

Perangkat Pengendali *Air Conditioner* Untuk Menghemat Konsumsi Listrik Menggunakan Algoritma *Fuzzy*

1st Rosaria Putri Mahardika

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rosariapm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Ary Murti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

arymurti@telkomuniversity.ac.id

3rd Azam Zamhuri Fuadi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—AC (*Air Conditioner*) merupakan alat untuk mendinginkan ruangan. Penggunaan AC saat ini banyak digunakan oleh masyarakat umum tanpa melihat status sosialnya. Namun penggunaan AC ini memakan banyak konsumsi. Banyak dari mereka yang lupa untuk mematikan AC saat sudah tidak digunakan. Penggunaan listrik yang tidak bijak ini akan mengakibatkan semakin menipisnya persediaan energi listrik. Pada penelitian ini dibuat “Perangkat Pengendali Beban Listrik AC Dengan Menggunakan Algoritma Fuzzy” dengan metode mamdani. Masukan fuzzy logic meliputi suhu set pengguna dan suhu luar ruangan yang akan menghasilkan output berupa suhu ruangan yang ideal. Tipe AC yang akan digunakan adalah AC split dan metode logika fuzzy yang digunakan adalah metode mamdani. Hasil dari penelitian ini yaitu peneliti melakukan uji coba konsumsi listrik AC dengan sistem fuzzy dan tanpa sistem fuzzy. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata konsumsi listrik AC sebelum diterapkan sistem fuzzy adalah 1,22kWh dan setelah diterapkan sistem fuzzy adalah 0,78kWh. Didapatkan penghematan sebesar 36,16%. Penghematan pada perangkat yang dibuat akan efektif jika perangkat bekerja pada daerah yang memiliki suhu tinggi. Perangkat yang dibuat diharapkan akan menjadi solusi untuk menghemat konsumsi daya pada AC.

Kata kunci— air conditioner, menghemat, fuzzy mamdani.

I. PENDAHULUAN

Secara umum pengertian dari *Air Conditioner* (AC) yaitu suatu rangkaian mesin yang memiliki fungsi sebagai pendingin udara yang berada di sekitar mesin pendingin tersebut[1]. Dahulu AC merupakan barang mewah yang hanya digunakan pada hotel, kantor, rumah sakit, atau kalangan berada, namun saat ini penggunaan AC sudah banyak digunakan oleh masyarakat umum tanpa melihat status sosialnya. Tidak dapat dipungkiri bahwa kebutuhan manusia akan AC semakin meningkat, khususnya dalam bidang industri, perkantoran, bahkan pada lingkup kecil seperti rumah tangga[2]. Hal ini juga dikarenakan Indonesia yang merupakan ne

gara yang memiliki iklim tropis[3]. Namun penggunaan AC ini memakan banyak konsumsi listrik yang membuat tagihan listrik di rumah meningkat. Ditambah lagi dengan kurangnya kesadaran pada masyarakat untuk menghemat listrik, sebagian dari mereka terkadang lupa untuk mematikan AC saat sudah tidak digunakan. Dalam laporan IEA (*International Energy Association*), AC akan mendominasi pertumbuhan kebutuhan listrik di Asia Tenggara hingga mencapai 35% pada 2050. Proyeksi tersebut didasarkan pada kebutuhan energi terhadap penyejuk udara secara global yang bisa naik tiga kali pada 2050[4]. Sektor rumah tangga dan

fasilitas komersial menggunakan 30% - 40% energi listrik dari total permintaan energi listrik di negara maju[5]. Penggunaan listrik yang tidak bijak tentu saja akan berdampak pada tingginya penggunaan listrik, hal ini juga mempengaruhi menipisnya persediaan energi listrik dikarenakan kebutuhan akan energi listrik lebih besar dari persediaan akan energi listrik[6]. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah alat untuk bisa menghemat konsumsi daya pada AC.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis akan membuat ‘Perangkat Pengendali *Air Conditioner* (AC) Untuk Menghemat Konsumsi Listrik Menggunakan Algoritma Fuzzy’ yang memiliki bentuk yang ergonomis dan menggunakan *rawData* pada program sehingga dapat diaplikasikan pada semua merk AC. Tujuan yang ingin dicapai adalah merancang dan membuat perangkat pengendali AC dengan algoritma fuzzy serta melakukan pengujian pada perangkat untuk mengetahui performansi dari perangkat pengendali AC dengan algoritma fuzzy.

