

Pengembangan Sistem Kontrol AC Otomatis Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* untuk Peningkatan Efisiensi Kontrol Otomatis

Isa Rachman¹, Rini Indarti¹, Noorman Rinanto¹, Agus Khumaidi¹, Mohammad Arigo Al. Hafid¹, Sofi Berliana Rizky¹, Zainu Rafsanjani¹

¹⁻⁶Jurusan Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111. Indonesia

e-mail: isarachman@ppns.ac.id¹, riniindarti@ppns.ac.id¹, noorman.rinato@ppns.ac.id¹, aguskhumaidi@ppns.ac.id¹, mohammadarigo@gmail.com¹, sofiberlianarizky@gmail.com¹, zainurafsanjani07@gmail.com¹

Abstrak

Pengoperasian lampu dan AC (Air Conditioner) secara manual masih menjadi praktik umum di banyak tempat, yang sering kali mengakibatkan pemborosan listrik yang signifikan akibat lupa mematikan perangkat setelah digunakan. Ketidakefisienan ini meningkatkan biaya operasional dan tidak memungkinkan penyesuaian otomatis berdasarkan kondisi aktual dalam ruangan, seperti keberadaan orang atau perubahan suhu. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan alat canggih yang mampu mengontrol nyala AC dan lampu secara otomatis sesuai kondisi langsung dalam ruangan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode Fuzzy Logic, yang mampu menangani ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam sistem kontrol, memungkinkan sistem membuat keputusan yang lebih adaptif dan cerdas. Dengan Fuzzy Logic, sistem dapat mengatur AC dan lampu berdasarkan berbagai parameter, seperti keberadaan orang di ruangan dan kondisi suhu. Misalnya, AC dapat diatur beroperasi pada suhu yang lebih tinggi saat ruangan kosong dan menurunkannya saat ruangan terisi, serta lampu dapat disesuaikan intensitasnya atau dimatikan otomatis jika tidak ada orang di dalam ruangan, sehingga menghemat energi secara substansial. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi pemborosan listrik, memperpanjang umur perangkat, dan menciptakan lingkungan yang lebih hemat energi dan nyaman, sambil menunjukkan komitmen terhadap praktik berkelanjutan dan inovasi teknologi.

Kata kunci: AC, Fuzzy, IoT, Lampu, Listrik, Kontrol

Abstract

The manual operation of lights and air conditioners (AC) is still a common practice in many places, often resulting in significant electricity waste due to forgetting to turn off the devices after use. This inefficiency increases operational costs and does not allow for automatic adjustments based on the actual conditions in the room, such as the presence of people or temperature changes. To address this issue, an advanced tool is needed to automatically control the AC and lights according to real-time room conditions. In this study, the author uses the Fuzzy Logic method, which can handle uncertainty and ambiguity in control systems, allowing the system to make more adaptive and intelligent decisions. With Fuzzy Logic, the system can adjust the AC and lights based on various parameters, such as the presence of people in the room and temperature conditions. For example, the AC can be set to operate at a higher temperature when the room is empty and lower it when the room is occupied. Additionally, the lights can be adjusted in intensity or turned off automatically if no one is in the room, thereby saving substantial energy. The implementation of this technology is expected to improve energy efficiency, reduce electricity waste, extend the lifespan of devices, and create a more energy-efficient and comfortable environment, while demonstrating a commitment to sustainable practices and technological innovation.

Keywords: AC, Fuzzy, IoT, Lights, Electricity, Control

^{1*}isarachman@ppns.ac.id /

1. Pendahuluan

Pengoperasian lampu dan AC (Air Conditioner) secara manual masih menjadi praktik umum di banyak tempat (Lubis Awwaluddin Imran dkk, 2022). Meskipun cara ini sederhana dan mudah diterapkan, ia memiliki sejumlah kelemahan signifikan, terutama terkait dengan efisiensi penggunaan lampu dan AC. Pengguna sering kali lupa mematikan lampu dan AC setelah selesai digunakan, yang mengakibatkan pemborosan listrik yang cukup besar. Ketidakefisienan ini semakin menambah biaya operasional.

Selain itu, kontrol manual tidak memungkinkan penyesuaian otomatis berdasarkan kondisi langsung di dalam ruangan, seperti keberadaan orang atau perubahan suhu, sehingga seringkali perangkat beroperasi tidak sesuai dari yang diperlukan (Tendra, 2021). Kebutuhan akan sistem kontrol yang lebih efisien dan adaptif menjadi sangat mendesak untuk mengatasi masalah ini, guna memastikan penggunaan energi yang lebih optimal dan berkelanjutan.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan alat canggih yang mampu mengontrol nyala AC dan lampu agar sesuai dengan kondisi secara langsung, seperti jumlah orang dan suhu dalam ruangan. Penggunaan alat ini memerlukan metode yang sesuai untuk memastikan efisiensi dan efektivitas dalam pengendalian (Ramadhan & Mukhaiyar, 2020). Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode Fuzzy Logic. Metode Fuzzy Logic pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh (Siswoyo & Zaenal, 2018), seorang ilmuwan komputer dan insinyur listrik, pada tahun 1965. Fuzzy Logic merupakan cabang dari logika yang menangani penalaran yang bersifat mendekati atau tidak pasti, berbeda dengan logika biner tradisional yang hanya mengakui dua nilai kebenaran, yaitu benar dan salah (Abdilah, 2022). Fuzzy Logic adalah pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam sistem kontrol, memungkinkan sistem untuk membuat keputusan yang lebih adaptif dan cerdas (Yohanes Oraplean et al., 2021). Dengan menerapkan Fuzzy Logic, sistem dapat secara otomatis mengatur AC dan lampu berdasarkan berbagai parameter, seperti keberadaan orang di ruangan dan kondisi suhu.

Fuzzy Logic memungkinkan sistem untuk membuat penyesuaian yang lebih halus dan responsif dibandingkan dengan metode kontrol konvensional (Basri & Wahira, 2022). Misalnya, AC dapat diatur untuk beroperasi pada suhu yang lebih tinggi saat ruangan kosong, dan menurunkannya ketika ruangan terisi, sehingga secara signifikan mengurangi konsumsi energi tanpa mengorbankan kenyamanan. Demikian pula, lampu dapat disesuaikan intensitasnya atau dimatikan secara otomatis jika tidak ada orang di dalam ruangan, yang akan menghemat energi secara substansial.

