempurna (koefisien regresi $R^2 \approx 1,00$) saat diuji dibandingkan lux meter komersial. Karena karakteristik ini, BH1750 sangat cocok untuk aplikasi sistem otomatisasi pencahayaan.



Gambar 4. BH1750

2.4.4. Fan

Heatsink fan merupakan salah satu komponen pendukung dalam sistem pengendalian suhu otomatis yang berfungsi untuk menurunkan suhu di dalam chamber. Komponen ini bekerja dengan cara mengalirkan udara melalui sirip-sirip pendingin (heatsink) menggunakan kipas, sehingga panas dari lingkungan sekitar dapat dibuang secara lebih efisien[21]. Dalam proyek ini, heatsink fan digunakan sebagai aktuator pendingin yang dikendalikan secara otomatis oleh

mikrokontroler ESP32 berdasarkan hasil pemrosesan logika fuzzy terhadap data suhu dari sensor SHT30.



Gambar 5. Heatsink Cooling Fan

2.4.5. LED Dimmer

Modul LED dimmer adalah komponen penting dalam sistem pengendalian pencahayaan otomatis, berfungsi mengatur tingkat kecerahan lampu LED melalui penyesuaian lebar pulsa PWM. PWM memungkinkan kontrol intensitas cahaya dengan sangat presisi, karena lebar pulsa yang lebih tinggi menghasilkan output cahaya yang lebih terang, dan sebaliknya[22]. Dalam proyek ini, dimmer LED bekerja sebagai aktuator pencahayaan yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, yang memproses data intensitas cahaya dari sensor BH1750 menggunakan logika fuzzy—memungkinkan sistem menyesuaikan kecerahan lampu secara otomatis untuk menjaga kondisi pencahayaan optimal.



Gambar 6. LED Dimmer

2.4.6. Rotary Encoder

Modul rotary encoder adalah komponen input elektromekanis yang digunakan untuk mendeteksi posisi sudut dan arah rotasi suatu poros dengan akurasi tinggi. Ini bekerja dengan menghasilkan sinyal pulsa digital, di mana urutan dan jumlah pulsa mencerminkan arah dan besar putaran poros (inkremental encoder)[21]. Pulse ini biasa dihasilkan melalui teknologi optik atau magnetik, dan sinyal kuadratur (A/B) memungkinkan mikrokontroler untuk secara akurat menghitung rotasi serta menentukan arah pergerakannya. Karena

kemampuannya ini, rotary encoder sering digunakan dalam aplikasi kontrol presisi seperti pengaturan volume, navigasi menu, dan pengontrol kecepatan motor. Dalam proyek berbasis mikrokontroler seperti ESP32, rotary encoder dapat diintegrasikan sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan pengaturan parameter sistem secara interaktif dan real-time.



Gambar 7. Rotary Encoder

2.4.7. LCD 16x2

Modul LCD (Liquid Crystal Display) adalah tampilan elektronik berbasis teknologi CMOS yang tidak memancarkan cahaya sendiri, melainkan memanfaatkan sumber cahaya eksternal (front-lit) atau lampu latar (back-lit). LCD 16x2, salah satu jenis paling umum, mampu menampilkan 32 karakter dalam dua baris dan umumnya menggunakan chip HD44780 untuk kontrol display melalui 16 pin. Meskipun efektif, penggunaan 16 pin kontrol secara langsung menghabiskan banyak GPIO pada mikrokontroler. Oleh karena itu, modul I2C backpack (berbasis IC PCF8574) banyak digunakan karena dapat mengurangi kebutuhan pin menjadi hanya dua pin data (SDA, SCL) dan dua pin daya (VCC, GND)[23]. Penggunaan modul I²C ini sangat mempermudah koneksi pada mikrokontroler seperti NodeMCU atau ESP32, membuat proyek lebih sederhana dan ringkas.



Gambar 8. LCD 16x2

2.4.8. Antarmuka

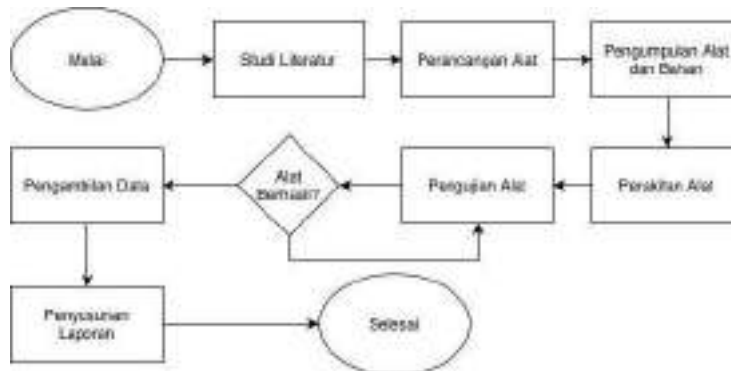
Antarmuka aplikasi desktop/mobile merupakan salah satu komponen pendukung dalam sistem monitoring dan kendali otomatis yang berfungsi untuk

menampilkan data lingkungan serta memungkinkan pengguna melakukan pengaturan parameter secara real-time. Aplikasi ini dirancang dengan tampilan interaktif yang menampilkan informasi suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya dalam bentuk angka maupun grafik. Dalam proyek ini, antarmuka digunakan sebagai media komunikasi antara pengguna dan sistem berbasis ESP32, yang terhubung melalui jaringan WiFi. Data yang dikirimkan dari mikrokontroler ditampilkan secara langsung di aplikasi, sementara perintah dari pengguna, seperti pengaturan batas suhu atau pencahayaan, dapat diteruskan kembali ke sistem untuk diproses oleh logika fuzzy[24].

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

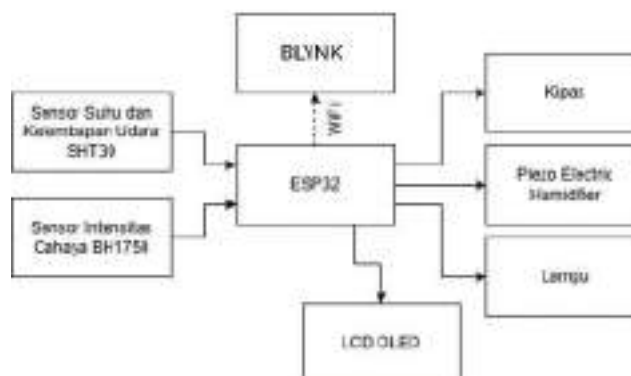
Perancangan sistem pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap dari pengumpulan informasi terkait sistem, pembuatan alat sampai akhir dengan laporan hasil program. Gambar Flowchart Perancangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 9. Flowchart Perancangan Sistem

3.1.1. Perancangan Sistem

Berikut adalah flowchat perancangan alat yang akan digunakan pada produk penelitian ini.

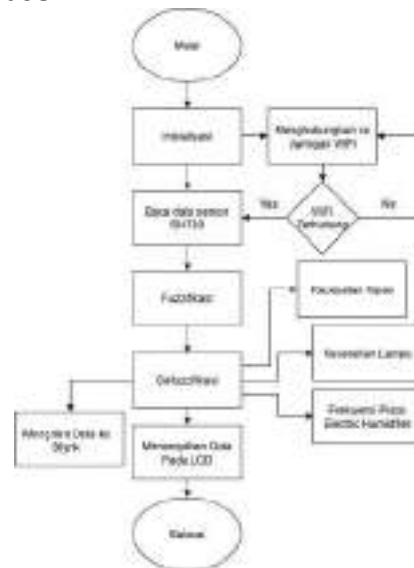


Gambar 10. Blok Diagram

3.1.2. Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Rancangan sistem perangkat lunak dapat dilihat pada gambar dibawah Menggunakan sistem yang terintegrasi IoT mengharuskan mikrokontroler

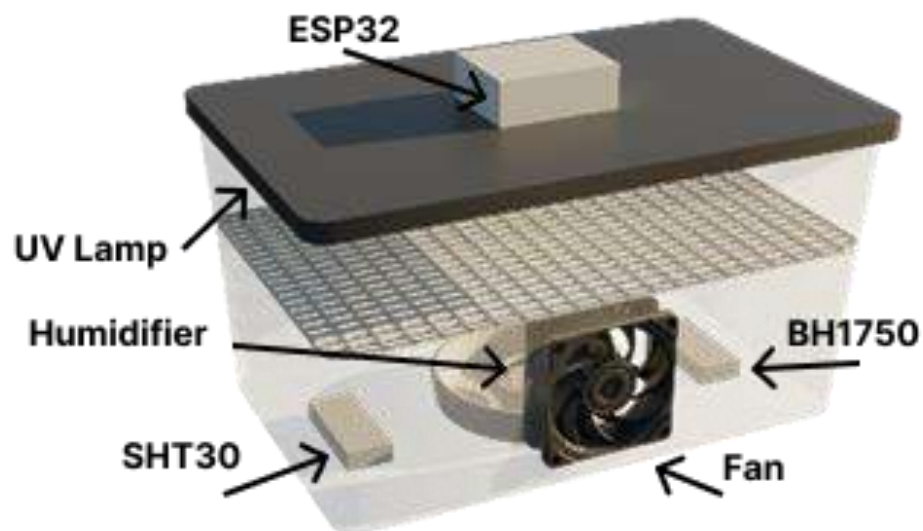
terhubung dengan jaringan internet melalui WiFi yang akan membagikan data pembacaan sensor ke firebase.



