

PENERAPAN METODE FUZZY LOGIC UNTUK SISTEM PENDINGIN BERBASIS NODEMCU

1st Madi Ikhsan Naashir
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

if19.madinaashir@mhs.ubpkarawang.ac.id
085697283184

2nd Ahmad Fauzi
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

afauzi@ubpkarawang.ac.id

3rd Sutan Faisal
Universitas Buana Perjuangan
Karawang, Indonesia

sutan.faisal@ubpkarawang.ac.id

Abstract— Sistem kendali suhu udara dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 dan logika fuzzy dikembangkan untuk menjaga suhu ruangan atau perangkat tetap nyaman dan mencegah kerusakan. Termoelektrik TEC1-12706 adalah komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi termal atau sebaliknya. Logika fuzzy adalah metode kontrol yang dapat menangani ketidakpastian dan kompleksitas sistem. Sistem ini dirancang untuk menjaga suhu udara tetap stabil pada tingkat yang diinginkan dengan cara mendeteksi suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin. Data suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin kemudian dibandingkan menggunakan logika fuzzy untuk menentukan apakah termoelektrik TEC1-12706 akan diaktifkan atau tidak. Jika suhu udara berbeda dengan suhu yang diatur, maka mesin akan dihidupkan. Namun, jika suhu udara sudah sesuai, mesin akan dimatikan. Sistem ini lebih efisien dan ramah lingkungan daripada sistem pendingin tradisional yang sering menggunakan teknologi yang tidak efisien dan ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjaga suhu tetap normal dengan 93% keberhasilan dan error sebesar 7%. Persentase keberhasilan yang tinggi ini menunjukkan kemampuan sistem dalam menerima perintah bagus, dan hasil ini memberikan kontribusi positif dalam bidang kontrol suhu dan penerapan metode fuzzy logic untuk sistem kompleks.

Kata kunci — logika fuzzy, termoelektrik TEC1-12706 dan sistem kendali suhu udara.

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi dalam berbagai aspek kehidupan telah mengalami kemajuan pesat, terutama dengan berkembangnya konsep Internet of Things (IoT) [1]. Salah satu bidang yang terus mengalami perkembangan adalah sistem pendingin. Sistem pendingin memiliki peran penting dalam menjaga suhu suatu ruangan atau suatu perangkat, dengan tujuan untuk menjaga kenyamanan pengguna dan mencegah kerusakan perangkat. Namun, sistem pendingin juga harus memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan, terutama akibat perubahan iklim yang terjadi di dunia. Menurut data dari BMKG, suhu udara rata-rata bulan Juli 2023 adalah 26.7 °C, sedangkan normal suhu udara klimatologis untuk bulan Juli 2023 periode 1991-2020 adalah 26.2 °C. Hal ini tentu mempengaruhi kinerja dan efisiensi sistem pendingin yang digunakan di Indonesia. [2]

Sistem kontrol suhu udara yang ada saat ini masih menggunakan teknologi yang kurang efisien dan ramah lingkungan, sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Teknologi pendinginan tradisional, seperti AC, menggunakan freon, yang merupakan gas yang dapat merusak lapisan ozon. Freon adalah gas yang sangat berbahaya bagi lingkungan, karena dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Selain itu, AC juga menggunakan banyak energi, sehingga dapat meningkatkan biaya listrik. [3]

IoT adalah sistem perangkat keras yang terhubung ke internet dan dapat bertukar informasi dengan sumber informasi lainnya, operator, atau perangkat sistem lainnya yang terhubung ke dalam sistem. Hal ini memungkinkan penggunaan yang lebih spesifik dan efektif dari sistem tersebut [4]. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. atau sebuah rumah cerdas yang dapat di manage lewat *smartphone* dengan bantuan koneksi internet. pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa. [5]

Definisi dari Logika *Fuzzy* adalah sesuatu yang samar, kabur, membingungkan atau tidak jelas. Istilah tersebut hanyalah sebuah deskripsi yang mengacu pada persoalan sebuah sistem yang tidak jelas. Sistem *fuzzy* adalah serangkaian sistem yang dibuat dengan cara kerja yang jelas untuk memperoleh nilai tegas berdasarkan teori dari logika *fuzzy* [6]. Sistem logika fuzzy adalah sistem yang dirancang untuk mengontrol output tunggal yang berasal dari input dengan nilai yang berbeda-beda. Sistem ini memungkinkan pengontrolan output yang lebih spesifik dan efektif [7].

Fungsi keanggotaan merupakan sebuah grafik yang mewakili besaran dari derajat keanggotaan tiap variabel *input* yang berada pada interval antara 0 dan 1. Satu cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan sebuah nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi *fuzzy* dalam U , maka dapat dinyatakan bahwa A adalah pasangan terurut [8]

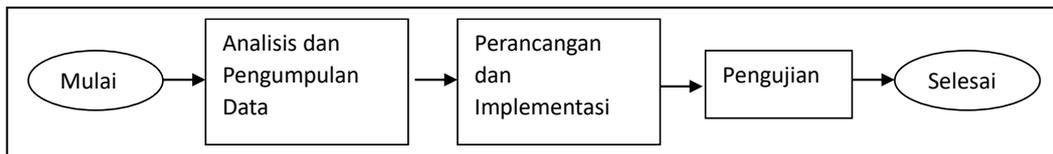
NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System ON Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*. ESP 8266 dari seri ESP besutan *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan bahasa pemrograman *scripting Lua*. Istilah Node MCU secara default sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*, dan Node MCU juga bisa diartikan sebagai *Board* arduino-nya ESP 8266. merupakan Selain dengan bahasa *Lua* NodeMCU juga support dengan *software* Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada *Board manager* di dalam *software* Arduino IDE yaitu dengan menambahkan URL untuk mengunduh *Board* khusus NodeMCU pada *Board manager* [5]