Penggunaan Fuzzy Logic dalam sistem kontrol ini memastikan bahwa perangkat bekerja hanya saat diperlukan dan pada tingkat yang sesuai dengan kebutuhan nyata, mengoptimalkan penggunaan energi (Saputra, 2021). Selain itu, sistem ini juga memiliki potensi untuk memperpanjang umur perangkat karena penggunaannya yang lebih terkontrol dan terencana. Dengan pengaturan yang lebih tepat dan pemantauan berkelanjutan, risiko kerusakan akibat kelebihan beban atau kondisi operasional yang ekstrem dapat diminimalisir.

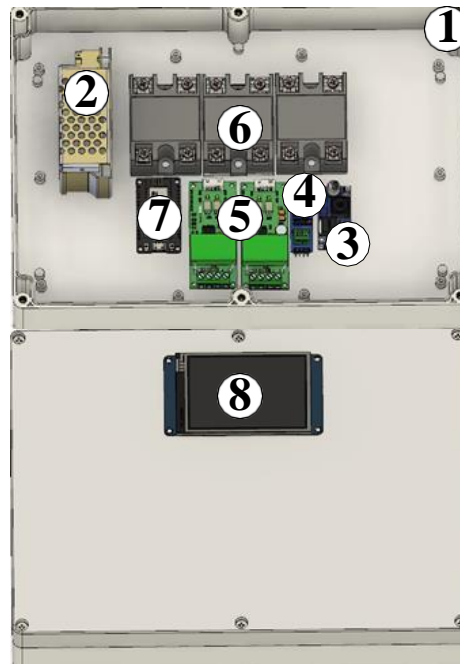
Implementasi teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif untuk masalah efisiensi energi di berbagai ruangan atau tempat. Hal ini tidak hanya akan menciptakan lingkungan yang lebih hemat energi. Selain itu, lingkungan yang nyaman akan meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pengguna, menciptakan pengalaman yang lebih baik secara keseluruhan. Teknologi ini juga memungkinkan integrasi dengan sistem manajemen bangunan pintar, yang dapat memberikan kontrol lebih lanjut dan analisis data untuk terus meningkatkan efisiensi operasional.

Implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi pemborosan listrik, serta dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Dengan memanfaatkan teknologi canggih, sistem ini dapat memonitor dan mengontrol konsumsi energi secara real-time, memastikan bahwa setiap perangkat hanya menggunakan energi yang benar-benar dibutuhkan. Hal ini tidak hanya membantu dalam mengurangi biaya operasional, tetapi juga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan dengan mengurangi jejak karbon. Selain itu, teknologi ini memungkinkan penyesuaian otomatis berdasarkan kebutuhan spesifik ruangan atau tempat, sehingga setiap area dapat diatur dengan cara yang paling efisien dan efektif.

Dengan kontrol otomatis yang adaptif, lampu dan AC dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan nyata, menciptakan lingkungan yang lebih hemat energi dan lebih nyaman bagi penggunanya. Sistem ini secara cerdas menyesuaikan pencahayaan dan suhu berdasarkan aktivitas dan keberadaan orang di ruangan, memastikan bahwa energi tidak terbuang percuma ketika tidak diperlukan. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan, tetapi juga menunjukkan komitmen terhadap praktik berkelanjutan dan inovasi teknologi. Dengan mengadopsi teknologi ini, organisasi dapat menampilkan tanggung jawab sosial dan lingkungan yang lebih besar, meningkatkan citra mereka sebagai pelopor dalam upaya konservasi energi dan pelestarian lingkungan. Implementasi ini juga dapat meningkatkan kepuasan dan produktivitas pengguna dengan menyediakan kondisi lingkungan yang optimal dan nyaman sepanjang waktu.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Prototype Sistem

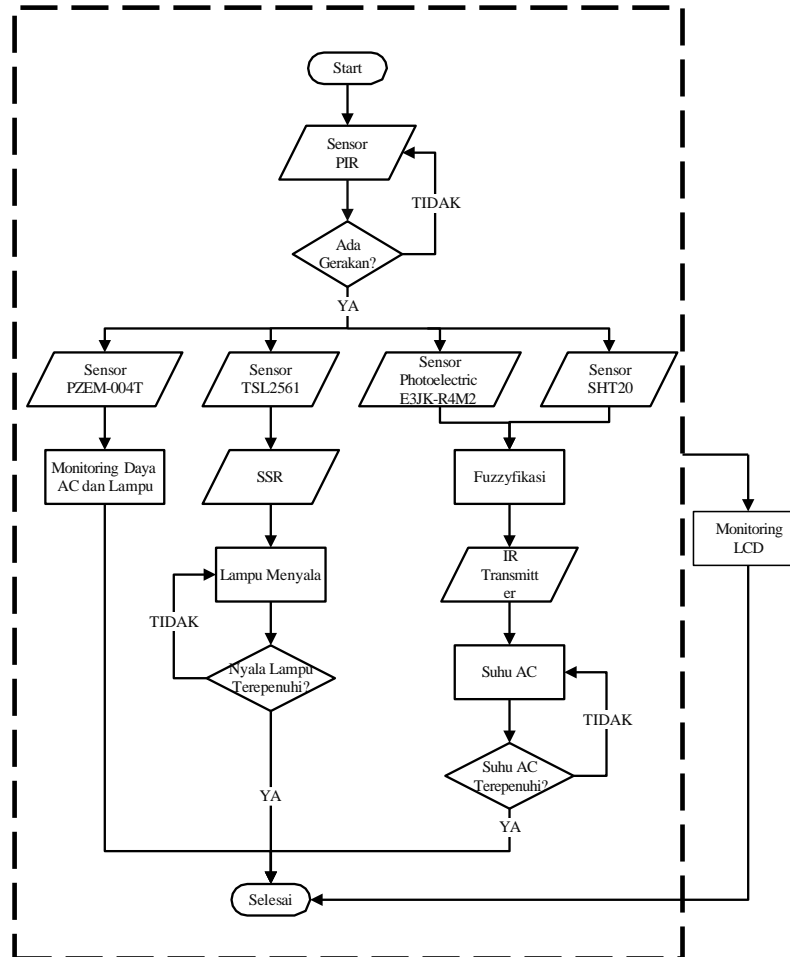


Gambar 1. Desain Prototype Sistem

Gambar 1 memperlihatkan desain box elektrik secara keseluruhan. Pada tampilan bagian depan, terlihat dengan jelas beberapa komponen utama yang berfungsi sebagai input sistem. Komponen-komponen tersebut terdiri dari beberapa elemen penting yang diatur dengan rapi untuk memastikan fungsionalitas dan efisiensi sistem. Berikut adalah daftar komponen yang terdapat pada bagian depan box elektrik:

1. Box Elektrik: Struktur pelindung yang menjaga perangkat elektronik dari debu, kelembapan, dan gangguan fisik. Box ini dirancang untuk memastikan bahwa semua komponen elektronik di dalamnya tetap aman dan berfungsi dengan optimal meskipun dalam kondisi lingkungan yang kurang ideal.
2. Power Supply: Unit ini bertanggung jawab untuk menyediakan daya listrik yang stabil dan andal bagi semua komponen elektronik di dalam sistem. Power supply memastikan bahwa setiap komponen menerima tegangan dan arus yang sesuai untuk operasional yang optimal.
3. Konverter *step-down* yang mengubah sinyal TTL ke RS485.
4. TTL ke RS485 Converter: Perangkat ini digunakan khusus untuk komunikasi Modbus dengan ESP (Electronic Stability Program). Konverter ini mengubah sinyal TTL menjadi RS485, memungkinkan komunikasi yang lebih efektif dan andal antara mikrokontroler dan perangkat lain dalam sistem.
5. PZEM-004T: Sensor ini digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik dalam sistem AC, termasuk tegangan, arus, daya, dan energi. PZEM-004T memberikan data yang akurat dan real-time untuk pemantauan dan analisis kinerja sistem.
6. SSR (Solid State Relay): Komponen ini berfungsi untuk mengendalikan beban listrik besar menggunakan sinyal kontrol kecil dari mikrokontroler. SSR menyediakan kontrol yang cepat dan andal tanpa bagian bergerak, sehingga lebih tahan lama dan memerlukan perawatan minimal..
7. Mikrokontroler ESP32: Unit pengendali utama dalam sistem ini, ESP32 bertanggung jawab untuk memproses data dari sensor, mengendalikan komponen lain, dan berkomunikasi melalui Wi-Fi. Mikrokontroler ini menyediakan fleksibilitas dan kemampuan pemrosesan yang tinggi untuk berbagai aplikasi..
8. Layar LCD: Komponen ini menampilkan informasi yang dihasilkan oleh mikrokontroler, seperti data sensor dan status operasional sistem. Layar LCD memudahkan pengguna untuk memantau kinerja sistem secara real-time dan melakukan penyesuaian yang diperlukan.

2.2 Flowchart Sistem



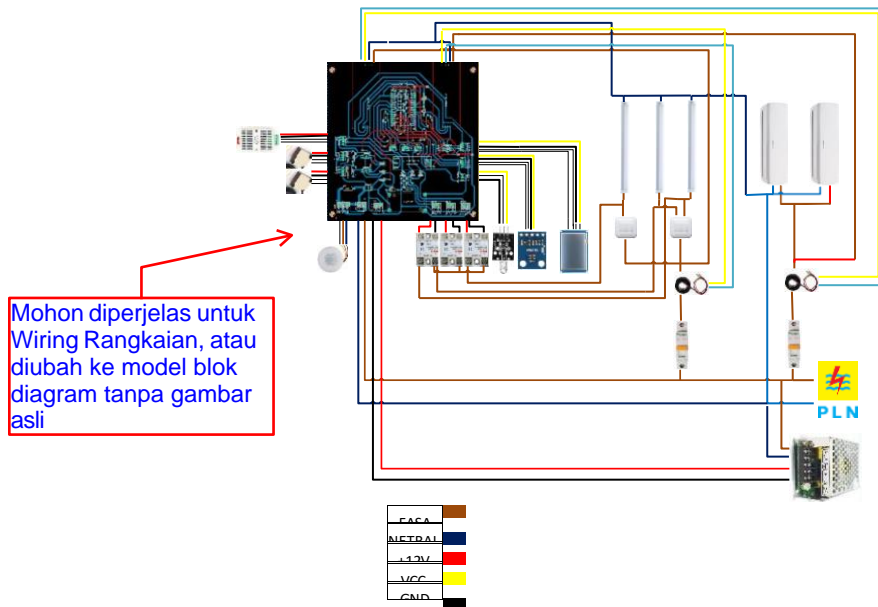
Gambar 2. Flowchart system

Pada tabel flowchart 2, dijelaskan secara rinci bagaimana sistem bekerja dimulai dengan sensor PIR yang bertugas mendeteksi gerakan. Jika sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, sistem akan otomatis menyala. Setelah itu, sensor PZEM-004T akan mengukur daya yang digunakan oleh lampu dan AC. Selanjutnya, sensor TSL2561 akan mengontrol intensitas nyala lampu berdasarkan kondisi cahaya yang telah ditentukan sebelumnya.

Sensor photoelectric dan sensor suhu berperan penting sebagai input untuk metode fuzzy yang digunakan dalam mengontrol suhu pada AC. Sensor photoelectric akan mendeteksi tingkat cahaya sekitar, sementara sensor suhu akan memberikan data mengenai kondisi suhu lingkungan.

Seluruh data dari berbagai sensor ini akan diintegrasikan dan diproses untuk memastikan sistem beroperasi dengan efisien dan sesuai dengan parameter yang diinginkan. Hasil dari semua pengukuran dan pengaturan ini kemudian akan dimonitoring dan ditampilkan secara real-time pada display, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan kondisi lingkungan dengan lebih mudah dan akurat. Dengan demikian, sistem ini memberikan solusi yang komprehensif dan andal untuk pengelolaan energi dan kontrol lingkungan yang optimal.

2.3 Desain Rangkaian Sistem



Gambar 3. Desain Rangkaian Sistem

Pada gambar 3 di atas, terlihat berbagai komponen yang terdapat pada sistem kontrol otomatis untuk lampu dan AC, yang semuanya terhubung dengan ESP32. Sensor-sensor dalam sistem ini bertugas mendeteksi dan mengumpulkan data terkait kondisi lingkungan. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode fuzzy pada ESP32. Hasil dari pengolahan data ini digunakan untuk mengambil keputusan secara otomatis dalam mengontrol lampu dan AC.

