

TUGAS AKHIR

**SIMULASI KENDALI AIR CONDITIONER MENGGUNAKAN
FUZZY LOGIC BERBASIS MATLAB PADA
MASJID AL IKHLAS LABUHAN DELI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

RIZKY AL HADI

1907220076



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

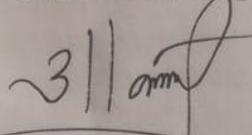
Nama : Rizky Al Hadi
NPM : 1907220076
Program studi : Teknik/Teknik Elektro
Judul tugas akhir : “Simulasi Kendali *Air Conditioner* Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis Matlab Pada Masjid Al Ikhlas Labuhan Deli”
Bidang ilmu : Sistem kendali/kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik elektro, fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 04 Maret 2024

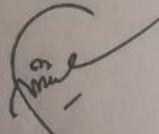
Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing



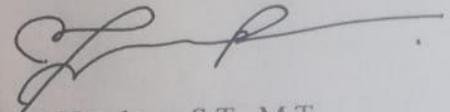
Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc.

Dosen Pembanding 1



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

Dosen Pembanding 2



Partaonan Harahap, S.T., M.T.



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Al Hadi

Tempat/tanggal lahir : Helvetia, 11 Oktober 2001

NPM : 1907220076

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“Simulasi Kendali *Air Conditioner* Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis Matlab Pada Masjid Al Ikhlas Labuhan Deli”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila di kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi teknik elektro, fakultas teknik, universitas sumatera utara.

Medan, 04 Maret 2024



ang menyatakan

Rizky Al Hadi

ABSTRAK

Aktivitas masyarakat di kota besar baik di perkantoran, tempat tinggal maupun tempat ibadah zaman sekarang hampir tidak lepas dari kehadiran alat pendingin udara yang sering kita kenal sebagai Air Conditioner (AC). Seiring berkembangnya pemakaian AC dikalangan masyarakat terutama penggunaan AC di tempat ibadah terkhususnya bagi umat muslim terkadang dikala beribadah didapati suhu AC yang terlalu dingin untuk jama'ah yang sedikit atau suhu yang lumayan panas sedangkan jama'ah banyak sehingga tidak dapat dipungkiri akan mengganggu kekhusyukan beribadah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *fuzzy logic* yang tersedia di aplikasi matlab sebagai Artificial Intelegent (AI) penentu keputusan akan suhu keluaran AC. Dalam penelitian ini digunakan metode kalkulasi dan simulasi *fuzzy* yang menggunakan dua *input* yaitu "Suhu Ruangan" dan "Jumlah Jama'ah" untuk menentukan nilai besarnya variabel *output* "Suhu Keluaran AC". Nilai variabel *input* didapat dengan melakukan kalkulasi nilai rata – rata dari pengambilan data pelaksanaan ibadah sholat lima (5) waktu pada masjid al ikhlas labuhan deli pada tanggal 03, 11 dan 18 february serta 03, 10 dan 11 maret 2024. Kesimpulan dari hasil penelitian ini yakni pertama, nilai *output* "Suhu Keluaran AC" berdasarkan kalkulasi *input* "Suhu Ruangan" dan "Jumlah Jama'ah" adalah 22,44°C. Kedua, nilai *output* berdasarkan simulasi adalah 22,6°C. Berdasarkan kalkulasi dan simulasi tersebut, didapati persentase error yang terjadi adalah 0,007%. Artinya, penggunaan metode *fuzzy logic* yang peneliti gunakan dianggap valid.

Kata Kunci: Fuzzy, Matlab, Suhu, Masjid

ABSTRACT

The activities of people in big cities both in offices, residences and places of worship today are almost inseparable from the presence of air conditioning equipment that we often know as Air Conditioner (AC). Along with the development of the use of air conditioners among the community, especially the use of air conditioners in places of worship, especially for Muslims, sometimes when worshipping, the AC temperature is found to be too cold for a small congregation or a fairly hot temperature while there are many congregations so that it cannot be denied that it will disturb the solemnity of worship. To overcome these problems, namely by using fuzzy logic available in the matlab application as an Artificial Intelligence (AI) decision maker for the AC output temperature. In this study, a fuzzy calculation and simulation method is used which uses two inputs, namely "Room Temperature" and "Number of Jama'ah" to determine the value of the output variable "AC Output Temperature". The value of the input variable is obtained by calculating the average value from taking data on the implementation of the five (5) time prayer service at the Al Ikhlas Labuhan deli mosque on February 03, 11 and 18 also 03, 10 and 11 march, 2024. The conclusion of the results of this study is first, the output value of "AC Output Temperature" based on the calculation of the inputs "Room Temperature" and "Number of Jama'ah" is 22,44°C. Second, the output value based on simulation is 22,6°C. Based on these calculations and simulations, the percentage error that occurs is 0,007%. This means that the use of fuzzy logic methods that researchers use is considered valid.

Keywords: Fuzzy, Matlab, Temperature, Mosque

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan peneliti dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Simulasi Kendali *Air Conditioner* Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis Matlab Pada Masjid Al Ikhlas Labuhan Deli” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu peneliti menghaturkan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Ayahanda tercinta Sofyan Hadi, Ibunda tercinta Sri Astuti, Kakek Kusmayadi dan Nenek Budiati terkasih, Adinda tersayang Aulia Agustin, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal M. Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Wakil III Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Dr. Muhammad Fitra Zambak, M. Sc., selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Nona Widya Nurhasanah, sebagai kekasih sekaligus pemberi semangat dan motivasi selama proses penulisan Tugas Akhir berlangsung.
10. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Stambuk 2019 khususnya kelas B1 Pagi yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada peneliti dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh staff Tata Usaha di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Peneliti menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada peneliti menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Akhir kata peneliti mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi terkhususnya peneliti pribadi dan kita semua. Semoga Allah SWT selalu meridhoi atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amiin ya rabbal alamin.

Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 04 Maret 2024

RIZKY AL HADI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 <i>Fuzzy Logic</i>	6
2.2.1 Metode <i>Fuzzy Logic</i>	6
2.2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i>	7
2.2.3 Fungsi Keanggotaan	9
2.2.4 Operasi Dasar Zadeh.....	14
2.2.5 Fungsi Implikasi	15
2.2.6 Sistem Berbasis Aturan <i>Fuzzy</i>	16
2.2.7 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	17
2.3 Sistem Tata Udara atau <i>Air Conditioner (AC)</i>	20
2.3.1 Jenis – jenis <i>Air Conditioner (AC)</i>	20
2.3.2 Komponen <i>Air Conditioner</i>	22
2.3.2 Cara menghitung kebutuhan AC ruangan.....	24
2.4 Suhu.....	25
2.4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Suhu.....	25
2.4.2 Alat Pengukur Suhu	26

2.4.3 Skala Pengukuran Suhu	28
2.4.4 Referensi Suhu Efektif.....	29
2.5 Matrix Laboratory (Matlab)	31
2.5.1 <i>Fuzzy Logic</i> Toolbox	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.1.1 Tempat Penelitian	37
3.1.2 Waktu Penelitian.....	37
3.2 Alat Penelitian	38
3.3 Prosedur Penelitian.....	38
3.3.1 Metode Pengumpulan Data.....	38
3.3.2 Metode Pengolahan Data	39
3.4 Bagan Alir Penelitian	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Analisa Data	41
4.1.1 Tahap Pembentukan Himpunan.....	43
4.1.2 Tahap Fuzzifikasi.....	49
4.1.3 Tahap Pembuatan <i>Fuzzy Rule</i>	50
4.1.4 Tahap Defuzzifikasi.....	54
4.2 Simulasi Menggunakan Matlab.....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva linier naik.....	10
Gambar 2. 2 Kurva liner turun	10
Gambar 2. 3 Kurva segitiga	11
Gambar 2. 4 Kurva trapesium	12
Gambar 2. 5 Kurva-S pertumbuhan	13
Gambar 2. 6 Kurva-S Penyhusutan.....	13
Gambar 2. 7 Kurva-S	14
Gambar 2.8 Tahapan Sistem Berbasis Aturan Fuzzy.....	16
Gambar 2. 9 AC Window.....	21
Gambar 2. 10 AC Split wall.....	21
Gambar 2. 11 <i>Graphical User Interface Fuzzy Logic Toolbox</i>	33
Gambar 2. 12 Tampilan <i>Fuzzy Inference System (FIS) Editor</i>	34
Gambar 2. 13 Tampilan <i>Membership Function Editor</i>	34
Gambar 2. 14 Tampilan <i>Rule Editor</i>	35
Gambar 2. 15 Tampilan <i>Rule Viewer</i>	35
Gambar 2. 16 Tampilan <i>Surface Viewer</i>	36
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 4. 1 Sketsa ruangan masjid.....	41
Gambar 4. 2 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	44
Gambar 4. 3 Kurva Suhu Ruangan	45
Gambar 4. 4 Kurva Jumlah Jama'ah	46
Gambar 4. 5 Suhu Keluaran AC	48
Gambar 4. 6 Pembuatan <i>Fuzzy Rule</i>	51
Gambar 4. 7 Tampilan Konfigurasi Fuzzy.....	55
Gambar 4. 8 Tampilan Hasil <i>Rule Viewer</i>	56
Gambar 4. 9 Tampilan <i>Surface</i> Suhu Ruangan Terhadap Suhu Keluaran AC	57
Gambar 4. 10 Tampilan <i>Surface</i> Jumlah Jama'ah Terhadap Suhu Keluaran AC..	58
Gambar 4. 11 Tampilan <i>Surface</i> Keseluruhan	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi Suhu	30
Tabel 3. 1 Tabel jadwal penelitian	37
Tabel 4. 1 Data Ruangan Masjid.....	41
Tabel 4. 2 Tabel Data Penelitian	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Aktivitas masyarakat di kota besar baik di perkantoran, tempat tinggal maupun tempat ibadah zaman sekarang hampir tidak lepas dari kehadiran alat pendingin udara yang sering kita kenal sebagai Air Conditioner (AC). Pendingin ruangan digunakan untuk membuat temperatur udara di dalam suatu ruangan menjadi nyaman karena kemampuan alat tersebut yang mampu mengubah temperatur udara dan kelembaban sesuai yang kita kehendaki [7] AC bekerja dengan menyerap udara dari bagian indoor (Condensor) dan melepaskan udara di bagian outdoor (Evaporator), Setelah melewati evaporator udara yang panas akan diserap oleh bahan pendingin dan udara dingin yang kita rasakan adalah sirkulasi udara dari Blower Outdoor sampai Blower indoor. sehingga udara indoor yang telah dihasilkan akan berangsur-angsur berkonverter sehingga dapat membuat ruangan menjadi suhu yang dingin [5]. Cara kerja Air Conditioner yaitu kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida(refrigerant), jadi refrigerant yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan di kondensor. Di bagian kondensor ini refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigerant fase uap menjadi refrigerant fase cair, maka refrigerant mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigerant [8].

Pendingin ruangan yang beredar khususnya di pasar Indonesia memiliki kapasitas yang berbeda-beda mulai dari $\frac{1}{2}$ PK, $\frac{3}{4}$ PK, 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, 2,5 PK, 3 PK dan 5 PK. PK adalah singkatan dari Paarde Kracht yaitu satuan yang digunakan untuk menunjukkan besar kapasitas AC dimana 1 PK setara dengan dengan 735,5 WH [18]

Seiring berkembangnya pemakaian AC dikalangan masyarakat terutama penggunaan AC di tempat ibadah terkhususnya bagi umat muslim terkadang dikala beribadah didapati suhu AC yang terlalu dingin untuk jama'ah yang sedikit atau suhu yang lumayan panas sedangkan jama'ah banyak sehingga tidak dapat dipungkiri akan mengganggu kekhusyukan beribadah. Dewasa ini perkembangan teknologi yang pesat dalam berbagai bidang membuat peneliti mendapati salah satu

metode untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan inferensi fuzzy sebagai Artificial Intelligence (AI) penentu keputusan akan suhu keluaran AC yang tepat dalam berbagai keadaan tak biner [12].

Inferensi fuzzy atau sering disebut *fuzzy logic* dapat digunakan pada benda yang bekerja dalam suatu sistem otomatis, misalnya pada AC dapat mengatur suhu keluaran AC sesuai dengan suhu dalam ruangan dan jumlah orang didalam ruangan, Sebelumnya penerapan *fuzzy logic* pada pendingin ruangan pernah dilakukan oleh Kartika Diah dan Zulfa Noviardi (2010), dalam penelitiannya yang menggunakan besar ruangan, jumlah orang, jumlah AC dan spesifikasi AC sebagai variabel penentu suhu optimal pada ruangan. Dalam hal ini peneliti tertarik untuk melakukan perancangan dengan metode yang sama namun menggunakan variabel yang berbeda yaitu suhu dalam ruangan dan jumlah jama'ah untuk menentukan suhu keluaran AC yang optimal pada pendingin ruangan masjid Al Ikhlas.

Maka dari itu peneliti mengangkat judul “Simulasi Kendali *Air Conditioner* Menggunakan *Fuzzy Logic* Berbasis Matlab Pada Masjid Al Ikhlas Labuhan Deli”. Penelitian ditujukan agar jama'ah masjid Al Ikhlas dapat beribadah dengan lebih khusyuk dan nyaman.

1.2.Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kalkulasi menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata dengan *fuzzy logic*?
2. Bagaimana melakukan simulasi menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata di aplikasi matlab pada masjid al ikhlas labuhan deli menggunakan *fuzzy logic*?

1.3.Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Membuat kalkulasi menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata dengan *fuzzy logic*.

2. Melakukan simulasi menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata di aplikasi matlab pada masjid al ikhlas labuhan deli menggunakan *fuzzy logic*.

1.4.Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka ruang lingkup yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Kalkulasi suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah ibadah sholat fardhu rata – rata di masjid al-ikhlas dengan menggunakan prinsip *fuzzy logic*.
2. Simulasi menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah ibadah sholat fardhu rata – rata di masjid al-ikhlas menggunakan *fuzzy logic* di aplikasi matlab.

1.5.Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin di capai adalah:

1. Sebagai bahan rujukan bagi mahasiswa untuk meningkatkan ilmu pengetahuan tentang pengendalian air conditioner menggunakan *fuzzy logic* berbasis matlab.
2. Sebagai salah satu referensi apabila kedepannya penelitian akan direalisasikan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dengan tujuan mendukung penelitian ini, berikut dikemukakan beberapa tinjauan dari hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini seperti penelitian yang dilakukan Ardianto Pranata dan Azanuddin [15]. Dalam jurnalnya yang berjudul “Implementasi *Fuzzy Logic* Pada Sistem Pendingin Ruangan Otomatis Berbasis Programable Logic Control (PLC)” dengan menggunakan dua variabel yaitu suhu dan kondisi orang dalam ruangan sebagai input untuk menentukan kecepatan pemutaran kipas. Mereka membagi fungsi keanggotaan variabel suhu menjadi dingin, hangat dan panas. Variabel kondisi orang menjadi sunyi, sedang dan ramai. Sedangkan, untuk keluaran kecepatan pemutaran kipas menjadi slow, medium dan fast. Pengujian dilakukan dengan input suhu dalam kondisi dingin atau hangat sedangkan kondisi orang sedang atau hangat dan mendapat hasil pemutaran kipas medium.

Tinjauan pustaka relevan selanjutnya datang dari penelitian Muchtar dan Rijal [13] dalam jurnalnya yang berjudul “*Fuzzy Logic* Pada Sistem Pendingin Ruangan Berbasis Raspberry” dengan menggunakan sensor ultrasonic sebagai penghitung jumlah orang, sensor temperatur ds18b20 sebagai pendeteksi temperatur dalam ruangan, raspberry pi sebagai sistem controler dan kipas sebagai output. Mereka membagi fungsi keanggotaan temperatur menjadi dingin, sejuk, normal, hangat dan panas. Keanggotaan jumlah manusia menjadi sangat sedikit, sedikit, sedang, banyak dan sangat banyak sedangkan keanggotaan kecepatan putaran kipas menjadi sangat lambat, lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Hasil dari pengujian didapatkan hasil fuzzifikasi 1-5 orang (sangat sedikit), 6-10 orang (sedikit), 11-20 orang (sedang), 20-30 orang (banyak), dan 30-40 orang (sangat banyak). Setelah itu maka akan membaca temperatur ruangan pada evaluasi rules untuk menstabilkan temperatur ruangan kemudian defuzzifikasi untuk mengatur kecepatan kipas sesuai jumlah orang yang masuk pada ruangan tersebut dari parameter sangat lambat kecepatan kipas sampai sangat cepat.

Kartina dan Zulfa [7] dalam jurnalnya yang berjudul “Penerapan Inferensi *Fuzzy* Untuk Kendali Suhu Ruang Pada Pendingin Ruang (AC)” menggunakan besar ruangan, jumlah orang, jumlah AC dan spesifikasi AC sebagai input untuk menentukan suhu keluaran AC. Mereka membagi fungsi keanggotaan besar ruangan menjadi dibawah 30 m² sebagai kecil, 30 – 70 m² sebagai sedang dan lebih dari 50 m² sebagai besar. Jumlah orang dalam ruangan menjadi dibawah 25 orang sebagai sedikit, 20-50 orang sebagai sedang dan lebih dari 50 orang sebagai banyak. Jumlah AC dibawah 5 sebagai sedikit, 3-9 sebagai sedang dan lebih dari 6 sebagai banyak. Sedangkan spesifikasi AC dibawah 5 pk sebagai kecil, 3-9 pk sebagai sedang dan diatas 6 pk sebagai tinggi. Dalam percobaan yang dilakukan dengan besar ruangan 50 m², jumlah orang 30, jumlah AC 3 dan spesifikasi AC 1 pk dapat dinyatakan suhu optimal dalam ruangan adalah 18°C.

Galih [14] dalam skripsinya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengendali Air Conditioner Dengan *Fuzzy Logic*” menggunakan suhu luar ruangan, suhu dalam ruangan, dan banyak orang sebagai input untuk menentukan suhu keluaran AC. Dengan membagi fungsi keanggotaan suhu luar ruangan menjadi 15-25°C sebagai sejuk, 20-30°C sebagai normal dan 25-35°C sebagai hangat. Keanggotaan suhu dalam ruangan menjadi 0-20°C sebagai dingin, 15-25°C sebagai sejuk, 20-30°C sebagai normal, 25-35°C sebagai hangat dan 30-40°C sebagai panas. Keanggotaan jumlah orang 0-30 orang sebagai sedikit, 15-45 orang sebagai sedang, dan 30-55 orang sebagai banyak. Sedangkan keanggotaan suhu keluaran AC 11-17°C sebagai dingin, 15-19°C sebagai cukup dingin, 17-21°C sebagai sejuk, 19-23°C sebagai cukup sejuk, dan 21-25°C sebagai normal. Dari penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode *fuzzy logic* maka di dapat variabel jumlah orang, jumlah AC, luas ruangan, dan spesifikasi AC untuk mengoptimalkan suhu AC juga sistem yang dirancang dan disimulasikan lebih efektif dalam membaca klasifikasi suhu ruangan, karena dengan logika *fuzzy clustering* pembacaan suhu secara teori dan aplikasi bisa dilakukan.