II. KAJIAN TEORI

A. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Mazran Adhi Pradana[7]. Penelitian tersebut telah dirancang perangkat kendali konsumsi listrik AC dengan metode fuzzy Mamdani, namun penelitian tersebut dirasa kurang efektif karena masih dalam bentuk PCB modular sehingga memiliki banyak kabel jumper dan menggunakan library pada program sehingga hanya dapat diaplikasikan pada beberapa merk AC.

B. *Air Conditioner* (AC)

AC merupakan suatu alat atau mesin elektronik yang memiliki kegunaan mengatur suhu suatu ruangan, kelembapan serta kualitas udara di dalamnya[8]. Alat ini dapat digunakan sebagai pendingin atau pemanas ruangan. Namun di Indonesia digunakan sebagai pendingin ruangan karena iklim di Indonesia yang panas. Pada umumnya jenis AC yang digunakan dalam rumah tangga adalah AC split.

C. Fuzzy Logic

Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar atau salah[9]. Jika pada biner hanya ada logika 0 (salah) dan 1 (benar), fuzzy memiliki rentang antara 0 (salah) dan 1 (benar). Dalam perancangannya, fuzzy logic memiliki empat bagian tahapan utama yaitu :

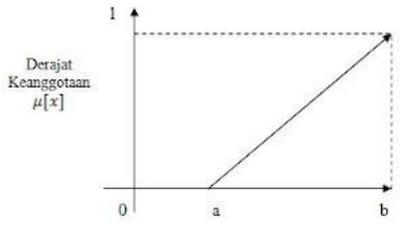
1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses untuk mengubah nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai *fuzzy* (variabel linguistik)[10]. Variabel linguistik merupakan variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata, bukan angka[11]. Ada beberapa cara yang bisa digunakan, yaitu :

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, penggambaran nilai input ke derajat keanggotaannya (*membership function*) digambar sebagai suatu garis lurus. Ada 2 keadaan *fuzzy* linear, yaitu :

- Representasi Linear Naik.

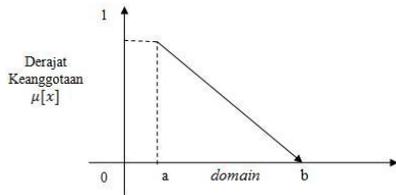


GAMBAR 1 (REPRESENTASI LINEAR NAIK)

Representasi linear naik dimulai dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan rendah ke derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Fungsi keanggotaan representasi linear naik :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad [2.1]$$

- Representasi Linear Turun

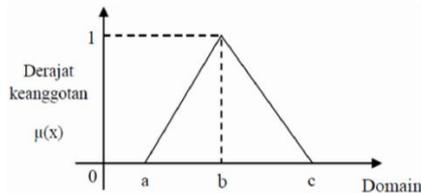


GAMBAR 2 (REPRESENTASI LINEAR TURUN)

Representasi linear turun dimulai dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan tinggi ke derajat keanggotaan yang lebih rendah. Fungsi keanggotaan representasi linear turun :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ (b - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad [2.2]$$

b. Representasi Kurva Segitiga

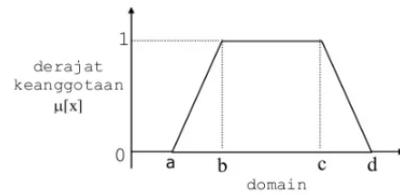


GAMBAR 3 (REPRESENTASI KURVA SEGITIGA)

Representasi kurva segitiga pada dasarnya adalah gabungan antara representasi linear naik dan representasi linear turun. Fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad [2.3]$$

c. Representasi Kurva Trapezium

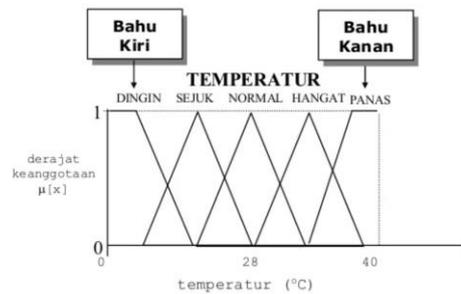


GAMBAR 4 (REPRESENTASI KURVA TRAPESIUM)