Penelitian sebelumnya mengenai Penggunaan Modul Peltier Sebagai Sistem Pendingin *Coolbox* adalah penelitian yang dilakukan oleh Yubelin Ira Merdekawati, Ishak Samuel Erari & Abdul Muis Muslimin (2021). Penelitian tersebut menggunakan komponen termoelektrik TEC1-12706 sebagai pendingin pada *Coolbox*. Sistem ini dilengkapi dengan 3 buah peltier dalam eksperimennya. Metode yang digunakan dalam jurnal ini adalah metode eksperimental, dengan perlakuan yang digunakan adalah jumlah modul Peltier (0, 1, 2, dan 3 modul). Hasil pengujian Pada coolbox kosong dan berisi 1 liter air suhu terendah yang dapat dicapai adalah sama yaitu 21,5 oC untuk 1 modul, 19,5 oC untuk 2 modul dan 16,0 oC untuk 3 modul, sedangkan coolbox yang berisi 2 liter air suhu terendahnya adalah 21,0 oC untuk 1 modul, 19,0 oC untuk 2 modul dan 15,5 oC pada 3 modul. [9]

Salah satu penelitian sebelumnya mengenai sistem kontrol suhu udara menggunakan termoelektrik adalah penelitian yang dilakukan oleh Firdausyah, Panjaitan, & Syaifurrahman (2022). Penelitian tersebut menggunakan komponen termoelektrik TEC1-12706 sebagai pendingin pada simulator fotovoltaik. Sistem ini dilengkapi dengan kipas blower yang mengambil udara dingin dari termoelektrik untuk mengurangi temperatur panas yang dihasilkan oleh lampu halogen dalam simulator. Pengendalian kecepatan putaran kipas blower dilakukan menggunakan mikrokontroler STM32F103C8T6 Blue Pill dengan sistem kendali Fuzzy logic. Metode ini membandingkan nilai error dan delta error untuk menentukan kecepatan motor blower yang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sistem kendali pendinginan termoelektrik dengan Fuzzy logic dapat mengurangi nilai error pada temperatur setting. [10]

Penelitian ini bertujuan untuk mengontrol suhu udara dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 sebagai pendingin. Tujuan utamanya adalah menjaga suhu udara tetap stabil pada tingkat yang diinginkan. Pada tahap pertama penelitian, suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin akan dideteksi. Data suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin kemudian dibandingkan menggunakan Fuzzy logic. Hasil perbandingan tersebut akan menentukan apakah termoelektrik TEC1-12706 akan diaktifkan atau tidak.

II. METODE PENELITIAN

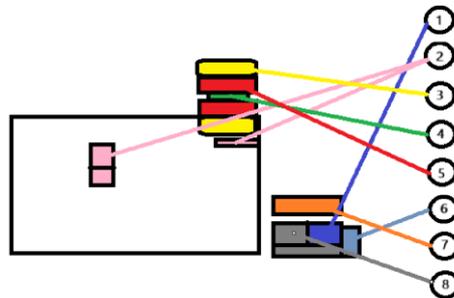


A. Analisis dan Pengumpulan Data

Terdapat 2 cara yang dilakukan, yaitu : Studi literatur yaitu dengan mempelajari sumber data yang telah dikumpulkan seperti buku referensi, jurnal, atau penelitian sebelumnya. Observasi dengan mengamati bagaimana proses pengelolaan yang ada untuk dijadikan bahan pertimbangan peneliti dalam pembuatan tugas akhir yang dibuat.

B. Perancangan dan Implementasi

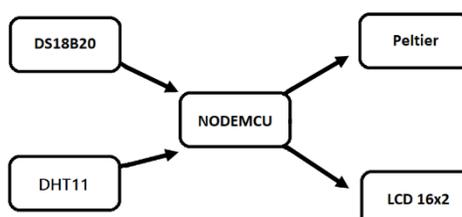
Berikut desain perancangan alat dari penelitian secara 2D :



Deskripsi penomoran pada gambar diatas :

1. NodeMCU
2. DS18B20 dan DHT11
3. kipas fan dc 12v
4. Modul peltier
5. Heatsink
6. Relay
7. Lcd i2c
8. Power supply

Berikut desain perancangan sistem :



Deskripsi pada gambar diatas :

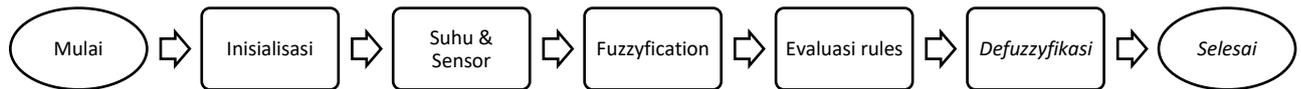
1. Input: Terdapat 2 jenis input yaitu data suhu dari sensor DS18B20 dan sensor DHT11.
2. Proses: NodeMCU melakukan pengolahan data suhu yang diinputkan sebelumnya.
3. Output: Berdasarkan hasil pengolahan, NodeMCU memutuskan untuk mengontrol peltier, dan menampilkan suhu ruangan pada LCD 16x2.