Gambar 11. Flowchart Alat

3.1.3. Perancangan Desain Mekanikal

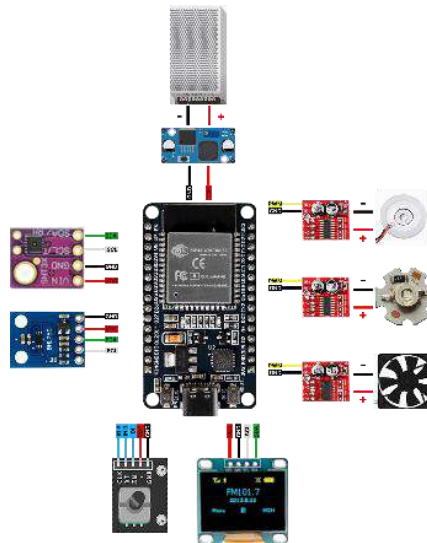
Berikut adalah perancangan desain mekanikal yang akan digunakan pada produk penelitian ini.



Gambar 12. Perancangan Desain Mekanikal

3.1.4. Perancangan Desain Elektrikal

Berikut adalah perancangan desain elektrikal yang akan digunakan pada produk penelitian ini.



Gambar 13. Perancangan Desain Elektrikal

3.1.5. Konsep Fuzzy Tsukamoto

Perancangan ini lebih sesuai menggunakan metode fuzzy Tsukamoto karena sistem logika fuzzy ini mampu menangani data yang bersifat tidak pasti atau samar. Metode ini menggunakan aturan-aturan yang lebih terdefinisi dengan baik, sehingga menghasilkan output berupa nilai numerik yang pasti.

a. Variabel Input dan Output

Berikut ini merupakan variabel input:

Table 2. Input

Variabel	Domain	Linguistik (fuzzy set)
Suhu (°C)	20 - 35	Dingin, sedang, Panas
RH (%)	60 - 100	Kering, lembab, basah
Cahaya (lux)	100 - 600	Gelap, redup, Terang

Berikut ini merupakan variabel output:

Table 3. Output

Variabel	Domain	Linguistik (fuzzy set)
Fan (PWM %)	0 - 100	Lambat, Sedang, Cepat

Humidifier (detik hidup / siklus)	0 - 10 detik	Sebentar, Sedang, Lama
LED (%)	0 - 100	Redup, Sedang, Terang

b. Himpunan Fuzzy

- **Suhu**



Gambar 14. Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu

- **Kelembapan udara**



Gambar 15. Grafik Fungsi Keanggotaan Kelembapan Udara

- **Intensitas Cahaya**



Gambar 16. Grafik Fungsi Keanggotaan Intensitas Cahaya

c. Fuzzifikasi

- **Suhu**

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 26 \\ \frac{28-x}{2}, & 26 < x < 28 \\ 0, & x \geq 28 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 26 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-26}{2}, & 26 < x < 28 \\ \frac{30-x}{2}, & 28 \leq x < 30 \end{cases}$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 28 \\ \frac{x-28}{2}, & 28 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases}$$

- **Kelembapan**

$$\mu_{kering}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 70 \\ \frac{80-x}{10}, & 70 < x < 80 \\ 0, & x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{lembab}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x-70}{10}, & 70 < x < 80 \\ \frac{90-x}{10}, & 80 \leq x < 90 \end{cases}$$

$$\mu_{basah}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{x-80}{10}, & 80 < x < 90 \\ 1, & x \geq 90 \end{cases}$$

- **Intensitas Cahaya**

$$\mu_{gelap}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 100 \\ \frac{150-x}{50}, & 100 < x < 150 \\ 0, & x \geq 150 \end{cases}$$

$$\mu_{redup}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 200 \\ \frac{x-100}{50}, & 100 < x < 150 \\ \frac{200-x}{50}, & 150 \leq x < 200 \end{cases}$$

$$\mu_{terang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 150 \\ \frac{x-150}{50}, & 150 < x < 200 \\ 1, & x \geq 200 \end{cases}$$

d. Aturan Fuzzy

Table 4. Tabel Inferensi

Suhu	RH	Cahaya	Fan	Humidifier	Lampu
Dingin	Kering	Gelap	Lambat	Lama	Terang
Dingin	Kering	Ideal	Lambat	Lama	Sedang
Dingin	Kering	Terang	Lambat	Lama	Redup
Dingin	Ideal	Gelap	Lambat	Sedang	Terang
Dingin	Ideal	Ideal	Lambat	Sedang	Sedang
Dingin	Ideal	Terang	Lambat	Sedang	Redup
Dingin	Lembap	Gelap	Lambat	Sebentar	Terang
Dingin	Lembap	Ideal	Lambat	Sebentar	Sedang
Dingin	Lembap	Terang	Lambat	Sebentar	Redup
Ideal	Kering	Gelap	Sedang	Lama	Terang
Ideal	Kering	Ideal	Sedang	Lama	Sedang
Ideal	Kering	Terang	Sedang	Lama	Redup
Ideal	Ideal	Gelap	Sedang	Sedang	Terang
Ideal	Ideal	Ideal	Sedang	Sedang	Sedang
Ideal	Ideal	Terang	Sedang	Sedang	Redup
Ideal	Lembap	Gelap	Sedang	Sebentar	Terang
Ideal	Lembap	Ideal	Sedang	Sebentar	Sedang
Ideal	Lembap	Terang	Sedang	Sebentar	Redup
Panas	Kering	Gelap	Cepat	Lama	Terang
Panas	Kering	Ideal	Cepat	Lama	Sedang
Panas	Kering	Terang	Cepat	Lama	Redup
Panas	Ideal	Gelap	Cepat	Sedang	Terang
Panas	Ideal	Ideal	Cepat	Sedang	Sedang
Panas	Ideal	Terang	Cepat	Sedang	Redup
Panas	Lembap	Gelap	Cepat	Sebentar	Terang
Panas	Lembap	Ideal	Cepat	Sebentar	Sedang
Panas	Lembap	Terang	Cepat	Sebentar	Redup

e. Defuzzifikasi

$$Fan = \frac{\sum(\alpha_i \times z_{fan,i})}{\sum \alpha_i}$$

$$Humidifier = \frac{\sum(\alpha_i \times z_{humid,i})}{\sum \alpha_i}$$

$$Lampu = \frac{\sum(\alpha_i \times z_{lamp,i})}{\sum \alpha_i}$$

3.2. Alat dan Bahan

Untuk membuat suatu alat penelitian, saya menggunakan bebrapa komponen, komponen-komponen berikut ada yang digunakan sebagai mikrokontroller,

komponen input, ataupun komponen output. Komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

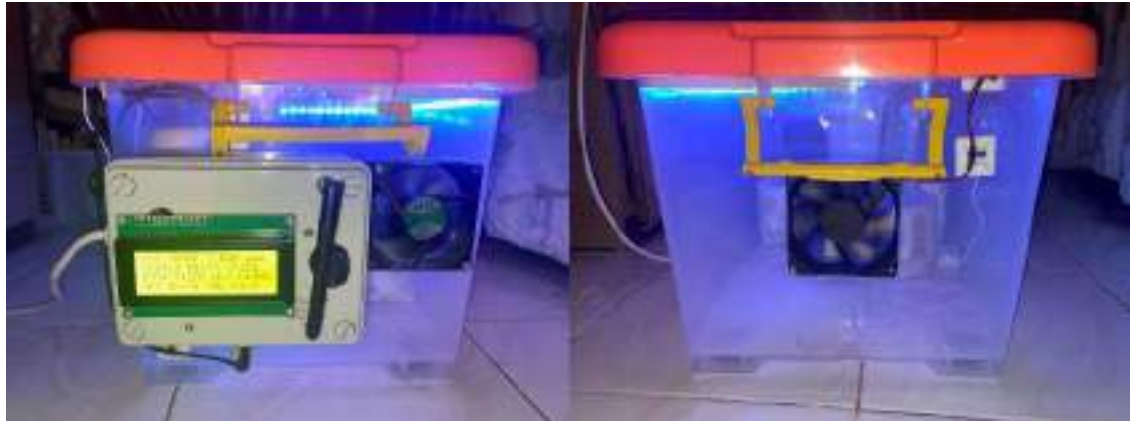
Table 5. Estimasi biaya

No	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	ESP32	68000	1	68000	Dana Pribadi
2	SHT30	45000	1	45000	Dana Pribadi
3	BH1750	28000	1	28000	Dana Pribadi
4	Piezo Ultrasonic Humidifier	16000	1	16000	Dana Pribadi
5	Fan	70000	2	140000	Dana Pribadi
6	LED Dimmer	45000	1	45000	Dana Pribadi
7	Rotary Encoder	13000	1	13000	Dana Pribadi
8	LCD 16x2	16000	1	16000	Dana Pribadi
9	Frame	500000	1	500000	Dana Pribadi
	Total			871000	Dana Pribadi

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Tampilan Hardware

Berikut merupakan tampilan perangkat keras yang digunakan pada sistem. Chamber pada sistem ini menggunakan box plastik dengan volume sebesar 25 liter dan mampu menampung hingga 8 baglog jamur tiram pada setiap chamber.