Pada Tabel 1, dijelaskan koneksi pin utama. Tabel ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur tentang bagaimana setiap pin terhubung dalam rangkaian. Dengan memahami koneksi pin tersebut, pembaca diharapkan dapat merakit dan mengonfigurasi sistem dengan lebih mudah dan tepat. Berikut adalah rincian koneksi pin utama yang harus diperhatikan pada Tabel 1:

Tabel 1. Keterangan Koneksi Pin

No	Komponen	Pin Komponen	PCB Utama	
			ESP32	TTL RS485
1	photoelectric 1	12V GND VOUT	3,3V GND D12	
2	photoelectric 1	12V GND VOUT	3,3V GND D14	
3	SHT20	12V GND RX2 TX2	3,3V GND D16 D17	,A+ B+
4	TSL2561	VCC GND VOUT	VCC GND D21 D22	
5	PIR	L N VOUT	3,3V GND D18	
6	PZEM-004T	VCC GND RX1	5V GND D26	

No	Komponen	Pin Komponen	PCB Utama	
			ESP32	TTL RS485
		TX1	D27	
7	IR TRANSMITTER	VCC GND VOUT	VCC GND D13	
8	SSR 1	12V GND	3,3V GND D19	
9	SSR2	12V GND	3,3V GND D32	
10	SSR3	12V GND	3,3V GND D33	

2.4 Fuzzy Logic

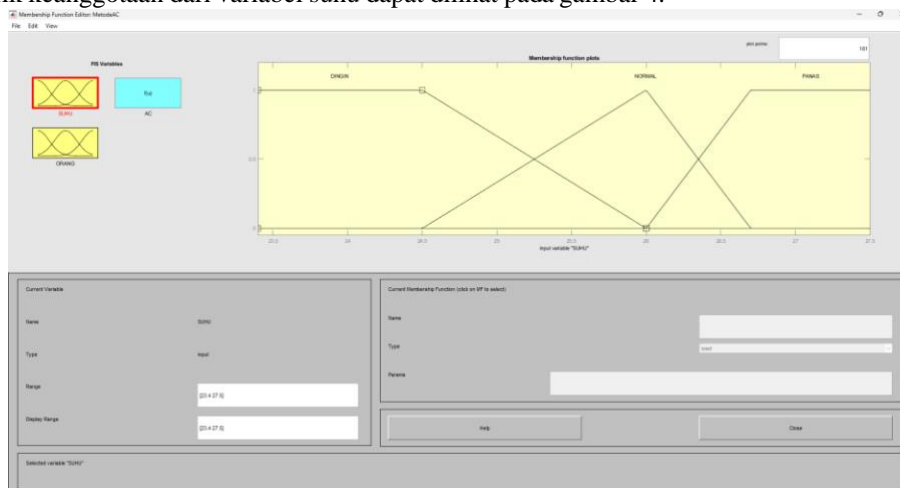
Penerapan logika fuzzy pada sensor SHT20 dan sensor E3JK-R4M2 diterapkan dalam source code Arduino, yang menghasilkan output berdasarkan aturan atau rule yang telah ditentukan.

a. Aturan Fuzzy Logic

- [R1] If suhu [26] is Dingin [1] AND Orang [20] is Sedikit [0.2] THEN suhu naik
- [R2] If suhu [26] is Dingin [1] AND Orang [20] is Sedang [0.8] THEN suhu naik
- [R3] If suhu [26] is Dingin [1] AND Orang [20] is Banyak [0] THEN suhu naik
- [R4] If suhu [26] is Normal [1] AND Orang [20] is Sedikit [0.2] THEN suhu sedang
- [R5] If suhu [26] is Normal [1] AND Orang [20] is Sedang [0.8] THEN suhu sedang
- [R6] If suhu [26] is Normal [1] AND Orang [20] is Banyak [0] THEN suhu sedang
- [R7] If suhu [26] is Panas [1] AND Orang [20] is Sedikit [0.2] THEN suhu turun
- [R8] If suhu [26] is Panas [1] AND Orang [20] is Sedang [0.8] THEN suhu turun
- [R9] If suhu [26] is Panas [1] AND Orang [20] is Banyak [0] THEN suhu turun

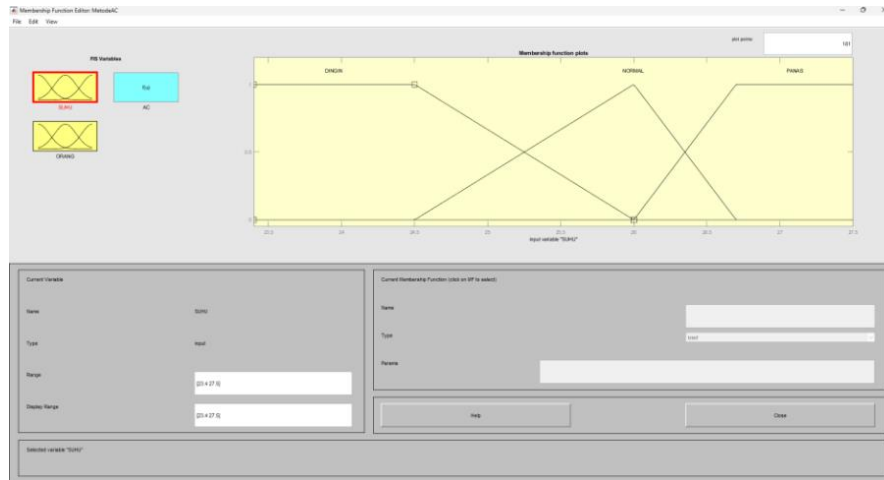
b. Grafik Keanggotaan

Bentuk grafik keanggotaan dari variabel suhu dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Keanggotaan Suhu

Bentuk grafik keanggotaan dari variabel jumlah orang dapat dilihat pada gambar 5:



Gambar 5. Keanggotaan Jumlah Orang

c. Fungsi Keanggotaan

1. Fungsi keanggotaan suhu

Fungsi keanggotaan pada variabel suhu dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

Himpunan dingin ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 23.4 \\ 1 & ; 23.4 \leq x \leq 24.5 \\ \frac{26-x}{26-24.5} & ; 24.5 < x \leq 26 \\ 0 & ; x > 26 \end{cases} \quad (1)$$