Representasi kurva trapesium memiliki bentuk yang menyerupai kurva segitiga, namun ada beberapa titik yang bernilai 1. Fungsi keanggotaan representasi kurva trapesium:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & x \geq c \end{cases} \quad [2.4]$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu



GAMBAR 5 (REPRESENTASI KURVA BENTUK BAHU)

Kurva bentuk bahu memiliki bentuk menyerupai kurva segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Representasi kurva bentuk bahu digunakan untuk mengakhiri variable suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari nilai *high* ke *low*, sebaliknya bahu kanan bergerak dari *low* ke *high*.

2. Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan Fuzzy

a. Operator AND

Hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad [2.5]$$

b. Operator OR

Hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad [2.6]$$

c. Operator NOT

Hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \quad [2.7]$$

3. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi didefinisikan sebagai proses perubahan besaran *fuzzy* hasil dari inferensi menjadi nilai tegas

(*crisp*)[11]. Pada beberapa metode untuk mendapatkan nilai tegas (*crisp*), yaitu[12] :

a. Metode *Centroid*

Metode ini menetapkan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat dari daerah *fuzzy*.

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, nilai *crisp* didapatkan dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan seperti dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c. Metode *Means of Maximum* (MOM)

Nilai *crisp* pada metode ini diperoleh dari mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Nilai *crisp* pada metode ini diperoleh dari mengambil nilai maksimum dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum

e. Metode *Smallest of Maksimum* (SOM)

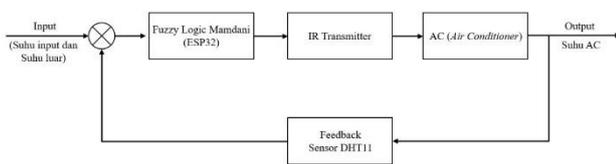
Pada metode ini, nilai *crisp* didapatkan dengan cara mengambil nilai minimum dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah jaringan fisik atau ‘*things*’ yang saling terhubung agar dapat menukarkan data antar *device* dan sistem lain menggunakan internet[13]. Terdapat tiga elemen utama dalam IoT yaitu *things*, konektivitas, dan *platform clouds*. Seluruh elemen ini akan terhubung dengan internet dan disimpan dalam bentuk dan volume data yang besar dan beragam[14]. Pada penelitian ini digunakan *platform* Antares untuk menyimpan data di *cloud*. Antares merupakan salah satu *platform* IoT milik PT Telkom Indonesia.

III. METODE

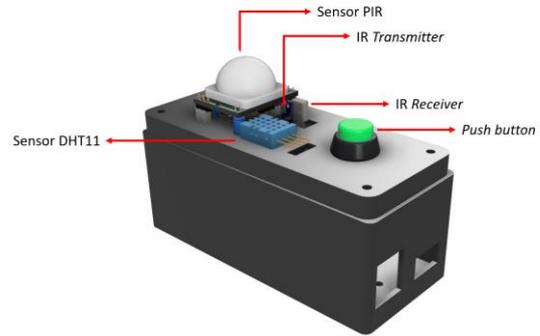
A. Diagram Blok



GAMBAR 6 (DIAGRAM BLOK SISTEM)

Diagram blok sistem ini menggunakan kontrol *loop* tertutup. *Input* dari diagram blok pada sistem ini berupa suhu set dari pengguna. Sistem kendali yang digunakan adalah *fuzzy logic* Mamdani yang diproses oleh ESP32. Hasil dari proses *fuzzy logic* Mamdani ini digunakan untuk mengatur suhu set pada AC (*Air Conditioner*) yang dikirim oleh IR transmitter ke *receiver* AC. Jika nilai dari sensor DHT11 tidak sama dengan suhu set dari pengguna, maka IR transmitter akan mengirim suhu hasil *fuzzy logic* untuk menghemat AC.