2.2 Fuzzy Logic

Menurut Ardinato Pranata dan Azanuddin [15], *fuzzy logic* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam memecahkan suatu kondisi keabuan dan merepresentasikan ke dalam bilangan numerik. *Fuzzy logic* yang merupakan salah satu bagian dari konsep kecerdasan buatan sering diimplementasikan dalam sebuah sistem kendali seperti sistem otomatis berbasis mikrokontroler dan robotik. Metode *fuzzy logic* memiliki tingkat penalaran yang sebanding dengan logika pemikiran manusia. Logika yang dimaksud adalah situasi yang mudah dipahami secara lisan. Namun, efeknya akan lebih besar jika teknik ini diterapkan pada sistem berbasis mikroprocessor, yang juga perlu memahami nilai numerik yang tepat agar dapat digunakan [27].

Fuzzy logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1962 melalui tulisannya tentang teori himpunan *fuzzy* pada tahun 1965. Lotfi Asker Zadeh adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Berkeley [9]. *Fuzzy logic* memiliki kelebihan yang dapat digunakan untuk sebagian besar masalah yang terjadi di dunia nyata. Ini karena kebanyakan masalah di dunia nyata tidak biner dan tidak linier, sehingga *fuzzy logic* cocok untuk digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. *Fuzzy logic* dapat digunakan karena mudah dipahami, tahan terhadap data yang salah, dapat memodelkan fungsi nonlinier yang sangat kompleks, dan didasarkan pada bahasa alami.

2.2.1 Metode Fuzzy Logic

Ada 3 metode dalam penggunaan *fuzzy logic* yang masing-masing memiliki metode perhitungan inferensi yang berbeda [20]. Yaitu metode tsukamoto, metode sugeno dan metode mamdani dengan masing-masing metode memiliki prinsip kerja sebagai berikut:

1. Metode tsukamoto bekerja dengan mencari nilai minimum dan maksimum setiap himpunan dari variabel input untuk menentukan output.
2. Metode sugeno bekerja dengan mengambil nilai rata-rata dari setiap variabel input untuk menyesuaikan output.

3. Metode mamdani bekerja dengan mencari luas daerah yang tidak bersinggungan dari kurva yang dibuat berdasarkan masing-masing variabel untuk menentukan nilai output.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *fuzzy logic* metode mamdani sebagai metode inferensi kendali suhu ruangan. Metode Mamdani adalah salah satu metode *fuzzy logic* yang menggunakan kaedah linguistik dalam prosesnya dan memiliki algoritma *fuzzy* yang dapat dianalisis secara matematis sehingga lebih mudah dipahami [19]. Metode mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 sebagai salah satu metode pengambilan keputusan *fuzzy* terbaik karna dilakukan dalam empat tahapan, yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
2. Aplikasi fungsi implikasi *fuzzy* (fuzzifikasi)
3. Komposisi aturan *fuzzy* (*fuzzy rule*)
4. Defuzzifikasi

Kelebihan metode *fuzzy* mamdani adalah lebih spesifik, yaitu metode ini memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap domain selama prosesnya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat. Kelemahan metode *fuzzy* mamdani adalah hanya dapat digunakan untuk data kuantitatif, tidak dapat digunakan untuk data kualitatif [6].

2.2.2 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (linguistik variable) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan [16]

Himpunan crisp (tegas) dan himpunan *fuzzy* adalah dua jenis himpunan dalam *fuzzy logic* dengan pengertian masing-masing:

- a) Himpunan crisp (tegas) adalah himpunan yang menunjukkan bahwa suatu objek merupakan anggota dari satu himpunan dengan nilai keanggotaan (μ) = ya (1) atau tidak (0), sehingga disebut himpunan tegas.

- b) Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang menunjukkan bahwa suatu objek dapat menjadi anggota dari berbagai himpunan dengan nilai keanggotaan (μ) yang berbeda.

Saelan [9] juga menyatakan bahwa himpunan *fuzzy* memiliki dua ciri:

- a) Linguistik, yaitu menamai kumpulan situasi atau kondisi tertentu dengan bahasa alami, seperti LAMBAT, SEDANG, dan CEPAT.
- b) Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Dalam memahami metode *Fuzzy* ada beberapa hal yang harus diketahui seperti :

- a) Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* adalah variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy* yang terdiri dari berbagai himpunan *fuzzy*. Sebagai contoh, variabel suhu terdiri dari tiga himpunan fuzzy: dingin, normal, dan panas.

- b) Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contohnya variabel suhu dibagi menjadi tiga kategori, yaitu : 0-18°C masuk kategori “Dingin”, 16-33°C masuk kategori “Normal”, dan 30°C keatas masuk kategori “Panas”. Suatu variabel dapat memasuki dua kategori secara bersamaan, misalnya bila suhu yang tercatat adalah 17°C maka dapat masuk dalam kategori dingin dan normal sekaligus namun dengan nilai keanggotaan yang berbeda,

- c) Semesta pembicaraan

Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang dapat dioperasikan oleh suatu variabel *fuzzy*. Ini adalah himpunan bilangan real yang naik (naik) secara monoton dari kiri ke kanan. Seseorang dapat menggunakan bilangan positif atau negatif untuk menilai dunia. Adakalanya, lingkup pembicaraan ini tidak terbatas pada batas atasnya. Jika U adalah kumpulan objek dengan simbol $\{u\}$, maka U disebut sebagai semesta pembicaraan, dan u adalah elemen dari U . contohnya:

1. Semesta pembicaraan untuk variabel Suhu : [0 40]
 0°C dinyatakan sebagai suhu terendah.
 40°C dinyatakan sebagai suhu tertinggi.

d) Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* [10]. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif., contohnya:

1. DINGIN : [0 18]
 Suhu dikatakan DINGIN apabila berada pada 0°C sampai 18°C
2. NORMAL : [16-33]
 Suhu dikatakan NORMAL apabila berada pada 16°C sampai 33°C
3. PANAS : [>30]
4. Suhu dikatakan PANAS apabila berada diatas 30°C

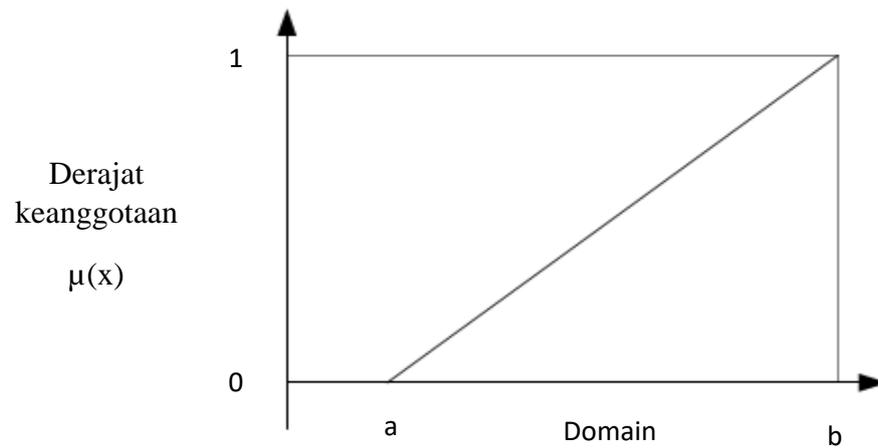
2.2.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi linier, fungsi segitiga (triangel), trapesium (trapezoidal), Fungsi-S dan Fungsi Gauss (Gaussian) [11].

A. Fungsi Keanggotaan Linier

Pemetaan input fungsi linear ke derajat keanggotannya dapat diwakili sebagai garis lurus. Himpunan *fuzzy* linear memiliki dua keadaan: linear naik dan linear turun.

- a) Himpunan *fuzzy* linear naik. Ini dimulai dengan nilai domain dengan derajat keanggotaan nol [0] kemudian bergerak kekanan ke nilai domain dengan derajat keanggotaan lebih tinggi. Berikut diagramnya pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kurva linier naik

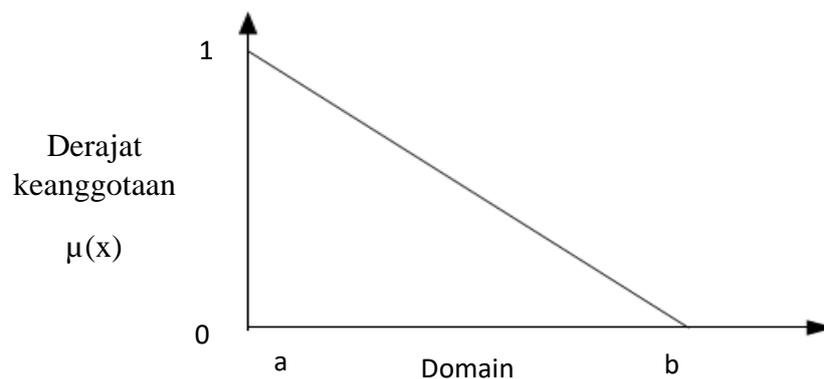
Fungsi keanggotaannya :

$$x \leq a$$

$$\mu(x) = \{(x - a)/(b - a)\} \quad a \leq x \leq b$$

$$x \geq b$$

- b) Dalam akumulasi *fuzzy* linear turun, garis lurus dimulai dengan nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi di sisi kiri dan kemudian bergerak turun ke nilai domain dengan derajat keanggotaan paling rendah. Berikut diagramnya pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kurva liner turun

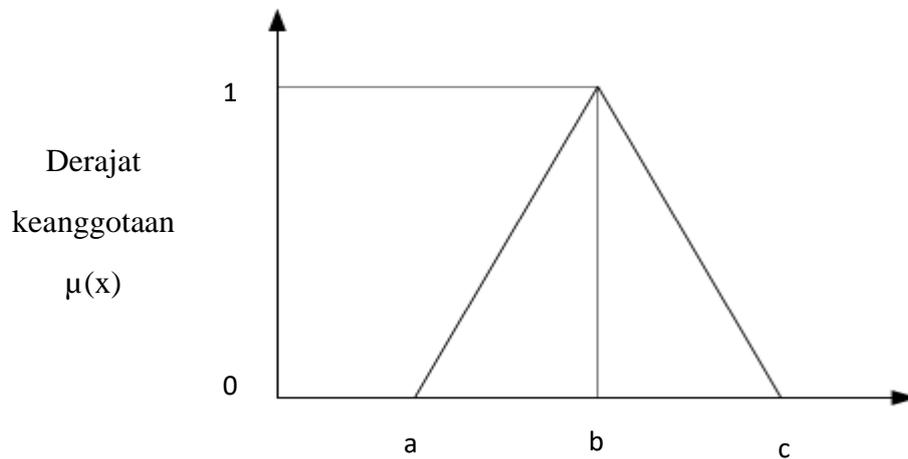
Fungsi keanggotaannya:

$$\mu(x) = \{(b - x)/(b - a)\} \quad a \leq x \leq b$$

$$0 \quad x \geq b$$

B. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Kurva segitiga adalah gabungan garis linier yang berawal dari titik a yang bernilai $[0]$ menuju titik aktivasi dengan nilai $[1]$ sehingga membentuk grafik segitiga pada gambar 2.3 berikut.



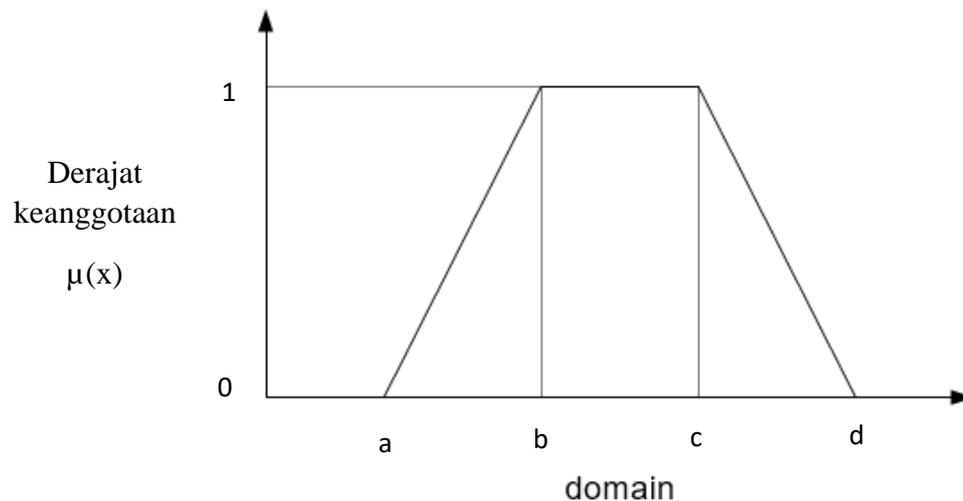
Gambar 2. 3 Kurva segitiga

Fungsi keanggotaannya:

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

C. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Pada dasarnya, kurva trapesium memiliki bentuk seperti kurva segitiga, tetapi pada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 terdapat interval waktu dan nilai keanggotaan yang akan mempertahankan aktivasi [22]. Berikut diagramnya pada gambar 2.4.



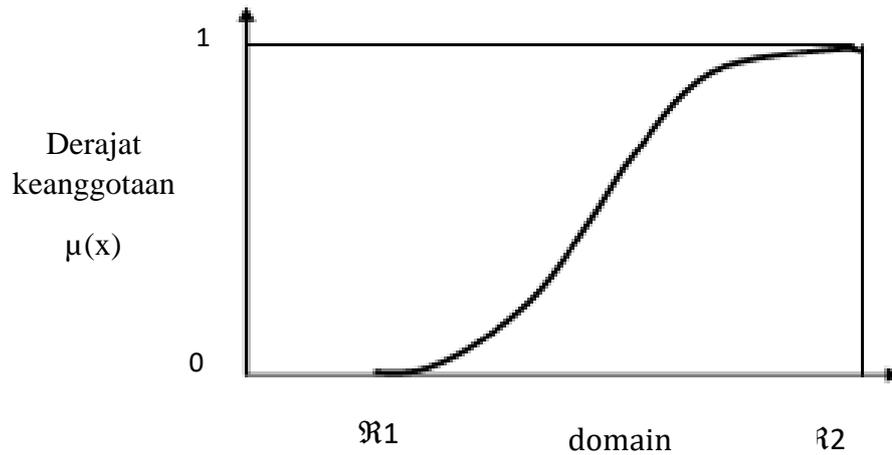
Gambar 2. 4 Kurva trapesium

Fungsi keanggotaannya:

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

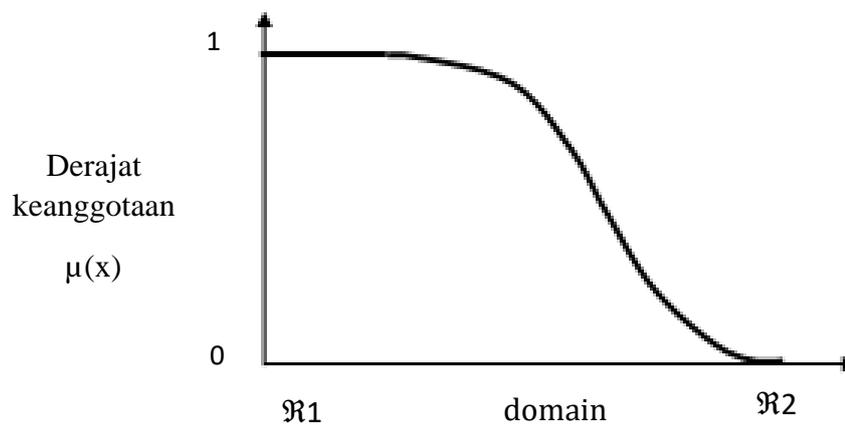
D. Fungsi Keanggotaan Kurva-S

Kurva pertumbuhan dan penurunan, yang merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear, dikenal sebagai kurva pertumbuhan dan penurunan. Kurva-S pertumbuhan akan bergerak dari ujung kiri, yang memiliki nilai keanggotaan = 0, ke ujung kanan, yang memiliki nilai keanggotaan = 1. Dikenal sebagai "titik infleksi", fungsi keanggotaannya akan terkonsentrasi pada 50% nilai keanggotaannya. Berikut diagramnya pada gambar 2.5.



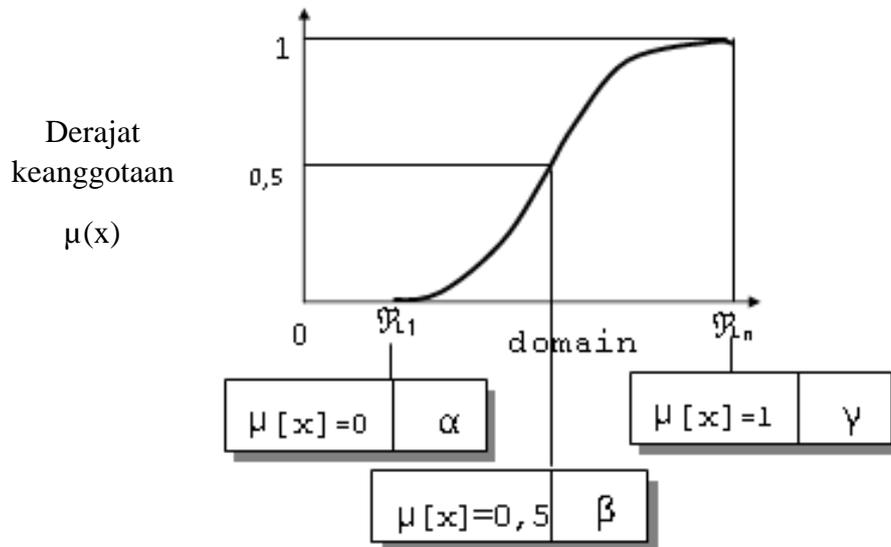
Gambar 2. 5 Kurva-S pertumbuhan

Kurva-S untuk Penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0), seperti pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 Kurva-S Penyusutan

Kurva-S menggunakan tiga parameter diantaranya nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi, atau cross-point yang memiliki domain 50% benar. Berikut tampilannya pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Kurva-S

Fungsi keanggotaan pada kurva Pertumbuhan adalah:

$$s(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases}$$

E. Fungsi Keanggotaan Gaussian

Kurva gaussian biasanya digunakan untuk mengolah data acak sehingga bentuknya mirip dengan segitiga dengan permukaan yang tumpul karna tak memiliki data pasti. Gaussian memiliki 3 parameter, yaitu : nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi/ crossover (β).