Himpunan normal ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 24.5 \\ \frac{x-24.5}{26-24.5} & ; 24.5 \leq x < 26 \\ \frac{26.7-x}{26.7-26} & ; 26 \leq x < 26.7 \\ 0 & ; x > 26.7 \end{cases} \quad (2)$$

Himpunan panas ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 26 \\ \frac{x-26}{26.7-26} & ; 26 \leq x < 26.7 \\ 1 & ; 26.7 \leq x \leq 27.5 \\ 0 & ; x > 27.5 \end{cases} \quad (3)$$

2. Fungsi keanggotaan jumlah orang

Fungsi keanggotaan pada variabel jumlah orang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

Himpunan sedikit ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 5 \\ 1 & ; 5 \leq x \leq 16 \\ \frac{21-x}{21-16} & ; 16 < x \leq 21 \\ 0 & ; x > 21 \end{cases} \quad (4)$$

Himpunan sedang ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 16 \\ \frac{x-16}{21-16} & ; 16 \leq x < 21 \\ \frac{25-x}{25-21} & ; 21 \leq x < 25 \\ 0 & ; x > 25 \end{cases} \quad (5)$$

$$\{ \quad 0 ; x > 25$$

Himpunan panas ((x))

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 21 \\ \frac{x-21}{27-21} & ; 21 \leq x < 27 \\ 1 & ; 27 \leq x \leq 35 \\ 0 & ; x > 35 \end{cases} \quad (6)$$

3. Hasil dan Diskusi

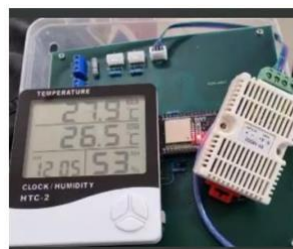
3.1 Pengujian Sensor SHT20

Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk memastikan sensor SHT20 tipe XY-MD02 berfungsi dengan baik dan memberikan hasil pembacaan yang akurat. Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dalam derajat Celcius (°C). Pengujian melibatkan pengambilan data suhu dengan sensor SHT20 dan membandingkannya dengan hasil dari *thermometer* untuk menjamin keakuratan dan keandalan sensor dalam pengukuran suhu.

Tabel 2. Pengujian Sensor SHT20

No.	Thermometer (°C)	Output Sensor (°C)	Error (%)
1.	25,1	25,1	0
2.	26,6	26,6	0
3.	27,8	27,8	0

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sensor SHT20 yang dibandingkan dengan *thermometer*. Berdasarkan perbandingan tersebut, diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 0%.



Temperature: 27.90 Celcius
 Temperature: 27.90 Celcius
 Temperature: 27.90 Celcius
 Temperature: 27.90 Celcius

Gambar 6. Pengujian Thermometer dan SHT20

Gambar 6 memperlihatkan rangkaian sensor SHT20 yang digunakan dalam pengujian ini. Rangkaian tersebut menunjukkan cara sensor terhubung dengan mikrokontroler dan komponen lain dalam sistem.

3.2 Pengujian Sensor Photoelectric E3JK-R4M2

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap sensor *photoelectric* untuk memastikan sensor berfungsi dengan baik dalam menghitung jumlah orang yang melewatinya. Pengujian ini penting untuk menjamin akurasi dan keandalan sensor dalam menghitung jumlah orang.

Tabel 3. Pengujian Sensor E3JK-R4M2

No.	Jumlah Orang Melewati Sensor	Output Sensor	Keterangan
Uji Penambahan			
1.	1	1	Benar
2.	1	2	Benar
3.	1	3	Benar
Uji Pengurangan			
4.	1	5	Benar
5.	1	4	Benar
6.	1	3	Benar

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian sensor dengan membandingkan jumlah orang yang terdeteksi dengan jumlah orang yang sebenarnya melewati sensor. Data ini membantu menentukan akurasi sensor dan mengidentifikasi potensi kesalahan dalam penghitungan.



Gambar 7. Pengujian Sensor Photoelectric

Gambar 7 menunjukkan prosedur pengujian sensor. Ketika seseorang melewati sensor photoelectric 1 lalu sensor photoelectric 2, sistem akan menambah jumlah orang yang terdeteksi. Sebaliknya, jika seseorang melewati sensor photoelectric 2 lalu sensor photoelectric 1, sistem akan mengurangi jumlah orang.

3.3 Pengujian Sensor TSL2561

Pada tahap ini, dilakukan pengujian sensor TSL2561 untuk memastikan fungsinya sesuai dengan lux meter. Pengujian ini penting untuk menilai akurasi dan keandalan sensor dalam mengukur intensitas cahaya. Sensor TSL2561 digunakan dalam penelitian ini sebagai sensor cahaya dengan satuan lux dan diatur sesuai ambang batas pencahayaan yang diinginkan. Proses pengujian melibatkan pengambilan data intensitas cahaya menggunakan sensor TSL2561 dan lux meter, lalu membandingkan hasilnya.

Tabel 4. Pengujian Sensor TSL2561

No.	Lux Meter (lux)	Output Sensor (lux)	Error (%)
1.	892	892	0
2.	92	92	0
3.	400	400	0

Tabel 4 membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya antara lux meter dan sensor TSL2561 melalui serial monitor. Tabel ini memverifikasi akurasi sensor TSL2561, memastikan bahwa sensor dapat digunakan dengan baik untuk mengukur dan mengontrol pencahayaan sesuai kebutuhan. Berdasarkan perbandingan tersebut, diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 0%.



Gambar 8. Pengujian Sensor TSL2561

Gambar 8 menunjukkan prosedur pengambilan data sensor TSL2561 bersamaan dengan lux meter dalam berbagai kondisi pencahayaan untuk memastikan konsistensi dan akurasi sensor TSL2561.

3.4 Pengujian Sensor PIR

Dalam Penelitian ini, sensor Passive Infrared (PIR) digunakan untuk mendeteksi keberadaan orang dalam ruangan dan memastikan ruangan kosong. Jika tidak ada orang terdeteksi, sistem akan otomatis mati. Pengujian sensor PIR dilakukan dengan memasukkan sensor ke dalam kotak kardus untuk mencegah deteksi gerakan, memastikan serial monitor menampilkan tidak ada gerakan. Sensor kemudian dikeluarkan dari kotak dan diberikan gerakan di sekitarnya untuk mensimulasikan keberadaan gerakan.