Implementasi alat merupakan tahapan untuk mewujudkan alat berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Tahapan ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1) *Implementasi Mekanik Alat*

Aktivitas ini memperlihatkan gambaran atau hasil yang dibuat sesuai dengan skematik alat, perancangan mekanik alat, serta sesuai dengan kebutuhan pengguna. Semua yang dilakukan selama proses perancangan berjalan baik dan sesuai dengan tujuan dan fungsinya.

2) *Implementasi Algoritma*



Flowchart kontrol sistem fuzzy mula-mula menginisialisasi port pada mikrokontroler, selanjutnya 2 sensor suhu DS18B20 dan DHT11 akan mendeteksi nilai suhu dan diterima oleh mikrokontroler ESP8266, nilai suhu yang diterima akan dimasukkan dalam variabel yang telah disediakan. Pada variabel itu nilai akan diolah menggunakan sistem Fuzzy logic dengan rule yang telah ditentukan.

Dalam proses fuzzyfication, nilai-nilai input akan diolah untuk mendapatkan nilai keluaran evaluasi aturan. Kemudian, proses defuzzyfikasi akan digunakan untuk menentukan output menghidupkan atau mematikan peltier.

a) *Fuzzyfication*

Pada proses fuzzyfication suhu, data yang akan diproses didapatkan dari pembacaan sensor DS18B20 dan sensor DHT11, berupa nilai suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin peltier. Proses fuzzyfication berdasarkan rule yang telah ditentukan. Terdapat 3 himpunan suhu antara lain dingin, sejuk, normal.

b) *Evaluasi rules*

Fungsi evaluasi rules dalam penelitian ini yaitu untuk menghitung tingkat suhu (dingin, sejuk dan normal) dari pembacaan sensor yang diberikan dan menentukan nilai gerbang logika AND (1 / 0).

c) *Defuzzyfikasi*

X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Proses defuzzyfikasi dilakukan dengan mengambil hasil yang paling tinggi (nilai maksimum) dari derajat keanggotaan suhu yaitu suhu ruangan prototipe dengan suhu pendingin lalu didapatnya nilai gerbang logika dan memasukkannya kedalam tabel kebenaran gerbang logika AND, terakhir menentukan tindakan berdasarkan hasil tersebut.

C. *Pengujian*

1) *Pengujian Algoritma*

Pengujian ini terdiri dari *fuzzyfication*, *inferensi* atau *evaluasi rules* hingga ke *defuzzyfikasi*. Hal ini dilakukan untuk mengubah nilai samar tersebut menjadi nilai yang tegas.

2) *Pengujian Alat*

Keseluruhan alat diuji dua kali dengan menggunakan metode fuzzy logic pada sistem pendingin. Akurasi metode ditentukan dari hasil pengujian yang ditampilkan dalam bentuk tabel. Hasil pengelolaan data pada tabel dihitung berapa banyak dari total keberhasilan perhitungan defuzzyfikasi yang sesuai dengan nilai rule, lalu dibagi dari total percobaan yang dilakukan. Rumus yang akan diterapkan seperti dibawah ini :

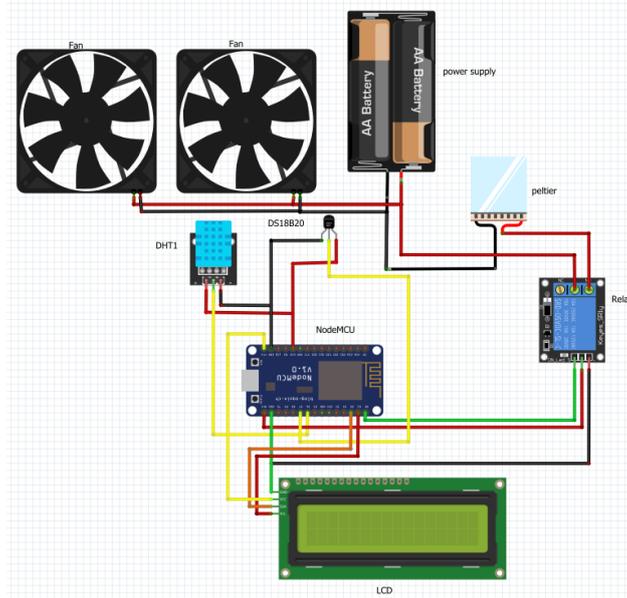
$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{(\text{jumlah berhasil})}{(\text{jumlah percobaan})} \times 100\%$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Hasil Analisis dan Pengumpulan Data*

Hasil dari metode pengumpulan data yang telah dilakukan, yaitu dengan melalui studi literatur dan observasi. Data yang diperoleh dari kedua metode tersebut dianalisis dan disajikan secara terpisah. Dengan hasil observasi dan analisis ini, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin menggunakan peltier berbasis NodeMCU dengan metode *Fuzzy logic* memiliki kinerja yang baik, efisien, dan dapat menjaga suhu ruangan prototipe sesuai dengan kebutuhan.