2.2.4 Operasi Dasar Zadeh

Ada sejumlah operasi yang dirancang khusus untuk menggabungkan dan mengubah himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan yang dihasilkan dari operasi dua himpunan biasanya disebut predikat atau *fire strength* [23]. Zadeh menciptakan 3 operasi dasar, yaitu:

A. Gabungan (Union)

Pada himpunan *fuzzy*, operasi gabungan, atau union, diperoleh dengan mengambil operator OR dan mengambil nilai keanggotaan terbesar dari elemen dalam himpunan yang bersangkutan..

$$A \cup B \rightarrow \mu_{A \cup B} = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) (2.6)$$

B. Irisan (Intersection)

Operasi irisan, atau intersection, pada himpunan *fuzzy* diperoleh dengan menggunakan operator AND dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen dalam himpunan yang bersangkutan.

$$A \cap B \rightarrow \mu_{A \cap B} = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) (2.7)$$

C. Komplemen

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen himpunan. Predikat α diperoleh dengan menggunakan operator AND dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen dalam himpunan yang bersangkutan.

$$\bar{A} \rightarrow \mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x)$$

2.2.5 Fungsi Implikasi

Setiap aturan (proposisi) yang didasarkan pada pengetahuan *fuzzy* akan dikaitkan dengan suatu hubungan *fuzzy*. Jenis aturan yang biasa digunakan dalam fungsi implikasi adalah

$$IF \ x \text{ is } A \ THEN \ y \text{ is } B$$

Dengan A dan B adalah himpunan *fuzzy*, dan x dan y adalah skalar. Anteseden adalah proposisi yang mengikuti IF, sedangkan konsekuen adalah proposisi yang mengikuti THEN [24]. Operasi *fuzzy* biasanya menggunakan dua fungsi implikasi, yaitu

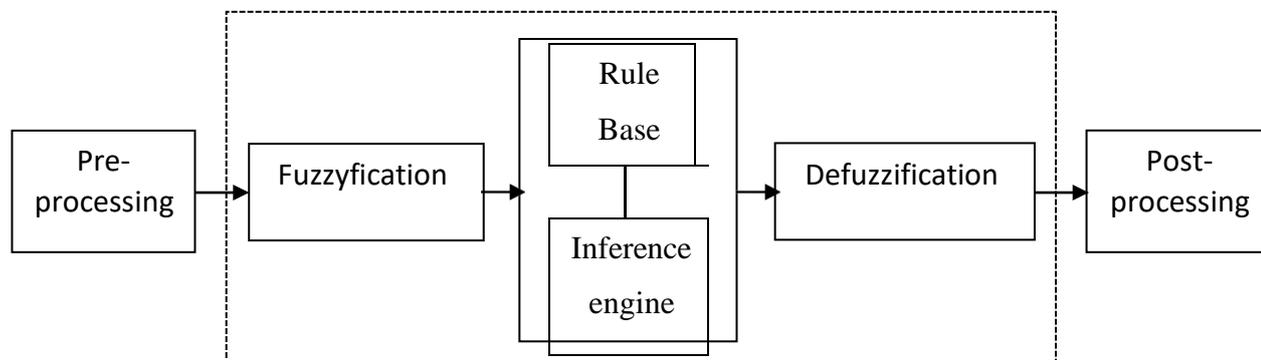
1. Min (minimum). Fungsi ini memotong output himpunan *fuzzy*.
2. Dot (*product*). Fungsi ini menskala output himpunan *fuzzy*

Contohnya:

[R1] IF pH **Asam** AND Suhu **Dingin** AND Kelembaban **Kering** THEN Laju Debit Air **Lambat**

2.2.6 Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

Metode logika *fuzzy* digunakan dalam tiga tahap: fuzzifikasi, evaluasi peraturan (inferensi), dan defuzzifikasi seperti dalam gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Tahapan sistem berbasis aturan *fuzzy*

A. Fuzzifikasi

Mengubah input yang memiliki nilai kebenaran yang jelas ke dalam input *fuzzy* yang berupa tingkat keanggotaan atau kebenaran dikenal sebagai fuzzifikasi adalah tahap pertama dari perhitungan *fuzzy*. Oleh karena itu, langkah ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan seberapa jauh nilai-nilai tersebut termasuk dalam himpunan *fuzzy* yang sesuai. Contohnya:

Kurva pH:

$$\bullet \text{ Asam } [0 \ 2.5 \ 4.5 \ 6.5] : \mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 6.5 \\ \frac{x-0}{2.5-0}; & 0 \leq x \leq 2.5 \\ 1; & 2.5 \leq x \leq 4.5 \\ \frac{6.5-x}{6.5-4.5}; & 4.5 \leq x \leq 6.5 \end{cases}$$

B. Inferensi

Penalaran dengan input *fuzzy* dan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan output *fuzzy* dikenal sebagai inferensi. Aturan *fuzzy* secara sintaks dituliskan sebagai berikut:

[R1] IF pH **Asam** AND Suhu **Dingin** AND Kelembaban **Kering** THEN Laju Debit Air **Lambat**

C. Defuzzifikasi

Mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang ditentukan dikenal sebagai defuzzifikasi [25]. Karena sistem inferensi hanya dapat membaca nilai tegas, suatu mekanisme diperlukan untuk mengubah nilai *fuzzy* keluaran menjadi nilai tegas. Dengan melakukan ini, defuzzifikasi memuat fungsi penegasan sistem, menjadikannya metode penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*. Metode Defuzzifikasi berbeda-beda tergantung metode *fuzzy logic* yang digunakan, dalam penelitian ini di menggunakan metode Mamdani sehingga rumusnya:

$$z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Momen} \\ \longrightarrow \text{Luas daerah} \end{array}$$

2.2.7 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy*, juga dikenal sebagai FIS, adalah kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, penalaran *fuzzy*, dan aturan IF THEN *fuzzy*. Ini adalah salah satu aplikasi *fuzzy logic* yang telah berkembang sangat luas. Contohnya termasuk penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, dan robotika.

Terdapat tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan: metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno [26]. Penelitian ini akan membahas metode Mamdani, yang juga dikenal sebagai Metode Max-Min, yang diciptakan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan digunakan untuk mengambil keputusan dalam proses tertentu dengan menggunakan aturan inferensi berdasarkan *fuzzy logic*. Empat langkah diperlukan untuk mendapatkan hasil, yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Variabel input dan output metode mamdani dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi (*fuzzy rule*)

Dalam metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan sistem. Inferensi sistem *fuzzy* dapat dilakukan dengan tiga metode: maksimum, additif, dan OR probabilistik.

a) Metode Max (*Maximum*)

Metode ini mendapatkan solusi himpunan *fuzzy* dengan mengambil nilai maximum aturan. Kemudian, ini digunakan untuk mengubah daerah *fuzzy* dan menggunakan operator OR untuk mengaplikasikan output. Setelah semua proposisi dievaluasi, hasilnya akan berupa suatu himpunan yang tidak jelas yang menunjukkan kontribusi dari masing-masing proposisi.

Komposisi aturan mamdani dapat didefuzzifikasi dengan beberapa cara, yang umumnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu_{sf}[x_i] \rightarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

b) Metode Additif (*Sum*)

Metode ini memungkinkan untuk mendapatkan solusi himpunan *fuzzy* dengan melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah *fuzzy*.

Ditulis secara umum: $\mu_{sf}[x_i] \rightarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$

c) Metode Probalistik OR (*Probor*)

Metode ini memungkinkan untuk mendapatkan solusi himpunan *fuzzy* dengan melakukan produk terhadap semua output daerah *fuzzy*.

Ditulis secara umum:

$$\mu_{sf}[x_i] \rightarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] - \mu_{kf}[x_i])$$

4. Penegasan (Defuzzifikasi)

Proses defuzzifikasi menghasilkan input suatu himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari komposisi aturan *fuzzy*, dan outputnya adalah suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Suatu nilai crisp tertentu dapat dihasilkan jika suatu

himpunan *fuzzy* diberikan dalam jangkauan tertentu.

Komposisi aturan mamdani dapat didefuzifikasi dengan berbagai cara, seperti:

a) Metode Centroid (*Composite Moment*)

Metode ini menghasilkan solusi crisp dengan mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum, disusun sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int_a^b z\mu(z)dz}{\int_a^b \mu(z)dz} \quad \text{Untuk variabel kontinu}$$

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n z^i \mu(z^i)}{\sum_{i=1}^n \mu(z^i)} \quad \text{Untuk variabel diskrit}$$

b) Metode Bisektor

Metode ini menghasilkan solusi crisp dengan mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah nilai keanggotaan pada domain *fuzzy* tersebut. Ditulis secara umum:

$$z_p \text{ sedemikian sehingga } \int_{R_i}^p \mu(z)dz = \int_p^{R_n} \mu(z)dz$$

c) Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Metode ini menghasilkan solusi crisp dengan mengambil nilai domain rata-rata dengan nilai keanggotaan maksimum.

d) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Metode ini menghasilkan solusi crisp dengan mengambil domain dengan nilai keanggotaan tertinggi.

e) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Metode ini menghasilkan solusi crisp dengan mengambil domain dengan nilai keanggotaan terkecil.

2.3 Sistem Tata Udara atau *Air Conditioner* (AC)

Air condition atau yang lebih sering kita sebut sebagai AC adalah suatu Alat pengkondisian udara yang dimodifikasi melalui pengembangan berbagai teknologi mesin pendingin. Sistem pendinginan udara (AC) merupakan salah satu modifikasi sistem teknologi mesin pendingin yang dikembangkan saat ini. AC digunakan untuk menyediakan udara yang sejuk dan nyaman serta menyediakan uap air dan udara yang dibutuhkan tubuh manusia [8]. Beberapa faktor yang memengaruhi sistem pendinginan termasuk suhu udara, tingkat kelembaban udara, pergerakan udara, distribusi udara, dan polusi udara [4]. Karena manusia membutuhkan lingkungan yang nyaman dan udara yang tenang untuk dapat bekerja dan beribadah secara nyaman, efektif dan optimal, AC kerap digunakan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas baik di tempat kerja, dirumah, dipertokoan, tempat ibadah maupun ditempat umum. Temperatur, kelembapan, sirkulasi, dan kebersihan udara adalah beberapa faktor yang menentukan kenyamanan suatu ruangan yang mana dapat terpenuhi secara optimal dengan penggunaan air conditioner (AC).

2.3.1 Jenis – jenis Air Conditioner (AC)

Ada beberapa jenis air conditioner , seperti :

A. Windor Air Conditioner

Air conditioning (AC) window adalah jenis mesin pendingin yang memiliki evaporator dan kondensor dalam satu mesin atau kotak. Ini adalah mesin pendingin yang mengatur kondisi udara dalam ruangan tertentu. Untuk membuatnya mudah dipasang di dalam ruangan, unit AC ini dibuat sesuai dengan ukuran jendela. Setelah dipasang, unit AC disambungkan ke stop kontak dan dinyalakan, kita dapat menikmati udara dingin dan sejuk di yang keluar. Namun, jenis AC ini cukup jarang digunakan di Indonesia sehingga bentuknya cukup asing bagi masyarakat awam. Berikut tampilannya pada gambar 2.9



Gambar 2. 9 AC window

B. Split Air Conditioner

Air conditioning (AC) split adalah jenis AC di mana evaporator dan kondensor berada di dua unit mesin yang berbeda. Evaporator berada di dalam ruangan, dan kondensor berada di luar ruangan. Fungsinya adalah untuk memisahkan suhu panas dan dingin dari sistem. Katup ekspansi dan kumparan evaporator membentuk sisi dingin suatu sistem pengendalian udara (AHU). AHU menghembuskan udara dan udara bergerak melalui sirip-sirip kumparan evaporator, yang membuat udara menjadi dingin. Setelah itu, udara yang lebih dingin akan dimasukkan ke area yang didinginkan. AC ini banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia baik dalam rumah tinggal maupun tempat ibadah. Jenis AC ini juga yang akan digunakan sebagai objek penelitian ini. Berikut tampilannya pada gambar 2.10



Gambar 2. 10 AC split wall

C. Air Conditioner Chiller

AC chiller adalah jenis air conditioner yang sistem heat exchangernya menggunakan pipa yang didalamnya terdapat pipa lagi dimana pipa yang terdalam mengalirkan udara atau refrigeran dan pipa terluar yang mengalirkan air yang akan didinginkan oleh pipa terdalam. Sebagai contoh, di bagian heat exchanger di atas terjadi proses pertukaran kalor antara refrigeran dan air. Kalor yang ditarik ke refrigeran melewati heat exchanger, sehingga air di dalamnya menjadi lebih dingin. Setelah air menjadi dingin, ia kemudian mengalir ke AHU, atau Unit Pengelolaan Udara, yang berfungsi untuk menghasilkan udara menjadi dingin. AHU terdiri dari pipa dengan terali yang berfungsi untuk mendinginkan air dan udara sehingga mencapai suhu yang diinginkan secara sinkron. Setelah air melewati AHU dalam kondisi dingin, suhunya naik karena pertukaran kalor dengan udara dalam ruangan kemudian air tadi dikembalikan ke chiller untuk didinginkan lagi. AC ini biasanya digunakan pada tempat – tempat besar seperti pusat pertokoan.

2.3.2 Komponen Air Conditioner

A. Refrigeran

Refrigeran adalah zat fluida yang dapat berubah bentuk dari cair menjadi gas dan sebaliknya serta memiliki kemampuan penyerapan kalor sehingga sering digunakan dalam proses pendinginan.

B. Kompresor

Kompresor adalah alat mekanis yang mengisap uap gas refrigeran dari evaporator kemudian menekannya, meningkatkan suhu dan tekanan uap. Kompresor bertanggung jawab untuk mempertahankan variasi tekanan sistem kondensor dan evaporator. Kompresor/pompa hisap tekan juga bertugas mengalirkan gas pendingin ke seluruh bagian sistem pendingin AC.

C. Kondensor

Kondensor adalah alat yang digunakan untuk membuat kondensasi untuk bahan pendingin yang ada pada kompresor dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Untuk menguapkan gas refrigeran, kondensor ini melepaskan kalor uap gas

refrigeran di sekitarnya. Tujuan dari kondensor adalah untuk membuang kalor (panas) dan mengubah bahan gas pendingin dari bentuk gas menjadi cair. Kondensor ini berada di antara unit kompresor dan pengatur alat pendingin, pada sisi bertekanan tinggi sistem AC. Untuk membuang panas lebih cepat, kondensor akan ditempatkan di luar.

D. Evaporator

Evaporator adalah komponen yang berfungsi menyerap panas dari udara atau benda di dalam ruangan dan mendinginkannya secara otomatis. Setelah itu, di tempat yang tidak dapat didinginkan, akan membuang kalor melalui kondensor. Tidak seperti unit kondensor, evaporator berfungsi untuk menghisap bahan pendingin gas dari sistem pendingin dalam kompresor sehingga tekanan di dalamnya menjadi lebih rendah dan vakum. Jika kondensor ditempatkan di luar ruangan, maka evaporator ditempatkan di dalam ruangan yang ingin didinginkan.

E. Kipas

Kipas sentrifugal (blower) dan kipas propelar adalah kipas yang digunakan dalam sistem AC untuk mengalirkan udara yang ada di dalamnya. Kipas sentrifugal berada di ruang bagian dalam tepatnya didalam evaporator dan berfungsi meniup udara dingin yang ke dalam ruangan sedangkan kipas propelar berada di luar ruangan dan berfungsi sebagai pembuang udara panas pada sisi belakang (kondensor).

F. Modul kontrol (PCB)

PCB atau modul kontrol pada AC memiliki banyak fungsi yang berhubungan langsung dengan operasional pada mesin pendingin ruangan tersebut. PCB bertanggungjawab pada kerja kompresor AC, mengontrol suhu, power on-off, IC, thermistor dan lainnya agar AC dapat bekerja secara normal.

2.3.2 Cara menghitung kebutuhan AC ruangan

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kebutuhan AC suatu ruangan, cara yang sering digunakan adalah meninjau kebutuhan AC berdasarkan PK (*Paard Kracht*) ataupun BTU (*British Thermal Unit*) yang dibutuhkan suatu ruangan [2]. Dimana satu PK setara dengan kurang lebih 800 watt listrik. Perbandingannya adalah sebagai berikut:

- AC 1/2 PK itu 5.000 Btu/h
- AC 3/4 PK itu 7.000 Btu/h
- AC 1 PK itu 9.000 Btu/h
- AC 1,5 PK itu 12.000 Btu/h
- AC 2 PK itu 18.000 Btu/h
- AC 2,5 PK itu 24.000 Btu/h

Berdasarkan informasi dari web resmi daikin [1], untuk penggunaan dalam ruangan berkondisi cuaca tropis seperti Indonesia, cara menentukan kebutuhan AC suatu ruangan adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Luas ruangan} = 3 \times 4 = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Kapasitas AC} = \text{luas ruangan} \times 537$$

$$= 12 \times 537$$

$$= 6444 \text{ BTU atau } 3/4 \text{ PK}$$

Namun, hal ini memiliki ketentuan bahwa tinggi bangunan maksimal adalah 3 meter, lebih dari itu rumus di atas menjadi kurang akurat. Solusinya bisa digunakan perkalian sederhana menggunakan logika untuk mendapatkan hasil kasar bila terjadi kasus yang bersangkutan

2.4 Suhu

Suhu dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif dari temperatur, panas, atau dingin, yang dapat diukur dengan termometer. Suhu adalah besaran yang menunjukkan ukuran derajat dingin dan panas suatu benda, dan juga dapat diungkapkan secara kualitatif dengan unit derajat tertentu [28]. Suhu juga dapat dinyatakan sebagai keadaan panas dinginnya suatu udara dimana daerah tropis memiliki suhu tertinggi dan semakin ke kutub suhunya semakin rendah. Bila ditinjau berdasarkan datarannya, dataran rendah cenderung memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan dataran tinggi karena permukaan tanah yang lebih tinggi mengakibatkan suhu yang lebih rendah. Ini termasuk suhu dingin yang akan menusuk tulang jika tengah berada di gunung.

Selanjutnya, Encyclopedia Britannica menyatakan bahwa suhu adalah ukuran panas atau dingin yang diwakili dengan skala, yang menunjukkan bahwa suhu yang memiliki energi tinggi akan mengalir ke suhu yang lebih rendah atau dingin. Oleh karena itu, suhu juga dapat diwakili sebagai ukuran kualitatif suatu benda karena adanya energi kinetik.

Dengan demikian, semakin besar energi kinetik suatu benda, semakin tinggi suhunya. Kemudian dalam konteks penguapan, suhu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses kimia di udara. Suhu suatu udara meningkatkan penguapan air dan uap air yang ditahan, yang mempercepat proses kimia di udara. Sebaliknya, semakin rendah suhu udara, kemampuan menahan uap airnya menurun, menyebabkan udara menjadi jenuh uap air. Akibatnya, ketika suhu udara mencapai batas maksimumnya, pengembunan akan terjadi dan hujan akan turun [29].

2.4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Suhu

Berdasarkan pemahaman tentang suhu yang telah dijelaskan di atas, kita dapat mengetahui bahwa suhu sebuah benda dapat berubah menjadi panas atau dingin. Tentu saja, ada banyak faktor yang menyebabkan sebuah benda memiliki suhu yang rendah atau tinggi. Dalam beberapa literatur disebutkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi suhu di permukaan bumi, di antaranya adalah:

1. Jumlah radiasi yang diterima suatu benda perhari, perbulan, pertahun, serta permusim.
2. Adanya pengaruh tempat, yaitu daratan atau lautan
3. Adanya pengaruh dari ketinggian tempat dari permukaan bumi
4. Dipengaruhi secara tidak langsung oleh pembawaan angin, apakah angin yang membawa panas atau dingin.
5. Adanya pengaruh panas laten , yakni panas yang disimpan di dalam atmosfer bumi
6. Adanya pengaruh dari penutup tanah, di mana tanah yang ditutupi vegetasi temperaturnya akan lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang tanpa vegetasi.
7. Tipe tanah juga mempengaruhi suhu, semakin gelap tanah maka semakin tinggi pula indeks suhunya, begitu juga sebaliknya.
8. Sudut datangnya sinar matahari juga mempengaruhi suhu. Sudut datangnya sinar matahari yang lurus, akan jauh lebih panas jika dibandingkan dengan yang sudut datangnya matahari dari arah miring.

