

MONITORING DAN KONTROL RUANGAN OBAT DENGAN SISTEM IOT DAN FUZZY

Moch Firman Hidayat¹, Basuki Rahmat², Andreas Nugroho Sihananto³

¹²³Program Studi Teknik Informatika, UPN "Veteran" Jawa Timur

Jln. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

¹ firmanh690@gmail.com, ² basukirahmat.if@upnjatim.ac.id, ³ andreas.nugroho.jarkom@upnjatim.ac.id

Abstract

Proper drug storage is crucial to maintaining its quality and effectiveness. Uncontrolled changes in temperature and humidity can cause drug damage, potentially endangering patients. This study aims to design a temperature and humidity monitoring and control system for drug storage rooms using the Fuzzy Mamdani method. The system utilizes an AHT25 temperature and humidity sensor connected to an ESP32 microcontroller for real-time monitoring. Temperature and humidity data are displayed on a 16x4 LCD and Node-RED, and the system is equipped with an IR Transmitter to control the AC, maintaining room temperature according to Pharmacopoeia standards. The system development uses the Rapid Application Development (RAD) method. Test results show high accuracy, with an average error of 0.15% for temperature and 0.29% for humidity compared to commercial instruments. Fuzzy testing with MATLAB shows an average error of 0.3%. Additionally, the IR Transmitter optimally controls the AC at a 90° angle and 2-meter distance, with a 4.2% delay between the LCD display and the solenoid door lock response. This system offers an effective solution for maintaining drug quality in storage, providing a concrete solution to this specific issue.

Keywords : *Fuzzy, Monitoring, Medicine Room , IoT*

Abstrak

Penyimpanan obat yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas dan efektivitasnya. Perubahan suhu dan kelembaban yang tidak terkendali dapat menyebabkan kerusakan obat, yang berpotensi membahayakan pasien. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban pada ruang penyimpanan obat menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu dan kelembaban AHT25 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan waktu nyata. Data suhu dan kelembaban ditampilkan pada layar LCD 16x4 serta Node-red, dan sistem dilengkapi dengan IR Transmitter untuk mengontrol AC agar suhu ruangan tetap terjaga sesuai standar Farmakope. Pengembangan sistem ini menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memantau kondisi ruang penyimpanan obat dengan akurasi tinggi, dengan rata-rata error sebesar 0,15% untuk suhu dan 0,29% untuk kelembaban dibandingkan alat ukur komersial. Pengujian fuzzy dengan MATLAB menunjukkan rata-rata error 0,3%. Selain itu, sensor IR Transmitter dapat mengontrol AC secara optimal pada sudut 90° dan jarak 2 meter, dengan delay antara tampilan LCD dan respon solenoid door lock sebesar 4,2%. Sistem ini menawarkan solusi efektif untuk menjaga kualitas obat dalam ruang penyimpanan, memiliki solutivitas yang tinggi karena menawarkan solusi konkret yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah tertentu, yaitu menjaga kualitas obat.

Kata kunci : *Fuzzy, Monitoring, Ruang Obat, IoT*

1. PENDAHULUAN

Penyimpanan obat memerlukan kondisi lingkungan yang stabil, terutama dalam hal suhu dan kelembaban, untuk menjaga kualitas dan

efektivitas obat Berdasarkan pedoman CPOB dan Farmakope Indonesia, setiap produk farmasi harus disimpan pada suhu dan kelembaban yang spesifik untuk menjaga stabilitasnya[1]. Ketidaksesuaian dalam parameter lingkungan

dapat mengakibatkan kerusakan bahan aktif obat, penurunan efektivitas, dan berpotensi membahayakan pasien [2]. Kontrol suhu di ruang penyimpanan obat merupakan aspek krusial untuk menjaga kualitas dan stabilitas obat. Ruang penyimpanan obat biasanya membutuhkan suhu dan kelembaban yang konsisten sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Namun, dalam praktiknya, banyak ruang penyimpanan obat yang masih menggunakan kontrol AC secara manual, di mana petugas harus menyalakan, mematikan, atau mengatur suhu AC secara langsung[3]. Oleh karena itu, sistem monitoring dan kontrol yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga kondisi ruang penyimpanan obat agar tetap sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Teknologi berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi efektif untuk mengatasi permasalahan ini[4]. Dengan memanfaatkan mikrokontroler dan sensor, sistem IoT dapat melakukan pemantauan secara real-time terhadap suhu dan kelembaban, serta mengontrol perangkat-perangkat seperti Air Conditioner dan kunci pintu dengan jarak jauh untuk menjaga keamanan ruangan[5]. Namun, membangun sistem yang tidak hanya mampu memonitor tetapi juga secara otomatis mengontrol kondisi ruangan secara efisien masih menjadi tantangan.