Gambar 17. Tampilan Hardware

Berikut merupakan tampilan wiring elektrikal pada sistem. Seluruh komponen elektronik beserta pengkabelannya telah dirancang dan disusun secara rapi untuk memastikan kemudahan dalam proses instalasi, pemeliharaan, serta meningkatkan keamanan dan kestabilan kerja sistem.



Gambar 18. Tampilan Pengkabelan Elektrikal

4.2. Pengujian Sensor

Pada bagian ini pengujian akan dibagi menjadi beberapa tahapan. Sebelum dilakukan pengujian alat secara keseluruhan beberapa tahapan pengujian adalah sebagai berikut.

4.2.1. Pengujian Sensor SHT30

Pengujian sensor SHT30 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan suhu dan kelembapan udara. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari sensor SHT30 dengan alat ukur thermometer dan higrometer. Data dari kedua alat ukur dicatat dan dibandingkan untuk mengevaluasi tingkat deviasi.

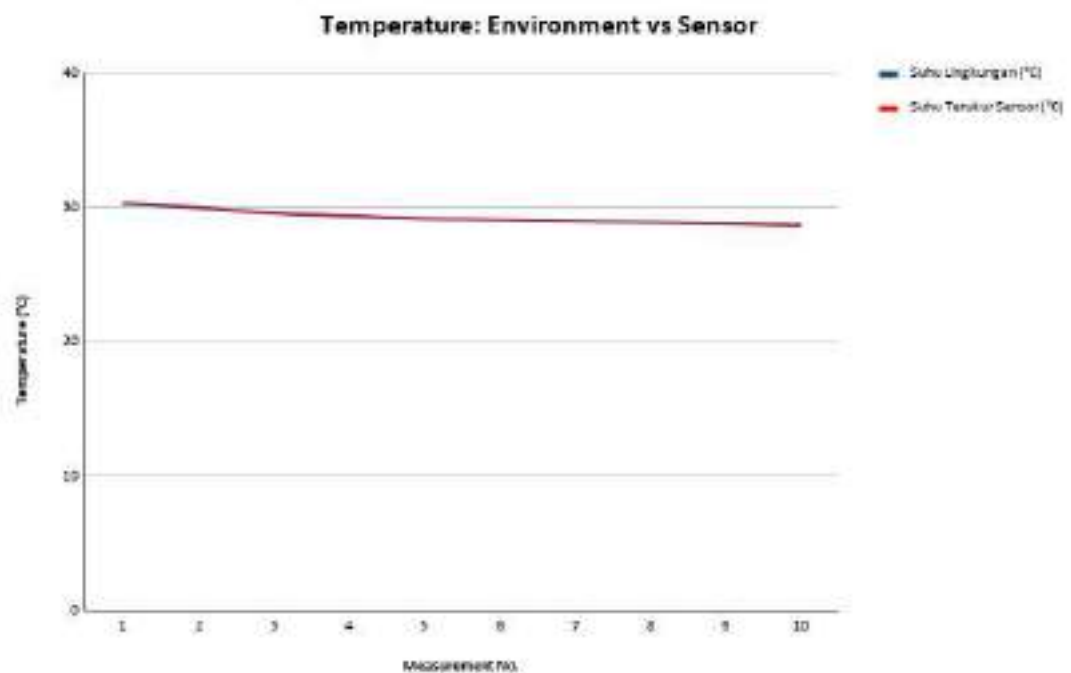
Table 6. Pengujian Pembacaan Suhu SHT30

No	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu yang Terukur Pada Sensor (°C)	Selisih Suhu (°C)	Error Rate (%)	% Accuracy
1	30.3	30.4	0.1	0.33	99.67
2	30	30	0	0	100
3	29.6	29.6	0	0	100
4	29.4	29.4	0	0	100
5	29.2	29.2	0	0	100
6	29.1	29.1	0	0	100
7	29	29	0	0	100

8	28.9	28.9	0	0	100
9	28.8	28.8	0	0	100
10	28.7	28.7	0	0	100



Gambar 19. Pengujian pembacaan suhu SHT30 menggunakan termometer



Gambar 20. Chart Perbandingan Suhu Lingkungan dengan Suhu Yang Terukur Pada Sensor

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, sensor memiliki tingkat kesalahan (*error rate*) sebesar 0.033% pada 10 kali pengujian dalam rentang suhu 28.7–30.3

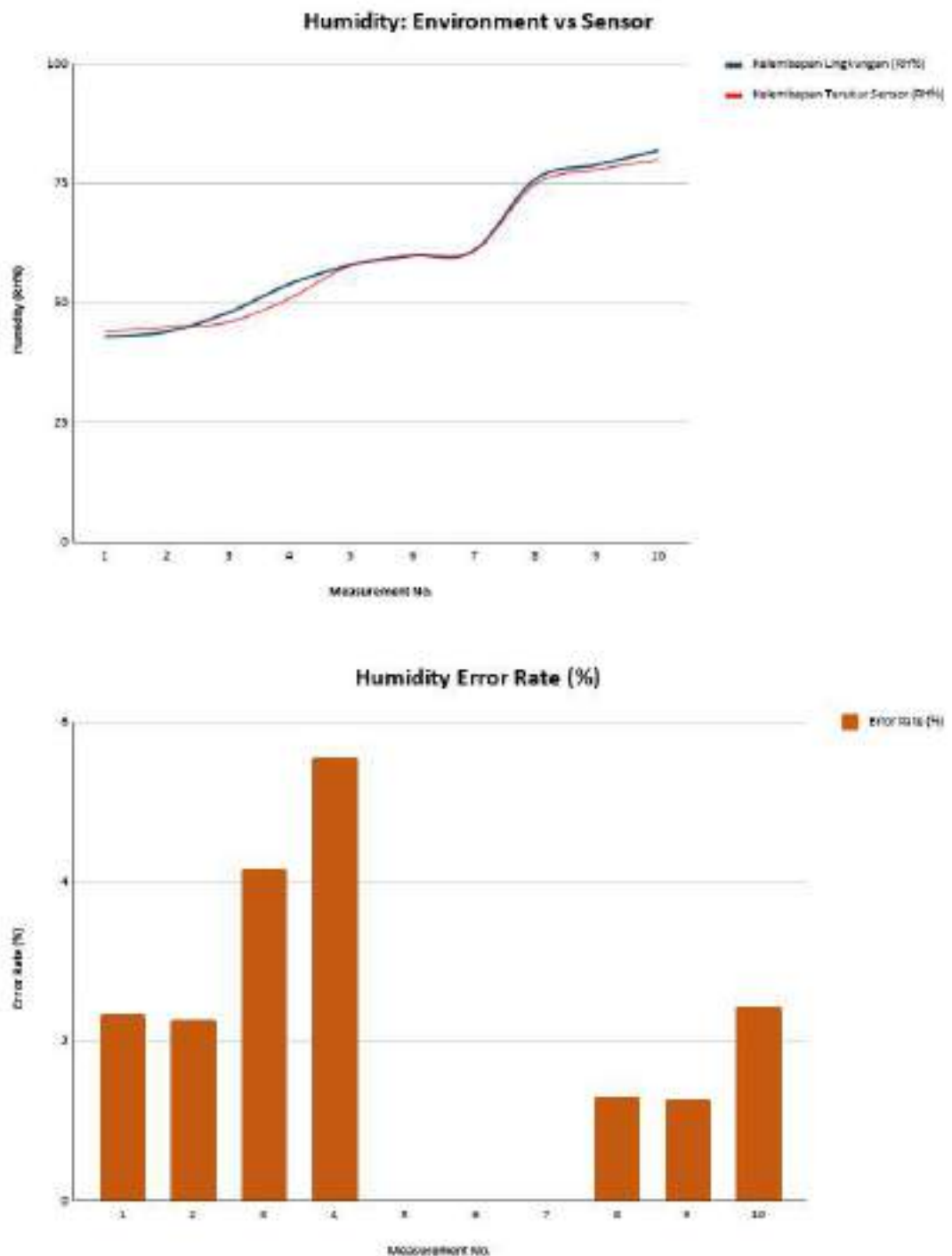
°C. Dengan nilai kesalahan yang relatif kecil tersebut, sensor dapat dinyatakan memiliki tingkat keandalan yang baik.