2.4.2 Alat Pengukur Suhu

Setiap orang memiliki tangan yang dapat merasakan suhu, tetapi perasaan dingin dan panas yang dimiliki setiap orang tidak sama. Dalam konteks ini suhu hanyalah ukuran kualitatif. Maka untuk menstandarisasi suhu secara merata diperlukan alat pengukur suhu yang dapat mengukur suhu secara kuantitatif, yang disebut thermometer agar suhu setiap orang akan diukur secara seragam dan merata [17]. Dalam hal ini telah ditemukan beberapa macam thermometer berdasarkan bentuk dan kegunaannya, antara lain :

1. Termometer Klinis

Alat pengukur suhu pertama ada termometer klinis. Termometer ini biasa dipakai oleh dokter untuk mengukur suhu badan pasiennya. Alat ini memang dipakai di bidang kesehatan sebagai pendeteksi adanya penyakit pada tubuh seseorang.

2. Termometer Ruangan

Termometer ini merupakan alat pengukur suhu yang dipakai di suatu ruangan untuk memantau suhu di sana. Alat ini biasa dimanfaatkan oleh orang-orang yang berada di negara dengan empat musim. Gunanya untuk mengatur suhu di dalam ruangan tertentu.

3. Termometer Inframerah

Selanjutnya ada termometer inframerah, yang biasa dipakai untuk mengukur suhu tubuh saat pandemi. Alat pengukur suhu satu ini dapat mengukur suhu pada arteri tanpa menyentuh tubuh sama sekali.

4. Termometer Digital

Kemudian ada termometer digital. Alat ini tidak menggunakan alkohol ataupun air raksa. Dalam mengukur suhu, termometer digital memakai sifat pemuaian pada logam, sehingga pengukuran suhu menjadi lebih cepat dan tepat dilakukan.

5. Termometer Laboratorium

Kelima ada alat pengukur suhu yang biasa dipakai untuk membantu kegiatan penelitian atau eksperimen, yang dinamakan termometer laboratorium. Alat ini yang biasanya berisi air raksa atau alkohol guna mengukur suhu. Adapun suhu cairan yang dimasukkan pun cukup bervariasi, disesuaikan dengan kebutuhan.

6. Termokopel

Terakhir ada termokopel, yaitu alat pengukur suhu yang berupa sensor termoelektrik . Apabila dilakukan konfigurasi dengan benar dan tepat, termokopel ini bisa melakukan pengukuran suhu dengan jangkauan yang luas.

7. Termometer Zat Padat

Contoh dari termometer zat padat yaitu termometer bimetal, yang menggunakan logam sebagai bahan untuk mengukur suhu pada suatu benda. Lalu ada termometer termokopel yang memakai aliran listrik guna menentukan besaran suhu.

8. Termometer Zat Cair

Contohnya adalah termometer laboratorium yang memakai skala mulai dari -10 derajat celcius. Lalu ada termometer untuk mengukur suhu badan yang menggunakan skala antara 35 derajat celcius sampai 42 derajat celcius.

2.4.3 Skala Pengukuran Suhu

Ada empat jenis skala suhu yang dapat digunakan untuk mengukur derajat suhu: Celsius (C), Fahrenheit (F), Reamur (R), dan Kelvin (K). Setiap skala didasarkan pada dua titik tepat, titik tetap bawah menunjukkan titik beku, dan titik tetap atas menunjukkan titik didih [3]. Kedua titik ini ditunjukkan sebagai berikut:

- Skala suhu celcius memiliki titik bawah 0 derajat celcius, dan titik atas sebesar 100 derajat celcius.
- Skala suhu fahrenheit memiliki titik bawah sebesar 32 derajat fahrenheit dan memiliki titik atas sebesar 212 derajat fahrenheit.
- Adapun skala reamur mempunyai titik bawah sebesar 0 derajat reamur dan titik atas sebesar 80 derajat reamur.
- Terakhir, skala kelvin memiliki titik bawah sebesar 273 dan titik atas sebesar 373.

Perlu diketahui bahwa skala suhu kelvin (K) tidak menggunakan derajat, tetapi nol mutlak, yang berarti bahwa nol kelvin menunjukkan bahwa tidak ada energi panas sama sekali di dalam benda. Oleh karena itu, Kelvin ditetapkan sebagai skala suhu untuk satuan internasional suhu (SI). Berikut penjelasan lebih lanjut:

1. Celcius (C)

Suhu yang paling umum digunakan adalah celcius ini, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Celcius adalah satuan derajat celcius dan digunakan untuk membandingkan antara dingin dan panas. Suhu air membeku adalah nol derajat Celcius, dan suhu air mendidih adalah 100 derajat celcius.

2. Fahrenheit (F)

Skala fahrenheit, juga disebut dengan huruf "F", adalah satuan pengukur suhu yang paling umum digunakan di amerika serikat. Menurut lumen

learning, suhu air mendidih adalah 212 derajat fahrenheit, dan suhu air membeku adalah 32 derajat fahrenheit.

3. Kelvin (K)

Kelvin adalah skala pengukuran suhu berikutnya yang diketahui tidak memiliki derajat. Pada skala ini, unit kelvin (K) digunakan. Sebagai contoh, air mendidih pada suhu 373,15 kelvin dan membeku pada suhu 273,15 kelvin.

4. Reamur (R)

Terakhir, ada reamur, skala pengukur suhu yang dikembangkan oleh Antoine Ferchault de Reamur pada tahun 1730. Suhnya adalah 80 derajat reamur untuk air mendidih dan 0 derajat reamur untuk air membeku.

2.4.4 Referensi Suhu Efektif

Dalam rangka menentukan suhu yang nyaman bagi tubuh manusia selama pelaksanaan kegiatan ibadah, terkhususnya ibadah umat muslim yang dilaksanakan di masjid, musholah, surau atau langgar. Peneliti mengutip dari tiga jurnal penelitian untuk dijadikan referensi, tiga jurnal tersebut adalah sebagai berikut.

Referensi pertama mengacu pada sebuah penelitian yang dilakukan oleh Avian Kresna Prasetya dan Fadhillia Tri Nugrahaini pada tahun 2020 dengan judul “Kenyamanan Termal Pada Masjid Baitul Makmur Pabelan”. Dalam penelitian tersebut didapati bahwa kenyamanan termal dipengaruhi oleh suhu udara yang terkait dengan radiasi, kelembaban udara yang terkait dengan uap air dan pergerakan udara yang terkait dengan tekanan. Ketiga faktor ini membentuk satu kesatuan yang menjadi indikator terciptanya zona nyaman atau *comfort zone*. Berdasarkan faktor tersebut didapati bahwa kenyamanan termal pada masjid pabelan ada dalam kisaran suhu $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$, kelembaban 5 – 85%, dan pergerakan angin 0,1 – 1m/s [30].

Referensi selanjutnya peneliti kutip dari penelitian yang dilakukan oleh Hapsari Dewi Puspitorini, Gagoek Hardiman dan Erni Setyowati pada tahun 2013 dengan judul “Kenyamanan Thermal Pada Masjid Al Irsyad Kotabaru Parahyangan, Jawa Barat”. Dalam penelitian tersebut dituturkan bahwa kenyamanan thermal masjid al irsyad ditentukan oleh empat faktor yaitu temperatur

udara, kepekatan radiasi, kelembaban relatif dan pergerakan udara. Dalam penelitian ini digunakan dua metode penelitian. Pertama dengan mencari dan menganalisa kondisi dan faktor tertentu untuk menentukan temperatur efektif (TE) dan didapati **temperatur efektif adalah 24,56°C dengan nilai maksimum 27,50°C dan nilai minimum 21,60°C**. Kedua dengan melakukan wawancara terhadap 30 responden untuk mendapat hasil dari sudut pandang umat muslim yang beribadah dan dapat diambil kesimpulan bahwa faktor posisi berpengaruh besar pada kenyamanan yang dirasakan [31].

Referensi terakhir adalah penelitian yang dilakukan oleh Aryani Widyakusuma dan Aprio Muhajirin Zainoeddin pada tahun 2020 dengan judul “Ruang Ibadah Pada Bangunan Masjid Darul Ulum Pamulang Ditinjau Dari Sisi Kenyamanan Thermal”. Dalam penelitian tersebut dituturkan bahwa kenyamanan thermal pada tempat ibadah dapat diketahui dengan meninjau beberapa faktor yang terbagi menjadi faktor lingkungan dan faktor individu. Untuk faktor lingkungan sama seperti referensi kedua, yaitu suhu, radiasi, kelembaban dan pergerakan angin, sedangkan untuk faktor individu dapat ditinjau dari usia, jenis kelamin, metabolisme tubuh, berat badan, kondisi kesehatan, warna kulit serta jenis dan material pakaian [32]. Sehingga, didapati tingkat temperatur efektif (TE) sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Referensi suhu

Kondisi	Temperatur efektif (TE)
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sejuk nyaman ○ Ambang batas 	<ul style="list-style-type: none"> ● 20,5°C – 22,8°C ● 24°C
<ul style="list-style-type: none"> ○ Nyaman optimal ○ Ambang batas 	<ul style="list-style-type: none"> ● 22,8°C – 25,8°C ● 28°C
<ul style="list-style-type: none"> ○ Hangat nyaman ○ Ambang batas 	<ul style="list-style-type: none"> ● 25,8°C – 27,1°C ● 31°C

Berdasarkan tabel 2.1 diatas, peneliti memutuskan menggunakan suhu berkisar 21°C – 27 °C sebagai temperatur efektif (TE) yang akan digunakan sebagai acuan suhu ruangan untuk kalkulasi dan simulasi mendatang.

2.5 Matrix Laboratory (Matlab)

Matrix Laboratory atau yang sering kita sebut matlab adalah sebuah aplikasi yang menggunakan bahasa pemrograman untuk teknik komputasi yang menyelesaikan persoalan dengan metode numerik dan matematik [33]. Matlab menyediakan fasilitas komputasi, visualisasi, pemrograman, dan pengolahan basis data yang dapat digunakan untuk berbagai macam hal. Matlab juga memiliki fitur yang dikelompokkan berdasarkan aplikasi tertentu, yang dikenal sebagai toolbox. Matlab pertama kali dikenalkan oleh University of New Mexico dan University of Stanford pada tahun 1970. software ini pertama kali memang digunakan untuk keperluan analisis numerik, aljabar linier dan teori tentang matriks. Namun seiring berkembangnya penggunaan matlab dikhalayak ramai, aplikasi ini kemudian dikembangkan oleh mathworks dan kini menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi dan memiliki lebih banyak fungsi. Tujuannya adalah untuk memberi pengguna kemampuan untuk melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, membuat model, dan mengeksplorasi berbagai pendekatan. Adanya fungsi dan alat built-in membuatnya lebih mudah untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dan menemukan solusi lebih cepat daripada menggunakan spreadsheet atau bahasa pemrograman seperti C/C++ atau Java. Hal itu terjadi karena matlab menggunakan konsep array dan matriks sebagai variabel elemen standar, tanpa perlu mendeklarasikan array seperti yang dilakukan oleh bahasa pemrograman lainnya [34].

Matlab dapat juga diintegrasikan dengan bahasapemrograman *C*, *Java*, *.Net*, dan *microsoft excel*. Beberapa bagian penting yang terdapat pada interface matlab, yaitu:

1. Command Windows, yaitu jendela pengguna atau tampilan *interface* yang digunakan untuk memberikan perintah secara manual dan berfungsi untuk menjalankan seluruh fungsi yang disediakan oleh matlab.
2. Workspace untuk menginformasikan kepada pengguna tentang variabel yang dipakai selama menggunakan matlab.
3. Current Directory untuk memilih direktori yang aktif.

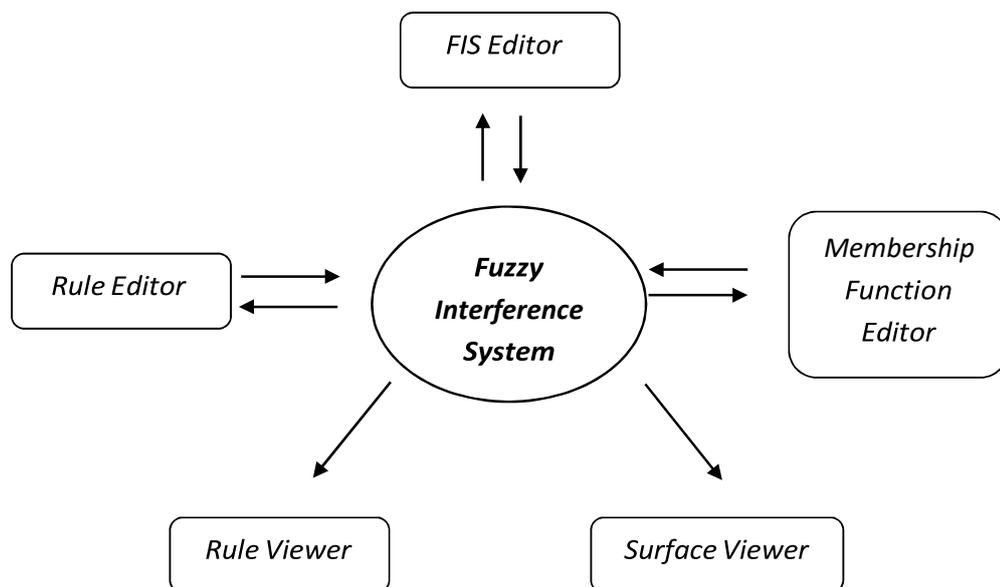
4. Command History untuk menyimpan perintah yang sudah pernah ditulis pada command window

Matlab juga memiliki user interface bernama *graphical user interface* atau yang biasanya disebut sebagai GUI, yang dibangun dengan obyek grafis [35]. GUI ini menyediakan ui control untuk digunakan di editor grafik dan beberapa GUI yang dapat digunakan oleh pengguna adalah sebagai berikut:

1. *Pushbutton* berfungsi untuk menghasilkan sebuah tindakan jika diklik.
2. *Toggle button* berfungsi sama seperti *pushbutton* hanya saat *pushbutton* ditekan maka tombol akan kembali seperti semula jika mouse dilepas.
3. *Radio button* mirip dengan tombol *check box* hanya pada *radio button* hanya dapat menandai atau memilih satu pilihan.
4. *Check box* berfungsi jika terdapat beberapa pilihan mandiri atau tidak tergantung dengan pilihan lainnya.
5. *Edit text* berfungsi untuk memasukkan atau menginputkan suatu data dari keyboard.
6. *Static text* berfungsi untuk menghasilkan teks bersifat statis atau tetap.
7. *Slider* berfungsi untuk menginputkan nilai yang diinginkan tidak menggunakan keyboard hanya menggeser slider secara vertikal atau horisontal ke nilai yang diinginkan sehingga pemasukan nilai data dapat dilakukan secara fleksibel.
8. *Panel* berfungsi untuk mengelompokkan kontrol yang berhubungan.
9. *List box* berfungsi untuk menampilkan semua daftar item yang terdapat pada *string property* dan item yang ada dapat dipilih satu atau lebih.
10. *Pop menu* berfungsi menampilkan daftar pilihan yang didefinisikan pada *string property* ketika mengklik tanda panah pada aplikasi yang memiliki kesamaan seperti *radio button*.
11. *Axes* berfungsi untuk menampilkan grafik atau gambar.

2.5.1 Fuzzy Logic Toolbox

Fuzzy logic toolbox adalah salah satu fasilitas *graphical user interface* (GUI) yang diberikan matlab untuk memudahkan user mengerjakan atau menyelesaikan persoalan berbasis fuzzy yang membutuhkan hasil pasti untuk persoalan yang tak tetap (non biner). Matlab menyediakan 5 GUI *tools* yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, dan mengobservasi sistem penalaran pada *fuzzy*, yaitu *fuzzy inference system* (fis) editor, *membership fuction editor* dapat membaca dan memodifikasi fis, *rule editor*, *rule viewer*, dan *surface viewer* hanya dapat membaca tidak dapat mengedit atau memodifikasi. Berikut bentuknya dalam gambar 2.11

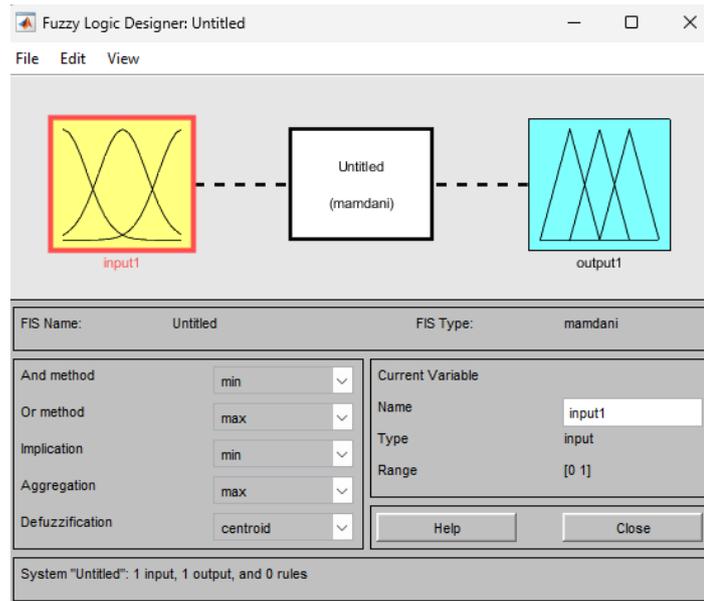


Gambar 2. 11 *Graphical user interface fuzzy logic toolbox*

Keterangan.