Metode Fuzzy Mamdani telah dikenal sebagai salah satu metode logika fuzzy yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dalam situasi yang tidak pasti[6]. Dalam konteks ruang penyimpanan obat, Fuzzy Mamdani dapat membantu dalam menentukan tindakan yang tepat berdasarkan variasi suhu dan kelembaban, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan pendingin ruangan. Integrasi antara teknologi IoT dan Fuzzy Mamdani menciptakan sistem yang cerdas dan adaptif dalam menjaga kondisi ruangan secara optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem monitoring dan kontrol ruang penyimpanan obat yang menggunakan mikrokontroler dan metode Fuzzy Mamdani, serta mengintegrasikannya dengan teknologi IoT untuk memberikan kontrol yang lebih akurat dan keamanan yang lebih baik. Selain itu, penelitian ini juga mengembangkan prototipe yang memungkinkan kontrol perangkat secara otomatis dan memantau kondisi ruangan melalui aplikasi berbasis web. Serta membandingkan dengan produk yang ada dipasaran dan aplikasi MATLAB untuk perbandingan error metode Fuzzy Mamdani.

2. METODOLOGI PENELITIAN

"Dalam penelitian ini, metodologi yang digunakan adalah Rapid Application Development (RAD). Proses RAD mencakup empat tahap utama: perencanaan kebutuhan, desain pengguna, pengembangan, dan implementasi[7]. Tahapan-tahapan tersebut digambarkan dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian RAD

2.1. Perencanaan Kebutuhan

Perencanaan kebutuhan adalah tahap awal dalam penelitian yang bertujuan untuk menyiapkan desain sistem, Sehingga penelitian yang dilakukan dapat lebih terorganisir dan teratur. Pada fase perencanaan kebutuhan ini, beberapa langkah yang dapat dilakukan meliputi antara lain: analisis masalah, analisis solusi, analisis kebutuhan, dan analisis sistem.

2.1.1. Analisis Masalah

Obat-obatan sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama suhu dan kelembaban. Penyimpanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan penurunan kualitas, kehilangan efektivitas, dan bahkan membuat obat menjadi berbahaya untuk digunakan. Pengimplementasian teknologi dilakukan juga untuk menunjang kemajuan dibidang Kesehatan sehingga dilakukan dengan lebih efisien, Salah satunya yakni menentukan status ruangan berdasarkan suhu, kelembaban dan kontrol AC serta pintu. Pengembangan dari sisi teknologi terkait monitoring status ruangan penyimpanan obat menjadi basis penelitian ini dilakukan. Oleh karena itu, penerapan IoT untuk monitoring suhu dan kelembaban di ruangan penyimpanan obat adalah aspek krusial yang harus dikelola dengan baik untuk memastikan kualitas obat tetap terjaga.

2.1.2. Analisis Solusi

Analisis Solusi untuk masalah tersebut dapat diatasi salah satunya dengan membuat sebuah sistem yang dapat monitoring dan mengontrol kualitas suhu dan kelembaban ruangan

penyimpanan obat dengan menerapkan IoT, metode sistem monitoring dan kontrol menggunakan fuzzy mamdani, platform node-red sebagai interface pengguna dalam melakukan monitoring, kontrol Otomatis AC dan kontrol manual pintu, pemanfaatan ESP32 sebagai mikrokontroler atau pengendali utama sistem yang sederhana dan terbarukan, serta pemanfaatan mosquitto sebagai broker platform iot pada penelitian yang dilakukan. Dengan demikian, integrasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi monitoring ruangan obat serta memastikan kondisi obat tetap terjaga.

2.1.3. Analisis Kebutuhan

Dalam penelitian ini, kebutuhan yang teridentifikasi setelah penulis menganalisis masalah dan solusi dibagi menjadi dua kategori antara lain, *hardware* dan *software*. Tabel berikut merinci kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian ini, baik dari segi *hardware* maupun *software*.

TABEL I. ANALISIS KEBUTUHAN HARDWARE

No	Komponen Elektronika	Kegunaan
1	ESP 32	Sebagai pusat pemrosesan data
2	ESP32 <i>Expansive Board</i>	Board tambahan yang dirancang untuk memperluas fungsionalitas mikrokontroler ESP32.
3	IR Transmitter	Komponen yang digunakan untuk mengirim sinyal berupa inframerah yang ditujukan untuk mengontrol alat yang membutuhkan sinyal tersebut
4	AHT 25	Sensor suhu dan kelembaban dengan akurasi tinggi
5	Relay	Saklar elektromekanis yang berfungsi dalam pengontrolan pintu

6	Kabel Jumper	Komponen yang digunakan untuk mentransmisikan listrik, sinyal, atau data antar komponen
7	<i>Solenoid door lock</i>	perangkat pengunci pintu yang menggunakan prinsip solenoid
8	LCD I2C	Modul tampilan Liquid Crystal Display (LCD) yang menggunakan protokol komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit)
9	Adaptor	Perangkat yang mengubah tegangan listrik dari <i>Alternating current</i> menjadi <i>Direct Current</i> 12v
10	<i>Box Project</i>	Box yang digunakan untuk merapikan dan melindungi komponen elektronik

