

SISTEM REKOMENDASI SUHU PADA AIR CONDITIONER (AC) SENTRAL DI DALAM RUANGAN DENGAN ALGORITMA FUZZY

TEMPERATURE RECOMMENDATION SYSTEM IN INDOOR CENTRAL AIR CONDITIONER (AC) WITH FUZZY ALGORITHM

Afif Husaini¹, Budhi Irawan², Casi Setianingsih³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

afifhusainii@students.telkomuniversity.ac.id, budhiirawan@telkomuniversity.ac.id,
setiacasie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada musim kemarau, beberapa wilayah Indonesia mengalami peningkatan suhu yang membuat orang merasa tidak nyaman pada saat berada di luar ruangan, terlebih jika di dalam suatu ruangan tidak ada alat untuk pengkondisian suhu, maka suhu di dalam ruangan tersebut akan membuat orang di dalamnya tidak nyaman. Pada umumnya masyarakat akan menggunakan *air conditioner* (AC) untuk membuat suhu udara di suatu ruangan menjadi sejuk. Namun, dengan penggunaan daya yang konstan, AC dapat menyebabkan borosnya penggunaan energi. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat mengatur suhu yang dikeluarkan oleh AC sentral berdasarkan suhu dalam ruangan, suhu luar ruangan, luas ruangan, dan jumlah manusia. Pada sistem ini ada dua buah sensor suhu DHT22 yang digunakan untuk mengukur suhu dalam dan luar ruangan, *website* untuk memasukkan nilai luas ruangan dan menampilkan informasi suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, luas ruangan, jumlah manusia, respon waktu deteksi, dan respon waktu *fuzzy*, dan *webcam* untuk mendeteksi jumlah manusia pada ruangan tersebut. Pada sistem ini dua buah sensor DHT22 mempunyai akurasi sebesar 98.63% dan 98.74%. Sistem ini akan menggunakan Raspberry Pi untuk memproses keempat variabel tersebut yang dimana hasil keluarannya berupa suhu yang direkomendasikan dengan menggunakan algoritma *fuzzy* menggunakan metode Mamdani.

Abstract

In summer, several parts of Indonesia experience an increase in temperature which makes people feel uncomfortable when outdoors, especially if there is no device for temperature conditioning in a room, the temperature in the room will make people in it uncomfortable. In general, people will use air conditioner (AC) to make the air temperature in a room cool. However, with constant use of power, air conditioning can lead to wasteful use of energy. Therefore, a system that can regulate the temperature released by the central air conditioner based on indoor temperature, outdoor temperature, room area, and number of people. In this system there are two DHT22 temperature sensors that are used to measure indoor and outdoor temperatures, a website to enter the value of the room area and display information on outdoor temperature, indoor temperature, room area, number of people, detection response time, and response time. fuzzy, and a webcam to detect the number of people in the room. In this system, two DHT22 sensors have an accuracy of 98.63% and 98.74%. This system will use a Raspberry Pi to process the four variables where the output is a recommended temperature using algorithm fuzzy using the Mamdani method.

Keywords: Fuzzy Logic, Mamdani, DHT22, Raspberry Pi, Air Conditioner, Temperature

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia terletak pada garis khatulistiwa yang dimana Indonesia banyak menerima sinaran cahaya matahari yang membuat Indonesia memiliki iklim tropis[1]. Maka dari itu, Indonesia memiliki dua musim, yaitu: musim kemarau dan musim hujan. Beberapa daerah yang

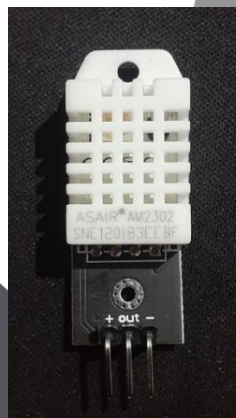
memiliki suhu tinggi karena langsung terpapar oleh sinar matahari. Oleh karena itu, banyak orang yang merasa panas saat berada diluar ruangan, terlebih jika didalam suatu ruangan tidak ada alat untuk pengkondisian suhu, maka suhu didalam ruangan tersebut akan membuat orang didalamnya tidak nyaman akibat suhu yang terlalu tinggi. Umumnya masyarakat akan menggunakan *air conditioner* (AC) pada setiap bangunan. Salah satunya adalah AC Sentral, yang digunakan pada gedung–gedung yang memiliki kapasitas orang yang banyak. Yang menjadi permasalahan adalah penggunaan AC yang terus menerus dapat meningkatkan penggunaan daya yang berakibat biaya listrik naik. Hal itu terjadi karena AC pada umumnya tidak dapat menghitung jumlah orang didalam ruangan dan mengukur suhu dalam ruangan. Saat ada/tidaknya orang dalam ruangan, penggunaan daya tetap konstan.

Dari permasalahan diatas, diperlukan sebuah sistem yang dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Sistem yang dapat mengatur suhu AC dengan melihat jumlah manusia yang ada dalam suatu ruangan, mengukur suhu dalam dan luar ruangan dan luas ruangan sehingga penggunaan AC dapat disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga dapat menghemat energi dan biaya.

2. Dasar Teori

2.1. Sensor DHT22

DHT22 adalah modul sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban relatif. Koefisien kalibrasi disimpan dalam memori program OTP, jadi ketika sensor mendeteksi sesuatu, maka modul ini akan langsung memberikan nilai suhu yang sesuai dengan sekitarnya. Keluaran dari sensor DHT22 berupa sinyal digital serta sensor DHT22 memiliki 4 pin yaitu, *power supply*, data *signal*, *null*, dan *ground*. Namun untuk pin *null* tidak digunakan, jadi hanya memakai 3 pin saja. Akurasi DHT22 lebih baik daripada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4% dan kelembaban 18% [2][3].



Gambar 1. Sensor DHT22

2.2. Air Conditioning (AC) Sentral

AC sentral adalah suatu sistem AC yang proses pendinginan udara nya terpusat pada satu lokasi yang kemudian didistribusikan ke beberapa ruangan. AC yang menggunakan sistem ini memiliki komponen-komponen utama, seperti unit pendingin, unit pengatur udara (*Air Handling Unit*), *cooling tower*, dan sistem saluran udara [4].