Tabel 5. Pengujian Sensor PIR

No.	Status Sensor PIR	Status Indikator	Output Sensor	Keterangan
1.	Tidak ada Gerakan	SSR mati	Tidak ada gerakan, SSR Mati	Benar
2.	Ada Gerakan	SSR menyala	Gerakan terdeteksi, SSR menyala	Benar
3.	Tidak ada Gerakan	SSR mati	Tidak ada gerakan, SSR Mati	Benar

Berdasarkan tabel 5, pengujian sensor PIR dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor TSL2561 pada serial monitor dengan alat ukur lux meter. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali di lokasi berbeda dengan pencahayaan bervariasi. Hasilnya menunjukkan nilai error sebesar 0%.



```

Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Tidak ada gerakan, SSR mati
Tidak ada gerakan, SSR mati
Tidak ada gerakan, SSR mati
Tidak ada gerakan, SSR mati
Tidak ada gerakan, SSR mati
Tidak ada gerakan, SSR mati
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
Gerakan terdeteksi, SSR menyala
    
```

Gambar 9. Pengujian Sensor PIR

Gambar 9 menunjukkan pengaturan uji coba, di mana sensor PIR ditempatkan di dalam kotak dan kemudian dibuka untuk mendeteksi Gerakan.

3.5 Pengujian Sensor PZEM-004T

Dalam penelitian ini, sensor PZEM-004T digunakan untuk mendeteksi parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi. Sensor ini berperan dalam memantau kondisi listrik dengan akurasi tinggi, memastikan sistem beroperasi dalam keadaan optimal dan aman.

Tabel 6. Pengujian Sensor PZEM-004T

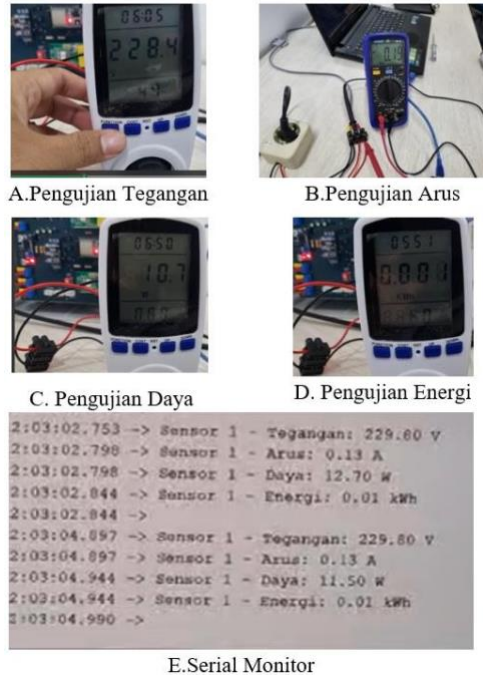
No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (kWh)	Output Sensor
1.	228,4	0,14	13,8	0,01	Tegangan: 229,60 V Arus: 0,14 A Daya: 13,80 W Energi: 0,01 kWh
2.	227,0	0,14	16,7	0,01	Tegangan: 229,60 V Arus: 0,14 A Daya: 16,60 W Energi: 0,01 kWh
3.	229,5	0,14	15,4	0,01	Tegangan: 229,60 V Arus: 0,14 A Daya: 15,40 W Energi: 0,01 kWh

Tabel 7. Data Error Pengujian Sensor PZEM-004T

No	Tegangan (%)	Arus (%)	Daya (%)	Energi (%)
1.	0.53	0	0	0
2.	1.15	0	0.60	0
3.	0.04	0	0	0

Tabel 6 dan Tabel 7 menampilkan data validasi hasil pembacaan sensor PZEM-004T, yang dibandingkan dengan nilai referensi yang diketahui menggunakan alat ukur yang lebih presisi. Langkah ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor PZEM-004T bekerja dengan tingkat akurasi yang diharapkan, sehingga hasil pembacaannya dapat diandalkan dalam aplikasi pemantauan listrik yang memerlukan tingkat ketelitian tinggi. Validasi ini sangat penting, karena dalam

konteks pemantauan listrik yang kritis, seperti dalam industri atau infrastruktur penting, keakuratan data adalah kunci untuk pengambilan keputusan yang tepat dan tindakan yang efektif. Oleh karena itu, memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang konsisten dan akurat menjadi prioritas utama.



Gambar 10. Pengujian Sensor PZEM-004T

Gambar 10 menunjukkan pengaturan uji coba sensor PZEM-004T, yang menunjukkan bagaimana sensor ini terhubung dan digunakan untuk mengukur parameter listrik. Pengujian ini dirancang untuk memvalidasi kinerja sensor dalam berbagai kondisi operasional.

3.6 Pengujian Sensor IR Receiver

Dalam penelitian ini, IR receiver digunakan sebagai sensor utama untuk menangkap sinyal dari remote kontrol. Sensor ini sangat penting karena memungkinkan sistem untuk menerima dan memahami perintah yang dikirimkan melalui remote, memungkinkan kendali nirkabel terhadap berbagai fungsi sistem.

Tabel 8. Pengujian Sensor PZEM-004T

No	Tampilan Suhu pada Remote (°C)	Output Sensor
1.	16	23:38:45.020 -> Code : 0x2100205003C00070 (64 Bits) 23:38:45.020 -> Msg Desc.: Model: 1 (YAMIF), Power: Off, Mode: 1 (Cool), Temp: 16C, 23:38:45.020 -> uint16_t rawData[279] = {8094, 4482, 632, 1676, 632, 570, 636, 561 23:38:45.175 -> uint8_t state[8] = {0x21, 0x00, 0x20, 0x50, 0x03, 0xC0, 0x00, 0x70}; 23:38:45.175 ->
2.	30	23:35:40.236 -> Code : 0x290E605003C000D0 (64 Bits) 23:35:40.236 -> Msg Desc.: Model: 1 (YAMIF), Power: On, Mode: 1 (Cool), Temp: 30C, 23:35:40.236 -> uint16_t rawData[279] = {8996, 4528, 614, 1672, 632, 572, 634, 5 23:35:40.379 -> uint8_t state[8] = {0x29, 0xE, 0x60, 0x50, 0x03, 0xC0, 0x00, 0xD0}; 23:35:40.379 ->
3.	25	20:28:17.993 -> Code : 0x2909605003C000B0 (64 Bits) 20:28:17.993 -> Msg Desc.: Model: 1 (YAMIF), Power: On, Mode: 1 (Cool), Temp: 25C, 20:28:18.040 -> uint16_t rawData[279] = {9028, 4476, 662, 1644, 664, 542, 662, 54 20:28:18.180 -> uint8_t state[8] = {0x29, 0x09, 0x60, 0x50, 0x03, 0xC0, 0x00, 0xB0}; 20:28:18.180 ->

Tabel 8 memuat hasil validasi pembacaan sensor, membandingkan sinyal yang diterima oleh IR receiver dengan perintah yang sebenarnya dikirimkan melalui remote. Data ini penting untuk memastikan kinerja optimal dan keandalan IR receiver dalam berbagai kondisi.