TABEL II. ANALISIS KEBUTUHAN SOFTWARE

No	Aplikasi	Keterangan
1	Arduino IDE	Platform untuk membuat kode program
2	Node-red	Sebuah pemrograman open source untuk menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online
3	Eclipse Mosquitto	Platform yang digunakan untuk mengimplementasikan protokol MQTT
4	Fritzing	Sebuah platform untuk membuat desain dan alur perangkat keras
5	phpMyAdmin	Perangkat lunak yang berfungsi untuk mengelola MySQL

		melalui web antar muka
6	Termius	Untuk mengelola dan mengakses server jarak jauh melalui SSH dengan mudah, aman, dan efisien, cocok bagi profesional IT dan developer.
7	Matlab	Untuk menganalisis sebuah data yang telah dikembangkan

2.1.4. Analisis Sistem

Pada tahap ini, penulis berupaya mencari informasi, termasuk data dan referensi dari banyak pihak terkait sistem yang ingin dibangun. Hal tersebut mencakup keaktifan sistem baik dari sisi user interface yang ramah pengguna, keefesiensian sistem untuk menentukan suhu ruangan tersebut apakah layak atau tidak secara otomatis, maupun hal hal yang lainnya. Berdasarkan tinjauan yang dilakukan, tujuan utama dari sistem yang akan dikembangkan adalah untuk memeberikan kemampuan monitoring suhu dan kelembaban ruangan obat dan menunjukkan status ruangan tersebut apakah ruangan tersebut layak atau tidak. Dapat diakses dengan mudah melalui aplikasi yang simple dan mudah dipahami. Implementasi sistem ini ditujukan dalam pemantauan kondisi suhu dan kelembaban ruangan obat dan kontrol.

2.2. Desain Sistem

Desain Sistem merupakan sebuah tahapan dimana desain produk pada penelitian dibuat. Pada tahap ini, penulis merancang perangkat lunak, perangkat keras, dan skema perancangan logika fuzzy Mamdani sebagai metode sistem monitoring pada penelitian ini. Pada aspek software, desain berfokus pada pengembangan aplikasi yang mendukung fungsi monitoring serta kontrol suhu dan kelembaban ruang penyimpanan obat. Sementara itu, aspek hardware, perancangan meliputi pemilihan konfigurasi perangkat keras seperti sensor AHT25 dan sensor IR Transmitter, mikrokontroler dan komponen lainnya yang diperlukan untuk sistem yang akan dibuat. Skema perancangan logika fuzzy mamdani dirancang untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan monitoring secara otomatis berdasarkan data yang dihasilkan oleh sensor AHT25. Tahap ini menjadi landasan untuk pengembangan

selanjutnya dalam membangun sistem monitoring yang efektif dan efisien untuk aplikasi pada bidang Kesehatan yaitu obat.

2.2.1. Skenario Sistem

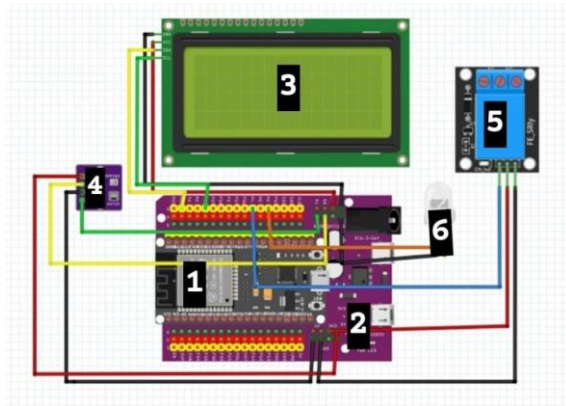
Pada tahap ini, ditampilkan cara kerja skenario sistem secara umum yang akan dibangun. Tabel berikut menggambarkan desain otomatisasi sistem tersebut.