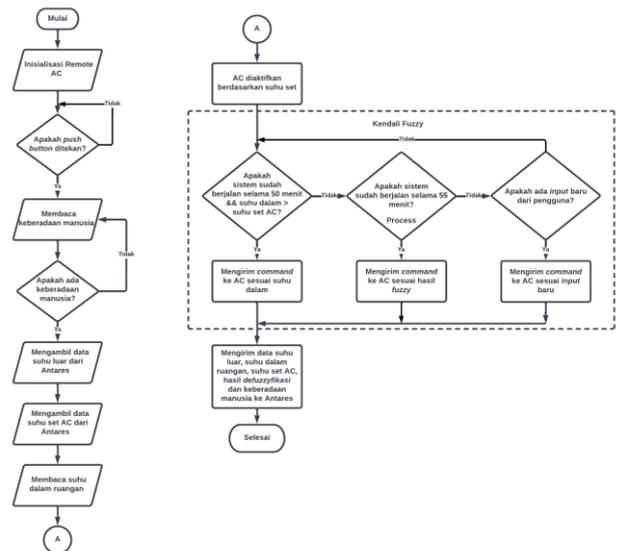
B. Desain Perangkat Keras



GAMBAR 7 (DESAIN PERANGKAT KERAS)

Pada Gambar 7 merupakan desain perangkat pada penelitian ini.

C. Diagram Alir



GAMBAR 8 (DIAGRAM ALIR SISTEM)

Pada Gambar 8 ditunjukkan diagram alir sistem. *Receiver* pada *remote* yang dibuat akan membaca *rawData remote* AC bawaan yang kemudian disimpan dalam program. Lalu sensor PIR akan membaca keberadaan manusia di dalam ruangan. Jika di dalam ruangan terdapat manusia maka perangkat akan mengambil data suhu luar dan mengambil data suhu set AC dari *platform* Antares. Lalu sistem membaca suhu dalam ruangan. Lalu perangkat akan membaca suhu set AC dan mengaktifkan AC sesuai suhu set yang didapatkan. Jika sistem telah berjalan selama 50 menit dan suhu dalam ruangan lebih besar dari suhu set AC maka perangkat akan mengirim suhu dalam sebagai suhu set AC ke AC. Jika sistem sudah berjalan selama 55 menit maka perangkat akan mengirim suhu set AC dengan nilai yang didapatkan dari hasil *defuzzifikasi*. Lalu sistem akan mengirim data suhu luar, suhu dalam ruangan, suhu set AC, hasil *defuzzifikasi* dan keberadaan manusia ke Antares.

D. Desain Aplikasi Pada *Smartphone*

Desain aplikasi *smartphone* yang digunakan menggunakan aplikasi MITApp yang memungkinkan pengguna untuk mendesain tampilan antarmuka dengan

pengguna sesuai keinginan. Aplikasi MITApp ini terhubung ke Antares. Aplikasi ini digunakan pengguna untuk memberi input suhu set AC dan memonitoring suhu dalam, suhu luar, dan keberadaan orang di dalam ruangan.



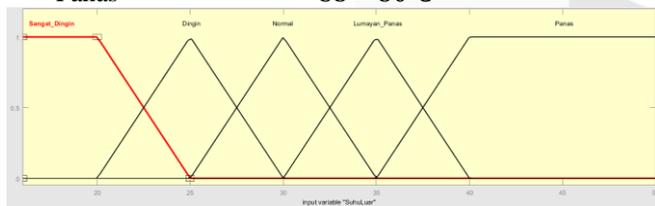
GAMBAR 9 (TAMPILAN APLIKASI ANDROID)

E. Perancangan Fuzzy

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap awal dalam logika fuzzy. Pada sistem ini, terdapat 2 input fuzzy, yaitu : suhu luar ruangan dan suhu set pengguna. Berikut domain suhu luar ruangan :

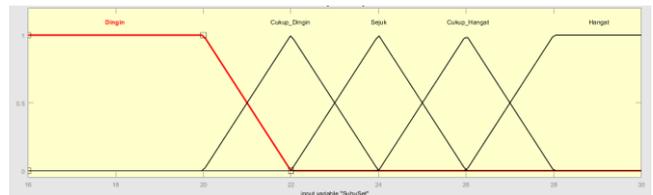
- Sangat Dingin = 15 – 25°C
- Dingin = 20 – 30°C
- Normal = 25 – 35°C
- Lumayan Panas = 30 – 40°C
- Panas = 35 – 50°C