2.3. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah suatu kondisi dimana ada kepuasan terhadap keadaan termal di sekitarnya. Kenyamanan termal dapat didefinisikan sebagai persepsi manusia dengan keadaan termal yang dirasakan [5].

Rentang suhu nyaman termal untuk wilayah khatulistiwa menurut Georg Lippsmeier (1980) antara 19°C TE - 26°C TE. Di Indonesia mempunyai aturan sendiri dalam tata cara perancangan sistem ventilasi pengkondisian udara dalam gedung yang diatur berdasarkan SNI 03-6572-2001.

Pada aturan tersebut telah ditentukan batas standar kenyamanan termal Indonesia yang terbagi atas tiga tingkatan[6], yaitu:

Tabel 1 Batas Kenyamanan Termal Menurut SNI 03-6572-2001

Kondisi	Temperatur Efektif	Kelembaban/RH
Sejuk Nyaman	20.5°C - 22.8°C	50%-80%
Nyaman	22.8°C - 25.8°C	70%
Hangat Nyaman	25,8°C - 27,1°C	60%

2.4. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan turunan dari sistem kecerdasan buatan yang mempunyai kemampuan dalam berfikir layaknya manusia ke dalam bentuk algoritma. Logika Fuzzy pertama kali diusulkan oleh Lotfi A, Zadeh pada tahun 1965. Dalam logika *fuzzy* suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun besar kebenaran dan kesalahan tergantung pada bobot keanggotaannya. Derajat keanggotaan logika *fuzzy* dimulai dari 0 sampai 1 dan logika *fuzzy* dapat menunjukkan seberapa benar nilainya dan seberapa salah nilainya[7][8].

2.4.1. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

Metode mamdani disebut dengan metode max-min. Metode ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani tahun 1975. Ada 4 tahapan untuk mendapatkan output[9], yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Dalam pembentukan suatu *variable fuzzy*, digunakan fungsi keanggotaan yang diantaranya[10]:

- Grafik Keanggotaan Linier Turun
- Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga
- Grafik Keanggotaan Kurva Trapesium

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN. Sehingga dari nilai yang berupa himpunan *fuzzy*, nilai yang akan digunakan pada implikasi adalah nilai yang paling terendah. Hasil implikasi *fuzzy* dari setiap *rules* ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran inferensi *fuzzy*[11]. Secara umum dinyatakan sebagai:

$$\mu_{A \cap B} = \min (\mu_A[x], (\mu_B[x])) \quad (2.1)$$

3. Komposisi aturan

Komposisi aturan merupakan cara yang digunakan untuk menentukan penialian himpunan *fuzzy*. Metode yang digunakan pada komposisi aturan metode Mamdani adalah metode MAX, pada metode MAX, solusi himpunan *fuzzy* didapatkan dengan mengambil nilai maksimal yang kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan menerapkannya ke *output* dengan menggunakan operator OR[12]. Secara umum dinyatakan sebagai:

$$\mu_{sf} [xi] = \max (\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi]) \quad (2.2)$$

4. Defuzzifikasi

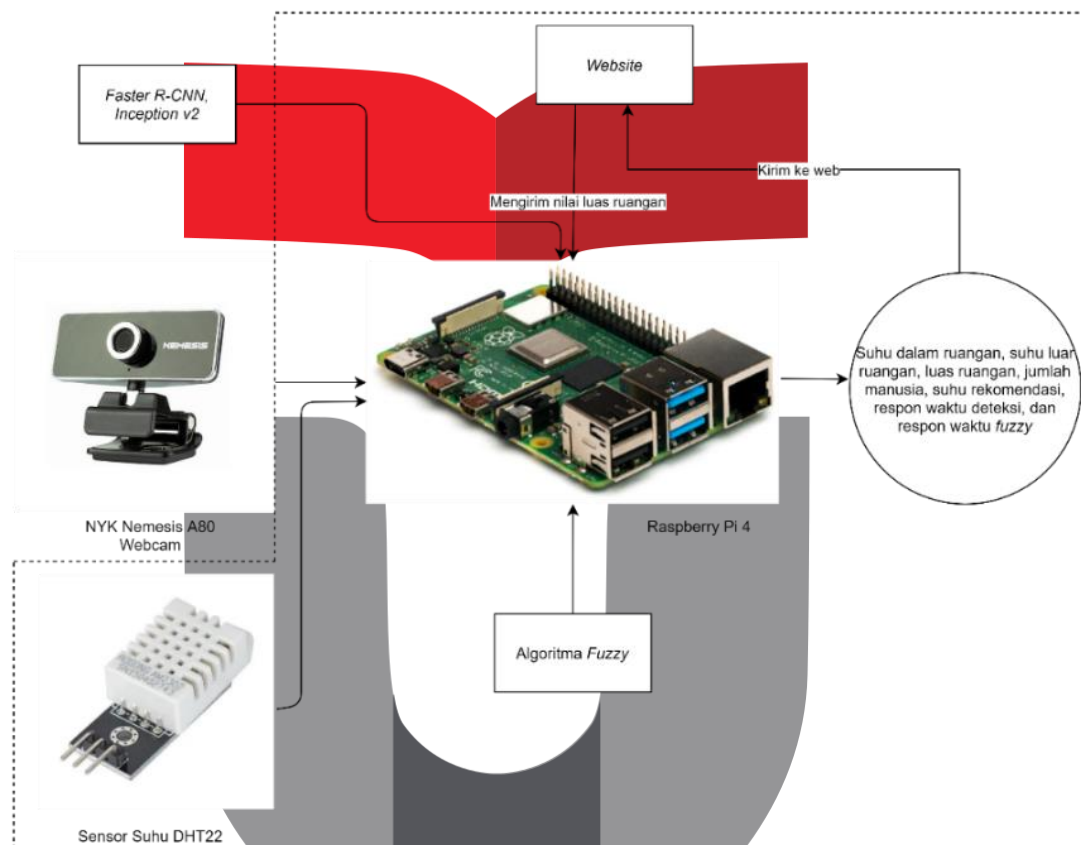
Defuzzifikasi merupakan proses menghasilkan hasil yang dapat diukur dalam logika *crisp*. *Input* dari proses defuzzifikasi yaitu suatu himpunan *fuzzy* yang didapatkan dari aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan hasilnya merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Metode yang sering digunakan untuk defuzzifikasi Mamdani yaitu metode *centroid*, yang dimana hasil *output* nilai *crisp* didapatkan dengan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*[9]. Secara umum dirumuskan:

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \quad (2.3)$$

3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

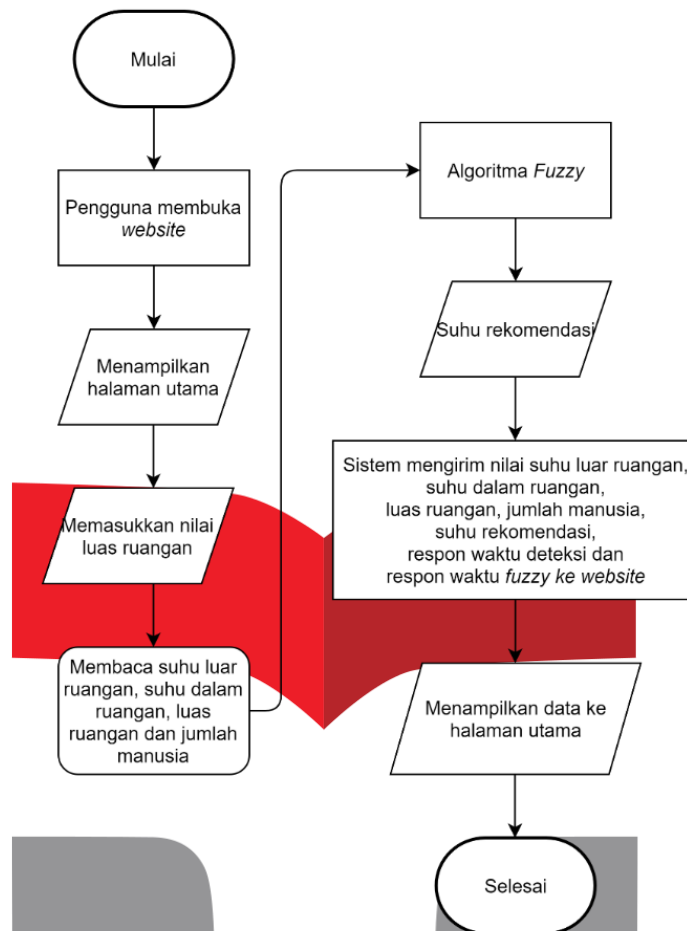
Sistem rekomendasi suhu pada AC di dalam ruangan dengan algoritma *fuzzy* yang dimana sistem ini menggunakan suhu dalam ruangan, suhu luar ruangan, jumlah manusia dan luas ruangan sebagai variabel *fuzzy* yang kemudian data tersebut diproses dan menghasilkan *output* suhu rekomendasi. Untuk nilai luas ruangan didapat dari *inputan* pengguna melalui *website* yang telah dibuat. Sedangkan jumlah manusia didapat dari tangkapan *webcam* yang diletakkan pada suatu ruangan yang kemudian diproses dengan algoritma *Faster R-CNN* sehingga mendapatkan nilai jumlah manusia. Kemudian nilai suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, luas ruangan, jumlah manusia, suhu rekomendasi, respon waktu deteksi, dan respon waktu *fuzzy* dikirim ke *website* untuk ditampilkan datanya.



Gambar 2. Desain Sistem

3.2. Flowchart Sistem

Alur sistem dimulai dari pengguna membuka *website*, kemudian mengisi nilai luas ruangan pada *website* tersebut. Kemudian sistem membaca sensor suhu dalam ruangan dan suhu luar ruangan, *input* luas ruangan dan jumlah manusia kemudian data yang didapat masuk kedalam algoritma *fuzzy* untuk menentukan suhu rekomendasi yang kemudian sistem akan mengirim Sistem mengirim nilai suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, luas ruangan, jumlah manusia, suhu rekomendasi, respon waktu deteksi dan respon waktu *fuzzy* ke *website*.



Gambar 3. Flowchart Sistem

3.3. Perancangan Fuzzy

Pada sistem rekomendasi suhu pada AC di dalam ruangan menggunakan algoritma *fuzzy*. Penggunaan algoritma *fuzzy* karena ada empat data yang harus diproses menjadi satu keputusan. Keempat data tersebut selalu berubah setiap waktunya akan dapat menentukan seberapa akurat metode *fuzzy* dapat digunakan dalam sistem rekomendasi suhu pada AC.

Keempat data tersebut didapat dari dua buah sensor DHT22, nilai luas ruangan yang dimasukan oleh pengguna dan nilai jumlah manusia yang kemudian diolah dengan algoritma *fuzzy*.

3.3.1. Fuzzifikasi

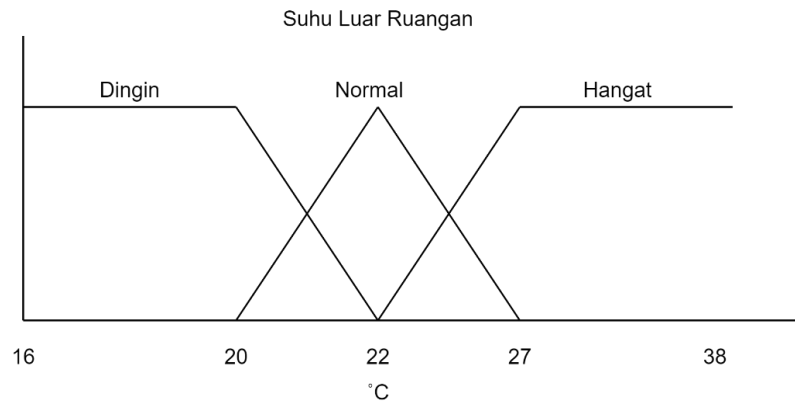
Proses pertama dari fuzzifikasi adalah membuat suatu fungsi keanggotaan dari masukan yang didapat, serta menentukan banyaknya variabel linguistik yang mewakilkan nilai masukan dengan bahasa yang mudah dimengerti dalam fungsi keanggotaan tersebut. Dari fungsi keanggotaan tersebut akan diketahui nilai derajat keanggotaan dari masing-masing variabel linguistik dalam himpunan *fuzzy* yang dibuat.