B. Hasil Perancangan dan Implementasi



Hasil dari perancangan *hardware* atau perangkat keras dilakukan dengan membuat skema yang dibuat pada aplikasi *Fritzing* untuk menentukan *Pin* yang akan dipasangkan. Pada skema tersebut semua komponen dihubungkan melalui *Pin input* dan *output* pada NODEMCU sehingga dapat diimplementasikan rangkaian tersebut dengan jelas. Pada blok *input* terdiri dari sensor DHT11 dan sensor DS18B20, lalu pada blok proses yaitu NODEMCU dengan tegangan *input* 12 volt untuk tegangan keseluruhan dalam menyuplai komponen dari nodeMCU sebesar 5 volt dan 3,3 volt dan pada block *output* terdiri dari relay dan LCD.

Hasil perancangan sistem meliputi *input*, *process* dan *output*, dengan tahap Sensor suhu DS18B20 mengukur suhu pendingin, sementara sensor suhu DHT11 mengukur suhu ruangan prototipe. NodeMCU memproses data suhu dari kedua sensor dan memutuskan apakah akan mengaktifkan peltier atau tidak. Jika suhu pendingin atau suhu ruangan prototipe terlalu tinggi, maka NodeMCU akan mengaktifkan peltier untuk mendinginkan. Jika suhu pendingin atau suhu ruangan prototipe terlalu rendah, maka NodeMCU akan menonaktifkan peltier. Suhu ruangan prototipe yang terukur akan ditampilkan pada LCD 16x2.

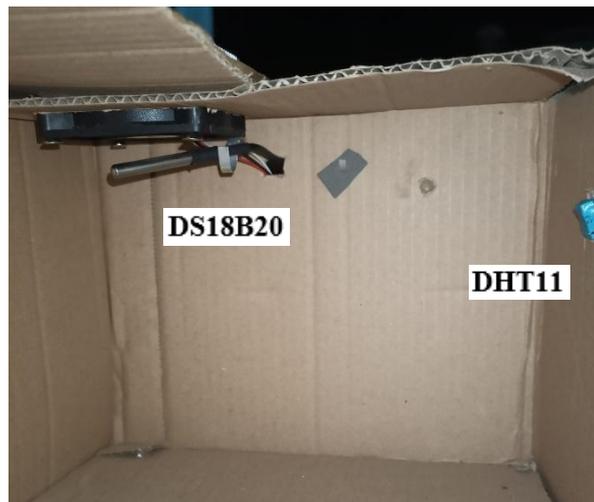
1) Hasil Implementasi Mekanik Alat

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, implementasi mekanik alat dilakukan bertujuan untuk dapat menempatkan rangkaian Modul NodeMCU ESP 8266 pada media yang digunakan. Media sementara yang digunakan untuk pengganti ruangan adalah ruangan prototipe dengan ukuran 34 cm x 24 cm x 19 cm. Rangkaian mekanik alat dilakukan dengan beberapa tahapan :

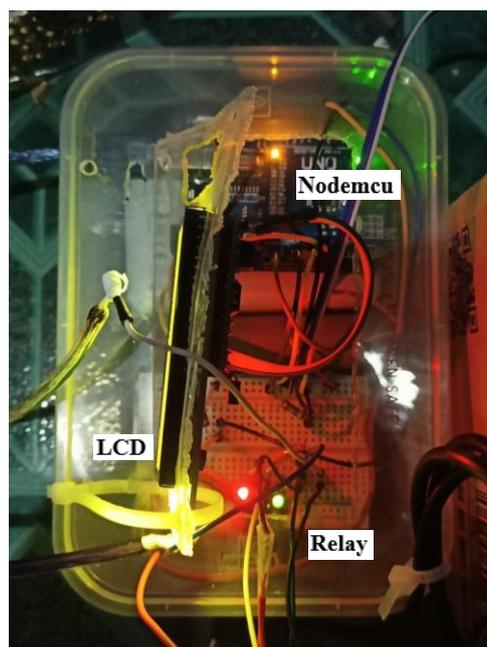
- a) Tahapan pertama yaitu melubangi prototipe untuk tempat fan atau kipas, DS18B20 dan DHT11. Pastikan untuk kipas fan sesuai ukuran karena setelah kipas akan ada *Heatsink* yang sedikit besar dari kipas dan itu sebagai pengunci agar kipas atau fan tidak terjatuh kebawah.



- b) Tahapan kedua yaitu menempatkan posisi 2 sensor yang saling berjauhan, karena kedua fungsi sensor ini berbeda fungsi.



c) Tahapan terakhir tempatkan sisa komponen (Nodemcu, relay, lcd dan power supply) kedalam thinwall.