Table 7. Pengujian Pembacaan Kelembapan SHT30

No	Kelembapan Lingkungan (RH%)	Kelembapan yang Terukur Pada Sensor (RH%)	Selisih (RH%)	Error Rate (%)	% Accuracy
1	43	44	1	2.236	97.674
2	44	45	1	2.273	97.727
3	48	46	2	4.167	95.833
4	54	51	3	5.556	94.444
5	58	58	0	0.000	100
6	60	60	0	0.000	100
7	61	61	0	0.000	100
8	76	75	1	1.316	98.684
9	79	78	1	1.266	98.734
10	82	80	2	2.439	97.561



Gambar 20. Pengujian pembacaan suhu SHT30 menggunakan hygrometer



Gambar 21. Visualisasi Chart Error Rate Sensor SHT30 Kelembapan Udara

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, sensor memiliki rata-rata tingkat kesalahan (*average error rate*) sebesar 1.934% pada 10 kali pengujian dalam rentang kelembapan udara 43–82%. Dengan nilai kesalahan yang relatif kecil

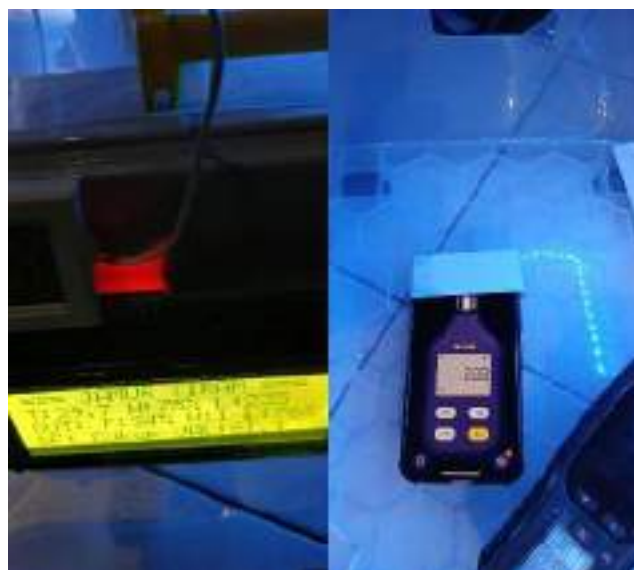
tersebut, sensor dapat dinyatakan cukup andal untuk digunakan dalam pengukuran kelembapan udara.

4.2.2. Pengujian Sensor BH1750

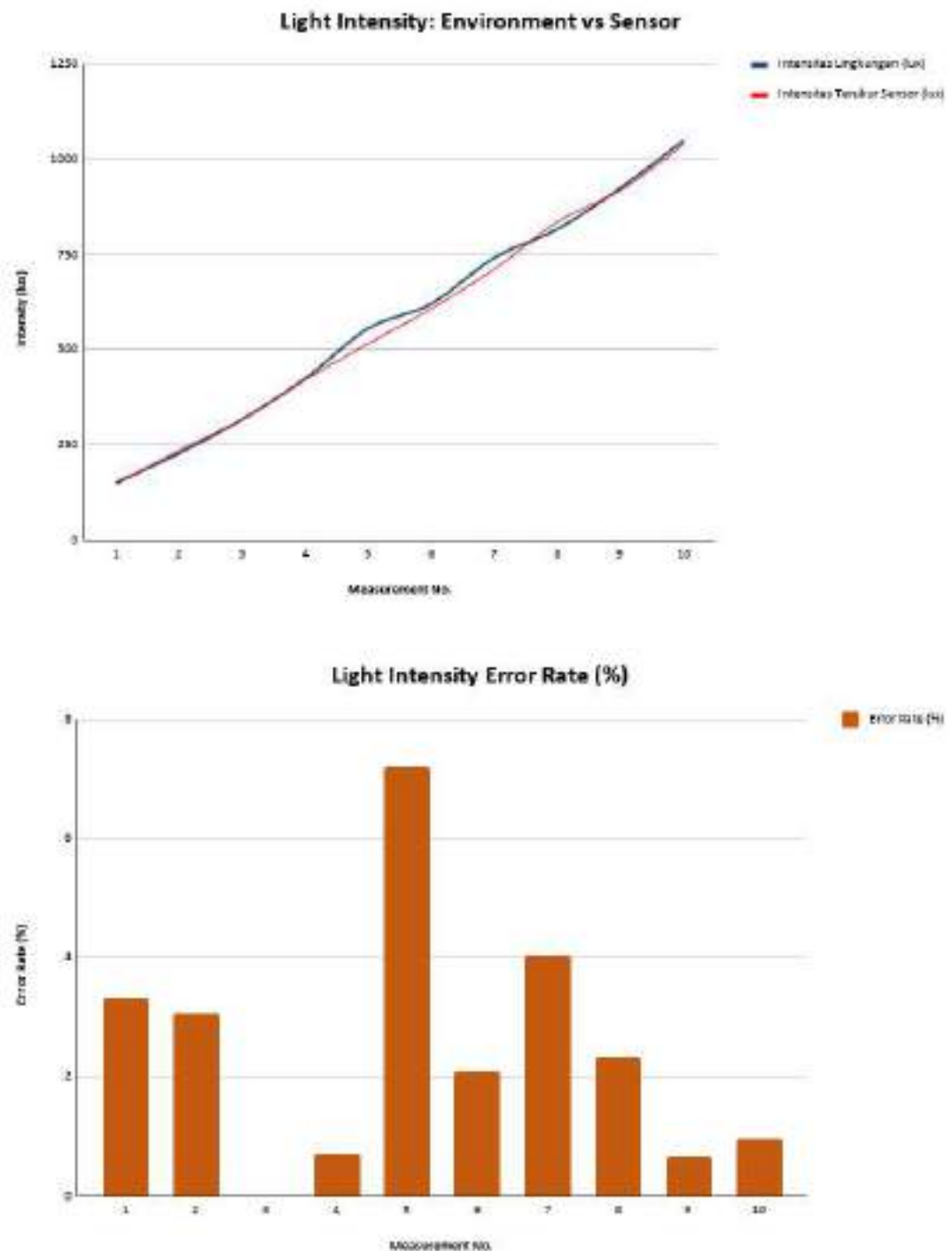
Sensor BH1750 berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai lux yang terbaca pada sensor dengan lux meter dalam berbagai kondisi pencahayaan (gelap, cukup cahaya, dan terang). Hasil pengujian digunakan untuk menentukan kalibrasi nilai intensitas cahaya pada sistem fuzzy.

Table 8. Pengujian Pembacaan Intensitas Cahaya BH1750

No	Intensitas Cahaya Lingkungan (lux)	Intensitas Cahaya yang Terukur Pada Sensor (lux)	Selisih Intensitas Cahaya (lux)	Error Rate (%)	% Accuracy
1	151	146	5	3.311	96.689
2	228	235	7	3.070	96.930
3	317	317	0	0	100
4	424	421	3	0.708	99.292
5	556	516	40	7.194	92.806
6	621	608	13	2.093	97.907
7	742	712	30	4.043	95.957
8	817	836	19	2.326	97.674
9	925	919	6	0.649	99.351
10	1050	1040	10	0.952	99.048