Tabel 2 Input Nilai Pada Program Fuzzy

Parameter	Nilai
Suhu Luar Ruangan	27°C
Suhu Dalam Ruangan	25°C
Jumlah Orang	8
Luas Ruangan	110m ²

Setelah program mendapat nilai *input* maka kemudian program akan melakukan perhitungan fuzzifikasi.

1. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu Luar Ruangan

**Gambar 4.** Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu Luar Ruangan

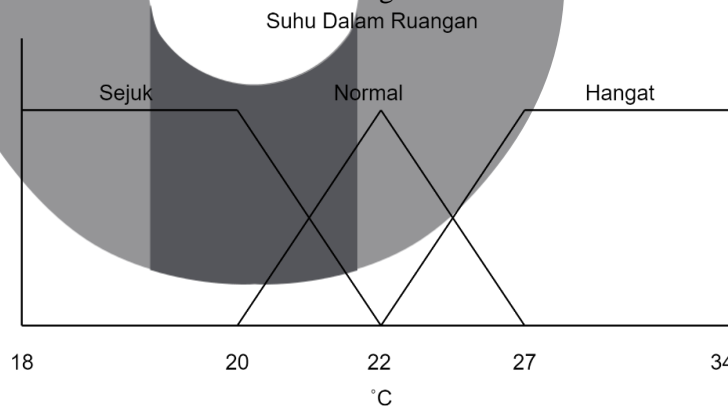
$$\mu_{\text{Suhu Luar Ruangan(Dingin)}} = \begin{cases} 0; & x \geq 22 \text{ atau } x < 16 \\ 1; & 16 \leq x \leq 20 \\ \frac{(22-x)}{(22-20)}; & 20 < x < 22 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{\text{Suhu Luar Ruangan(Normal)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 27 \\ \frac{(x-20)}{(22-20)}; & 20 < x < 22 \\ \frac{(27-x)}{(27-22)}; & 22 < x < 27 \\ 1; & x = 22 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{\text{Suhu Luar Ruangan(Hangat)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 22 \text{ atau } x > 38 \\ \frac{(x-22)}{(27-22)}; & 22 < x < 27 \\ 1; & 27 \leq x \leq 38 \end{cases} \quad (3.3)$$

Pada parameter suhu luar ruangan didapat nilai 27 dari *input* manual, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi menggunakan persamaan 3.3 sehingga mendapatkan nilai *crisp* 1. Karena nilai 27 memenuhi syarat $27 \leq x \leq 38$.

2. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu Dalam Ruangan

**Gambar 5.** Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu Dalam Ruangan

$$\mu_{\text{Suhu Dalam Ruangan(Sejuk)}} = \begin{cases} 0; & x \geq 22 \text{ atau } x \geq 18 \\ 1; & 18 \leq x \leq 22 \\ \frac{(22-x)}{(22-20)}; & 20 < x < 22 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{\text{Suhu Dalam Ruangan(Normal)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 27 \\ \frac{(x-20)}{(22-20)}; & 20 < x < 22 \\ \frac{(27-x)}{(27-22)}; & 22 < x < 27 \\ 1; & x = 22 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{Suhu Dalam Ruangan(Hangat)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 22 \text{ atau } x \geq 34 \\ \frac{(x-22)}{(27-22)}; & 22 < x < 27 \\ 1; & 27 \leq x \leq 34 \end{cases} \quad (3.6)$$

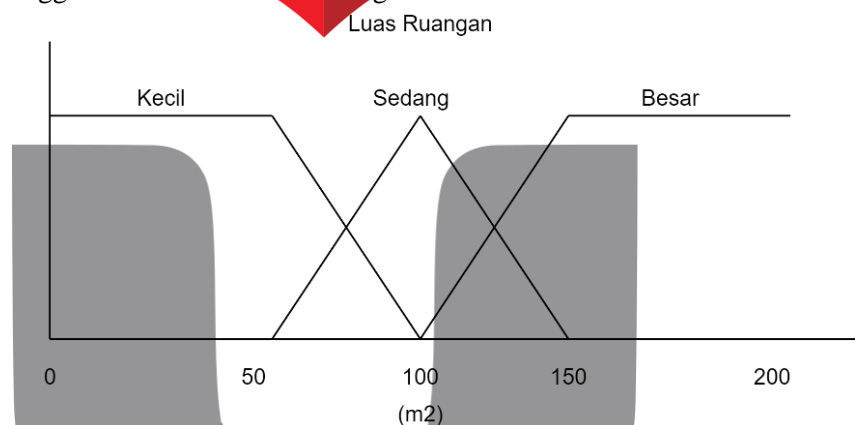
Pada parameter suhu dalam ruangan didapat nilai 25 dari *input* manual, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi menggunakan persamaan 3.5 dan 3.6. Pada persamaan 3.5, nilai 25 memenuhi syarat $22 < x < 27$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Suhu Dalam Ruangan(Normal)}} \frac{(27 - 25)}{(27 - 22)} = 0.4$$

Pada persamaan 3.6, nilai 25 memenuhi syarat $22 < x < 27$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Suhu Dalam Ruangan(Hangat)}} \frac{(25 - 22)}{(27 - 22)} = 0.6$$

3. Fungsi Keanggotaan Variabel Luas Ruangan



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Variabel Luas Ruangan

$$\mu_{\text{Luas Ruangan(Kecil)}} = \begin{cases} 0; & x \geq 50 \text{ atau } x \geq 0 \\ 1; & 0 \leq x \leq 50 \\ \frac{(100-x)}{(100-50)}; & 50 < x < 100 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{Luas Ruangan(Sedang)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \text{ atau } x \geq 150 \\ \frac{(x-50)}{(100-50)}; & 50 < x < 100 \\ \frac{(150-x)}{(150-100)}; & 100 < x < 150 \\ 1; & x = 100 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\text{Luas Ruangan(Besar)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 200 \\ \frac{(x-100)}{(150-100)}; & 100 < x < 150 \\ 1; & 150 \leq x \leq 200 \end{cases} \quad (3.9)$$