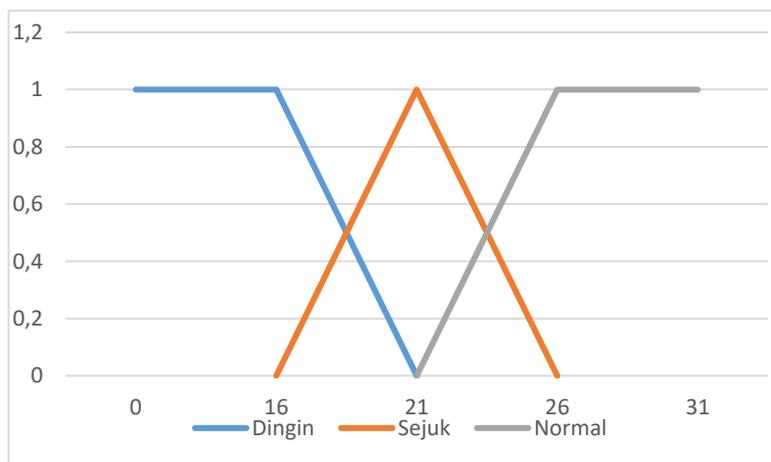


2) Hasil Implementasi Algoritma

Penerapan algoritma pada rancangan program Arduino IDE dapat berjalan dengan baik sesuai dengan persamaan metode *Fuzzy logic*. Tampilan perhitungan pada grafik 4. 1 dan grafik 4. 2 merupakan persamaan yang dirancang dengan Serial.print pada bahasa C dengan menampilkan perintah pada Serial Monitor. Perhitungan tersebut tidak ditampilkan dan hanya menampilkan *output* nya saja sesuai dengan hasil kebutuhan pengguna.

Input pertama yang berupa nilai suhu serta nilai suhu nilai tersebut diolah fikasi. Fuzzyfication mengubah bentuk nilai dengan satuan celcius keanggotaan. Di proses didapatkan tiga data nilai di atas nilai nol dan evaluasi rules.

Evaluasi rules adalah tingkat suhu (dingin, proses fuzzyfication menentukan nilai (1 / 0). Menghitung tingkat suhu dilakukan dengan menyesuaikan persamaan variabel output yang dimiliki setiap rule. Tahap terakhir Proses defuzzyfikasi dilakukan dengan mengambil hasil yang paling tinggi (nilai maksimum) dari hasil evaluasi rules yaitu suhu ruangan prototipe dengan suhu pendingin dan menentukan tindakan berdasarkan hasil tersebut (ON / OFF).



didapatkan yaitu ruangan prototipe pendingin, lalu kedua pada proses fuzzy adalah proses crips dari nilai input menjadi nilai derajat fuzzy fikasi rule yang memiliki diolah ke proses

proses menghitung sejuk dan normal) dari sebelumnya dan gerbang logika AND

C. Hasil Pengujian

1) Hasil Pengujian Algoritma

Tahap pertama Pengujian algoritma yaitu Fuzzyfication. Proses ini mengambil data input dari Tabel 4. 5 yaitu Tabel kesimpulan dimana nilai inputnya yang diambil salah satunya yaitu 23 celcius suhu ruangan prototipe dan 21 celcius suhu pendingin menjadi nilai derajat keanggotaan dengan fungsi keanggotaan pada variabel suhu ruangan prototipe dan suhu pendingin yaitu sebagai berikut:

Setiap dari suhu dan suhu memiliki nilai dari 0 dengan nilai rata-rata. Berikut ini adalah tabel nilai pada fungsi keanggotaan suhu ruangan dan suhu pendingin.

```

2_sensor_LCD_v1 | Arduino IDE 2.0.4
Generic ESP8266 Module
2_sensor_LCD_v1.ino
90 // dtostrf(suhu_DHT11, 5, 2, suhuStr);
91 // int suhu = atoi(suhuStr + 0);
Output C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Generic ESP8266 Mod... New Line 9600 baud
OFF
Suhu ruangan: 23 c
Suhu pendingin: 21 c
===== FUZIFIKASI =====
====> SENSOR DHT11 / SUHU RUANGAN
Derajat keanggotaan suhu dingin : 0.00
Derajat keanggotaan suhu sejuk : 0.60
Derajat keanggotaan suhu normal : 0.40
====> SENSOR DS18B20 / SUHU PENDINGIN
Derajat keanggotaan suhu dingin : 0.00
Derajat keanggotaan suhu sejuk : 1.00
Derajat keanggotaan suhu normal : 0.00
===== EVALUASI RULES =====
====> KETERANGAN : D 'DINGIN', S 'SEJUK' & N 'NORMAL'
Suhu ruangan : S | Nilai gerbang logika : 0
Suhu pendingin : S | Nilai gerbang logika : 1
Hasil gerbang logika AND : 0
===== DEFUZIFIKASI =====
Relay : OFF
    
```

variabel parameter ruangan pendingin rentang hingga 31

Variabel	Nilai Pada Fungsi Keanggotaan
Dingin	≤ 16
Sejuk	$16 < x < 21$
	$21 < x < 26$
Normal	≥ 26

Tabel diatas menjelaskan jika suhu ruangan dan suhu pendingin menghasilkan suatu nilai, nilai tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 variabel yaitu dingin, sejuk dan normal. Setelah nilai keanggotaan tersebut diperoleh, maka dilakukan perhitungan *fuzzyfication* yang diwakili oleh persamaan matematika berikut:

$$\mu_{dingin}(x) = \{1; x \leq 16 \frac{21-x}{21-16}; 16 < x < 21 0; x \geq 21$$

$$\mu_{sejuk}(x) = \{0; x \leq 16 \frac{x-16}{21-16}; 16 < x < 21 \frac{26-x}{26-21}; 21 < x < 26 0; x \geq 26$$

$$\mu_{normal}(x) = \{0; x \leq 21 \frac{x-21}{26-21}; 21 < x < 26 1; x \geq 26$$

Evaluasi *rules* adalah proses menghitung derajat keanggotaan nilai suhu dari semua *rule* yang didapatkan dari proses *fuzzyfication*. Menghitung nilai suhu dapat dilakukan dengan menyesuaikan variabel *output* yang dimiliki setiap *rule*, dimana variabel *output* ini digunakan untuk menentukan persamaan yang akan dipakai.