Gambar 11. Pengujian Sensor PZEM-004T

Gambar 11 menampilkan skema uji coba, di mana IR receiver menerima sinyal dari remote dan memprosesnya untuk memastikan keakuratannya. Uji coba ini bertujuan untuk memverifikasi kemampuan sensor dalam menangkap sinyal dengan baik dan merespons perintah yang diberikan secara responsif.

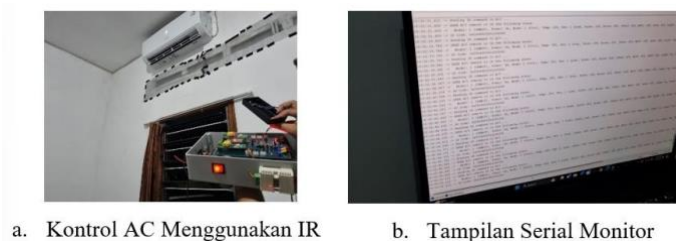
3.7 Pengujian Sensor IR Transmitter

Dalam penelitian ini, IR Transmitter digunakan untuk mengirimkan sinyal ke perangkat AC untuk pengaturan suhu dan fungsi otomatis. Perangkat ini penting dalam sistem otomasi rumah pintar untuk memberikan kontrol yang efisien dan mudah terhadap AC.

Tabel 9. Pengujian Sensor IR Transmitter

No	Kondisi AC	Serial Monitor	Keterangan
1.		<pre>23:48:48.156 -> GREE A/C remote is in the following state: 23:48:48.156 -> Model: 1 (YAW1F), Power: On, Mode: 1 (Cool), Temp: 23:48:48.156 -> IR Code: 0x590B605001200030</pre>	Benar
2.		<pre>23:56:18.098 -> Sending IR command to A/C ... 23:56:18.239 -> GREE A/C remote is in the following state 23:56:18.239 -> Model: 1 (YAW1F), Power: On, Mode: 1 (C 23:56:18.287 -> IR Code: 0x590D605001200020 23:56:18.287 -> ---</pre>	Benar
3.		<pre>23:59:11.032 -> Sending IR command to A/C ... 23:59:11.148 -> GREE A/C remote is in the following state 23:59:11.194 -> Model: 1 (YAW1F), Power: On, Mode: 1 (C 23:59:11.194 -> IR Code: 0x590C605001200010 23:59:11.194 -> ---</pre>	Benar

Tabel 9 memuat data validasi dari pembacaan sensor, mengilustrasikan efektivitas dan keakuratan IR Transmitter dalam mengirimkan sinyal ke AC. Tabel ini mencatat respons AC terhadap berbagai perintah yang dikirim oleh IR Transmitter, membantu dalam mengevaluasi keberhasilan dan mengidentifikasi potensi kesalahan dalam komunikasi sinyal.



a. Kontrol AC Menggunakan IR b. Tampilan Serial Monitor

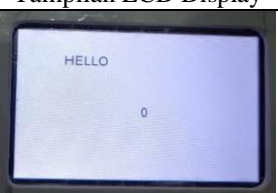


Gambar 12. Pengujian Sensor IR Transmitter

Gambar 12 menunjukkan uji coba di mana IR Transmitter mengirimkan sinyal inframerah ke AC untuk mengatur suhu, mode, dan kecepatan kipas. Uji coba ini memverifikasi keakuratan pengiriman sinyal dan respons yang tepat dari AC.

3.8 Pengujian LCD Display

Dalam penelitian ini, LCD display Nextion digunakan sebagai alat monitoring langsung pada panel elektrik utama. Sistem ini memungkinkan pengawasan real-time terhadap data dari sensor PZEM (tegangan, arus, daya, dan energi), sensor SHT20 (suhu ruangan), dan sensor photoelectric (jumlah orang dalam ruangan). LCD display ini terkenal dengan kualitasnya dan kemudahan integrasinya, memastikan informasi yang akurat dan dapat diandalkan untuk pemantauan berbagai parameter penting.

Tabel 10. Pengujian LCD Display

No	Tampilan LCD Display	Serial Monitor	Keterangan
1		<code>t0.txt="HELLO"???</code>	Benar
2		<code>t0.txt="SAYA"???</code>	Benar
3		<code>t0.txt="ARIGO"???</code>	Benar

Berdasarkan Tabel 10, dilakukan pengujian LCD display Nextion dengan mengirimkan perintah teks melalui serial monitor untuk ditampilkan pada layar LCD. Pengujian ini dilakukan sepuluh kali untuk mengevaluasi kemungkinan kesalahan pada tampilan LCD. Hasilnya menunjukkan tidak ada kesalahan yang ditemukan, menegaskan bahwa LCD display berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan.



Gambar 13. Pengujian LCD Display

Gambar 13 menampilkan proses uji coba yang dilakukan serta hasil dari implementasi LCD display dalam penelitian ini. Gambar tersebut memberikan gambaran detail tentang bagaimana LCD display diintegrasikan, termasuk pengujian dengan mengirim perintah melalui serial monitor dan evaluasi terhadap hasil tampilan yang ditampilkan.