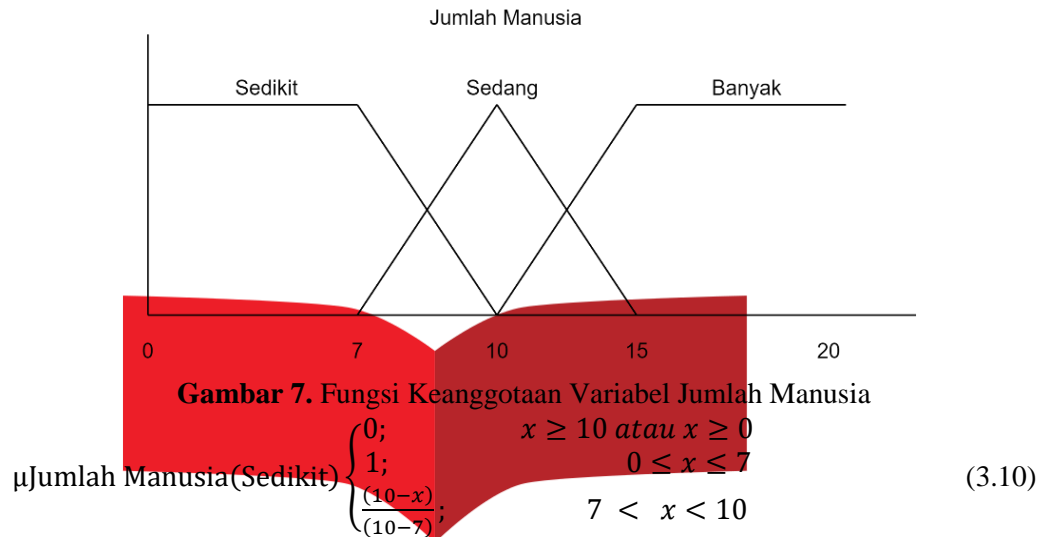
Pada parameter luas ruangan didapat nilai 110 dari *input* manual, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi menggunakan persamaan 3.8 dan 3.9. Pada persamaan 3.8, nilai 110 memenuhi syarat $50 < x < 150$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Luas Ruangan(Sedang)}} \frac{(150 - 110)}{(150 - 100)} = 0.8$$

Pada persamaan 3.9, nilai 110 memenuhi syarat $100 < x < 150$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Luas Ruangan(Besar)}} \frac{(110 - 100)}{(150 - 100)} = 0.2$$

4. Fungsi Keanggotaan Variabel Jumlah Manusia



$$\mu_{\text{Jumlah Manusia(Sedikit)}} = \begin{cases} 0; & x \geq 10 \text{ atau } x \geq 0 \\ 1; & 0 \leq x \leq 7 \\ \frac{(10-x)}{(10-7)}; & 7 < x < 10 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{\text{Jumlah Manusia(Sedang)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 7 \text{ atau } x \geq 15 \\ \frac{(x-7)}{(10-7)}; & 7 < x < 10 \\ \frac{(15-x)}{(15-10)}; & 10 < x < 15 \\ 1; & x = 10 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\mu_{\text{Jumlah Manusia(Banyak)}} = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{(x-10)}{(15-10)}; & 10 < x < 15 \\ 1; & 15 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad (3.12)$$

Pada parameter jumlah manusia didapat nilai 8 dari *input* manual, kemudian dilakukan perhitungan fuzzifikasi menggunakan persamaan 3.10 dan 3.11. Pada persamaan 3.10, nilai 8 memenuhi syarat $7 < x < 10$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Jumlah Manusia(Sedikit)}} \frac{(10 - 8)}{(10 - 7)} = 0.66$$

Pada persamaan 3.11, nilai 8 memenuhi syarat $7 < x < 10$, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Jumlah Manusia(Sedang)}} \frac{(8 - 7)}{(10 - 7)} = 0.33$$

3.3.2. Fuzzy Rules

Tabel 3 Fuzzy Rules

No	Suhu Luar Ruangan	Suhu Dalam Ruangan	Jumlah Manusia	Luas Ruangan	Suhu Keluaran AC
1	Dingin	Sejuk	Sedikit	Kecil	Normal
2	Dingin	Sejuk	Sedikit	Sedang	Normal
3	Dingin	Sejuk	Sedikit	Besar	Cukup Sejuk
4	Dingin	Sejuk	Sedang	Kecil	Cukup Sejuk
5	Dingin	Sejuk	Sedang	Sedang	Cukup Sejuk
6	Dingin	Sejuk	Sedang	Besar	Sejuk
7	Dingin	Sejuk	Banyak	Kecil	Sejuk
8	Dingin	Sejuk	Banyak	Sedang	Sejuk