A. *Fuzzy inference system (FIS) editor*

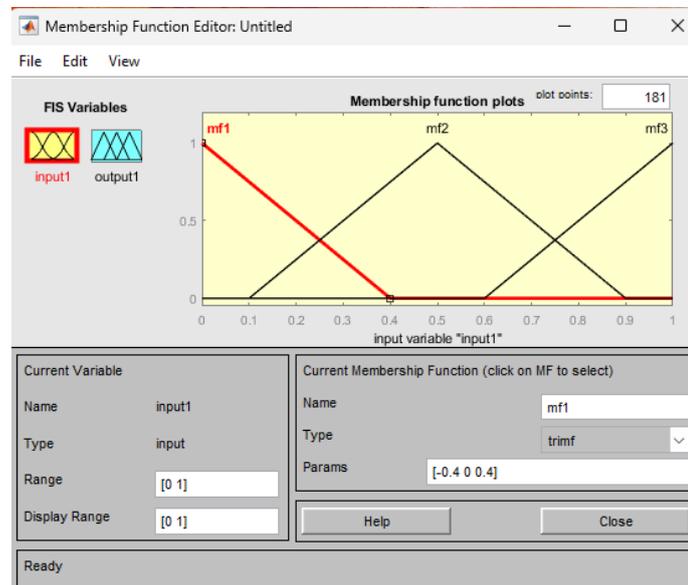
Digunakan dalam langkah awal memulai pembuatan program penalaran *fuzzy* baru atau membuka program yang sudah ada. Dengan mengetik “*fuzzy*” pada command line di tampilan matlab. Berikut tampilannya pada gambar 2.12



Gambar 2. 12 Tampilan *fuzzy inference system (FIS) editor*

B. Membership function editor

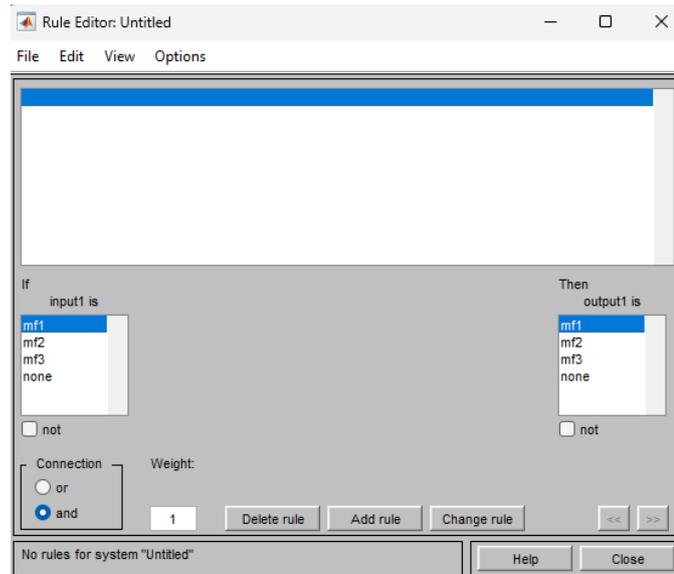
Membership function editor digunakan untuk mengedit fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* untuk tiap-tiap variabel *input* maupun *output* seperti gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Tampilan *membership function editor*

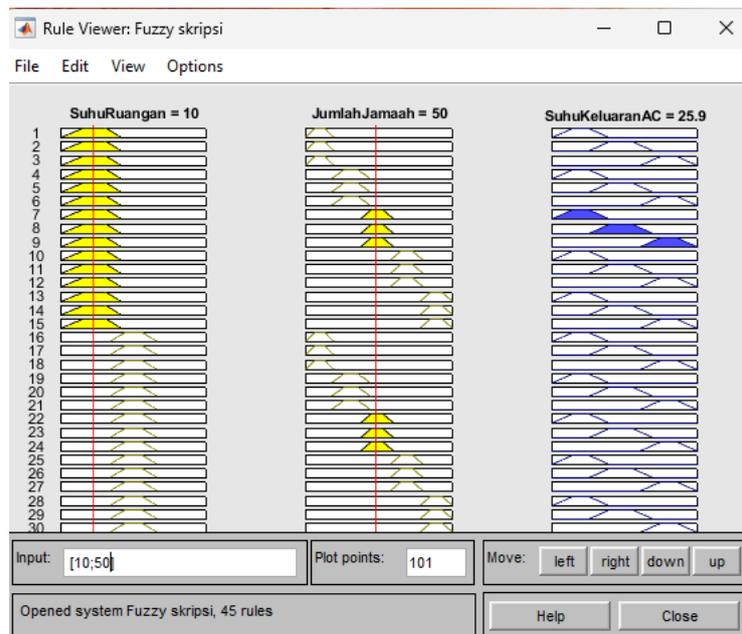
C. Rule editor

Digunakan untuk membuat, mengedit dan menampilkan aturan yang akan atau yang telah dibuat sebelumnya. Berikut tampilannya pada gambar 2.14

Gambar 2. 14 Tampilan *rule editor*

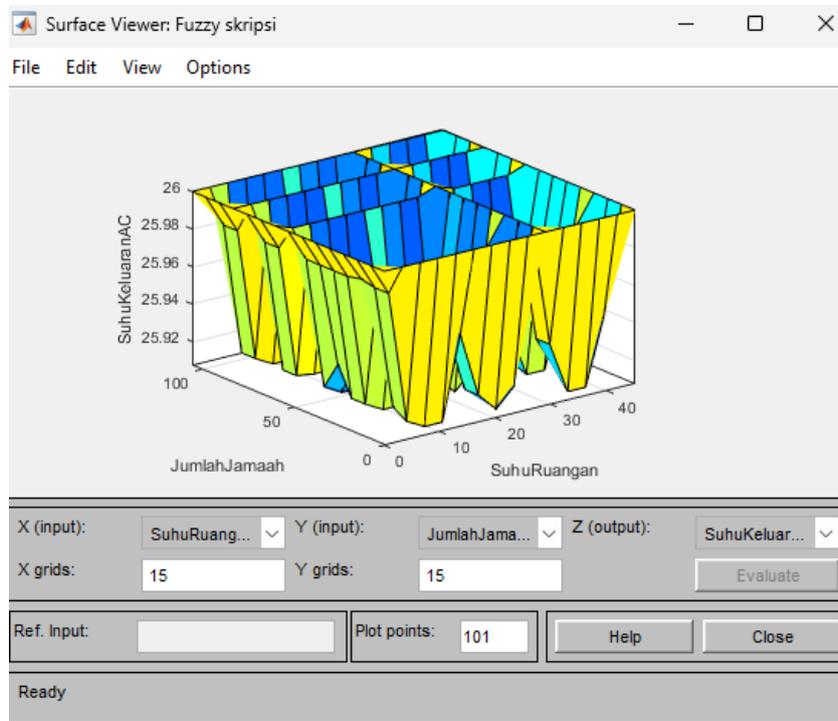
D. Rule viewer

Digunakan untuk melihat alur penalaran *fuzzy* pada sistem meliputi pemetaan *input* yang diberikan ke tiap-tiap variabel *input*, aplikasi operator dan fungsi implikasi. Komposisi aturan sampai pada penentuan *output* tegas pada defuzzifikasi. Berikut tampilannya pada gambar 2.15

Gambar 2. 15 Tampilan *rule viewer*

E. Surface viewer

Digunakan untuk melihat gambar grafik pemetaan antara variabel – variabel *input* terhadap *output*. Berikut tampilannya pada gambar 2.16



Gambar 2. 16 Tampilan *surface viewer*

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Masjid Al – Ikhlas yang beralamat di Jl. Veteran Psr VIII, Desa Manunggal, Kecamatan Labuhan Deli, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan tugas akhir ini berlangsung dari april 2023 hingga february 2024. Dimulai dengan penyetujuan proposal hingga selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian literatur, penyusunan proposal bab 1 hingga bab 3, kemudian dikarenakan pihak masjid tidak mengizinkan dilakukannya pengujian pada beban terkait maka peneliti melanjutkan dengan pengambilan data suhu dan jumlah jama'ah setiap waktu sholat selama satu hari, lalu analisa data, dan terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini dalam tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Jadwal penelitian

No	Uraian											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Kajian literatur											
2	Penyusunan proposal penelitian											
3	Penulisan bab1 s/d bab 3											
4	Seminar proposal penelitian											
5	Analisa data											
6	Seminar hasil penelitian											
7	Sidang akhir											

3.2 Alat Penelitian

Dikarenakan pihak masjid tidak mengizinkan dilakukan percobaan dan pengujian terhadap beban yang diperlukan (dalam hal ini pengintegrasian rancangan *fuzzy logic* terhadap AC pada masjid) maka peneliti hanya melakukan simulasi terhadap data yang akan diambil. Untuk melakukan hal itu, alat yang digunakan adalah :

1. Termometer digital

Termometer digital pada penelitian ini digunakan untuk mengukur suhu dalam ruangan masjid pada tiap waktu sholat.

2. Handphone

Handphone dalam penelitian ini digunakan untuk mencatat hasil pengukuran suhu ruangan dan jumlah jama'ah setiap dilakukan sholat, berdasarkan hal ini maka pengukuran dan pencatatan dilakukan dalam 5 waktu, yaitu saat dilaksanakan sholat subuh, dzuhur, ashar, maghrib dan isya dimasjid Al Ikhlas.

3. Laptop ASUS X425E

Laptop digunakan sebagai tempat penyusunan proposal tugas akhir dan analisa data terkait penelitian menggunakan aplikasi Matlab R2018a

4. Aplikasi Matlab R2018a

Matlab R2018a dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat pengolahan data dan tempat dilakukannya simulasi percobaan berdasarkan *fuzzy logic* dengan metode Mamdani.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini melalui 2 tahap, yaitu :

1. Observasi dan wawancara dengan pengurus masjid mengenai jumlah AC dan suhu yang digunakan pada setiap pelaksanaan ibadah sholat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah AC yang digunakan serta suhu keluaran AC disetiap waktu sholat itu sama atau tidak.
2. Pengambilan data suhu ruangan dan jumlah jama'ah masjid al ikhlas saat pelaksanaan sholat. Pengambilan data dilakukan lima kali dalam

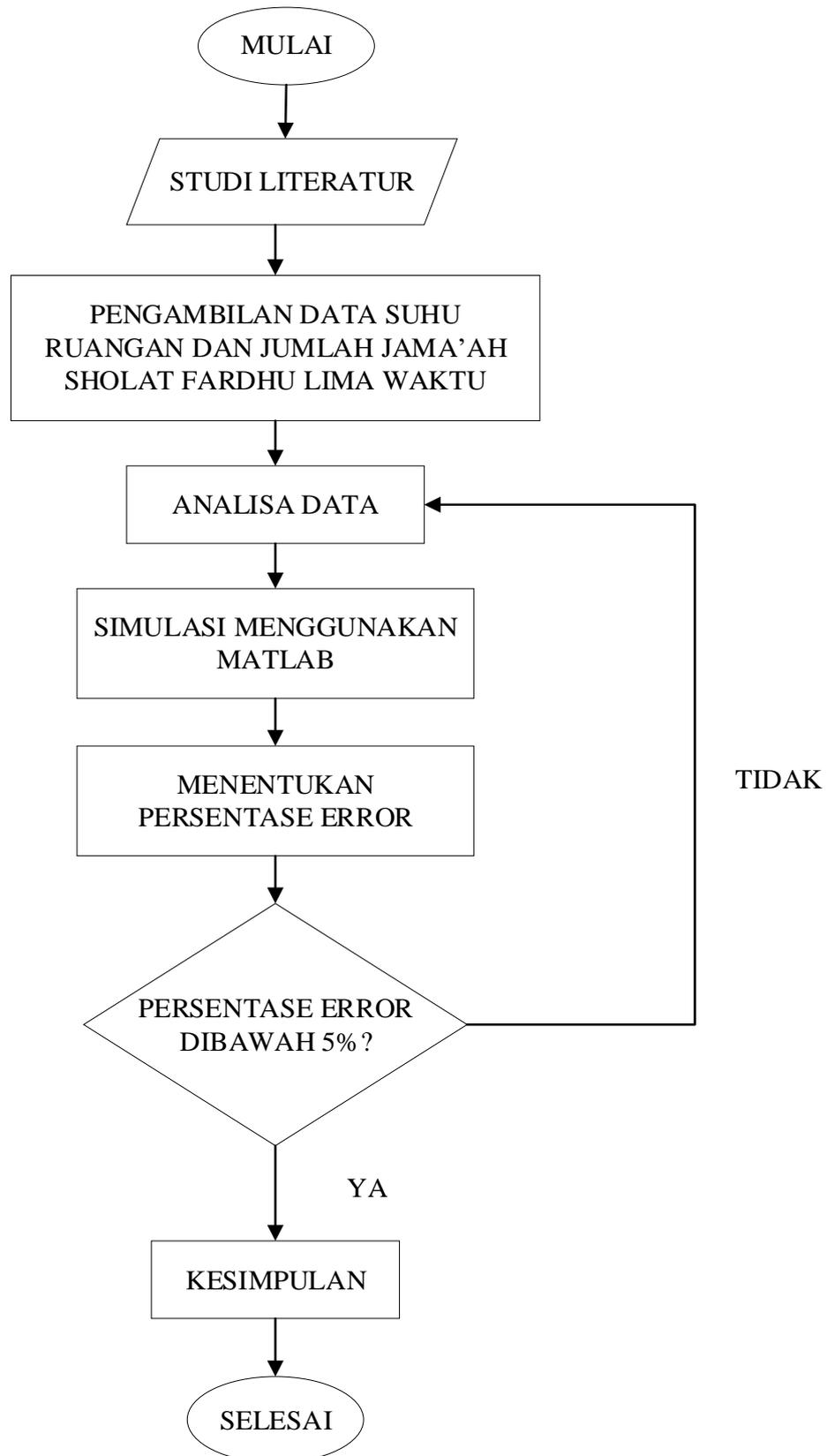
kurun waktu satu hari sesuai jumlah sholat fardhu yang dilaksanakan di masjid al ikhlas yaitu saat waktu subuh, dzuhur, ashar, maghrib dan isya.

3.3.2 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menghitung suhu ruangan dan jumlah jama'ah harian rata-rata berdasarkan data yang telah diambil
2. Menghitung suhu keluaran AC berdasarkan data rata-rata menggunakan kaidah *fuzzy logic* metode mamdani.
3. Melakukan simulasi berdasarkan data yang telah dikalkulasikan menggunakan aplikasi matlab R2018a

3.4 Bagan Alir Penelitian

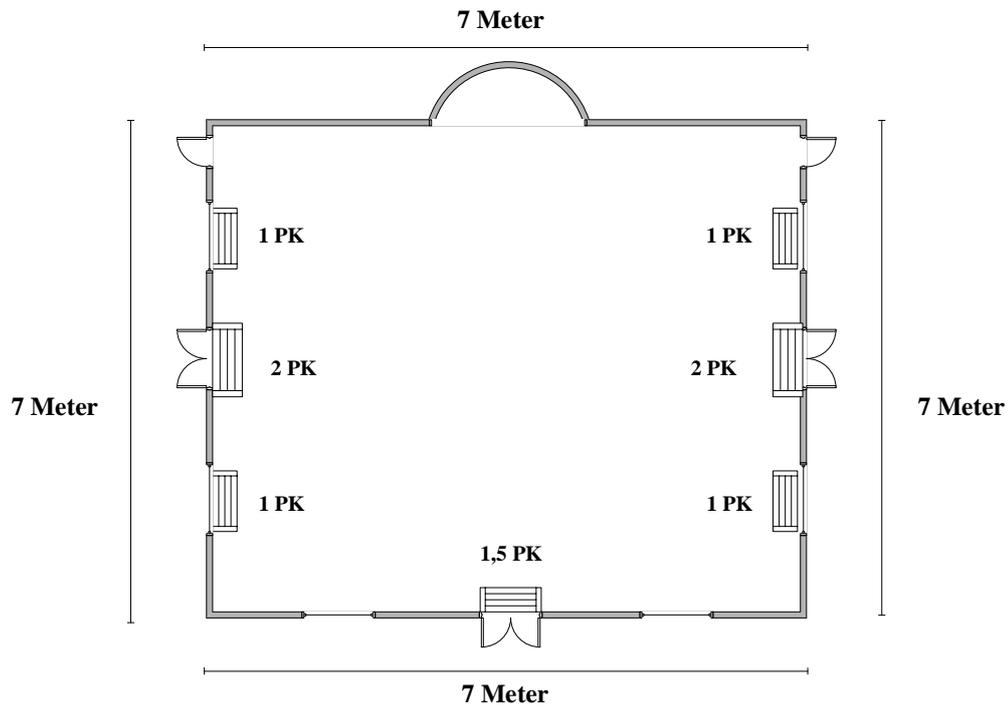


Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Penelitian dilakukan di ruangan dalam masjid al ikhlas yang memiliki luas ruangan 7x7meter dan memiliki ruangan berbentuk kubah sebesar 1,5 meter juga dipasang AC sebanyak 7 buah. Ruangan tersebut memiliki total 7 shaf dan tiap shaf dapat diisi maksimal 15 orang, jadi jumlah total jama'ah yang dapat ditampung didalam ruangan adalah 105 orang. Berikut sketsa ruangnya pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Sketsa ruangan masjid

Agar lebih mudah dilihat, berikut data ruangnya dalam tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data ruangan masjid

Data ruangan dalam masjid al ikhlas	
Luas ruangan	7 x 7 meter
Diameter kubah	1,5 meter
Jumlah AC	7 unit
Suhu kerja AC	16°C – 36°C
Jumlah shaf	7
Jumlah jama'ah per shaf	15 orang
Jumlah maksimal jama'ah	105 orang

Sistem pendukung *fuzzy logic* telah digunakan dalam banyak bidang, salah satunya penentu keputusan keluaran suhu AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata harian masjid Al Ikhlas selama pelaksanaan ibadah sholat lima (5) waktu. Pengambilan data dilakukan selama enam (6) hari dan terbagi menjadi dua sesi, sesi pertama yaitu pada tanggal 3, 11 dan 18 februari. Pengambilan data dilakukan didalam ruangan Masjid Al-Ikhlas dengan suhu kerja AC pada hari pertama adalah **16°C**, kemudian hari kedua adalah **22°C** dan dihari ketiga adalah **28°C**. Dilanjutkan dengan sesi kedua dilakukan pada tanggal serta 3, 10 dan 11 maret 2024. Dengan suhu kerja AC pada hari keempat adalah **19°C**, dihari kelima adalah **25°C** dan di hari keenam adalah **30°C**. Saat pengambilan data dilakukan, AC dinyalakan setidaknya satu jam sebelum ibadah sholat dilaksanakan. Untuk interval waktu dari maghrib ke isya AC tetap dinyalakan secara konstan. berikut data yang telah dikumpulkan dalam pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Data penelitian sesi pertama

Data pelaksanaan sholat tanggal 03, 11 dan 18 februari 2024									
No	Waktu pelaksanaan sholat	Suhu ruangan (°C)				Jumlah jama'ah (orang)			
		Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Rata-rata	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Rata-rata
1	Subuh	19,1	24,9	29,6	24,5	22	35	31	29,3
2	Dzuhur	20,5	26	31	25,6	38	36	40	38
3	Ashar	21,4	25,9	33,2	26,5	36	38	36	36,6
4	Maghrib	25,3	29,2	35,4	29,9	97	101	88	95,3
5	Isya	23,3	28,4	33,4	28,3	63	54	59	58,6
	Jumlah total rata – rata	26,9 °C				51 Orang			

Pada tabel 4.2 diatas dapat kita lihat suhu ruangan dan jumlah jama'ah yang diketahui berdasarkan pengambilan data yang dilaksanakan tiap-tiap sholat fardhu pada pengambilan data sesi pertama. Dapat kita lihat korelasi antara suhu ruangan dengan jumlah jama'ah, dimana semakin banyak jumlah jama'ah dalam suatu ruangan, semakin besar selisih antara suhu ruangan dan suhu keluaran AC. Hal ini menandakan semakin banyak orang dalam satu ruangan, maka suhu ruangan tersebut juga akan meningkat.