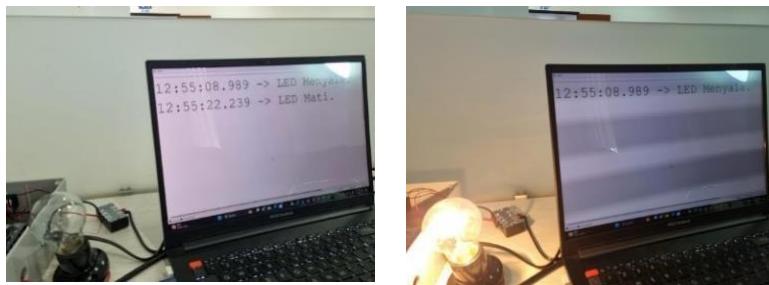
3.9 Pengujian SSR

Dalam penelitian ini, Solid State Relay (SSR) digunakan sebagai aktuator utama untuk menggantikan saklar manual pada lampu TL dengan sistem otomatis. SSR memungkinkan kontrol lampu yang lebih efisien dan nyaman, menggunakan tegangan suplai dari power supply 12V dalam pengujian sensor kali ini.

Tabel 11. Pengujian SSR

No	Kontrol	Kondisi	Keterangan
1.	On	Led menyala	Benar
2.	Off	Led mati	Benar
3.	On	Led menyala	Benar
4.	Off	Led mati	Benar
5.	On	Led menyala	Benar

Berdasarkan Tabel 11 dilakukan pengujian Solid State Relay (SSR) yang terhubung dengan lampu sebagai indikator kondisi aktif atau non-aktif. Pengendalian dilakukan melalui serial monitor dengan perintah "ON" dan "OFF" untuk mengatur lampu. Pengujian ini berulang lima kali, di mana "ON" diberikan tiga kali dan "OFF" diberikan dua kali. Hasil pengujian menunjukkan tidak ada kesalahan dalam pengendalian lampu, menegaskan bahwa SSR berfungsi secara optimal.

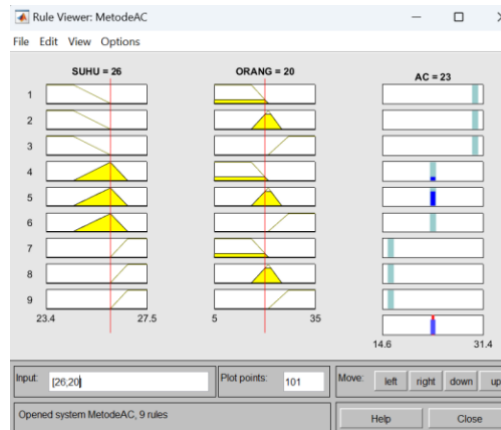


Gambar 14. Pengujian SSR

Gambar 14 memperlihatkan skema pengujian dimana SSR terhubung dengan ESP32, menunjukkan bagaimana SSR dikontrol oleh mikrokontroler untuk mengatur lampu. Pengujian ini bertujuan memastikan SSR dapat mengendalikan tiga lampu secara bergantian dengan presisi dalam penghidupan dan pemadaman.

3.10 Pengujian metode Fuzzy

Pengujian Rule View



GAMBAR 15: Rule View

Berdasarkan pengujian menggunakan *rule viewer* yang telah dimasukkan dengan nilai *input* berupa suhu sebesar 26°C dan jumlah orang sebanyak 20, diperoleh hasil bahwa suhu AC yang disetel adalah sebesar 23°C, yang termasuk dalam kategori sedang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Komponen-komponen yang digunakan pada sistem input dan output terbukti berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Setiap komponen, mulai dari sensor hingga aktuator, bekerja dengan baik dan saling berintegrasi secara efisien dalam keseluruhan sistem. Hal ini menunjukkan bahwa desain dan implementasi perangkat keras telah berhasil memenuhi spesifikasi dan tujuan yang telah ditetapkan.

2. Pada perhitungan fuzzy, pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai suhu sebesar 26 derajat Celsius dan jumlah orang sebanyak 20. Dari pengujian ini, diperoleh nilai output sebesar 23 yang masuk dalam kategori sedang. Ini menunjukkan bahwa metode fuzzy yang diterapkan mampu menghasilkan output yang relevan dan akurat berdasarkan parameter input yang diberikan. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dan ketepatan dalam pengambilan keputusan untuk pengaturan suhu, yang sangat penting dalam menciptakan kondisi lingkungan yang nyaman dan efisien.

Kesimpulan ini menegaskan bahwa sistem yang dirancang tidak hanya berfungsi dengan baik dalam kondisi pengujian, tetapi juga memiliki potensi untuk diaplikasikan secara lebih luas dalam berbagai situasi nyata, dengan tetap mempertahankan akurasi dan kinerja yang tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Dengan penuh rasa syukur, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, dorongan, dan wawasan yang berharga selama proses pembuatan jurnal ini. Bapak/Ibu dosen yang telah memberikan arahan yang sangat berharga serta berbagai masukan yang kritis yang telah membantu kami mengembangkan ide-ide dan penelitian kami dengan lebih baik.

Daftar Pustaka

- Abdilah, A. (2022). *Rancang Bangun Pengontrolan AC (Air Conditioner) Untuk Penghematan Energi Dengan Kendali Fuzzy Logic Sugeno Berbasis IoT (Internet of Things) Menggunakan LoRa*. 9(5), 2358–2364.
- Basri, M., & Wahira, I. (2022). Robot Line Follower Pemindah Barang Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Mosfet*, 2(2), 11–15. <https://doi.org/10.31850/jmosfet.v2i2.1973>
- Lubis Awaluddin Imran dkk. (2022). Sistem Kendali Lampu Ruangan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dan Android Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.53513/jursik.v1i1.4800>
- Ramadhan, R. F., & Mukhaiyar, R. (2020). Penggunaan Database Mysql dengan Interface PhpMyAdmin sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 129–134. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.55>
- Saputra, M. M. (2021). Sistem Penjadwalan Air Conditioner (Ac) Ruangan Berdasarkan Jadwal Matakuliah Menggunakan Esp8266, Pir Sensor Dan Android. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTIKA)*, 3(1), 133–145. <https://doi.org/10.29303/jtika.v3i1.137>
- Siswoyo, B., & Zaenal, A. (2018). Model Peramalan Fuzzy Logic. *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.34010/jamika.v8i1.897>
- Tendra, G. (2021). Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Sistem Lampu Rumah Dengan Menggunakan Microcontroler Atmega8535. *INFORMATIKA*, 13(1), 40. <https://doi.org/10.36723/juri.v13i1.251>
- Yohanes Oraplean, C., Dedy Irawan, J., & Rudhistiar, D. (2021). Implementasi Logika Fuzzy Pada Sistem Monitoring Suhu Ternak Ayam Petelur Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(2), 700–707. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i2.3789>