GAMBAR 10 (FUNGSI KEANGGOTAAN SUHU UDARA LUAR RUANGAN)

Suhu set pengguna merupakan suhu yang diberikan oleh pengguna melalui gawai android ataupun IoS untuk menentukan suhu yang diinginkan. Rentang suhu input yaitu 16 – 30°C karena pada AC hanya bisa menginputkan 16 – 30°C. Berikut domain suhu set pengguna :

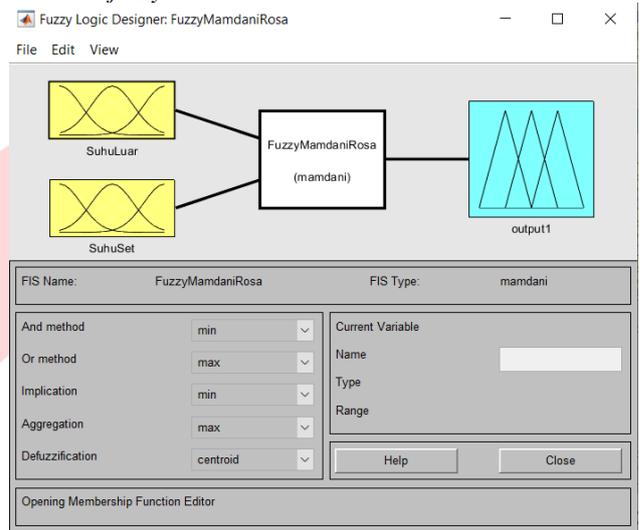
- Sangat Dingin = 16 – 22°C
- Dingin = 20 – 24°C
- Normal = 22 – 26°C
- Lumayan Panas = 24 – 28°C
- Panas = 26 – 30°C



GAMBAR 11 (FUNGSI KEANGGOTAAN SUHU SET PENGGUNA)

2. Inferensi Fuzzy

Pada penelitian ini akan dibuat fuzzy logic dengan metode mamdani yang menggunakan aplikasi Matlab. Berikut sistem inferensi fuzzy :



GAMBAR 12 (SISTEM INFERENSI FUZZY DENGAN MATLAB)

3. Aturan dasar

Aturan dasar dalam sistem fuzzy logic merupakan aturan implikasi dalam bentuk “if ... then ...”. Aturan dasar tersebut ditentukan oleh penalaran manusia. Kumpulan aturan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

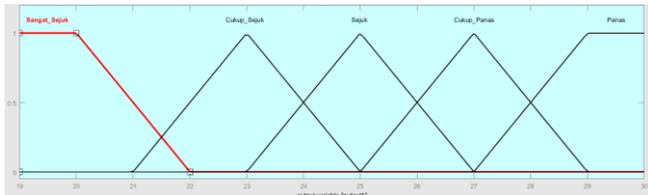
TABEL 1 (RULES FUZZY LOGIC)

No.	Suhu Luar	Suhu Input Pengguna	Suhu Hasil Fuzzy
1	Sangat Dingin	Dingin	Sangat Dingin
2	Dingin	Dingin	Dingin
3	Normal	Dingin	Normal
4	Lumayan Panas	Dingin	Lumayan Panas
5	Panas	Dingin	Panas
6	Sangat Dingin	Cukup Dingin	Dingin
7	Dingin	Cukup Dingin	Normal
8	Normal	Cukup Dingin	Lumayan Panas
9	Lumayan Panas	Cukup Dingin	Lumayan Panas
10	Panas	Cukup Dingin	Panas
11	Sangat Dingin	Sejuk	Normal
12	Dingin	Sejuk	Lumayan Panas
13	Normal	Sejuk	Lumayan Panas
14	Lumayan Panas	Sejuk	Panas
15	Panas	Sejuk	Panas
16	Sangat Dingin	Cukup Hangat	Lumayan Panas
17	Dingin	Cukup Hangat	Lumayan Panas
18	Normal	Cukup Hangat	Lumayan Panas
19	Lumayan Panas	Cukup Hangat	Panas
20	Panas	Cukup Hangat	Panas
21	Sangat Dingin	Hangat	Panas
22	Dingin	Hangat	Panas
23	Normal	Hangat	Panas
24	Lumayan Panas	Hangat	Panas
25	Panas	Hangat	Panas