Menentukan nilai suhu ruangan prototipe :

$$\mu_{dingin}(23) = \{1; 23 \leq 16 \frac{21-23}{21-16}; 16 < 23 < 21 0; 23 \geq 21 \quad \mu_{dingin}(23) = 0,00$$

$$\mu_{sejuk}(23) = \{0; 23 \leq 16 \frac{23-16}{21-16}; 16 < 23 < 21 \frac{26-23}{26-21}; 21 < 23 < 26 0; 23 \geq 26 \quad \mu_{sejuk}(23) = 0,60$$

$$\mu_{normal}(23) = \{0; 23 \leq 21 \frac{23-21}{26-21}; 21 < 23 < 26 1; 23 \geq 26 \quad \mu_{normal}(23) = 0,40$$

Menentukan nilai suhu pendingin :

$$\mu_{dingin}(21) = \{1; 21 \leq 16 \frac{21-21}{21-16}; 16 < 21 < 21 0; 21 \geq 21 \quad \mu_{dingin}(21) = 0,00$$

$$\mu_{sejuk}(21) = \{0; 21 \leq 16 \frac{21-16}{21-16}; 16 < 21 < 21 \frac{26-21}{26-21}; 21 < 21 < 26 0; 21 \geq 26 \quad \mu_{sejuk}(21) = 1,00$$

$$\mu_{normal}(21) = \{0; 21 \leq 21 \frac{21-21}{26-21}; 21 < 21 < 26 1; 21 \geq 26 \quad \mu_{normal}(21) = 0,00$$

Diketahui keterangan suhu yang didapat dari kedua sensor adalah :

- a) Suhu ruangan prototipe = **Sejuk** dengan nilai gerbang logika **x = 0**
- b) Suhu pendingin = **Sejuk** dengan nilai gerbang logika **y = 1**

Defuzzyfikasi pada tahap ini menentukan nilai maksimum pada setiap *rule* ditahap sebelumnya untuk mengetahui nilai gerbang logika apa yang didapat, dan setelah itu dimasukkan kedalam tabel kebenaran gerbang logika AND. Maka dengan ini **z = 0**. Proses selanjutnya eksekusi relay **0 = OFF** yang artinya adalah sistem pendingin mati atau *OFF*.

2) Hasil Pengujian Alat

Pengujian pertama keseluruhan alat dilakukan menggunakan prototipe ruangan berukuran 35 cm x 24 cm x 20 cm sebagai tempat percobaan. Percobaan dilakukan di dalam rumah pada tanggal 11 Agustus 2023 pukul 11.30 WIB, saat cuaca cerah berawan dengan suhu 34°C menurut BMKG. Suhu awal ruangan prototipe atau suhu dalam rumah adalah 30°C. Mesin pendingin diletakkan di dalam ruangan prototipe dan dinyalakan selama 1 jam 30 menit. Selama waktu percobaan, suhu ruangan prototipe diukur sebanyak 19 kali dengan interval 5 menit menggunakan sensor yang terhubung dengan mesin pendingin dan data suhu dicatat secara otomatis. Suhu akhir ruangan prototipe setelah mesin pendingin dimatikan adalah

27°C. Data suhu yang diperoleh dianalisis untuk membuat tabel kesimpulan tentang kinerja mesin pendingin. Berikut adalah tabel kesimpulannya :

No	Waktu (Menit)	Suhu Ruangan Prototipe (°C)	Suhu Pendingin (°C)	Pendingin		Keterangan Suhu Ruangan Prototipe
				OFF	ON	
1.	00.00	30°C	29°C		✓	Normal
2.	05.00	30°C	28°C		✓	Normal
3.	10.00	30°C	28°C		✓	Normal
4.	15.00	29°C	28°C		✓	Normal
5.	20.00	29°C	28°C		✓	Normal
6.	25.00	29°C	27°C		✓	Normal
7.	30.00	29°C	27°C		✓	Normal
8.	35.00	29°C	26°C		✓	Normal
9.	40.00	28°C	26°C		✓	Normal
10.	45.00	28°C	26°C		✓	Normal
11.	50.00	28°C	25°C		✓	Normal
12.	55.00	28°C	25°C		✓	Normal
13.	60.00	27°C	25°C		✓	Normal
14.	65.00	27°C	25°C		✓	Normal
15.	70.00	28°C	25°C		✓	Normal
16.	75.00	27°C	25°C		✓	Normal
17.	80.00	27°C	25°C		✓	Normal
18.	85.00	27°C	24°C		✓	Normal
19.	90.00	27°C	24°C		✓	Normal

Pengujian kedua dilakukan menggunakan ruangan prototipe berukuran 35 cm x 24 cm x 20 cm sebagai tempat percobaan. Percobaan dilakukan di dalam rumah pada tanggal 12 Agustus 2023 pukul 17.30 WIB, saat cuaca cerah dengan suhu 30°C menurut BMKG. Suhu awal ruangan prototipe atau suhu dalam rumah adalah 29°C. Mesin pendingin diletakkan di dalam ruangan prototipe dan dinyalakan selama 1 jam 20 menit. Selama waktu percobaan, suhu ruangan prototipe diukur sebanyak 17 kali dengan interval 5 menit menggunakan sensor yang terhubung dengan mesin pendingin dan data suhu dicatat secara otomatis. Suhu akhir ruangan prototipe setelah mesin pendingin dimatikan adalah 24°C. Data suhu yang diperoleh dianalisis untuk membuat tabel kesimpulan tentang kinerja mesin pendingin. Berikut adalah tabel kesimpulannya.