Berselang beberapa minggu, peneliti memutuskan menambah hari pengambilan data suhu ruangan dan jumlah jama'ah untuk lebih menguatkan efektivitas penelitian ini. Hasil dari pengambilan data sesi kedua tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Data penelitian sesi kedua

Data pelaksanaan sholat tanggal 03, 11 dan 18 februari 2024									
No	Waktu pelaksanaan sholat	Suhu ruangan (°C)				Jumlah jama'ah (orang)			
		Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Rata-rata	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Rata-rata
1	Subuh	20,2	26	30,2	25,5	23	31	12	22
2	Dzuhur	23,2	28,8	33,3	28,4	40	49	39	42,6
3	Ashar	22,3	28,9	32,8	28	35	51	35	40,3
4	Maghrib	25,9	30,2	35,8	30,6	88	100	76	88
5	Isya	25,2	27	34,2	28,8	86	40	59	61,6
Jumlah total rata – rata		28,3 °C				51 Orang			

Berdasarkan tabel 4.2 dan 4.3, peneliti memutuskan mengambil nilai rata – rata dari kedua tabel untuk digunakan sebagai bahan perhitungan mendatang. Berikut nilai akhirnya:

- Nilai rata – rata suhu ruangan = $\frac{26,9+28,3}{2} = 27,6^{\circ}\text{C}$
- Nilai rata – rata jumlah jama'ah = $\frac{51+51}{2} = 51 \text{ orang}$

Berdasarkan hasil diatas, maka dapat dilakukan kalkulasi penentuan suhu keluaran AC serta dilaksanakan simulasi menggunakan matlab. Adapun proses penelitian dilakukan dengan 6 tahap, yaitu pembentukan himpunan, fuzzifikasi, penentuan *fuzzy rule*, defuzzifikasi simulasi menggunakan matlab, dan menentukan persentase error.

4.1.1 Tahap Pembentukan Himpunan

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan data yang di dapat untuk menentukan variabel *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan, domain serta fungsi keanggotaan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan fungsi keanggotaan trapesium. Berdasarkan data diatas, peneliti menentukan kesimpulan sebagai berikut.

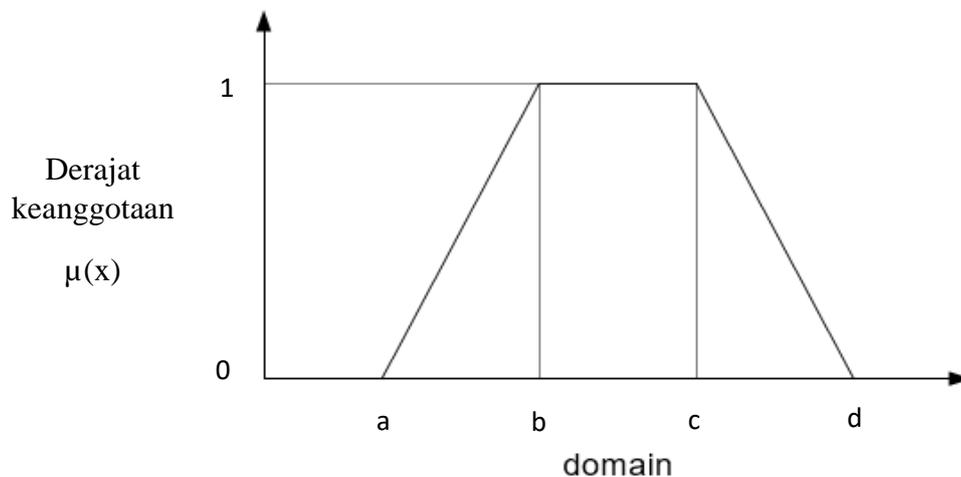
A. Penarikan kesimpulan

- Input : Suhu Ruangan [0, 45]
 - Suhu dikatakan **Dingin** jika berada pada 0°C – 19°C.
 - Suhu dikatakan **Normal** jika berada pada 15°C – 30°C.
 - Suhu dikatakan **Panas** jika berada pada 28°C – 45°C.

- Input : Jumlah Jama'ah [0, 106]
 - Jumlah jama'ah dikatakan **Sangat Sedikit** jika berada pada 0 – 21 Orang
 - Jumlah jama'ah dikatakan **Sedikit** jika berada pada 18 – 42 Orang
 - Jumlah jama'ah dikatakan **Sedang** jika berada pada 39 – 63 Orang
 - Jumlah jama'ah dikatakan **Banyak** jika berada pada 60 – 84 Orang
 - Jumlah jama'ah dikatakan **Sangat Banyak** jika berada pada 81 – 106 Orang

- Output : Suhu Keluaran AC [16, 36]
 - Suhu keluaran AC dikatakan **Rendah** jika berada pada 16°C – 24°C
 - Suhu keluaran AC dikatakan **Sedang** jika berada pada 21 °C – 30°C
 - Suhu keluaran AC dikatakan **Tinggi** jika berada pada 28°C – 36 °C

B. Menentukan fungsi keanggotaan trapesium

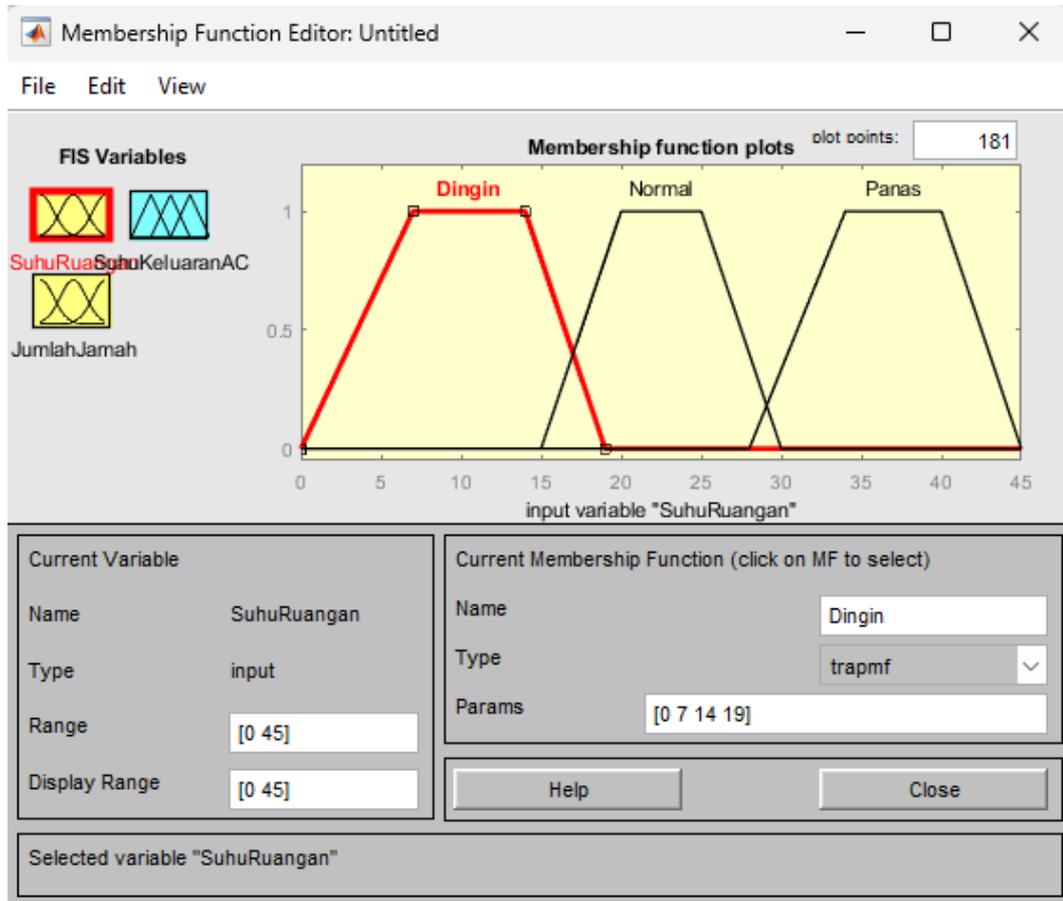


Gambar 4. 2 Fungsi keanggotaan trapesium

Fungsi keanggotaannya:

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

a. Kurva suhu ruangan:



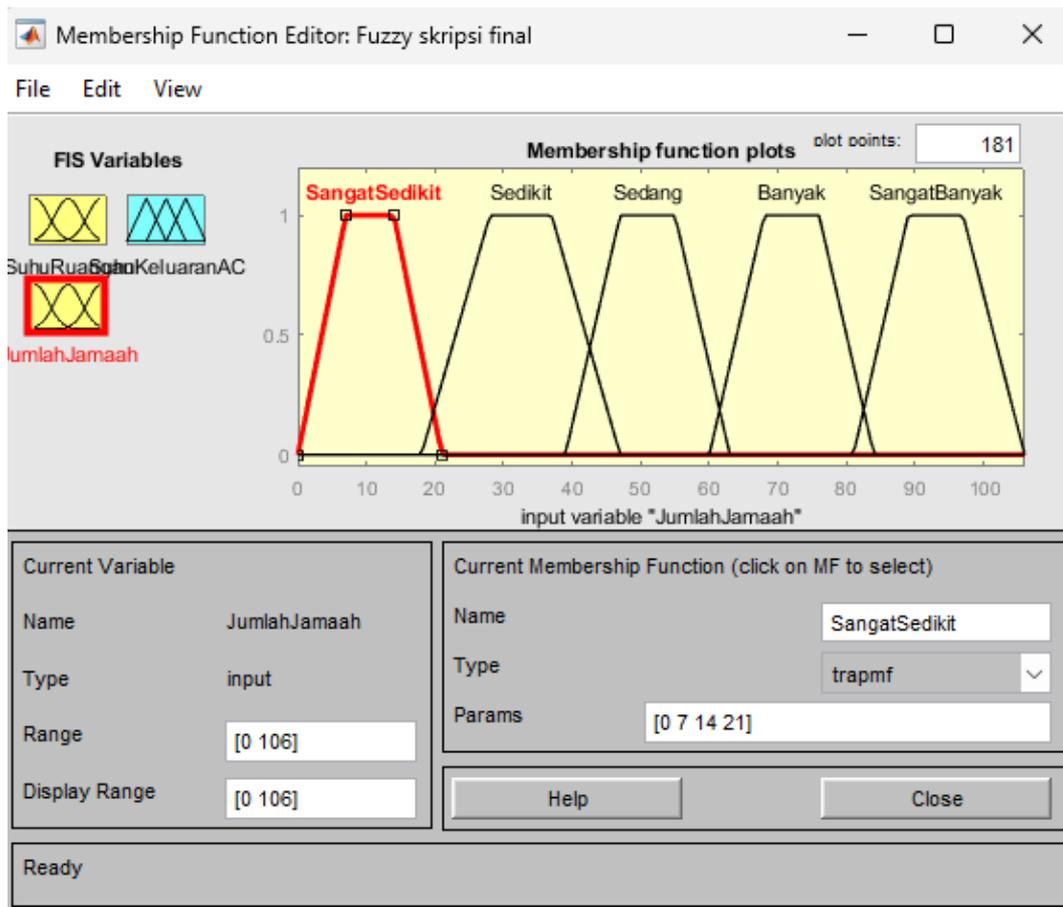
Gambar 4. 3 Kurva suhu ruangan

$$\bullet \text{ Dingin } [0 \ 7 \ 14 \ 19] : \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 19 \\ \frac{x-0}{7-0}; 0 \leq x \leq 7 \\ 1; 7 \leq x \leq 14 \\ \frac{19-x}{19-14}; 14 \leq x \leq 19 \end{cases}$$

$$\bullet \text{ Normal } [15 \ 20 \ 25 \ 30] : \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-15}{20-15}; 15 \leq x \leq 20 \\ 1; 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{30-25}; 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

- Panas [28 34 40 45] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 28 \text{ atau } x \geq 45 \\ \frac{x-28}{34-28}; 28 \leq x \leq 34 \\ 1; 34 \leq x \leq 40 \\ \frac{45-x}{45-40}; 40 \leq x \leq 45 \end{cases}$

b. Kurva jumlah jama'ah



Gambar 4. 4 Kurva jumlah jama'ah

- Sangat Sedikit [0 7 14 21] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 0 \text{ atau } x \geq 21 \\ \frac{x-0}{7-0}; 0 \leq x \leq 7 \\ 1; 7 \leq x \leq 14 \\ \frac{21-x}{21-14}; 14 \leq x \leq 21 \end{cases}$

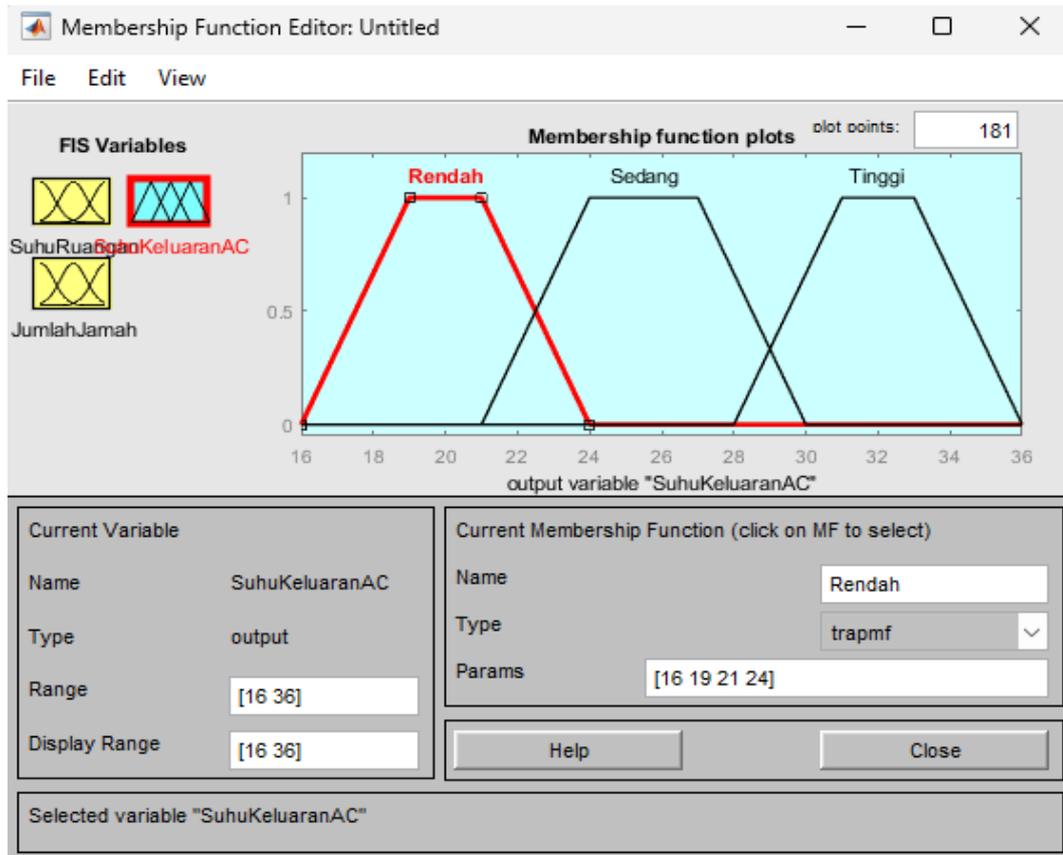
- Sedikit [18 28 37 47] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 18 \text{ atau } x \geq 47 \\ \frac{x-18}{28-18}; 18 \leq x \leq 28 \\ 1; 28 \leq x \leq 37 \\ \frac{47-x}{47-37}; 37 \leq x \leq 47 \end{cases}$

- Sedang [39 47 55 63] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 39 \text{ atau } x \geq 63 \\ \frac{x-39}{47-39}; 39 \leq x \leq 47 \\ 1; 47 \leq x \leq 55 \\ \frac{63-x}{63-55}; 55 \leq x \leq 63 \end{cases}$

- Banyak [60 68 76 84] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 84 \\ \frac{x-60}{68-60}; 60 \leq x \leq 68 \\ 1; 68 \leq x \leq 76 \\ \frac{84-x}{84-76}; 76 \leq x \leq 84 \end{cases}$

- Sangat Banyak [81 89 97 106] : $\mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 81 \text{ atau } x \geq 106 \\ \frac{x-81}{89-81}; 81 \leq x \leq 89 \\ 1; 89 \leq x \leq 97 \\ \frac{105-x}{105-97}; 97 \leq x \leq 106 \end{cases}$

c. Suhu keluaran AC



Gambar 4. 5 Suhu keluaran AC

$$\bullet \text{ Rendah } [16 \ 19 \ 21 \ 24] : \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 16 \text{ atau } x \geq 24 \\ \frac{x-16}{19-16}; 16 \leq x \leq 19 \\ 1; 19 \leq x \leq 21 \\ \frac{24-x}{24-21}; 21 \leq x \leq 24 \end{cases}$$

$$\bullet \text{ Sedang } [21 \ 24 \ 27 \ 30] : \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 21 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-21}{24-21}; 21 \leq x \leq 24 \\ 1; 24 \leq x \leq 27 \\ \frac{30-x}{30-27}; 27 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

$$\bullet \text{ Tinggi [28 31 33 36] : } \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 28 \text{ atau } x \geq 36 \\ \frac{x-28}{31-28}; 28 \leq x \leq 31 \\ 1; 31 \leq x \leq 33 \\ \frac{36-x}{36-33}; 33 \leq x \leq 36 \end{cases}$$

4.1.2 Tahap Fuzzifikasi

Pada tahap ini peneliti menentukan derajat keanggotaan berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah rata – rata harian yang sebelumnya telah tertera dalam tabel data untuk kemudian di cocokkan dengan fungsi keanggotaan masing – masing himpunan *fuzzy* yang telah kita tentukan diatas, sebagai berikut.