4. Defuzzifikasi

Metode *defuzzyfikasi* yang digunakan pada sistem ini merupakan metode *centeroid* Hasil dari *defuzzyfikasi* memiliki rentang suhu 19 – 30°C. Berikut adalah fungsi keanggotaan *output* dari sistem inferensi *fuzzy* :

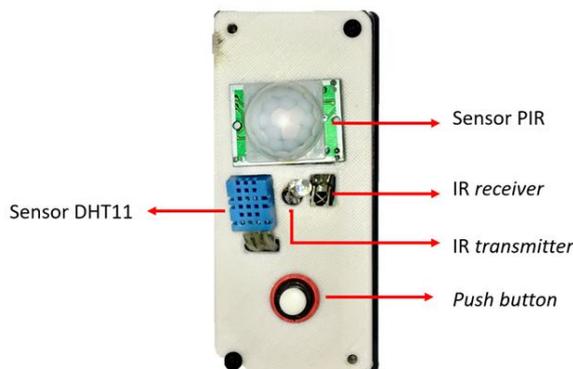
- Sangat Dingin = 19 – 22 °C
- Dingin = 21 – 25 °C
- Normal = 23 – 27 °C
- Lumayan Panas = 25 – 29 °C
- Panas = 27 – 30 °C



GAMBAR 13 (FUNGSI KEANGGOTAAN OUTPUT DARI SISTEM)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Akhir Alat



GAMBAR 14 (HASIL AKHIR ALAT)



GAMBAR 15 (SENSOR SUHU LUAR RUANGAN)

Pada Gambar 14 menunjukkan hasil akhir alat yang telah dirancang sebelumnya. Pada penelitian ini perangkat *remote* AC dengan kendali *fuzzy* diletakkan dengan jarak 3,5m dari AC. Sensor suhu luar ruangan pada Gambar 15 diletakkan di luar jendela.

B. Pengujian Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan program *fuzzy*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil *defuzzyfikasi* dari program dan hasil *defuzzyfikasi* dari *software* Matlab sebagai acuan. Pada Tabel

2 merupakan perbandingan hasil pengujian *fuzzy* dengan Matlab dan *fuzzy* dengan program.

TABEL 2 (PENGUJIAN FUZZY)

Suhu Luar	Suhu Set AC	Hasil Fuzzy Matlab	Hasil Fuzzy Program
20	20	20.1	20.91
21	20	20.9	20.98
22	20	21.5	21.2
23	20	22	21.56
24	20	22.4	22.07
25	20	23	22.73
26	20	23.5	22.8
27	20	23.8	23.02
28	20	24.2	23.38
29	20	24.5	23.89
30	20	25	24.55
Rata-rata		22,81	22,46

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan rata-rata hasil *fuzzy* dengan Matlab adalah 22,81 dan hasil *fuzzy* dengan program adalah 22,46. Untuk mengetahui akurasi dari program *fuzzy* digunakan rumus sebagai berikut :

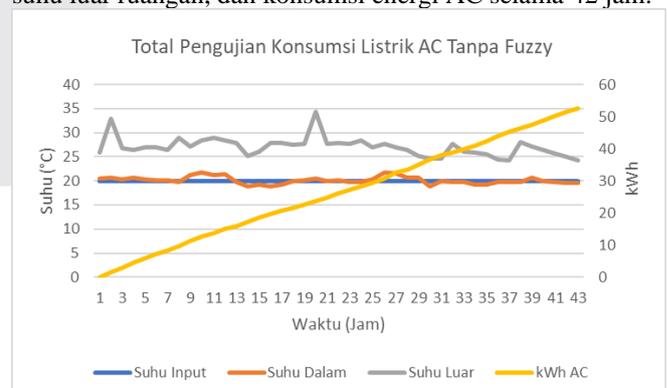
$$\text{Percent Error (\%)} = \left(\frac{(\text{Nilai fuzzy} - \text{Nilai acuan})}{\text{Nilai acuan}} \right) \times 100 \quad [4.1]$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Percent Error} \quad [4.2]$$

Didapatkan *percent error* pada program *fuzzy* yang digunakan sebesar 1,52% sehingga nilai akurasi yang didapatkan adalah 98,48%.