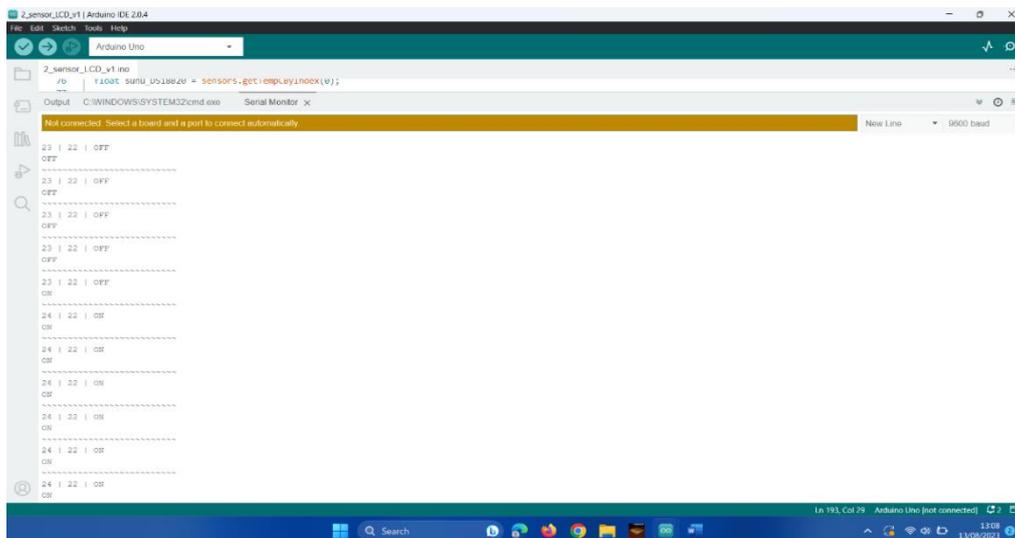
No	Waktu (Menit)	Suhu Ruangan Prototipe (°C)	Suhu Pendingin (°C)	Pendingin		Keterangan Suhu Ruangan Prototipe
				OFF	ON	
1.	00.00	29°C	28°C		✓	Normal
2.	05.00	29°C	27°C		✓	Normal
3.	10.00	28°C	26°C		✓	Normal
4.	15.00	27°C	26°C		✓	Normal
5.	20.00	27°C	25°C		✓	Normal
6.	25.00	26°C	24°C		✓	Normal

7.	30.00	25°C	23°C	✓	Normal
8.	35.00	25°C	24°C	✓	Normal
9.	40.00	25°C	23°C	✓	Normal
10.	45.00	24°C	22°C	✓	Normal
11.	50.00	24°C	22°C	✓	Normal
12.	55.00	23°C	21°C	✓	Sejuk
13.	60.00	24°C	21°C	✓	Normal
14.	65.00	24°C	22°C	✓	Normal
15.	70.00	23°C	22°C	✓	Sejuk
16.	75.00	24°C	22°C	✓	Normal
17.	80.00	24°C	22°C	✓	Normal

Dari kedua tabel diatas dapat dijelaskan bahwa hasil pengujian keseluruhan alat sudah berjalan dengan baik sesuai dengan harapan pengguna dengan hasil pengujian didapat persentase keberhasilan sebesar:

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{(\text{jumlah berhasil tabel 1} + \text{jumlah berhasil tabel 2})}{(\text{jumlah percobaan tabel 1} + \text{jumlah percobaan tabel 2})} \times 100\%$$

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{28}{30} \times 100\%$$



$$\text{Persentase keberhasilan} = 93\%$$

Persentase keberhasilan yang didapat adalah 93% dengan error sebesar 7%. Hal ini menunjukkan kemampuan sistem dalam menerima perintah bagus. Sedangkan untuk tampilan serial monior yang akan digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan *fuzzyfication* beserta gerbang logika and yang dinyatakan dengan I/O dari kedua sensor adalah sebagai berikut.