TABEL III. SKENARIO SISTEM

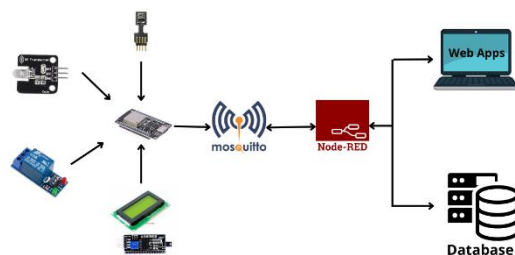
No	Proses	Respon
1	Konfigurasi <i>Wi-fi</i>	Terhubung ke <i>Wi-Fi</i>
2	Konfigurasi Mosquitto	Terhubung ke Mosquitto
3	Konfigurasi Node-red	Terhubung ke Node-red
4	Monitoring Suhu dan Kelembaban	Sistem membaca data Suhu dan Kelembaban
5	Fuzzifikasi	Pemrosesan Variabel Input
6	Inferensi	Data hasil fuzzifikasi kemudian dijadikan acuan dalam menetapkan suatu keputusan atas aturan dasar yang ditentukan untuk selanjutnya masuk ke proses
7	Defuzzifikasi	Proses defuzzifikasi dilakukan dengan cara merata-ratakan hasil perhitungan dari inferensi, yang menghasilkan output Fuzzy Mamdani untuk menentukan kondisi ruangan .
8	Jika suhu > 30	Nyalakan Ac dan set suhu di 16°C
9	Jika suhu <25	Set suhu di 25°C
10	Relay ON	Pintu Terbuka
11	Relay OFF	Pintu Tertutup

2.2.2. Skema Rangkaian

Sistem yang dibuat memanfaatkan mikrokontroler berupa ESP32 sebagai otak pada sistem yang akan dibangun. Penelitian ini juga membutuhkan sensor AHT25 untuk mengambil data terkait suhu dan kelembaban sebagai variable pokok dan utama pada penelitian yang akan dilakukan.



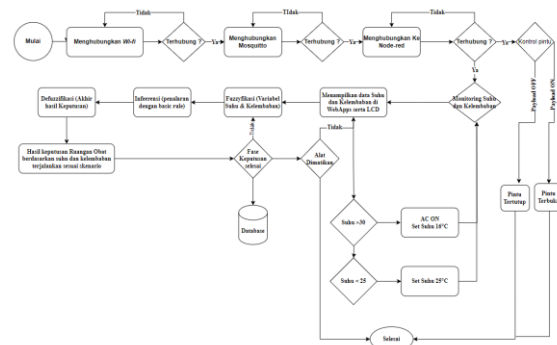
Gambar 2 Skema Rangkaian Keseluruhan



Gambar 3 Perancangan Hardware Sistem

Secara umum, dalam rangkaian ini digambarkan sebuah komponen dan alur kerja sistem yang dipergunakan untuk *prototype* monitoring suhu dan kelembaban pada penyimpanan obat berbasis ESP 32, terdiri dari sensor AHT 25, *solenoid door lock*, relay, IR Transmitter, lcd, dan mikrokontroler ESP 32 sebagai pusat pemrosesan sinyal dalam berbagai aplikasi *IoT* dan *embedded systems*, dan kemudian perangkat yang digunakan yaitu AHT 25, Lcd, Relay dan *solenoid door lock* disambungkan menggunakan kabel jumper sesuai dengan jalur yang telah disiapkan. Setelah semua terhubung, Mikrokontroler menjalankan program dan metode Fuzzy mamdani yang telah ditanam. Kemudian mikrokontroler berkomunikasi dengan Nod-red melalui mqtt broker setelah itu akan menampilkan data melalui web app dan tersimpan di database.

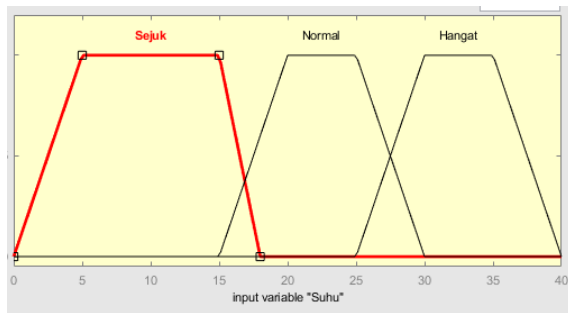
Dalam alur kerja sistem yang dirancang, sistem dimulai dengan pasokan daya sebesar 12v melalui adaptor yang disediakan, kemudian setelah mendapatkan pasokan daya, sistem otomatis akan menghubungkan ke wifi yang telah disediakan dan setelah terhubung maka akan menghubungkan ke Mosquitto dengan topik yang telah ditentukan, selanjutnya sistem akan terhubung dengan platform Node-red sebagai antarmuka pengguna. Setelah semua terhubung dengan baik. Sistem akan melakukan monitoring berupa suhu dan kelembaban yang diambil dari sensor AHT25 secara *real-time*. Dalam tahapan monitoring diikuti oleh tahapan pengambilan keputusan kondisi ruangan menggunakan metode Fuzzy Mamdani yang telah diimplementasikan. Sistem akan melakukan *looping* setiap detik untuk memastikan kondisi ruangan berdasarkan suhu dan kelembaban. Pada fase monitoring ini juga kontrol AC berjalan, berdasarkan suhu yang telah ditetapkan. Dan yang terakhir kontrol pintu user dapat mengontrol pintu dengan jarak jauh dengan fleksibel sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4 Diagram Alir Kinerja Sistem

2.2.3. Perancangan Logika Fuzzy

Dalam penelitian ini, penulis menerapkan metode Fuzzy Mamdani untuk mengelola sistem penentuan kondisi suhu berdasarkan suhu dan kelembaban secara otomatis. Penentuan tersebut diharapkan mampu menentukan kondisi ruangan dengan optimal yang nantinya akan berguna di bidang farmasi.