C. Pengujian Konsumsi Listrik AC Sebelum Diterapkan Sistem Fuzzy

Pengujian konsumsi listrik AC sebelum diterapkan sistem *fuzzy* dilakukan untuk mengetahui besar konsumsi energi AC sebelum diterapkan sistem *fuzzy*. Pengujian ini dibagi menjadi menjadi pengujian pagi dan pengujian malam. Pengujian dilakukan dengan cara mengatur set suhu AC menjadi 20°C, lalu penulis mengamati suhu dalam ruangan, suhu luar ruangan, dan konsumsi energi AC selama 42 jam.

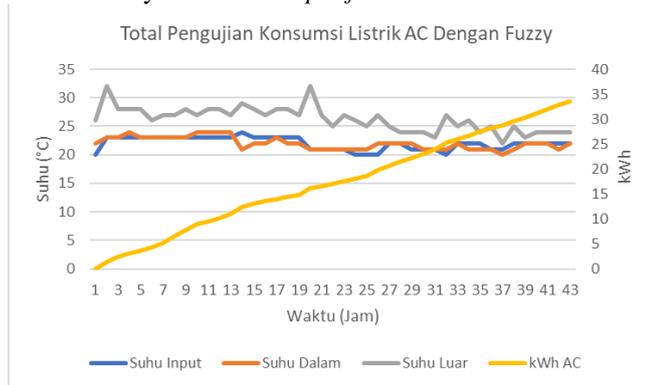


GAMBAR 16 (TOTAL PENGUJIAN KONSUMSI LISTRIK AC TANPA FUZZY)

D. Pengujian Konsumsi Listrik AC Setelah Diterapkan Sistem Fuzzy

Pengujian daya AC setelah diterapkan sistem *fuzzy* dilakukan untuk mengetahui penghematan daya AC setelah

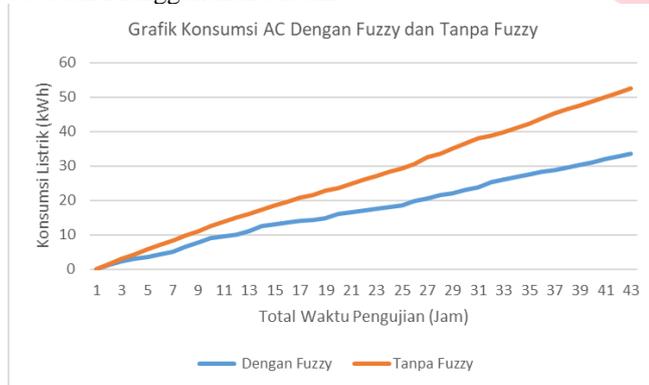
menggunakan sistem *fuzzy*. Pengujian dibagi menjadi pengujian pagi dan pengujian malam. Pengujian dilakukan dengan cara mengatur suhu set AC menjadi 20°C, lalu penulis mengamati suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, dan konsumsi daya AC melalui *platform* Antares.



GAMBAR 17

(TOTAL PENGUJIAN KONSUMSI LISTRIK AC DENGAN FUZZY)

E. Perbandingan Konsumsi Listrik AC Sebelum dan Sesudah Menggunakan Sistem



GAMBAR 18

(PERBANDINGAN KONSUMSI LISTRIK AC TANPA FUZZY DAN DENGAN FUZZY)

Dari pengujian selama 42 jam yang telah dilakukan didapatkan hasil konsumsi listrik AC tanpa *fuzzy* adalah 52,63kWh dan konsumsi listrik AC dengan *fuzzy* adalah 33,6kWh. Didapatkan rata-rata konsumsi listrik AC tanpa *fuzzy* adalah 1,22kWh dan rata-rata konsumsi listrik AC dengan *fuzzy* adalah 0,78kWh. Maka penghematan yang dapat dilakukan dalam penelitian ini adalah 36,16%. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem penghematan konsumsi listrik AC dengan *fuzzy* akan bekerja secara efektif jika suhu luar tinggi. Sehingga disarankan sistem ini diterapkan di daerah yang memiliki suhu tinggi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat yang dirancang dapat mampu berkomunikasi dengan *platform* IoT.
2. Alat yang dirancang dapat digunakan untuk semua merk AC.
3. Alat yang dirancang dapat menghemat konsumsi listrik AC hingga 36,16%.