Gambar 21. Pengujian pembacaan intensitas cahaya BH1750 menggunakan luxmeter



Gambar 22. Visualisasi Chart Error Rate Sensor BH1750 Intensitas Cahaya

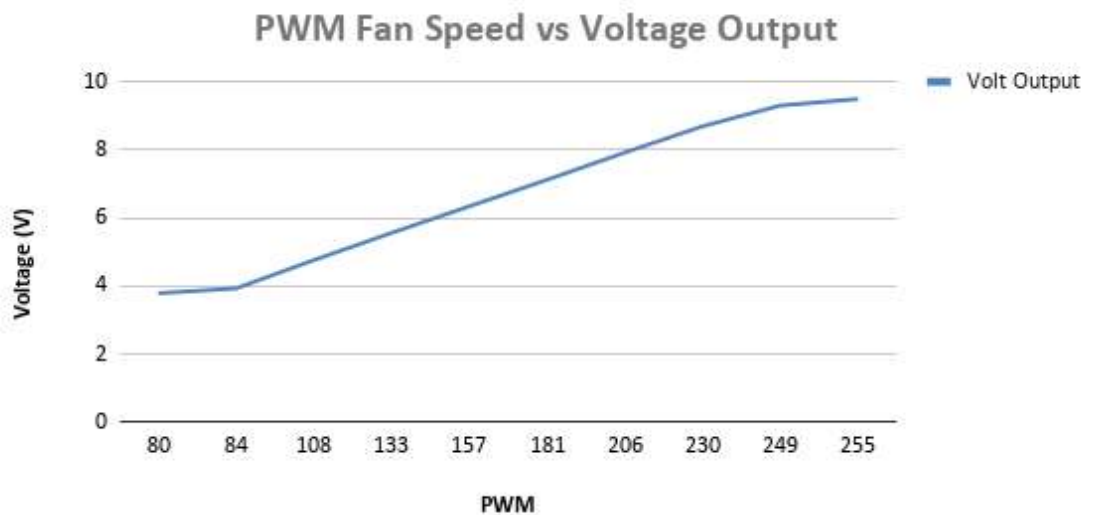
Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, sensor memiliki rata-rata tingkat kesalahan (*average error rate*) sebesar 2.435% pada 10 kali pengujian dalam rentang intensitas cahaya 151–1050 lux. Dengan nilai kesalahan yang relatif kecil tersebut, sensor dapat dinyatakan cukup andal untuk digunakan dalam pengukuran intensitas cahaya.

4.2.3. Pengujian Aktuator Kipas

Pengujian Kipas dalam sistem ini berfungsi untuk mengatur suhu di dalam chamber. Pengujian dilakukan dengan mengatur variabel suhu input dan mengamati perubahan kecepatan kipas melalui sinyal PWM yang dihasilkan oleh ESP32. Pengujian ini memastikan bahwa logika fuzzy dapat mengatur kecepatan kipas sesuai kondisi suhu yang terdeteksi.

Table 9. Pengujian Aktuator Kipas

No	Suhu	PWM Kipas	Volt	Kecepatan Kipas %
1	26	80	3.79	23.5
2	26.5	84	3.93	33.1
3	27	108	4.76	42.6
4	27.5	133	5.56	52.2
5	28	157	6.34	61.8
6	28.5	181	7.12	71.3
7	29	206	7.92	80.9
8	29.5	230	8.69	90.4
9	30	249	9.3	100
10	30.5	255	9.49	100



Gambar 23. Chart Korelasi PWM Fan Speed dan Voltage Output Fan

Berikut merupakan hasil pengukuran menggunakan multimeter yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka tegangan keluaran (output voltage) juga semakin meningkat.



Gambar 24. Pengukuran output voltage fan speed menggunakan multimeter

4.2.4. Pengujian Aktuator Humidifier

Piezo Electric Humidifier dikendalikan berdasarkan hasil logika fuzzy dari pembacaan kelembapan. Pengujian dilakukan dengan mengatur kelembapan lingkungan di dalam chamber dan mengamati frekuensi aktifnya piezo electric humidifier. Efektivitasnya dilihat dari kemampuannya mempertahankan kelembapan dalam rentang yang diinginkan.

Table 10. Pengujian Aktuator Piezo Electric Humidifier

No	Kelembapan Udara	State
1	10	On
2	20	On
3	30	On
4	40	On
5	50	On
6	60	On
7	70	On
8	80	Off
9	90	Off
10	100	Off



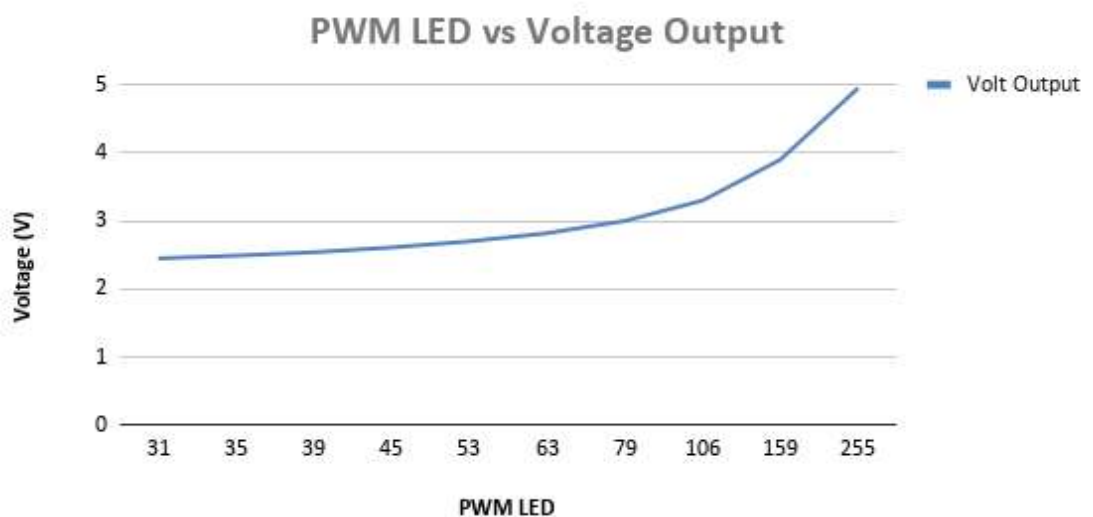
Gambar 25. Pengukuran output voltage humidifier menggunakan multimeter

4.2.5. Pengujian Aktuator Pencahayaan (LED)

LED dikontrol menggunakan dimmer untuk mengatur tingkat kecerahan. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan intensitas cahaya dari BH1750 dan memastikan logika fuzzy dapat mengatur kecerahan LED untuk mempertahankan pencahayaan optimal bagi komoditas. Tingkat kecerahan diukur menggunakan lux meter.

Table 11. Pengujian Aktuator Pencahayaan (LED)

No	Intensitas Cahaya	PWM Led	Volt	Led %
1	120	255	4.95	100
2	240	159	3.9	62.5
3	360	106	3.3	41.7
4	480	79	3	31.3
5	600	63	2.82	25
6	720	53	2.7	20.8
7	840	45	2.61	17.9
8	960	39	2.54	15.6
9	1080	35	2.49	13.9
10	1200	31	2.45	12.5



Gambar 26. Chart Korelasi PWM LED dan Voltage Output LED



Gambar 27. Pengukuran output voltage LED menggunakan multimeter.

4.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan membandingkan pengambilan data pada kondisi tanpa penggunaan aktuator dan dengan penggunaan aktuator, serta melakukan pemantauan melalui Blynk untuk mengevaluasi efektivitas sistem.

4.3.1. Pengujian Tanpa Penggunaan Aktuator

Pada kondisi tanpa penggunaan aktuator, parameter yang terukur meliputi suhu sebesar 30.8 °C, kelembapan udara 83%, dan intensitas cahaya 313 lux. Berdasarkan hasil defuzzifikasi, diperoleh nilai sebesar 46.4 yang menunjukkan kondisi sistem berada pada kategori kurang.



Gambar 28. Parameter yang diperoleh pada kondisi tanpa penggunaan aktuator.

4.3.2. Pengujian Dengan Penggunaan Aktuator

Pada kondisi tanpa penggunaan aktuator, parameter yang terukur meliputi suhu sebesar 30.3 °C, kelembapan udara 80%, dan intensitas cahaya 318 lux. Berdasarkan hasil defuzzifikasi, diperoleh nilai sebesar 59.1 yang menunjukkan kondisi sistem berada pada kategori cukup.



Gambar 29. Parameter yang diperoleh pada kondisi dengan penggunaan aktuator.

4.3.3. Dashboard Blynk

Berikut merupakan tampilan dashboard Blynk yang digunakan pada sistem. Dashboard dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan informatif sehingga pengguna dapat memantau nilai input maupun output sistem secara mudah, cepat, dan real-time.



Gambar 30. Antarmuka Blynk

4.3.4. Pengujian Latensi Pada komunikasi IoT menggunakan Blynk

Pengujian performa jaringan merupakan tahapan krusial untuk mengetahui keandalan (reliability) serta kualitas pertukaran data antara perangkat edge ESP32 dengan platform cloud Blynk IoT. Pada sistem monitoring budidaya jamur tiram ini, indikator performa jaringan diukur melalui dua parameter utama, yaitu Rasio Pengiriman Paket (Packet Delivery Ratio / PDR) dan Latensi Jaringan (Network Latency).