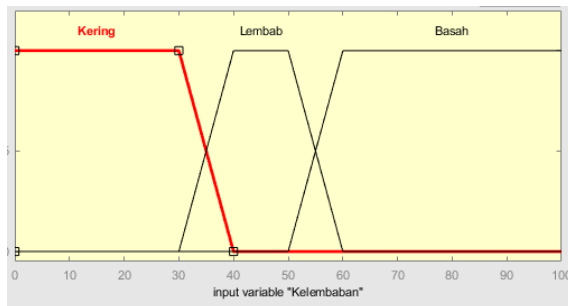


Gambar 5 Derajat Keanggotaan Suhu

$$\mu_{TempSejuk}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 18 \\ \frac{x-5}{15-5} & 5 \leq x \leq 15 \\ \frac{18-x}{18-15} & 15 \leq x \leq 18 \\ 0 & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{TempNormal}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 15 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-15}{20-15} & 15 \leq x \leq 20 \\ 1 & 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{30-25} & 25 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{TempHangat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-25}{30-25} & 25 \leq x \leq 30 \\ 1 & 30 \leq x \leq 35 \\ \frac{40-x}{40-35} & 35 \leq x \leq 40 \end{cases}$$



Gambar 6 Derajat Keanggotaan Kelembaban

$$\mu_{HumdKering}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{40-x}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \\ 0 & x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{HumdLembab}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-30}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \\ 1 & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{60-50} & 50 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{HumdBasah}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{60-50} & 50 \leq x \leq 60 \\ 1 & x \geq 60 \end{cases}$$

2.2.3.1. Inferensi

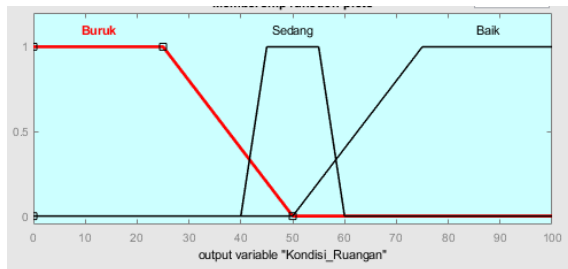
Sistem inferensi Fuzzy untuk menggabungkan aturan-aturan Fuzzy dengan menggunakan operasi logika Fuzzy, dengan tujuan menghasilkan output Fuzzy. Setiap aturan Fuzzy dalam Fuzzy rule Mamdani mengikuti struktur umum "JIKA x adalah A MAKA y adalah B", di mana A adalah kondisi atau himpunan Fuzzy pada variabel masukan, dan B adalah tindakan atau himpunan Fuzzy pada variabel keluaran. Baik A maupun B dapat terdiri dari satu atau lebih himpunan Fuzzy. Berikut adalah Fuzzy rule yang digunakan dalam sistem ini:

1. Jika suhu ruangan sejuk dan kelembaban kering, maka kondisinya buruk
2. Jika suhu ruangan sejuk dan kelembaban normal, maka kondisinya sedang
3. Jika suhu ruangan sejuk dan kelembaban lembab, maka kondisinya baik
4. Jika suhu ruangan normal dan kelembaban kering, maka kondisinya buruk
5. Jika suhu ruangan normal dan kelembaban normal, maka kondisinya sedang
6. Jika suhu ruangan normal dan kelembaban lembab, maka kondisinya baik
7. Jika suhu ruangan hangat dan kelembaban kering, maka kondisinya buruk
8. Jika suhu ruangan hangat dan kelembaban normal, maka kondisinya sedang
9. Jika suhu ruangan hangat dan kelembaban lembab, maka kondisinya baik

2.2.3.2. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah himpunan fuzzy yang dihasilkan dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan outputnya berupa nilai numerik dalam domain himpunan fuzzy tersebut. Dengan demikian, dari himpunan fuzzy yang diberikan dalam rentang tertentu, harus ditentukan nilai crisp sebagai output. Berbagai metode dapat

digunakan dalam proses defuzzifikasi. Dalam penelitian ini,



Gambar 7 Output Kondisi Ruangan

saya menggunakan metode pencarian pusat (centroid) dari hasil komposisi output yang diperoleh. Metode Centroid (Composite Moment) ini menghasilkan solusi crisp dengan menentukan titik pusat (z^*) dari area fuzzy.