REFERENSI

- [1] M. Nasution, A. Nasution, and M. M. Putra, "Analisa Kinerja Air Conditioner (Ac) Terhadap Perubahan Tekanan Dan Kecepatan Putaran Kompresor Pada," *J. Ilm. Tek. Mesin Fak. Tek. UISU*, vol. 4, no. 2, pp. 59–63, 2020.
- [2] T. Elektro, F. Teknik, and L. Fuzzy, "Aplikasi Fuzzy Logic Untuk Pengendalian Motor Compressor Pada Air Conditioner Berbasis Atmega8535," no. logika 1, pp. 1–5, 2016.
- [3] A. Welianto, "Keunggulan Iklim di Indonesia," *Kompas.com*, 2020. <https://www.kompas.com/skola/read/2020/07/02/10000969/keunggulan-iklim-di-indonesia> (accessed Oct. 15, 2021).
- [4] K. H. Iskana, Febrina Ratna, "Pendingin udara akan jadi biang utama kenaikan kebutuhan listrik," *industri.kontan.co.id*, 2018. <https://industri.kontan.co.id/news/pendingin-udara-akan-jadi-biang-utama-kenaikan-kebutuhan-listrik> (accessed Nov. 02, 2021).
- [5] A. Z. Fuadi, I. N. Haq, and E. Leksono, "Support Vector Machine to Predict Electricity Consumption in the Energy Management Laboratory," *RESTI J.*, vol. 5, no. 3, p. 466, 2021.
- [6] R. Fitriani, R. Wati, P. Hanifah, and M. Misriyanti, "Kampanye Hemat Listrik Terhadap Efisiensi Energi Pada Ibu Rumah Tangga Yang Bekerja," *Psikostudia J. Psikol.*, vol. 7, no. 2, p. 71, 2019, doi: 10.30872/psikostudia.v7i2.2407.
- [7] Mazran Adhi Pradana, "RANCANG BANGUN PENGONTROLAN AC (AIR CONDITIONER) DENGAN ALGORITMA FUZZY UNTUK PENGHEMATAN ENERGI DESIGN AND CONTROL OF AC (AIR CONDITIONER) WITH FUZZY ALGORITHM FOR ENERGY SAVING RANCANG BANGUN PENGONTROLAN AC (AIR CONDITIONER) DENGAN ALGORITMA FUZZ," 2021.
- [8] A. Benerin, "Apa Itu Air Conditioner? Kenali Fungsi, dan Keuntungan Menggunakannya!," *abangbenerin.com*, 2021. <https://www.abangbenerin.com/blog/apa-itu-air-conditioner-kenali-fungsi-dan-keuntungan-menggunakannya/>
- [9] Syafnidawaty, "LOGIKA FUZZY," *raharja.ac.id*, 2020. <https://raharja.ac.id/2020/04/06/logika-fuzzy/> (accessed Nov. 28, 2021).
- [10] N. M. G. A. Pramesti, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Air Conditioner Dengan Fuzzy Logic," *J. IT*, vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2016.
- [11] Irmatrianjaswati-fst11, "Pengertian Fuzzy Logic dan variabel linguistik," *Irmatrianjaswati-fst11.web.unair.ac.id*, 2013. http://irmatrianjaswati-fst11.web.unair.ac.id/artikel_detail-83661-Logika-Fuzzy-Pengertian-Fuzzy-Logic-dan-variabel-linguistik.html (accessed Jan. 01, 2022).
- [12] A. G. SALMAN, "Pemodelan Dasar Sistem Fuzzy," *socs.binus.ac.id*. <https://socs.binus.ac.id/2012/03/02/pemodelan-dasar-sistem-fuzzy/>
- [13] Ibnuismail, "Internet of Things (IoT): Pengertian dan Beberapa Industri yang Bisa Menggunakannya,"

accurate.id, 2021.
<https://accurate.id/teknologi/internet-of-things/>
[14] M. V. Overbeek, "Internet of Things (IoT) dalam

Bidang Informatika," *umn.ac.id*.
<https://www.umn.ac.id/internet-things-iot-dalam-bidang-informatika/>