Rasio Pengiriman Paket (Packet Delivery Ratio / PDR) dihitung secara otomatis oleh ESP32 dengan membandingkan akumulasi paket data yang sukses diterima oleh cloud terhadap total seluruh percobaan transmisi yang dilakukan. Setiap kali perangkat mencoba memicu pengiriman data ke Blynk, variabel total percobaan (*totalTxAttempts*) akan bertambah. Jika fungsi *Blynk.run()* mengonfirmasi bahwa data berhasil menembus server, variabel sukses (*successfulTx*) juga akan meningkat. Nilai PDR diperoleh secara matematis melalui Persamaan berikut

$$PDR = \frac{successfulTx}{totalTxAttempts} \times 100\%$$

Nilai persentase ini berada pada angka 0% saat inisialisasi awal karena status perangkat masih offline, lalu meloncat dan bertahan mutlak di angka 100% tanpa adanya paket yang hilang (drop) setelah koneksi stabil terbentuk.

Latensi Jaringan (Network Latency) dihitung menggunakan metode penandaan waktu aktif (active timestamping) dengan memanfaatkan fungsi penghitung waktu internal *millis()* pada mikrokontroler. Sesaat sebelum data frame diunggah melalui perintah *Blynk.virtualWrite()*, ESP32 akan merekam waktu awal dalam satuan milidetik. Begitu proses transmisi selesai dan server memberikan respons balik (acknowledgement), selisih antara waktu akhir dan waktu awal tersebut dihitung untuk mendapatkan durasi tunda bolak-balik (round-trip time) sesuai dengan Persamaan berikut

$$Latensi (ms) = Waktu Akhir - Waktu Awal$$

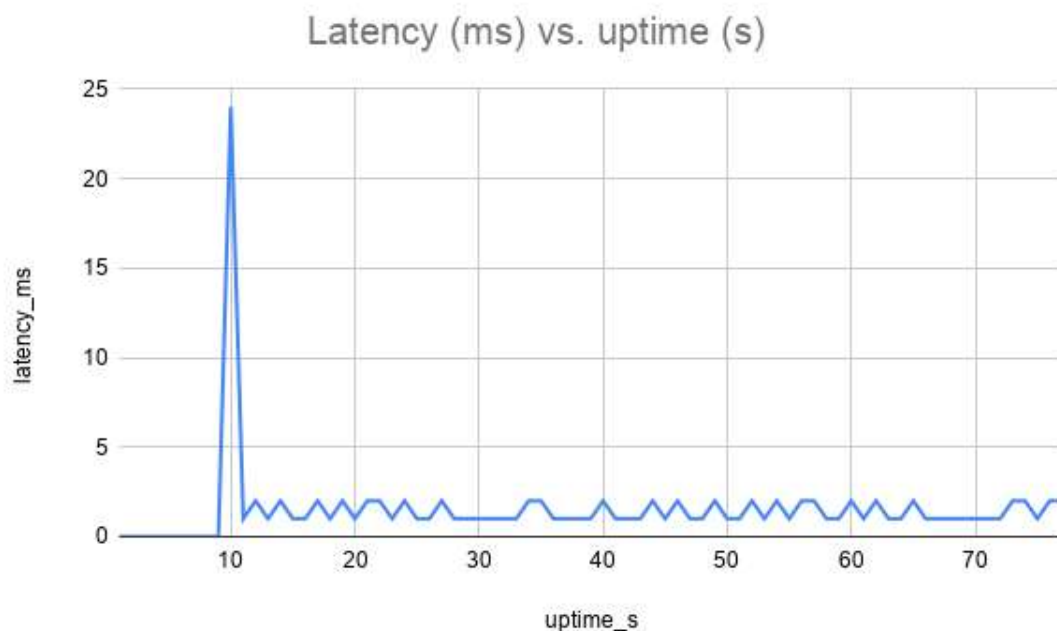
Metode ini mencatat nilai 0 ms saat jaringan belum tersedia agar program tidak mengalami macet (loop freezing), dan langsung mendeteksi waktu tunda riil yang sangat responsif berkisar antara 1 ms hingga 2 ms ketika perangkat telah terhubung secara stabil.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, potongan data log yang menunjukkan transisi dari fase inisialisasi jaringan (detik ke-27 hingga ke-30) menuju fase stabil terkoneksi (detik ke-31 hingga ke-36) dapat dilihat pada table berikut.

Table 12. Potongan Data Log Transisi Jaringan ESP32 ke Cloud

Uptime (s)	Latensi Jaringan (ms)	Packet Delivery Ratio (%)	Status Koneksi Payload
7	0	0	Offline (Mencari Sinyal)
8	0	0	Offline (Mencari Sinyal)
9	0	0	Offline (Mencari Sinyal)
10	24	0	Handshake Berhasil
11	1	100	Jaringan Terkoneksi Stabil
12	2	100	Jaringan Terkoneksi Stabil
13	1	100	Jaringan Terkoneksi Stabil
14	2	100	Jaringan Terkoneksi Stabil
15	1	100	Jaringan Terkoneksi Stabil
16	1	100	Jaringan Terkoneksi Stabil

Untuk mempermudah pengamatan fluktuasi dan kestabilan kecepatan respons jaringan selama waktu pengujian operasional, data latensi tersebut divisualisasikan ke dalam grafik garis pada gambar berikut



Gambar 31. Grafik Nilai Latensi Jaringan IoT Terhadap Waktu (*Uptime*)

Berdasarkan tampilan kurva grafik pada Gambar 31., karakteristik perilaku jaringan komunikasi data sistem IoT ini terbagi menjadi dua kondisi perilaku transisi (state) sebagai berikut:

1. Kondisi Transien (*Transient State*): Berlangsung pada durasi detik ke-1 hingga detik ke-10 sejak alat pertama kali diaktifkan. Kondisi transien ini ditandai dengan garis grafik yang mendatar di angka 0 ms (RTO) dan nilai PDR sebesar 0,0%. Karakteristik ini bersifat sementara karena modul Wi-Fi internal ESP32 sedang berada dalam fase inisialisasi perangkat keras (*hardware warming up*), melakukan pemindaian sinyal radio, jabat tangan autentikasi dengan *access point* lokal "Gilang2025", hingga perolehan alamat IP dinamis.
2. Kondisi Stabil (*Steady State*): Terbentuk secara permanen dimulai dari detik ke-11 hingga akhir waktu pengujian. Kondisi *steady state* ditandai dengan perubahan grafik yang melompat secara instan dan bergerak konstan di rentang angka 1 ms hingga 2 ms, diikuti dengan nilai PDR yang mengunci mutlak di angka 100,0%. Kondisi stabil ini mengonfirmasi bahwa alur komunikasi *end-to-end* menuju Blynk *cloud server* telah tercapai secara optimal, di mana parameter data lingkungan budidaya jamur tiram dapat ditransmisikan tanpa adanya kendala degradasi *bandwidth* atau kehilangan paket (*packet loss*).

4.4. Pembahasan Fuzzy

Nilai pada sistem ini dihitung secara otomatis menggunakan program yang telah dirancang. Untuk memberikan gambaran mengenai proses kerja sistem fuzzy, berikut disajikan simulasi proses perhitungannya.

4.4.1. Derajat keanggotaan fuzzy variabel suhu

Berikut merupakan simulasi perhitungan derajat keanggotaan (μ) fuzzy untuk variabel suhu pada nilai 30 °C. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai μ dingin = 0 , μ sedang = 0, dan μ panas = 1.

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 26 \\ \frac{28-x}{2}, & 26 < x < 28 \\ 0, & x \geq 28 \end{cases}$$

$$\mu_{dingin}(x) = 0$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 26 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-26}{2}, & 26 < x < 28 \\ \frac{30-x}{2}, & 28 \leq x < 30 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = 0$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 28 \\ \frac{x - 28}{2}, & 28 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{panas}(x) = 1$$

4.4.2. Derajat keanggotaan fuzzy variabel kelembapan

Berikut merupakan simulasi perhitungan derajat keanggotaan (μ) fuzzy untuk variabel kelembapan pada nilai 80%. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai $\mu_{kering} = 0$, $\mu_{lembap} = 1$, dan $\mu_{basah} = 0$.

$$\mu_{kering}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 70 \\ \frac{80 - x}{10}, & 70 < x < 80 \\ 0, & x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{kering}(x) = 0$$

$$\mu_{lembab}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{x - 70}{10}, & 70 < x < 80 \\ \frac{90 - x}{10}, & 80 \leq x < 90 \end{cases}$$

$$\mu_{lembab}(x) = \frac{90 - 80}{10} = 1$$

$$\mu_{basah}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{x - 80}{10}, & 80 < x < 90 \\ 1, & x \geq 90 \end{cases}$$

$$\mu_{basah}(x) = 0$$

4.4.3. Fuzzy intensitas cahaya

Berikut merupakan simulasi perhitungan derajat keanggotaan (μ) fuzzy untuk variabel intensitas cahaya pada nilai 318 lux. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai $\mu_{gelap} = 0$, $\mu_{redup} = 1$, dan $\mu_{terang} = 0$.