2.3. Pengembangan

Tahap Pengembangan adalah fase penting dalam siklus pengembangan sistem, di mana semua konsep, perencanaan, dan analisis dari tahap sebelumnya diwujudkan menjadi bentuk nyata dari sistem yang direncanakan. Pada tahap ini, hasil penelitian dan pengembangan sistem didokumentasikan menggunakan berbagai media seperti narasi, gambar, atau tabel untuk memvisualisasikan proses konstruksi yang dilakukan demi mencapai sistem yang diinginkan. Implementasi sistem ini berfokus pada monitoring suhu dan kelembaban untuk menentukan kondisi ruang obat menggunakan teknologi IoT dengan pendekatan fuzzy mamdani.

2.4. Implementasi

Tahap pengujian sistem merupakan langkah krusial dalam siklus pengembangan perangkat lunak berbasis RAD (Rapid Application Development). Pengujian ini bertujuan untuk menguji kinerja sistem yang telah dibangun setelah proses pengembangan selesai dilaksanakan. Pengujian mencakup evaluasi terhadap fungsi pemantauan suhu, kelembaban, dan kontrol sistem penyimpanan obat. Hasil pengujian ini penting untuk menilai sejauh mana sistem memenuhi kebutuhan dan mengatasi masalah yang ingin diselesaikan. Tahap ini juga mengidentifikasi kelemahan atau bug sebelum implementasi penuh, memastikan stabilitas dan efisiensi dalam ruang penyimpanan obat yang sebenarnya.

2.4.1. Pengujian Monitoring

Pada fase ini, sistem diuji untuk memastikan akurasi pembacaan data sensor dengan membandingkannya dengan standar universal yang digunakan untuk pengukuran. Pembacaan suhu dan kelembaban dibandingkan dengan alat pengukur manual yang telah tersedia. Untuk pengukuran suhu dan kelembaban menggunakan alat portable yang ada dipasaran dengan cara menyalakan alat dan di diamkan diruangan yang sama untuk mendapatkan data derajat keasaman. Setelah membandingkan hasil pemantauan antara data sensor dibandingkan dengan alat ukur HTC-1 *Hygrometer Termometer* untuk setiap variabel uji, dilakukan pengukuran nilai kesalahan menggunakan *Mean Absolute Error*. Pendekatan ilmiah digunakan dalam proses ini untuk menilai tingkat akurasi pemantauan yang dilakukan oleh sistem, sehingga dapat menghasilkan pembacaan yang akurat.

2.4.2. Pengujian Fuzzy Mamdani

Pada Tahap ini hasil pengujian sistem dilakukan perbandingan menggunakan software MATLAB untuk mengetahui tingkat kegagalan.

2.4.3. Pengujian IR Transmitter

Pada tahap ini, pengujian perangkat keras IR transmitter bertujuan untuk menentukan jarak maksimal yang efektif untuk penempatan prototipe sistem saat digunakan untuk mengendalikan Air Conditioner. Pengujian awal dilakukan untuk mengidentifikasi respons dari merek AC yang telah dipilih terhadap prototipe sistem yang mengirimkan sinyal inframerah pada berbagai jarak, mulai dari 1 meter hingga 5 meter.

2.4.4. Pengujian Kontrol Manual Pintu

Pada tahap ini pengujian kontrol relay digunakan untuk membuka dan menutup pintu ruangan dengan simulasi modul Selenoid Door Lock yang dihubungkan di modul relay dengan jalur normaly close agar posisi pintu tertutup. Dan melihat seberapa besar delay antara lcd dan modul tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian akhir merupakan fase hasil dan pembahasan dari rancangan desain sistem yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini juga mencakup pengujian sistem untuk mengevaluasi

apakah sistem berfungsi sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Tujuan daripada dilakukannya pengujian ini supaya dapat mengetahui apakah sistem yang telah dibuat sebelumnya itu sesuai dengan rencana desain sistem sebelumnya. Dan analisis sangat penting untuk menilai suatu tingkat keberhasilan pada sistem yang telah dikembangkan.

3.1. Implementaasi Hardware

Hasil penerapan *hardware* pada *prototype* sistem yang dikembangkan disesuaikan dengan diagram perancangan yang telah dirancang sebelumnya.



Gambar 8 Hasil Perencanaan Sistem

Dalam sistem ini, mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama karena program di-embeded ke perangkat tersebut, dan untuk menambah jumlah pin, digunakan *Expansion Board* untuk ESP32. Komponen elektronik lainnya diintegrasikan dengan menyambungkan pin-pin masing-masing komponen ke pin pada ESP32. Pada sensor AHT25, pin VCC terhubung ke pin 3V, pin GND ke pin GND, pin SDA ke GPIO 21, dan pin SCL ke GPIO 22. Untuk LCD I2C, pin VCC terhubung ke pin 5V, pin GND ke GND, pin SDA ke GPIO 21, dan pin SCL ke GPIO 22. Pada *relay*, pin VCC terhubung ke pin 5V, pin GND ke GND, dan pin *channel* ke GPIO 4. Untuk *Solenoid Door Lock*, pin VCC dihubungkan ke relay *Normally Closed*, dan pin GND dihubungkan ke GND. Sedangkan pada LED IR *Transmitter*, pin VCC terhubung ke pin 3V, pin GND ke GND, dan pin data terhubung ke GPIO 2. Implementasi ini memastikan seluruh perangkat keras berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan sistem.