No	Suhu Luar Ruangan	Suhu Dalam Ruangan	Jumlah Manusia	Luas Ruangan	Suhu Keluaran AC
9	Dingin	Sejuk	Banyak	Besar	Sejuk
10	Dingin	Normal	Sedikit	Kecil	Sejuk
11	Dingin	Normal	Sedikit	Sedang	Sejuk
12	Dingin	Normal	Sedikit	Besar	Sejuk
13	Dingin	Normal	Sedang	Kecil	Sejuk
14	Dingin	Normal	Sedang	Sedang	Sejuk
15	Dingin	Normal	Sedang	Besar	Sejuk
16	Dingin	Normal	Banyak	Kecil	Cukup Dingin
17	Dingin	Normal	Banyak	Sedang	Cukup Dingin
18	Dingin	Normal	Banyak	Besar	Cukup Dingin
19	Dingin	Hangat	Sedikit	Kecil	Cukup Dingin
20	Dingin	Hangat	Sedikit	Sedang	Cukup Dingin
21	Dingin	Hangat	Sedikit	Besar	Cukup Dingin
22	Dingin	Hangat	Sedang	Kecil	Cukup Dingin
23	Dingin	Hangat	Sedang	Sedang	Cukup Dingin
24	Dingin	Hangat	Sedang	Besar	Cukup Dingin
25	Dingin	Hangat	Banyak	Kecil	Dingin
26	Dingin	Hangat	Banyak	Sedang	Dingin
27	Dingin	Hangat	Banyak	Besar	Dingin
28	Normal	Sejuk	Sedikit	Kecil	Normal
29	Normal	Sejuk	Sedikit	Sedang	Normal
30	Normal	Sejuk	Sedikit	Besar	Normal
31	Normal	Sejuk	Sedang	Kecil	Cukup Sejuk
32	Normal	Sejuk	Sedang	Sedang	Cukup Sejuk
33	Normal	Sejuk	Sedang	Besar	Cukup Sejuk
34	Normal	Sejuk	Banyak	Kecil	Sejuk
35	Normal	Sejuk	Banyak	Sedang	Sejuk
36	Normal	Sejuk	Banyak	Besar	Sejuk
37	Normal	Normal	Sedikit	Kecil	Cukup Sejuk
38	Normal	Normal	Sedikit	Sedang	Cukup Sejuk
39	Normal	Normal	Sedikit	Besar	Cukup Sejuk
40	Normal	Normal	Sedang	Kecil	Sejuk
41	Normal	Normal	Sedang	Sedang	Sejuk
42	Normal	Normal	Sedang	Besar	Sejuk
43	Normal	Normal	Banyak	Kecil	Cukup Dingin
44	Normal	Normal	Banyak	Sedang	Cukup Dingin
45	Normal	Normal	Banyak	Besar	Cukup Dingin
46	Normal	Hangat	Sedikit	Kecil	Cukup Dingin
47	Normal	Hangat	Sedikit	Sedang	Cukup Dingin
48	Normal	Hangat	Sedikit	Besar	Cukup Dingin
49	Normal	Hangat	Sedang	Kecil	Cukup Dingin
50	Normal	Hangat	Sedang	Sedang	Cukup Dingin
51	Normal	Hangat	Sedang	Besar	Cukup Dingin
52	Normal	Hangat	Banyak	Kecil	Dingin
53	Normal	Hangat	Banyak	Sedang	Dingin
54	Normal	Hangat	Banyak	Besar	Dingin
55	Hangat	Sejuk	Sedikit	Kecil	Cukup Sejuk
56	Hangat	Sejuk	Sedikit	Sedang	Cukup Sejuk
57	Hangat	Sejuk	Sedikit	Besar	Cukup Sejuk
58	Hangat	Sejuk	Sedang	Kecil	Sejuk
59	Hangat	Sejuk	Sedang	Sedang	Sejuk

No	Suhu Luar Ruangan	Suhu Dalam Ruangan	Jumlah Manusia	Luas Ruangan	Suhu Keluaran AC
60	Hangat	Sejuk	Sedang	Besar	Sejuk
61	Hangat	Sejuk	Banyak	Kecil	Cukup Dingin
62	Hangat	Sejuk	Banyak	Sedang	Cukup Dingin
63	Hangat	Sejuk	Banyak	Besar	Cukup Dingin
64	Hangat	Normal	Sedikit	Kecil	Sejuk
65	Hangat	Normal	Sedikit	Sedang	Sejuk
66	Hangat	Normal	Sedikit	Besar	Sejuk
67	Hangat	Normal	Sedang	Kecil	Sejuk
68	Hangat	Normal	Sedang	Sedang	Sejuk
69	Hangat	Normal	Sedang	Besar	Sejuk
70	Hangat	Normal	Banyak	Kecil	Dingin
71	Hangat	Normal	Banyak	Sedang	Dingin
72	Hangat	Normal	Banyak	Besar	Dingin
73	Hangat	Hangat	Sedikit	Kecil	Cukup Dingin
74	Hangat	Hangat	Sedikit	Sedang	Cukup Dingin
75	Hangat	Hangat	Sedikit	Besar	Cukup Dingin
76	Hangat	Hangat	Sedang	Kecil	Cukup Dingin
77	Hangat	Hangat	Sedang	Sedang	Cukup Dingin
78	Hangat	Hangat	Sedang	Besar	Cukup Dingin
79	Hangat	Hangat	Banyak	Kecil	Dingin
80	Hangat	Hangat	Banyak	Sedang	Dingin
81	Hangat	Hangat	Banyak	Besar	Dingin

Setelah mendapatkan nilai fuzzifikasi, kemudian dilakukan pemilihan aturan berdasarkan nilai proses fuzzifikasi. Berikut adalah hasil dari inferensi dari nilai *fuzzy* yang telah didapat:

Tabel 4 Fuzzy Rules Yang Sesuai

Rules Ke-	Rules	NK / Nilai Kesesuaian
65	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Normal AND Jumlah Manusia = Sedikit AND Luas Ruangan = Sedang THEN NK = Sejuk	Sejuk
66	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Normal AND Jumlah Manusia = Sedikit AND Luas Ruangan = Besar THEN NK = Sejuk	Sejuk
68	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Normal AND Jumlah Manusia = Sedang AND Luas Ruangan = Sedang THEN NK = Sejuk	Sejuk
69	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Normal AND Jumlah Manusia = Sedang AND Luas Ruangan = Besar THEN NK = Sejuk	Sejuk
74	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Hangat AND Jumlah Manusia = Sedikit AND Luas Ruangan = Sedang THEN NK = Cukup Dingin	Cukup Dingin
75	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Hangat AND Jumlah Manusia = Sedikit AND Luas Ruangan = Besar THEN NK = Cukup Dingin	Cukup Dingin
77	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Hangat AND Jumlah Manusia = Sedang AND Luas Ruangan = Sedang THEN NK = Cukup Dingin	Cukup Dingin
78	IF Suhu Luar = Hangat AND Suhu Dalam = Hangat AND Jumlah Manusia = Sedang AND Luas Ruangan = Besar THEN NK = Cukup Dingin	Cukup Dingin

Pada proses ini program mendapatkan nilai kesesuaian bernilai sejuk dan cukup dingin. Langkah selanjutnya program akan menghitung nilai dari NK atau nilai kesesuaian dari tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5 Hasil Inferensi Dengan NK Sejuk