$$\mu_{gelap}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 100 \\ \frac{150 - x}{50}, & 100 < x < 150 \\ 0, & x \geq 150 \end{cases}$$

$$\mu_{gelap}(x) = 0$$

$$\mu_{redup}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 200 \\ \frac{x - 100}{50}, & 100 < x < 150 \\ \frac{200 - x}{50}, & 150 \leq x < 200 \end{cases}$$

$$\mu_{redup}(x) = 0$$

$$\mu_{terang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 150 \\ \frac{x - 150}{50}, & 150 < x < 200 \\ 1, & x \geq 200 \end{cases}$$

$$\mu_{terang}(x) = 1$$

4.4.4. Tabel Inferensi

Berikut merupakan seluruh rule inferensi fuzzy berdasarkan kombinasi:

- Suhu = Dingin, Sedang, Panas
- Kelembapan = Kering, Lembab, Basah
- Cahaya = Gelap, Redup, Terang

Dengan sistem skoring

Table 13. Sistem Skoring

Parameter Optimal	Bobot
Suhu Sedang	+3
Kelembapan Lembap	+4
Cahaya redup	+1

Kategori Output

Table 14. Kategori Output

Skor	Kondisi
0-1	Buruk
2-3	Kurang
4-5	Cukup
6-7	Baik
8	Ideal

Tabel Inferensi

Table 15. Tabel Inferensi

No	Suhu	Kelembapan	Cahaya	Skor	Kondisi
1	Dingin	Kering	Gelap	0	Buruk
2	Dingin	Kering	Redup	1	Buruk
3	Dingin	Kering	Terang	0	Buruk
4	Dingin	Lembap	Gelap	4	Cukup
5	Dingin	Lembap	Redup	5	Cukup
6	Dingin	Lembap	Terang	4	Cukup
7	Dingin	Basah	Gelap	0	Buruk
8	Dingin	Basah	Redup	1	Buruk
9	Dingin	Basah	Terang	0	Buruk
10	Sedang	Kering	Gelap	3	Kurang
11	Sedang	Kering	Redup	4	Cukup
12	Sedang	Kering	Terang	3	Kurang
13	Sedang	Lembap	Gelap	7	Baik
14	Sedang	Lembap	Redup	8	Ideal
15	Sedang	Lembap	Terang	7	Baik
16	Sedang	Basah	Gelap	3	Kurang
17	Sedang	Basah	Redup	4	Cukup
18	Sedang	Basah	Terang	3	Kurang
19	Panas	Kering	Gelap	0	Buruk
20	Panas	Kering	Redup	1	Buruk
21	Panas	Kering	Terang	0	Buruk
22	Panas	Lembap	Gelap	4	Cukup
23	Panas	Lembap	Redup	5	Cukup
24	Panas	Lembap	Terang	4	Cukup
25	Panas	Basah	Gelap	0	Buruk

26	Panas	Basah	Redup	1	Buruk
27	Panas	Basah	Terang	0	Buruk

4.4.5. Defuzzifikasi

Berikut merupakan simulasi proses defuzzifikasi untuk kondisi suhu 30.3 °C, kelembapan 80%, dan intensitas cahaya 318 lux. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai defuzzifikasi sebesar 59.1 yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan berada pada kategori cukup.

1. Menghitung nilai α -Predikat

$$\alpha = \min(\mu_{panas}, \mu_{lembab}, \mu_{terang})$$

$$\alpha = \min(1, 1, 1)$$

$$\alpha = 1$$

2. Menentukan skor kondisi

Table 16. Simulasi Perhitungan Skor Kondisi

Parameter	Kondisi Optimal	Bobot
Suhu	Sedang	3
Kelembapan	Lembap	4
Cahaya	Redup	1

$$Skor = 0 + 4 + 0 = 4$$

3. Menentukan kategori output

Karena:

$$4 \leq Skor < 6$$

Maka termasuk kategori: Cukup

4. Menghitung nilai z

$$z = 50 + 10\alpha$$

$$z = 50 + 10(1)$$

$$z = 60$$

5. Proses defuzzifikasi

$$Z = \frac{\alpha z}{\alpha}$$

$$Z = \frac{(1)(60)}{1}$$

$$Z = 60$$

4.5. Pembahasan Output

Nilai pada sistem ini dihitung secara otomatis menggunakan program yang telah dirancang. Untuk memberikan gambaran mengenai proses kerja sistem output aktuator, berikut disajikan simulasi proses perhitungannya

4.5.1. Output Fan

Fan menggunakan metode interpolasi linier pada pengaturan PWM untuk menghasilkan perubahan kecepatan yang lebih halus sesuai perubahan suhu lingkungan. Metode ini dipilih karena sistem pendinginan memiliki karakteristik kontinu, sehingga peningkatan suhu akan direspons dengan peningkatan kecepatan fan secara bertahap.

Penggunaan interpolasi linier memberikan beberapa keuntungan, salah satunya adalah mengurangi stress pada hardware. Perubahan kecepatan yang dilakukan secara smooth dapat meminimalkan kondisi start-stop berulang pada motor fan yang berpotensi menyebabkan lonjakan arus (inrush current). Dengan demikian, umur pakai fan dapat menjadi lebih panjang dan konsumsi daya menjadi lebih efisien.

Selain itu, kontrol linier membuat sistem lebih stabil karena fan tidak langsung bekerja pada kecepatan maksimum ketika terjadi perubahan suhu kecil. Kecepatan fan akan menyesuaikan secara proporsional terhadap suhu yang terbaca sensor sehingga proses pendinginan menjadi lebih natural dan tidak menimbulkan perubahan mendadak pada lingkungan budidaya Jamur Tiram.

$$PWM\ fan = \begin{cases} 60, & T \leq 26 \\ 255, & T \leq 30 \\ 60 + \frac{(T - 26)(255 - 60)}{30 - 26}, & 26 < T < 30 \end{cases}$$

4.5.2. Output Humidifier

Output humidifier menggunakan metode kontrol ON/OFF karena secara karakteristik komponen humidifier tidak dapat diterapkan metode interpolasi linier seperti pada fan dan LED. Humidifier ultrasonik bekerja dengan menghasilkan kabut melalui proses getaran frekuensi tinggi sehingga umumnya hanya mendukung kondisi aktif atau nonaktif.

Penggunaan interpolasi linier atau pengaturan PWM pada humidifier dapat menyebabkan proses atomisasi menjadi tidak stabil dan berpotensi mengurangi performa komponen. Oleh karena itu, sistem kontrol humidifier dirancang menggunakan logika boolean sederhana, yaitu humidifier akan aktif ketika kelembapan berada di bawah nilai setpoint dan akan mati ketika kelembapan telah mencapai batas yang ditentukan.

Metode ON/OFF dipilih karena lebih sederhana, aman, dan sesuai dengan karakteristik kerja humidifier. Selain itu, perubahan kelembapan udara cenderung berlangsung lebih lambat dibanding perubahan suhu dan cahaya, sehingga kontrol digital ON/OFF sudah cukup untuk menjaga kondisi lingkungan budidaya Jamur Tiram tetap berada pada rentang kelembapan yang diinginkan.

$$Humidifier = \begin{cases} 1, & H < 80 \\ 0, & H \geq 80 \end{cases}$$

4.5.3. Output Humidifier

Output LED menggunakan metode interpolasi linier bertahap pada pengaturan PWM untuk menghasilkan perubahan intensitas cahaya yang lebih halus. Metode ini bekerja dengan menaikkan atau menurunkan nilai PWM secara bertahap sesuai hasil pembacaan sensor cahaya sehingga perubahan tingkat pencahayaan tidak terjadi secara tiba-tiba.

Penggunaan metode tersebut bertujuan untuk menghasilkan transisi cahaya yang lebih smooth serta mengurangi terjadinya flicker pada LED. Jika perubahan PWM dilakukan secara langsung dalam nilai besar, maka intensitas cahaya dapat berubah dengan cepat dan menyebabkan kedipan yang mengganggu serta membuat sistem menjadi kurang stabil.

Selain itu, sistem juga menggunakan deadband pada rentang intensitas cahaya tertentu sehingga perubahan kecil pada sensor tidak langsung memengaruhi output LED. Dengan demikian, kontrol pencahayaan menjadi lebih stabil, adaptif terhadap noise sensor, dan mampu menjaga kondisi lingkungan budidaya Jamur Tiram tetap mendekati nilai pencahayaan yang diinginkan.

$$PWM\ LED\ (K + 1) = \begin{cases} PWM\ LED(k) + 5, & L < 148 \\ PWM\ LED(k) - 5, & L > 152 \\ PWM\ LED(k), & 148 \leq L \leq 152 \end{cases},$$

4.6. Pertumbuhan jamur tiram

Berikut merupakan hasil pengukuran pertumbuhan jamur tiram menggunakan sistem smart chamber. Berdasarkan hasil pengamatan selama 3 hari, diperoleh pertumbuhan jamur dengan tinggi mencapai 50 mm dan lebar 75.3 mm, serta menghasilkan warna jamur putih.