- a.
- b.
- c.
- d.
- e.
- f.
- g.
- h.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

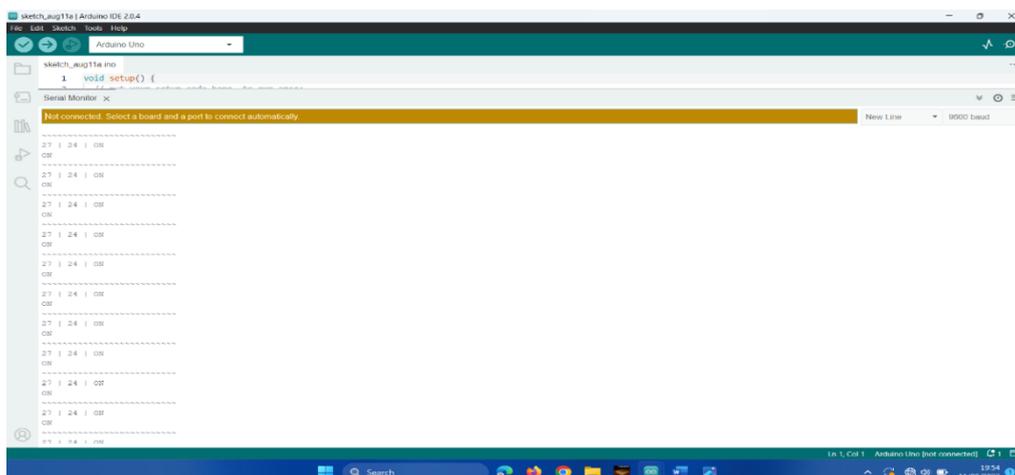
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy logic berhasil diterapkan dalam sistem kontrol untuk mempertahankan suhu konstan pada sistem pendingin berbasis Modul Peltier. Metode ini memungkinkan penggunaan variabel linguistik dan aturan fuzzy untuk menggambarkan pengetahuan yang tidak pasti atau tidak tepat dalam sistem yang kompleks. Dalam tahap perhitungan, input dari sensor suhu (DHT11 dan DS18B20) digunakan untuk mengontrol operasi modul relay. Dengan menggunakan aturan fuzzy yang tepat, sistem dapat mengambil keputusan untuk menghidupkan atau mematikan modul relay berdasarkan kondisi ruangan prototipe dan suhu pendingin. Hal ini memungkinkan sistem untuk menjaga suhu tetap dalam keadaan normal sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tingkat nilai akurasi yang didapat adalah 93% dengan error sebesar 7%. Adapun beberapa saran untuk pengembangan sistem ini agar penelitian selanjutnya dapat memperoleh hasil yang maksimal, yaitu melakukan uji coba dan validasi yang lebih komprehensif terhadap sistem kontrol fuzzy logic yang telah dirancang, uji sistem dengan berbagai kondisi lingkungan dan variasi suhu, serta mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi sistem sebagai pertimbangan lanjutan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam bidang kontrol suhu dan aplikasi metode fuzzy logic untuk menghadapi tantangan sistem kompleks dalam mencapai tujuan tertentu, serta memberikan dasar untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam dalam bidang ini.

9. PENGAKUAN

Naskah Ilmiah ini adalah sebagian dari penelitian Tugas Akhir milik Madi Ikhsan Naashir dengan judul Sistem Pendingin Berbasis NodeMCU Dengan Metode *Fuzzy Logic* yang dibimbing oleh Bapak Dr. Ahmad Fauzi dan Bapak Sutan Faisal.

10. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Muchtar And R. A. Syamsur, "Fuzzy Logic Pada Sistem Pendingin Ruangan Berbasis Raspberry," *Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer*, Pp. 155 - 162, 2021.
- [2] "Ekstrem Perubahan Iklim | BMKG," BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika, 2023. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?P=Ekstrem-Perubahan-Iklim>. [Accessed 25 Agustus 2023].
- [3] N. Nidatya, "Sosialisasi Pengurangan Dampak Pemanasan Global Kepada Siswa Siswi Tk Tiara Cendikia, Kec.Serpong Utara, Kota.Tangerang Selatan: Pengenalan Lingkungan Sejak Usia Dini," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol. 3, Pp. 33 - 39, 2023.



- [4] R. Maulana, A. Fauzi And D. S. Kusumaningrum, "Implementasi Sistem Bilik Disinfektan Otomatis Berbasis Iot Dengan Nodemcu Dan Sensor Ultrasonic," *Scientific Student Journal For Information, Technology And Science*, Vol. Iii, Pp. 167 - 175, 2022.
- [5] M. Y. Efendi And J. E. Chandra, "Implementasi Internet Of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu Esp 8266," *Computer Science And Technology*, Pp. 15 - 25, 2019.
- [6] A. Hapiz, "Penerapan Logika Fuzzy Dengan Metode Tsukamoto Untuk Mengestimasi Curah Hujan," *Fakultas Sains Dan Teknologi*, 2022.
- [7] A. P. Putra, A. Fauzi And D. S. Kusumaningrum, "Implementasi Algoritma Fuzzy Logic Pada Sistem Kendali Lampu Otomatis Dengan Arduino Dan Ac Light Dimmer," *Scientific Student Journal For Information, Technology And Science*, Vol. Iv, Pp. 107 - 116, 2023.
- [8] D. Aldo, "Identifikasi Jumlah Produksi Produk Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web," *Jursima*, Vol. 7(1), P. 49, 2019.
- [9] Y. I. Merdekawati, I. S. Erari And A. M. Muslimin, "Penggunaan Modul Peltier Sebagai Sistem Pendingin Coolbox," *Jurnal Natural*, Pp. 104 - 119, 2021.
- [10] G. Firduansyah, S. D. Panjaitan And S. , "Rancang Bangun Sistem Pendinginan Pada Simulator Photovoltaic Dengan Menggunakan Termoelektrik Tec1-12706 Berbasis Mikrokontroler Dengan Metode Fuzzy," *Engineering*, Pp. 1 - 7, 2022.