Rules	NK / Nilai Kesesuaian
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Normal (0.4) AND Jumlah Manusia = Sedikit (0.66) AND Luas Ruangan = Sedang (0.8) THEN NK = Sejuk (0.4)	Sejuk (0.4)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Normal (0.4) AND Jumlah Manusia = Sedikit (0.66) AND Luas Ruangan = Besar (0.2) THEN NK = Sejuk (0.2)	Sejuk (0.2)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Normal (0.4) AND Jumlah Manusia = Sedang (0.33) AND Luas Ruangan = Sedang (0.8) THEN NK = Sejuk (0.33)	Sejuk 0.33)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Normal (0.33) AND Jumlah Manusia = Sedang (0.33) AND Luas Ruangan = Besar (0.2) THEN NK = Sejuk (0.2)	Sejuk (0.2)
Nilai Kesesuaian Akhir	Sejuk (0.4)

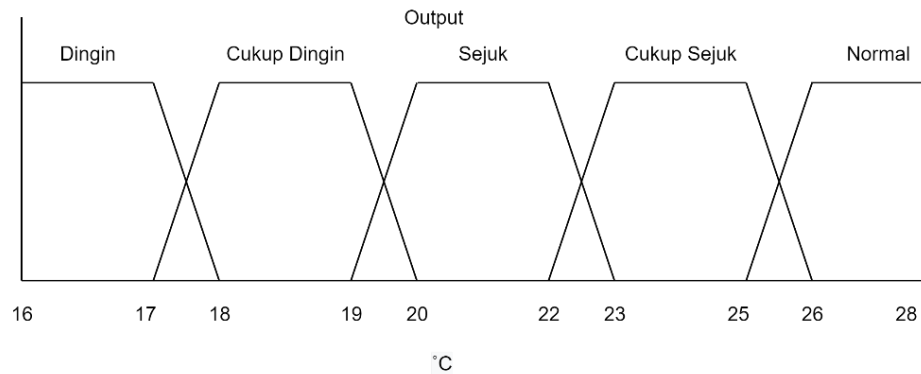
Tabel 6 Hasil Inferensi Dengan NK Cukup Dingin

Rules	NK / Nilai Kesesuaian
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Hangat (0.6) AND Jumlah Manusia = Sedikit (0.66) AND Luas Ruangan = Sedang (0.8) THEN NK = Cukup Dingin (0.66)	Cukup Dingin (0.6)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Hangat (0.6) AND Jumlah Manusia = Sedikit (0.66) AND Luas Ruangan = Besar (0.2) THEN NK = Cukup Dingin (0.2)	Cukup Dingin (0.2)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Hangat (0.6) AND Jumlah Manusia = Sedang (0.33) AND Luas Ruangan = Sedang (0.8) THEN NK = Cukup Dingin (0.33)	Cukup Dingin (0.33)
IF Suhu Luar = Hangat (1) AND Suhu Dalam = Hangat (0.6) AND Jumlah Manusia = Sedang (0.8) AND Luas Ruangan = Besar (0.2) THEN NK = Cukup Dingin (0.2)	Cukup Dingin (0.2)
Nilai Kesesuaian Akhir	Cukup Dingin (0.6)

Proses mendapatkan nilai kesesuaian tiap *rule* dapat menggunakan rumus nilai *MIN* dari setiap nilai *fuzzy* untuk setiap parameter. Contoh pada *rule* pertama dari tabel 5, dimana nilai terkecil didapat dari parameter Suhu Dalam yang bernilai 0.4, maka nilai kesesuaian juga menjadi 0.4, berlaku untuk setiap *rule* lainnya.

Untuk nilai kesesuaian akhir didapat dari rumus nilai *MAX* dari setiap nilai *fuzzy* dari nilai kesesuaian yang dimiliki. Untuk kasus pada tabel 5 nilai *MAX* atau terbesar dari setiap nilai *fuzzy* dari nilai kesesuaian adalah 0.4.

3.3.3. Defuzzifikasi



Gambar 8. Fungsi Output Keanggotaan Variabel Suhu Rekomendasi

Tahap terakhir adalah defuzzifikasi, yaitu penentuan *output* berdasarkan hasil dari proses fuzzifikasi terhadap aturan *fuzzy* yang telah dibuat. Pada sistem rekomendasi suhu pada AC ini proses defuzzifikasi menggunakan metode *Centroid* dan keluaran dari proses defuzzifikasi ini berupa nilai suhu rekomendasi. Nantinya keluaran dari sistem *fuzzy* ini akan menentukan suhu rekomendasi pada suatu ruangan.

$$Z_0 = \frac{((18 + 19) \times 0.6) + ((20 + 21 + 22) \times 0.4)}{(2 \times 0.6) + (3 \times 0.4)}$$