Gambar 32. Pengukuran Tinggi Jamur Tiram

Berikut merupakan hasil pengukuran pertumbuhan jamur tiram tanpa menggunakan sistem smart chamber. Berdasarkan hasil pengamatan selama 3 hari, diperoleh pertumbuhan jamur dengan tinggi sebesar 31 mm dan lebar 74,0 mm. Selain itu, jamur berwarna kuning yang menunjukkan adanya kondisi lingkungan yang kurang optimum, terutama pada parameter kelembapan udara, suhu, dan intensitas cahaya.



Gambar 33. Pengukuran Lebar Jamur Tiram

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem yang dibangun mampu membaca parameter suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara akurat.
2. Sistem yang dibangun mampu mengirimkan data ke Blynk secara *realtime*, sehingga pengguna dapat memantau nilai suhu, kelembapan, intensitas cahaya, serta kondisi aktuator secara langsung.
3. Aktuator yang digunakan mampu membantu mempertahankan kondisi lingkungan dengan suhu 30,8°C, kelembapan udara 83%, dan intensitas cahaya 313 lux pada pengujian di ruang terbuka. Namun, sistem kurang optimal digunakan di ruangan ber-AC atau ruangan dengan suhu rendah karena tidak dilengkapi dengan elemen pemanas (*heating element*).

5.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan aktuator dengan kapasitas dan performa yang lebih baik agar sistem dapat mengontrol suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara optimal pada kondisi lingkungan yang tidak normal.
2. Pada sisi IoT, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan dan pencatatan data (*data logging*) berbasis cloud untuk memudahkan pemantauan dan analisis data secara berkala.
3. Ukuran *chamber* dapat diperluas agar mampu menampung lebih banyak baglog jamur tiram dan meningkatkan kapasitas budidaya.
4. Sistem ini masih menggunakan pengukuran pertumbuhan jamur tiram secara manual. Oleh karena itu, sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menerapkan pengukuran otomatis berbasis pengolahan citra digital.

Daftar Pustaka

- [1] X. Zhong, R. Qiao, and X. Wang, "An innovative iot-based intelligent control system for agricultural greenhouses," *International Journal of Mechanical and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 85–90, 2024.
- [2] BPS, "Produksi Tanaman Sayuran Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, 2023 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia." Accessed: Oct. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVpQWTJsV05XTllhVmhrRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman--2022.html?year=2022>
- [3] N. A. Zainuddin, K. M. Nordin, A. Ishak, M. S. Nuriman, and T. I. D. T. Azhar, "IoT-Based Oyster Mushroom Farming Monitoring System," *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, vol. 5, 2023.
- [4] A. Zawadzka *et al.*, "The effect of light conditions on the content of selected active ingredients in anatomical parts of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.)," *PLoS One*, vol. 17, no. 1, p. e0262279, 2022.
- [5] H. Purnama, A. Rahmawati, and R. Adriaan, "Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu dan Kelembaban pada Kumbung Jamur Tiram Berbasis Arduino," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2022, pp. 558–564.
- [6] S. K. Risandriya, "Pemantauan dan Pengendalian Kelembaban, Suhu, dan Intensitas Cahaya Tanaman Tomat dengan Logika Fuzzy Berbasis IoT," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 9–14, 2019.
- [7] M. Y. N. Shahrosi, A. Harijanto, and L. Nuraini, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Intensitas Cahaya pada Tanaman Cabai Berbasis IoT," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 7, no. 3, pp. 300–309, 2023.
- [8] F. Fadilah, S. Setiadi, and F. Fitriyadi, "Prototype Sistem Pengendali Suhu Dan Intensitas Cahaya Rumah Burung Walet Berbasis Arduino," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 19, no. 1, pp. 189–198, 2023.
- [9] A. Muntolib, K. A. Widodo, and M. Ardita, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu, Kelembaban, Dan Cahaya Pada Rumah Budidaya Burung Walet Berbasis Blynk," *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 57–62, 2024.
- [10] W. Tanadi and M. Muliady, "Pengontrolan Suhu, Kelembaban, dan Intensitas Cahaya pada Kumbung Jamur dengan Pendekatan Finite Element dalam Penempatan Sensor," *Tesla*, vol. 22, no. 2, pp. 175–191, 2020.

- [11] G. Sanhaji, I. Nurfalah, and R. B. Anbali, "Rancang Bangun Sistem Pengatur suhu dan Kelembaban untuk Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT," *J Teknol*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2023.
- [12] N. S. Syafaat, H. Fitriyah, and E. R. Widasari, "Sistem Kendali Intensitas Cahaya dan Kelembaban Tanah untuk Umbi Porang (*Amorphophallus Oncophyllus*) menggunakan Metode Logika Fuzzy," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 9, pp. 4181–4187, 2022.
- [13] M. A. Setiawan and S. Sunaryono, "Pengendali Suhu, Kelembaban dan Cahaya Berbasis Arduino dan IOT pada Kumbung Jamur Tiram," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 101–106, 2021.
- [14] P. Megantara, A. Triwiyatno, and H. Afrisal, "PENGONTROL SUHU, KELEMBABAN TANAH DAN INTESITAS CAHAYA PADA PROTOTYPE SMART GREENHOUSE," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [15] M. De Bonis, S. Locatelli, P. Sambo, G. Zanin, J. A. Pecchia, and C. Nicoletto, "Effect of different led light wavelengths on production and quality of *Pleurotus ostreatus* grown on different commercial substrates," *Horticulturae*, vol. 10, no. 4, p. 349, 2024.
- [16] M. F. Al Hakim, N. Fajriati, and R. N. Pratama, "Heart Disease Diagnosis Using Tsukamoto Fuzzy Method," *Journal of Advances in Information Systems and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 12–22, 2023.
- [17] K. Elgazzar *et al.*, "Revisiting the internet of things: New trends, opportunities and grand challenges," 2022, *Frontiers Media SA*.
- [18] Sensirion AG, "Datasheet SHT3x-DIS." Accessed: Jun. 26, 2025. [Online]. Available: https://sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet_SHT3x_DIS.pdf
- [19] J. A. Abdinoor *et al.*, "Performance of Low-Cost Air Temperature Sensors and Applied Calibration Techniques—A Systematic Review," *Atmosphere (Basel)*, vol. 16, no. 7, p. 842, 2025.
- [20] A. Beyaz and V. Gül, "Determination of low-cost arduino based light intensity sensors effectiveness for agricultural applications," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 65, p. e22220172, 2022.
- [21] J.-S. Ko, J.-H. Huh, and J.-C. Kim, "Improvement of Energy Efficiency and Control Performance of Cooling System Fan Applied to Industry 4.0 Data Center," *Electronics (Basel)*, vol. 8, p. 582, May 2019, doi: 10.3390/electronics8050582.
- [22] Y. S. Cho, J. Kwon, and H.-Y. Kim, "Design and Implementation of LED Dimming System with Intelligent Sensor Module," *Journal of information*

- and communication convergence engineering*, vol. 11, Dec. 2013, doi: 10.6109/jicce.2013.11.4.247.
- [23] O. Akinwale and T. Oladimeji, "Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display," *Journal of Electrical & Electronic Systems*, vol. 07, Jan. 2018, doi: 10.4172/2332-0796.1000258.
- [24] C. Charles-Mary and A. Agbo, "AN IOT-BASED ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM USING TEMPERATURE, HUMIDITY, AIR QUALITY, LIGHT INTENSITY, AND RAIN DETECTION SENSORS WITH ESP 32 MICROCONTROLLER.," *International Journal of Engineering*, Feb. 2025.
- [25] M. Rukhiran, C. Sutanthavibul, S. Boonsong, and P. Netinant, "IoT-based mushroom cultivation system with solar renewable energy integration: Assessing the sustainable impact of the yield and quality," *Sustainability*, vol. 15, no. 18, p. 13968, 2023.

Biodata



Nama	: Muhammad Gilang Nur Syahroni
TTL	: Batam, 27 Oktober 2000
Agama	: Islam
Alamat	: Taman Lestari Blok B8 No.13
Email	: mgilangnrs@gmail.com
Riwayat Pendidikan	SMA/SMK : SMAN 5 BATAM
	SMP : SMPN 26 BATAM