3.2. Pengujian Sistem

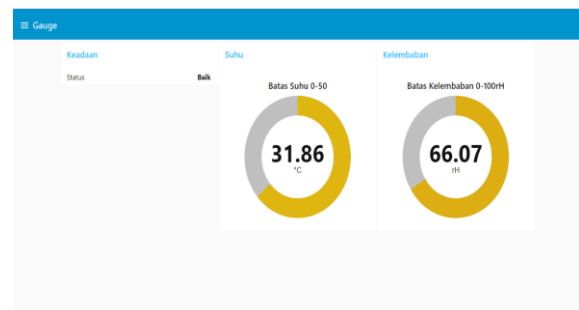
3.2.1. Pengujian Monitoring

Pengujian hasil monitoring dilakukan dengan membandingkan data suhu dan kelembaban (Rh) dari sistem prototipe yang dibangun dengan data

yang diperoleh dari HTC-1 *Hygrometer Termometer*. Contoh pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9 HTC 1 Dan *Prototype*



Gambar 10 Monitoring Dashboard Node-red

Pengujian dilakukan dalam waktu 5menit dan mengambil rata rata data uji sebanyak 5 data, Hasil dari uji coba dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL IV. HASIL PENGUJIAN MONITORING SUHU

No	Suhu Sistem	Suhu HTC-1	Error Suhu
1	31.8	31.2	0,19%
2	31.7	31.2	0,16%
3	31.7	31.2	0,16%
4	31.6	31.2	0,12%
5	31.6	31.2	0,12%
Rata - Rata Error			0,15%

TABEL V. HASIL PENGUJIAN MONITORING RH

No	Rh Sistem	Rh HTC-1	Error Rh
1	66	51	0,29%
2	66	51	0,29%
3	66	51	0,29%
4	66	51	0,29%
5	66	51	0,29%
Rata - Rata Error			0,29%

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN FUZZY MAMDANI

N o	Suhu	Rh	Sistem	MATLAB	Error Rh
1	31	56	73.0	73.4	0,5%
2	31	56	73.0	73.4	0,5%
3	32	53	65.2	68.4	0,4%
4	34	51	56.7	56.8	0,1%
5	36	47	50	50	0%
Rata - Rata Error					0,3%

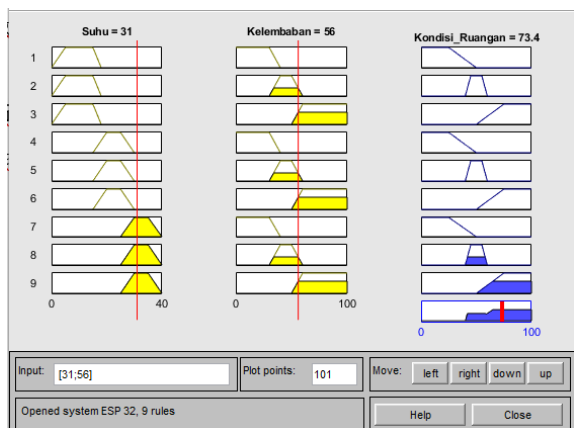
3.2.2. Pengujian Fuzzy Mamdani

Tujuan dari pengujian sistem Fuzzy ini adalah untuk memastikan bahwa fungsi kerja sistem yang telah dirangkai dengan metode fuzzy mamdani berjalan dengan baik dan benar. Selanjutnya, nilai output hasil pengujian dibandingkan dengan hasil perhitungan Fuzzy Mamdani menggunakan Matlab, dan selisih perhitungannya dievaluasi.

```

pot 1: 31
pot 2: 56
status: 73.08
Temperature: 31.26 C
Humidity: 56.31 %
Status : Baik
  
```

Gambar 11 Output Dari Serial Monitor



Gambar 12 Output Dari MATLAB

3.2.3. Pengujian IR Transmitter

Pada tahap ini, pengujian perangkat keras pemancar IR dilakukan untuk menentukan jarak maksimum yang efektif dalam menempatkan prototipe sistem saat digunakan untuk mengontrol Air Conditioner. Pengujian awal dilaksanakan untuk menilai respons dari merek AC yang telah ditentukan terhadap prototipe sistem yang mengirimkan sinyal inframerah pada berbagai jarak, mulai dari 1 meter hingga 5 meter.