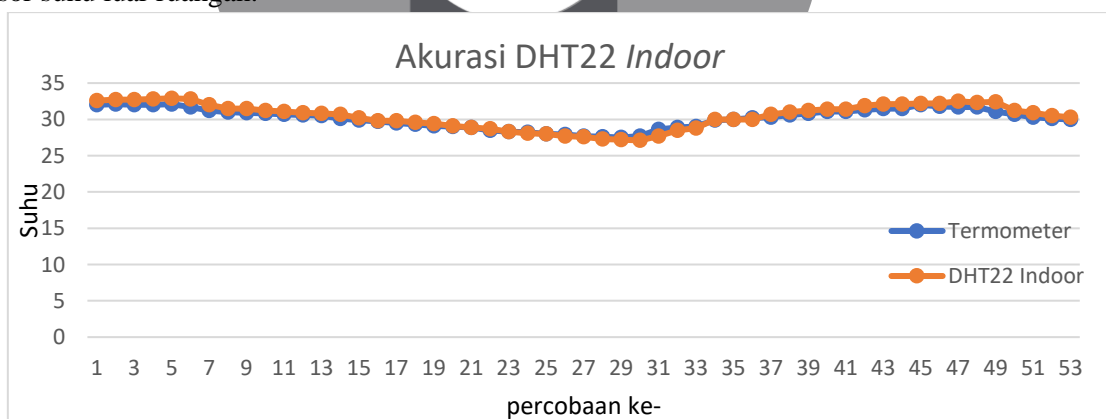
$$Z_0 = \frac{22.2 + 25.2}{1.2 + 1.2}$$

$$Z_0 = 19.8$$

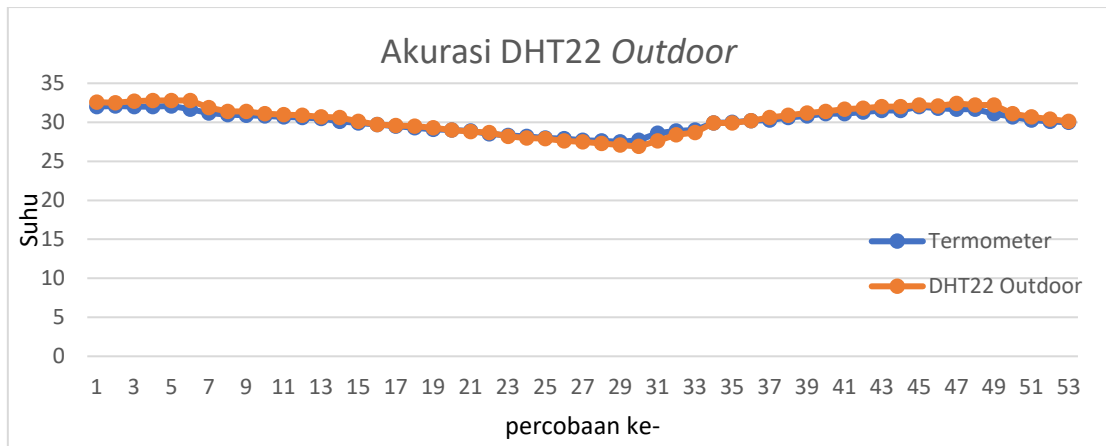
4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Akurasi Sensor DHT22

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai akurasi dua buah sensor DHT22 jika dibandingkan dengan alat ukur yang telah ada sebelumnya. Pengujian akurasi dua buah sensor DHT22 dilakukan pada tanggal 18 Juli 2021 sebanyak 53 kali dan dilakukan ditempat yang sama dengan pembanding yaitu termometer digital HTC-2 dari pembacaan sensor suhu dalam ruangan. Pada termometer digital HTC-2 terdapat dua buah sensor, yaitu sensor suhu dalam ruangan dan sensor suhu luar ruangan.



Gambar 9. Grafik Akurasi Sensor DHT22 Indoor



Gambar 10. Grafik Akurasi Sensor DHT22 Outdoor

Didapat nilai error untuk DHT22 pertama paling besar sebesar 1.3 dengan percent error sebesar 1.37% dan rata-rata akurasi sebesar 98.63%. Untuk nilai error DHT22 kedua paling besar adalah 1.1 dengan percent error sebesar 1.25% dan rata-rata akurasi sebesar 98.75%. Tingginya nilai akurasi pada kedua sensor didapat karena sensor sudah berbentuk modul.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Sistem yang dirancang dengan menggunakan algoritma *fuzzy* dapat menghasilkan suhu rekomendasi berdasarkan suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, luas ruangan, dan jumlah manusia.
2. Nilai akurasi dua buah sensor DHT22 didapatkan 98.63% dan 98.75% yang dibandingkan dengan termometer HTC-2.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dalam proses pembuatan sistem rekomendasi suhu pada AC sentral di dalam ruangan dengan algoritma *fuzzy*, penulis menyarankan untuk pengembangan selanjutnya, antara lain:

1. Dapat mengembangkan sistem ini langsung pada AC sentral.
2. Mengimplementasikan IoT pada sistem ini sehingga dapat dipantau diluar jaringan.

REFERENSI

- [1] S. Wirjohamidjojo and Y. Swarinoto, *IKLIM KAWASAN INDONESIA (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010.
- [2] H. I. Islam *et al.*, "Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (PIR)," *Pros. Semin. Nas. Fis.*, vol. V, pp. SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2016, doi: 10.21009/0305020123.
- [3] A. Y. Ardiansyah, R. Sarno, and O. Giandi, "Rain detection system for estimate weather level using Mamdani fuzzy inference system," *Int. Conf. Inf. Commun. Technol.*, pp. 848–854, 2018, doi: 10.1109/ICOIACT.2018.8350711.
- [4] M. D. Sebayang, "Perawatan Air Condisioner (AC) Sentral," *TEKINFO J. Penelit. Tek. dan Inform.*, vol. 1, pp. 9–24, 2019.
- [5] H. Sujannah, A. Munir, and H. Sawab, "Evaluasi Kenyamanan Termal Hana Cafe Darussalam, Banda Aceh," *J. Ilm. Mhs. Arsit. DAN Perenc.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–22, 2019.

- [6] M. S. Indraswara and H. I. Alghifary, "KAJIAN FAKTOR IKLIM TROPIS PADA PASAR TRADISIONAL," *MODUL*, vol. 19, no. 2, pp. 62–67, 2019.
- [7] S. Komariyah, R. M. Yunus, and S. F. Rodiansyah, "Logika Fuzzy Dalam Sistem Pengambilan Keputusan Penerimaan Beasiswa," *PROCEEDING STIMA 2.0*, pp. 61–68, 2016.
- [8] S. Basu, "Realization of Fuzzy Logic Temperature Controller," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 6, pp. 151–155, 2012.
- [9] Y. Vernando, Ernawati, and D. Andreswari, "IMPLEMENTASI SISTEM INFERENSI FUZZY DALAM MENENTUKAN TINGKAT KERAWANAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE (DBD) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAMDANI (Studi Kasus: Kota Bengkulu)," *Rekursif*, vol. 6, no. 2, pp. 91–99, 2018.
- [10] Yulia and A. Mardiah, "Fuzzy Logic Untuk Menentukan Kepuasan Siswa Terhadap Sarana dan Prasarana Sekolah Dengan Menggunakan Metode Sugeno," *J. Ilm. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–41, 2018.
- [11] B. Sutara and H. Kuswanto, "Analisa Perbandingan Fuzzy Logic Metode Tsukamoto, Sugeno, Mamdani Dalam Penentuan Keluarga Miskin," *Infotekmesin*, vol. 10, no. 2, pp. 38–49, 2019.
- [12] A. Marwanto and S. Alifah, "Control of Air Cooling System Based on Fuzzy Logic," *J. Telemat. Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 71–83, 2018, doi: 10.12928/jti.v6i1.