- A. Pada input suhu rata – rata harian terdapat pada 27,6°C, maka termasuk dalam himpunan normal, sehingga:

$$\text{Normal [15 20 25 30] : } \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-15}{20-15}; 15 \leq x \leq 20 \\ 1; 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{30-25}; 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu(26,9) = \frac{30 - (27,6)}{30 - 25} = \frac{3,1}{5} = 0,48$$

- B. Pada input jumlah jama'ah rata – rata harian terhitung 51 orang, maka termasuk dalam himpunan sedang, sehingga:

$$\bullet \text{ Sedang [39 47 55 63] : } \mu(x) = \begin{cases} 0; x \leq 39 \text{ atau } x \geq 63 \\ \frac{x-39}{47-39}; 39 \leq x \leq 47 \\ 1; 47 \leq x \leq 55 \\ \frac{63-x}{63-55}; 55 \leq x \leq 63 \end{cases}$$

$$\mu(51) = 1$$

Sehingga dapat kita kumpulkan seluruh himpunan *fuzzy* untuk variabel suhu dan jumlah jama'ah sebagai berikut:

a) Himpunan pada saat Suhu 27,6°C:

- $\mu_{Dingin}(27,6) = 0$
- $\mu_{Normal}(27,6) = 0,48$
- $\mu_{Panas}(27,6) = 0$

b) Himpunan pada saat Jumlah Jama'ah 51 Orang:

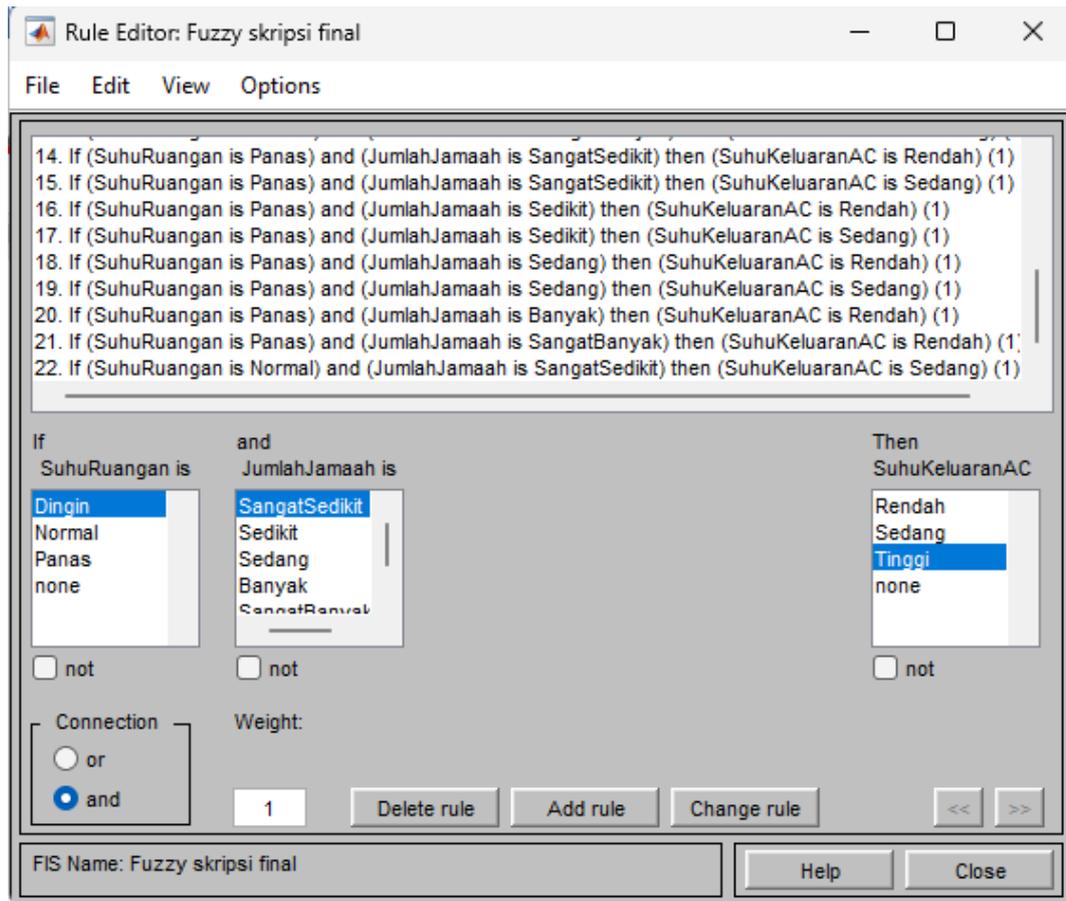
- $\mu_{Sangat\ Sedikit}(51) = 0$
- $\mu_{Sedikit}(51) = 0$
- $\mu_{Sedang}(51) = 1$
- $\mu_{Banyak}(51) = 0$
- $\mu_{Sangat\ Banyak}(51) = 0$

4.1.3 Tahap Pembuatan *Fuzzy Rule*

Setelah derajat keanggotaan dari himpunan yang terlibat telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah membuat *fuzzy rule* menggunakan metode intersection atau operasi min dengan operator AND. Lalu dilanjutkan dengan menentukan predikat melalui pengambilan nilai terkecil dari dua buah logika jika himpunan tsb tidak memiliki nilai derajat ke anggotaan maka $\alpha - predikat$ tetap 0 atau tidak memiliki kondisi (tidak terpenuhi). Lebih jelasnya sebagai berikut.

A. Menentukan *Fuzzy Rule*

Bentuk *fuzzy rule* dengan menggunakan metode Intersection atau operasi min dengan operator AND terlampir dalam lampiran 2. Saat *fuzzy rule* tersebut kita diinput melalui aplikasi matlab, maka akan menjadi seperti gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 Pembuatan *fuzzy rule*

Pada gambar 4.6 diatas, ditunjukkan tampilan saat dilakukan pembuatan *fuzzy rule* dalam aplikasi matlab yang mana ditampilkan atas terdapat bentuk *rule* nya, dibagian tengah terdapat susunan himpunan untuk menyesuaikan rule yang hendak dibuat, dan dibagian bawah terdapat opsi untuk membuat *rule* sesuai himpunan yang di tunjuk, mengubah *rule* ataupun menghapus *rule*. Pembuatan Rule dalam aplikasi matlab dilakukan dengan meng-klik masing – masing himpunan pada variabel yang dibutuhkan. Sebagai contoh pada Variabel “Suhu Ruangan” kita memilih himpunan “Dingin”, lalu pada variabel “Jumlah Jama’ah” kita memilih himpunan “Sangat Sedikit”, kemudian pada variabel “Suhu Keluaran AC” kita memilih himpunan “Rendah”. Setelah itu, kita meng-klik “Add rule” maka Rule yang kita susun tadi sudah terbentuk.

B. Menentukan Predikat

Setelah membuat *fuzzy rule*, selanjutnya adalah menentukan predikat untuk menentukan himpunan yang bernilai, sebagai berikut.

- $[\alpha - predikat]_1 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Sangat Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_2 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_3 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Sedang}(51) = 0 \cap 1 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_4 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Banyak}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_5 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Sangat Banyak}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_6 \mu_{Dingin}(27,6) \cap \mu_{Sangat Banyak}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_7 \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sangat Sedikit}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_8 \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sangat Sedikit}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_9 \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sedikit}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{10} \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sedikit}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Tinggi** → tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{11} \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sedang}(51) = 0,48 \cap 1 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** → **Terpenuhi**

- $[\alpha - predikat]_{12} \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Banyak}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{13} \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sangat Banyak}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{14} \mu_{Normal}(27,6) \cap \mu_{Sangat Banyak}(51) = 0,48 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{15} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sangat Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{16} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sangat Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{17} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{18} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sedikit}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{19} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sedang}(51) = 0 \cap 1 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{20} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sedang}(51) = 0 \cap 1 =$
Suhu Keluaran AC **Sedang** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{21} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Banyak}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi
- $[\alpha - predikat]_{22} \mu_{Panas}(27,6) \cap \mu_{Sangat Banyak}(51) = 0 \cap 0 =$
Suhu Keluaran AC **Rendah** \rightarrow tidak terpenuhi

Sehingga rule yang memenuhi kondisi adalah:

- [R11]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sedang** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang** $\rightarrow [\alpha - predikat_{11}] = 0,48$

4.1.4 Tahap Defuzzifikasi

Pada tahap ini, *rule* yang memenuhi kondisi beserta nilai predikatnya akan diintegrasikan dengan *output* yang juga memenuhi kondisi untuk menentukan nilai *crisp* sebagai hasil *output*.

A. Pengintegrasian predikat

- $[\alpha - \text{predikat}_{11}] = 0,48$

Sehingga nilai variabel Suhu Keluaran AC **Sedang**:

$$\frac{a1 - 21}{24 - 21} = 0,48 \rightarrow \frac{a1 - 21}{3} = 0,48 \rightarrow a1 = 22,44$$

$$\frac{30 - a2}{30 - 27} = 0,48 \rightarrow \frac{30 - a2}{3} = 0,48 \rightarrow a2 = 31,44$$

B. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *smallest of maximum (som)*. Yaitu dengan menggunakan hasil terkecil dari beberapa hasil pengintegrasian predikat. Kemudian hasil tersebut digunakan sebagai nilai *crisp* (tegas) yang menjadi nilai akhir *output*.

Hasil akhir defuzzifikasi

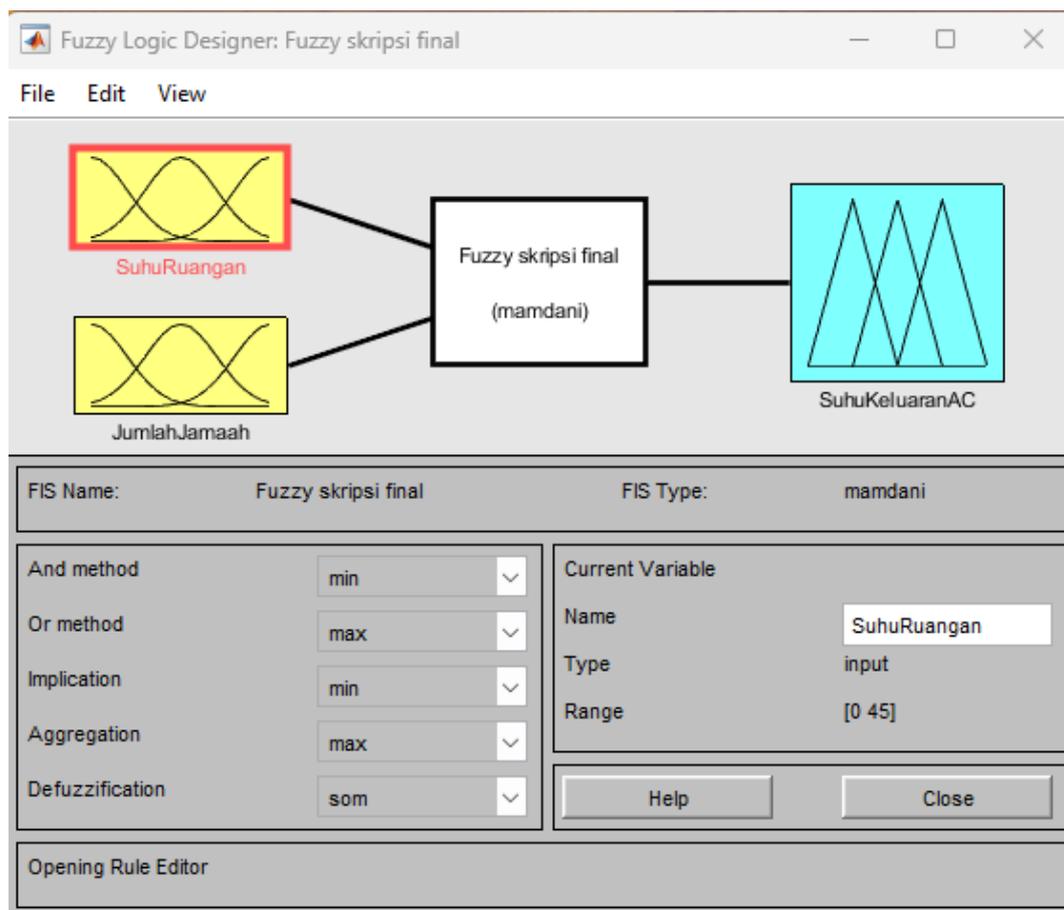
$$\frac{a1 - 21}{24 - 21} = 0,62 \rightarrow \frac{a1 - 21}{3} = 0,48 \rightarrow a1 = 22,44$$

Maka, suhu keluaran AC pada saat suhu ruangan 27,6°C dan jumlah jama'ah 51 orang adalah **22,44°C**.

4.2 Simulasi Menggunakan Matlab

Pada tahap ini, peneliti melakukan simulasi menggunakan matlab sesuai data dengan menggunakan variabel, himpunan, fungsi keanggotaan dan *fuzzy* rule yang sebelumnya telah di tentukan. Terakhir, menghitung persentase error antara hasil kalkulasi dengan hasil simulasi.

A. Tampilan konfigurasi *fuzzy*



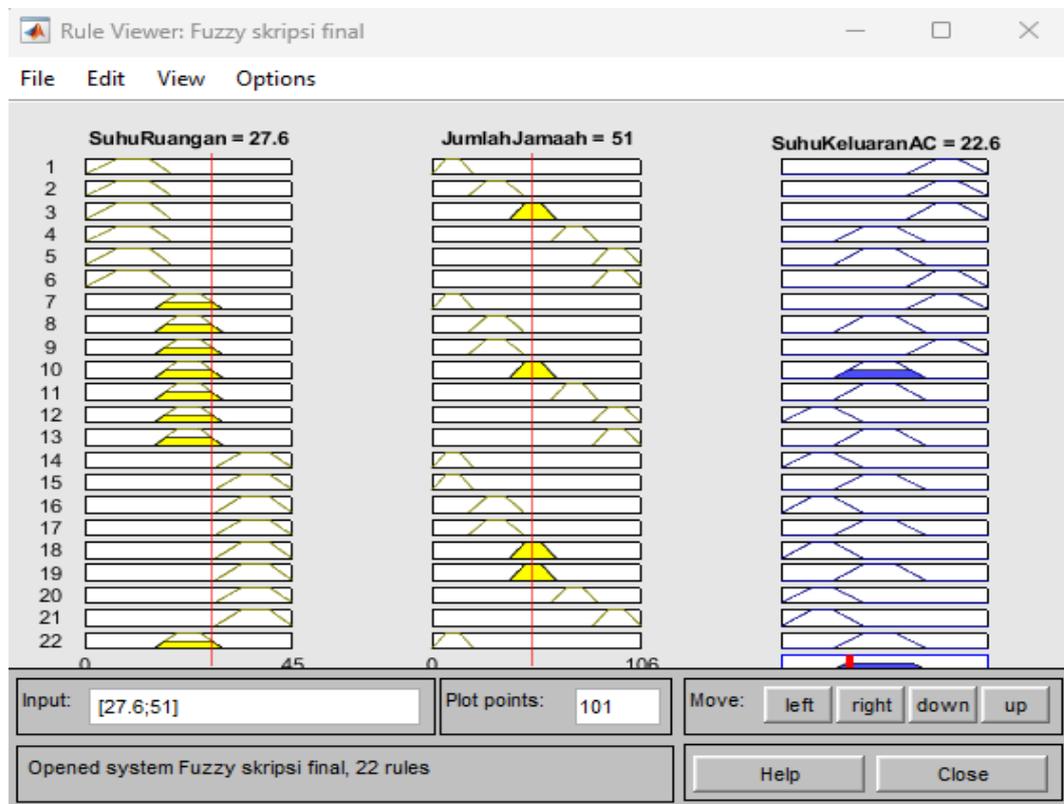
Gambar 4. 7 Tampilan konfigurasi *fuzzy*

Pada gambar 4.7, ditentukan jumlah dan nama variabel *input*. Ditampilkan pula konfigurasi yang digunakan dalam simulasi yaitu menggunakan metode min – max dan metode defuzzifikasi *smallest of maximum (som)*.

Dalam tampilan diatas juga masing – masing variabel dan *fuzzy rule* telah ditentukan seperti gambar yang tertera pada sub bab sebelumnya.

B. Hasil pengujian

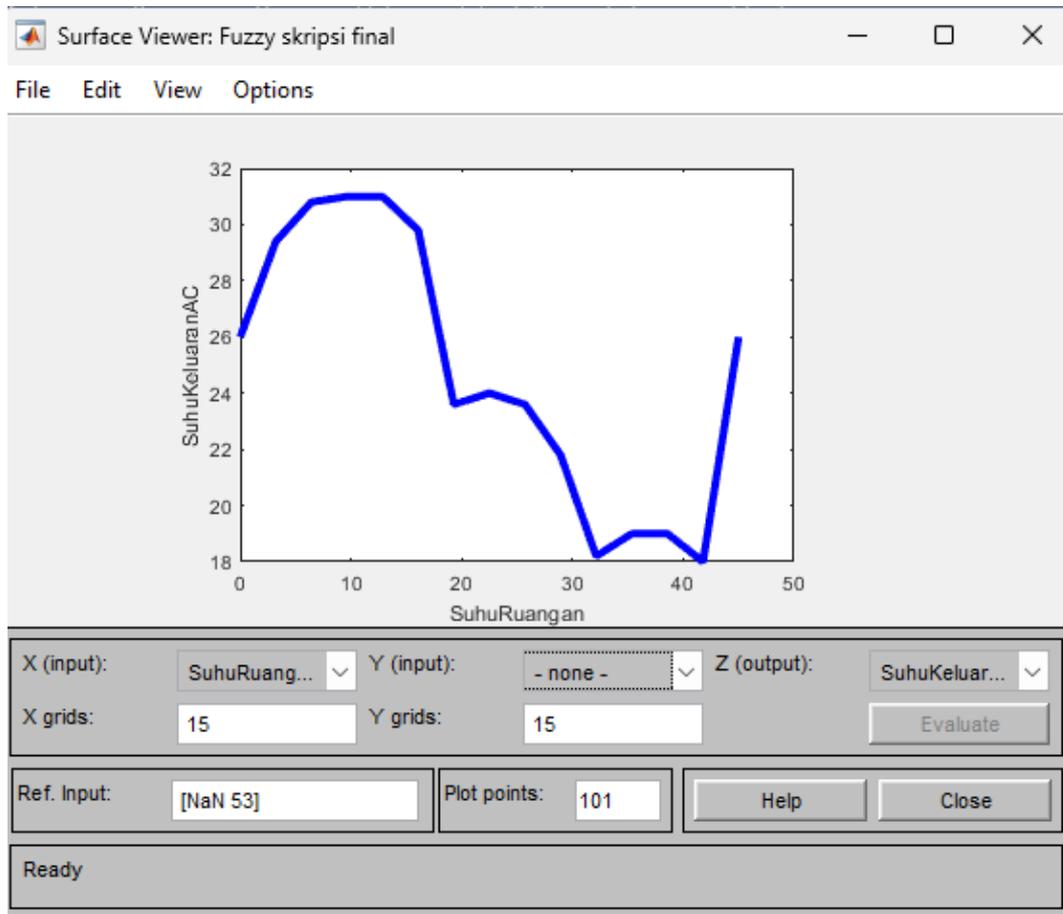
- *Rule viewer*



Gambar 4. 8 Tampilan hasil *rule viewer*

Pada gambar 4.8 diatas, didapatkan hasil pengujian menggunakan matlab untuk variabel *output* suhu keluaran AC adalah 22,6°C dengan variabel *input* suhu ruangan adalah 27,6°C dan variabel *input* jumlah jama'ah adalah 51. Sebagai keterangan, gambar trapesium yang diwarnai pada ketiga kolom variabel diatas menandakan himpunan apa saja yang turut masuk dalam fuzzifikasi dengan masing – masing *input* pada setiap *fuzzy rule* yang digunakan, terkhususnya trapesium berwarna biru pada variabel suhu keluaran AC sebagai *fuzzy rule* yang digunakan hasil *output*. Garis merah yang melintang pada masing – masing kolom menandakan *fuzzy rule* yang terkena *fuzzifikasi* dan posisi data *input* dan *output* pada semesta pembicaraan tiap – tiap variabel. Terakhir kolom “[27.6;51]” adalah keterangan *input* yang digunakan, yaitu 27,6 untuk suhu ruangan dan 51 untuk jumlah jama'ah. Berikut tampilan *surface* dan hubungan antara masing -masing variabel input terhadap *output*.