TABEL VII. HASIL PENGUJIAN IR TRANSMITTER

No	Jarak Transmitter	Respon AC
1	Jarak 1 meter	100%
2	Jarak 2 meter	100%
3	Jarak 3 meter	70%
4	Jarak 4 meter	50%
5	Jarak 5 meter	0%

Hasil pengujian dilakukan dari berbagai sudut derajat kemiringan mulai dari 0° hingga kemiringan maksimal 180°. Pengiriman sinyal inframerah dari sistem dengan sudut kemiringan 0 hingga 90° masih dapat direspons oleh AC, sedangkan sudut 100 sampai dengan 180° AC tidak dapat merespon. Dapat disimpulkan bahwa jarak maksimum yang efektif untuk penempatan sistem adalah 2 meter dengan sudut kemiringan 90° terhadap AC.

3.2.4. Pengujian Kontrol Pintu

Pada tahap ini pengujian kontrol pintu dengan simulasi modul solenoid door lock dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan ruangan penyimpanan obat tersebut. Hasil dari uji coba dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL VIII. HASIL PENGUJIAN KONTROL PINTU

N o	Kont rol	Respon Lcd	Respon Selenoid	Rata - Rata Error
1	Uji pertama	Delay 5 detik	Delay 1 detik	5%
2	Uji kedua	Delay 4 detik	Delay 1 detik	4%
3	Uji ketiga	Delay 4 detik	Delay 1 detik	4%
4	Uji keempat	Delay 4 detik	Delay 1 detik	4%
5	Uji kelima	Delay 4 detik	Delay 1 detik	4%
Rata - Rata Error				4,2%

Pada tahap pengujian kontrol pintu ini dilakukan 5 tahap uji coba dengan melakukan push button ON ataupun OFF pada WebApps dalam hal ini untuk mengetahui delay yang didapat pada sistem ini dengan rata – rata delay sebesar 4,2%.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini berhasil menerapkan sistem monitoring suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan obat dengan rata – rata *error* untuk suhu sebesar 0,15% dan untuk kelembaban sebesar 0,29%
- 2) Penelitian berhasil menerapkan metode fuzzy mamdani pada sistem dan menguji dengan menggunakan MATLAB dapat disimpulkan rata – rata *error* sebesar 0,3%,
- 3) Sistem dapat mengontrol *Air Conditioner* secara optimal dengan sudut kemiringan 90° dan dengan jarak 2 meter,

- 4) Hasil pengujian kontrol manual pintu mendapatkan hasil delay antara Tampilan *LCD* dan *respon Selenoid Door Lock* sebesar 4,2%,
- 5) Sistem harus menggunakan daya listrik sebesar 12v agar optimal dan sumber internet supaya tetap terhubung dengan Webapps

Berikut adalah beberapa saran yang diajukan oleh penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan, di antaranya:

- 1) Pemilihan data suhu dan kelembaban yang lebih beragam sehingga dapat menentukan kondisi ruangan penyimpanan obat yang lebih akurat.
- 2) Pemilihan AC yang lebih beragam sehingga dapat mengontrol AC berbagai merek.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, penulis menerima banyak dukungan dan bantuan yang sangat berarti hingga penelitian ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa syukur dan terima kasih kepada kedua Orang tua, Bapak Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT., dan Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom, M.Kom., sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberikan dukungan melalui saran, arahan, dan inovasi selama proses penyelesaian projek ini.

Daftar Pustaka:

- [1] A. A. M. Khalifa and K. Prawiroredjo, "Model Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan Produksi Obat Berbasis NodeMCU ESP32," *Jurnal ELTIKOM*, vol. 6, no. 1, pp. 13–25, Jan. 2022, doi: 10.31961/eltikom.v6i1.415.
- [2] M. Eka Rosita, Ma. Fajri, A. Febri Nilansari, and S. Tinggi Ilmu Kesehatan Akbidyo, "EFISIENSI SISTEM PENYIMPANAN OBAT DI BEBERAPA PUSKESMAS DAERAH YOGYAKARTA."
- [3] O. Pribadi, "Sistem Kendali Jarak Jauh Air Conditioner (AC) Berbasis IoT," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.stmik-time.ac.id>
- [4] F. Susanto, N. Komang Prasiani, and P. Darmawan, "IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI," Online, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine>

- [5] Fajarullah dan Sugeng, "Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Penyimpanan Obat Berbasis Internet of Things (IoT) di Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat", [Online]. Available: <http://sostech.greenvest.co.id>
- [6] A. Tresna Utama, A. Panji Sasmito, and A. Faisol, "IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA SISTEM MONITORING ONLINE SUHU SAPI POTONG BERBASIS IOT," 2021.
- [7] A. Z. D. Nur Adiya, D. L. Anggraeni, and Ilham Albana, "Analisa Perbandingan Penggunaan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD))," *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 122–134, Jun. 2024, doi: 10.61132/merkurius.v2i4.148.