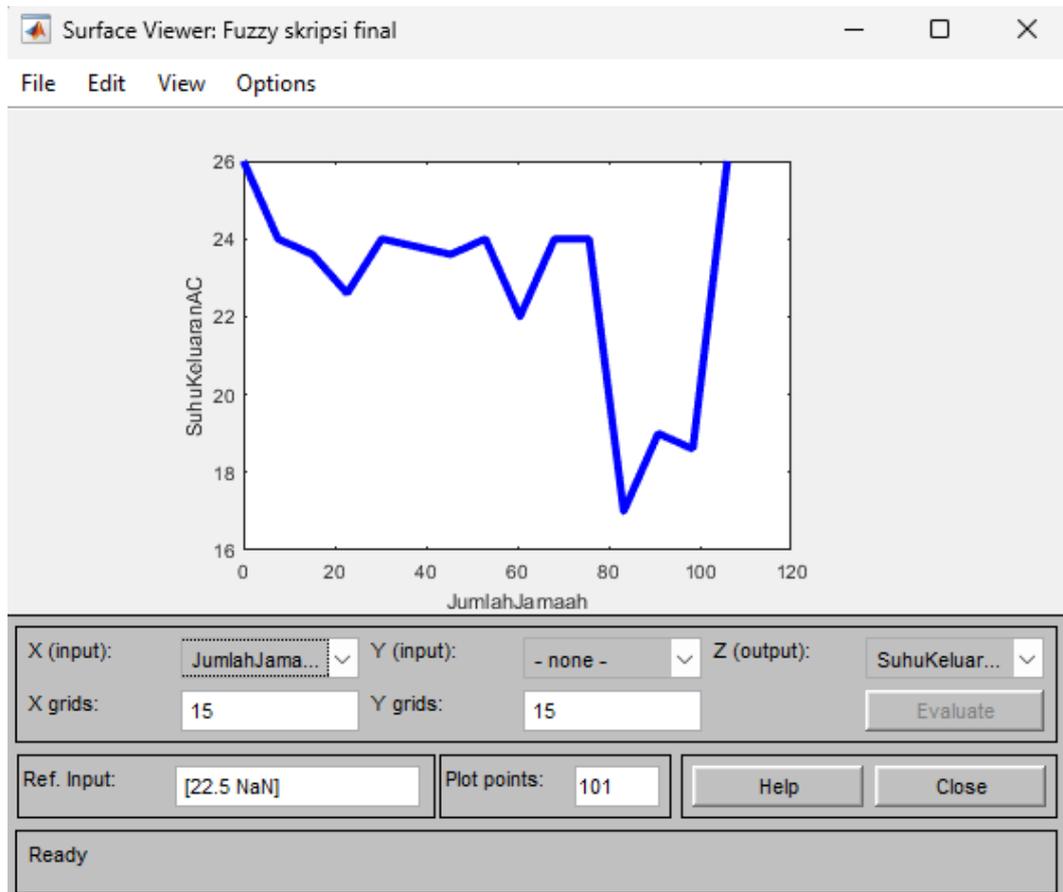
- *Surface viewer* : suhu ruangan terhadap suhu keluaran AC



Gambar 4. 9 Tampilan *surface* suhu ruangan terhadap suhu keluaran AC

Pada tampilan *surface* di gambar 4.9 diatas dapat kita lihat korelasi antara variabel *input* suhu ruangan terhadap variabel *output* suhu keluaran AC. Pergerakan *output* terhadap *input* bermula saat suhu ruangan 0°C maka suhu keluaran AC adalah 26°C, seiring suhu ruangan makin naik hingga sekitar 19°C pergerakan kurva suhu keluaran AC mengalami kenaikan hingga kisaran 30°C - 31°C lalu perlahan mulai menurun seiring meningkatnya suhu ruangan hingga mencapai titik terendah yaitu 18°C saat suhu ruangan menyentuh 32°C dan 41°C. Terakhir, suhu keluaran AC kembali ke 26°C saat suhu ruangan terdeteksi melebihi range yang ditentukan yaitu 45°C. Hal – hal tersebut disebabkan oleh penentuan keanggotaan saat pembentukan himpunan dilakukan, juga karena *rule* yang digunakan.

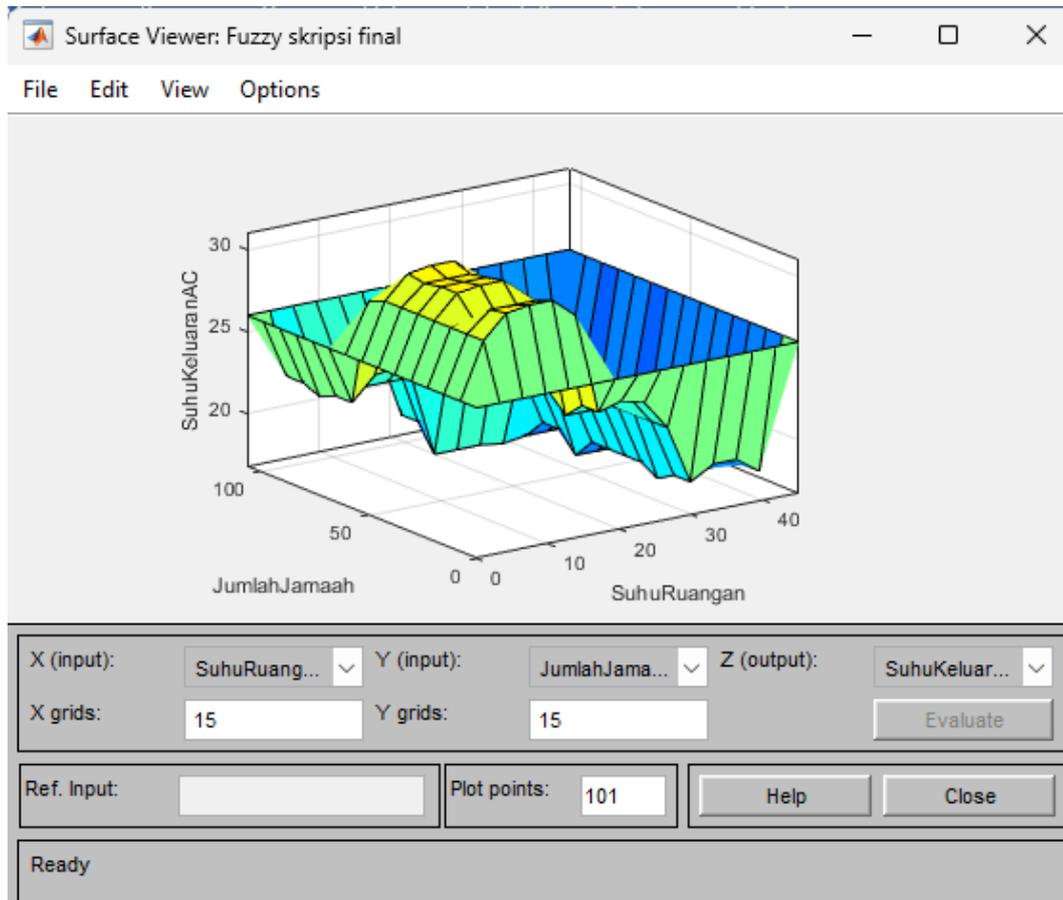
- *Surface viewer* : jumlah jama'ah terhadap suhu keluaran AC



Gambar 4. 10 Tampilan *surface* jumlah jama'ah terhadap suhu keluaran AC

Pada gambar 4.10, dapat kita lihat korelasi antara variabel *input* jumlah jama'ah terhadap variabel *output* suhu keluaran AC. Pergerakannya dimulai saat jumlah jama'ah yang terdeteksi adalah 0, maka sistem otomatis mengatur suhu keluaran AC menjadi 26°C sehingga suhu ruangan tetap dalam batas suhu nyaman. Lalu, seiring bertambahnya jama'ah dari 1 – 70 orang, suhu keluaran AC juga perlahan menurun ke range 22°C – 24°C. Terakhir, suhu keluaran AC benar – benar turun hingga sempat menyentuh 17°C – 19°C saat jumlah jama'ah 80 – 105 orang lalu kembali ke suhu 26°C saat jumlah jama'ah melebihi 105 orang. Hal ini disebabkan oleh penentuan himpunan, fuzzifikasi serta *rule* yang digunakan sehingga pergerakan kurva menjadi cukup signifikan.

- Tampilan *surface* keseluruhan



Gambar 4. 11 Tampilan *surface* keseluruhan

Pada gambar 4.11 diatas dapat kita lihat bentuk tampilan 3D dari pengaruh *input* suhu ruangan (X) dan *input* jumlah jama'ah (Y) terhadap variabel *output* suhu keluaran AC. Tampilan diatas adalah bentuk gabungan dari dua tampilan *surface* sebelumnya dimana grafik berwarna hijau menggambarkan *input* "Suhu Ruangan", grafik berwarna kuning menggambarkan *input* "Jumlah Jama'ah", dan grafik berwarna biru menggambarkan *output* "Suhu Keluaran AC". Bila dilihat sekilas gambar akan terkesan sulit dipahami. Sehingga, peneliti menyarankan untuk melihat melalui dua tampilan sebelumnya dengan masing – masing variabel *input* untuk lebih mudah dipahami.

C. Menentukan Persentase Error

Persentase error adalah selisih antara perhitungan manual dengan simulasi menggunakan matlab. Persentase error dapat dihasilkan karna terjadinya pembulatan yang cukup signifikan baik pada perhitungan manual maupun simulasi, dimana persentase error yang terjadi tidak boleh lebih dari 5% agar metode dapat dianggap valid. Berikut cara menghitung persentase error

$$\frac{(\text{Hasil Simulasi} - \text{Hasil Kalkulasi})}{\text{Hasil Simulasi}} \times 100\%$$

Bila diaplikasikan:

$$\frac{(22,6^{\circ}\text{C} - 22,44^{\circ}\text{C})}{22,6^{\circ}\text{C}} \times 100\% = 0,007\%$$

Didapat bahwa persentase error adalah 0,007% yang mana ada dibawah 5%. Maka, penggunaan metode *fuzzy logic* untuk menentukan suhu keluaran AC berdasarkan suhu ruangan dan jumlah jama'ah dapat dianggap valid.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kalkulasi variabel *output* suhu keluaran AC berdasarkan *input* suhu ruangan dan jumlah jama'ah dilakukan dengan empat tahapan yaitu pembentukan himpunan, fuzzifikasi, menentukan *fuzzy rule* dan defuzzifikasi. Berdasarkan hal tersebut, didapat suhu keluaran AC sebesar 22,44 °C.
2. Simulasi dilakukan dengan cara memasukkan data ke aplikasi matlab sesuai dengan variabel, himpunan, fungsi keanggotaan dan *fuzzy rule* yang sebelumnya telah di tentukan sebelumnya. Sehingga, didapati *output* suhu keluaran AC adalah 22,6 °C dan persentase error 0,007%. Dengan hasil tersebut, penggunaan *fuzzy logic* pada penelitian ini dianggap valid.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan diatas, maka peneliti memiliki saran sebagai berikut:

1. Pihak bersangkutan dapat menjadikan penelitian ini sebagai rujukan atau referensi apabila hal serupa akan diterapkan.
2. Pihak masjid dapat memasang pendingin ruangan menggunakan thermostat ataupun alat ukur suhu untuk memaksimalkan kenyamanan jama'ah saat beribadah terutama dari segi thermal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khoirum Muslihah, “*Ingin pasang ac dirumah? Ketahui kapasitas produk beserta daya yang dibutuhkan*”, <https://acdaikin.com/ingin-pasang-ac-di-rumah-ketahui-kapasitas-produk-beserta-daya-yang-dibutuhkan/>
- [2] Syaiful Karim, *Sensor Suhu & Akuator pada Air Conditioner*. Malang: PPPPTK BOE MALANG, 2013.
- [3] N. R. Syamsiyah and H. Nur Izzati, “STRATEGI KENYAMANAN TERMAL MASJID AL-KAUTSAR KERTONATAN, KARTASURA, SUKOHARJO,” *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, vol. 8, no. 2, p. 98, Oct. 2021, doi: 10.26418/lantang.v8i2.45792.
- [4] I. S. Jati and M. Rivai, “Implementasi Thermal Camera pada Pengaturan Pendingin Ruangan,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, Jan. 2020, doi: 10.12962/j23373539.v8i2.43131.
- [5] Sri Indarwati, Sri Mulyo Bondan Respati, and Darmanto, “KEBUTUHAN DAYA PADA AIR CONDITIONER SAAT TERJADI PERBEDAAN SUHU DAN KELEMBABAN,” *Momentum*, vol. 15, pp. 91–95, Apr. 2019.
- [6] Nadya Febriany, “APLIKASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN BALITA MENGGUNAKAN SOFTWARE MATLAB,” 2016
- [7] S. Kartina Diah KW and Zulfa Noviard, “PENERAPAN INFERENSI FUZZY UNTUK KENDALI SUHU RUANGAN PADA PENDINGIN RUANGAN (AC),” *Seminar Nasional Informatika(semnasIF 2010)*, pp. 22–27, 2010.
- [8] E. T. Berman, “Teknik Pendingin,” Jakarta: Konsorsium Sertifikasi Guru, 2013.
- [9] Saellan and Athia, “Logika Fuzzy,” Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [10] P. D. Mentari, “IMPLEMENTASI FUZZY LOGIC MAMDANI PADA SISTEM NOTIFIKASI PENETAS TELUR AYAM KAMPUNG DENGAN TEKNOLOGI IOT SKRIPSI Oleh,” 2015.
- [11] P. Ruang, “IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY DALAM KENDALI MESIN,” 2017.
- [12] H. D. Putra, M. K. Kelviandy, and B. E. Putera, “Penerapan Kontrol Fuzzy Logic Berbasis Matlab Pada Perangkat Mesin Cuci,” 2018.
- [13] H. Muchtar and R. A. Syamsur, “Fuzzy Logic pada Sistem Pendingin Ruangan Berbasis Raspberry,” vol. 4, no. 2.

- [14] N. Made and G. A. Pramesti, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Air Conditioner Dengan Fuzzy Logic."
- [15] A. Pranata, A. Stmik, and T. Dharma, "J-SISKO TECH Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Pendingin Ruangan Otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC)," vol. 1, no. 2, pp. 51–59, 2018.
- [16] W. Safitri and A. Maman Abadi, *Aplikasi Fuzzy Logic Dalam Pemilihan Makanan Mie Instan*. 2015.
- [17] A. Alauddin and T. Mustamin, "Karakteristik Temperatur Udara Terhadap Kenyamanan Termal Di Masjid Agung Luwuk Banggai," *Jurnal Linears*, vol. 2, no. 2, pp. 49–54, Feb. 2020, doi: 10.26618/j-linears.v2i2.3121.
- [18] F. Wahab, A. Sumardiono, A. Rafi, A. Tahtawi, A. Faisal, and A. Mulayari, "Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruangan," *Direvisi: 23 Mei*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2017.
- [19] L. Santya, "PENERAPAN METODE FIZZY MAMDANI UNTUK PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI LANTAK SI JIMAT."
- [20] L. Purwati Ayuningtias and M. irfan, "ANALISA PERBANDINGAN LOGIC FUZZY METODE TSUKAMOTO, SUGENO, DAN MAMDANI (STUDI KASUS: PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR MAHASISWA BARU FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG)," 2017.
- [21] B. Arifin, E. Nuryanto Budisusila dan Amir Cahyadi Jurusan Teknik Elektro, F. Teknologi Industri, and U. Islam Sultan Agung Jl Raya Kaligawe Km, *PENGHITUNG JUMLAH ORANG DALAM RUANG DENGAN SENSOR INFRAMERAH DAN MODUL LCD TFT SEBAGAI DISPLAY*.
- [22] H. P. Setyawan *et al.*, "IMPLEMENTASI FUZZY LOGIC PADA PRODUKSI RESEP PEMBAGIAN KOPI."
- [23] A. Khairi Ridia, A. Hidayat, and S. Komputer Fakultas Teknologi, "PENERAPAN METODE FUZZY LOGIC PADA KURSI RODA ELEKTRIK DENGAN KENDALI SUARA."
- [24] S. Amalia, R. Andari, and R. Syukriansyah, "STUDI PEMODELAN SISTEM PENGONTROLAN SUHU RUANGAN BERBASIS LOGIKA FUZZY SUGENO," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 20, no. 2, 2020.
- [25] S. Sitohang and R. Denson Napitupulu, "FUZZY LOGIC UNTUK MENENTUKAN PENJUALAN RUMAH DENGAN METODE MAMDANI (STUDI KASUS: PT GRACIA HERALD)," 2017.

- [26] P. Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Elektro, “Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan Helfi Nasution,” 2012.
- [27] Dony Pakpahan and Putri Khairiah Nasution, “The Application of Fuzzy Logic in Optimization Pulp in Pt.Toba Pulp Lestari, Tbk With the Mamdani Method,” *JMEA : Journal of Mathematics Education and Application*, vol. 2, no. 2, Jun. 2023, doi: 10.30596/jmea.v2i2.13335.
- [28] Benny Oktrialdi, Partaonan Harahap, Muhammad Adam, and Rahmat Fauzi Siregar, “Analisis Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis ATmega8535,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.30596/rele.v5i2.13086.
- [29] M. Fikri and N. H. Al Mubarakah, “Buku Ajar Fisika Materi Suhu dan Kalor Kelas XI dengan Pendekatan Pembelajaran Terintegrasi Ayat Al- Qur’an dan Al- Hadits,” *Athena: Journal of Social, Culture and Society*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, Jan. 2023, doi: 10.58905/athena.v1i1.3.
- [30] Avian Kresna Prasetia and Fadhillia Tri Nugrahaini, “KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID BAITUL MAKMUR PABELAN,” *SEMINAR ILMIAH ARSITEKTUR*, pp. 597–600, 2020.
- [31] H. Dewi Puspitorini, G. Hardiman, E. Setyowati, P. Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro, G. Besar Jurusan Arsitektur, and D. Jurusan Arsitektur, “KENYAMANAN THERMAL PADA MASJID AL IRSYAD KOTABARU PARAHYANGAN, JAWA BARAT,” 2015.
- [32] Aryani Widyakusuma and Aprio Muhajirin Zainoeddin, “RUANG IBADAH PADA BANGUNAN MASJID DARUL ULUM PAMULANG DITINJAU DARI SISI KENYAMANAN THERMAL,” pp. 30–38, 2021.
- [33] F. I. Pasaribu, I. D. Sara, T. Tarmizi, and N. Nasaruddin, “Harmonics Step Filter Control Model In Household Electricity,” in *2023 2nd International Conference on Computer System, Information Technology, and Electrical Engineering (COSITE)*, IEEE, Aug. 2023, pp. 165–170. doi: 10.1109/COSITE60233.2023.10249342.
- [34] M. Sc. Amir Tjolleng, *Pengantar Pemrograman Matlab*. Bandung: Elex Media Komputindo, 2017.
- [35] M. fadlan Siregar, Ayu Fitriani, Syafriwel, Catra Indra Cahyadi, M. Fitra Zambak, and Suprianto, “Modeling Of Generator Neutral Ground System Using Labview 2017 Application IEEE std C62.92.2TM,” *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 6, no. 2, pp. 612–620, Jan. 2023, doi: 10.31289/jite.v6i2.8500.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

FUZZY RULE

- [R1]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R2]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R3]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Sedang** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R4]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R5]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R6]: IF Suhu **Dingin** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R7]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R8]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R9]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R10]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Tinggi**
- [R11]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sedang** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R12]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**

- [R13]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**
- [R14]: IF Suhu **Normal** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R15]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**
- [R16]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R17]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**
- [R18]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sedikit** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R19]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sedang** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**
- [R20]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sedang** THEN Suhu Keluaran AC **Sedang**
- [R21]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**
- [R22]: IF Suhu **Panas** AND Jumlah Jama'ah **Sangat Banyak** THEN Suhu Keluaran AC **Rendah**

LAMPIRAN 2
FOTO RUANGAN MASJID
SISI BARAT



SISI TIMUR



SISI SELATAN



SISI UTARA



FOTO PENGAMBILAN DATA

HARI KE – 1

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA



HARI KE – 2

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA



HARI KE – 3

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA



HARI KE – 4

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA



HARI KE – 5

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA



HARI KE – 6

SUBUH



DZUHUR



ASHAR



MAGHRIB



ISYA

