

Sistem Monitoring Dan Controlling Suhu Serta Kelembaban Gudang Farmasi Dinas Kesehatan Kabupaten Minahasa Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Algoritma Fuzzy Tsukamoto

¹Indi Rahayu Ningsi, ²Sondy C. Kumajas, ³Kristofel Santa

^{1, 2, 3} Prodi Teknik Informatika Universitas Negeri Manado, Indonesia

1indiningi9@gmail.com, 2sondykumajas@unima.ac.id, 3kristofelsanta@unima.ac.id

Submit : 04 Okt 25 | Diterima : 11 Okt 2025 | Terbit : 12 Okt 2025

ABSTRAK

Penyimpanan obat adalah suatu kegiatan penting yang bertujuan untuk mengamankan obat-obatan yang telah diterima agar tetap terjaga kualitas dan keamanannya, hal ini bertujuan agar obat terhindar dari kerusakan baik secara fisik maupun kimia yang dapat memengaruhi mutu dan efektifitas obat tersebut. Oleh karena itu, pengelolaan Gudang farmasi harus memenuhi persyaratan stabilitas dan keamanan, Cahaya, kelembaban, suhu, ventilasi, dan penggolongan jenis obat. Untuk itu pengelolaan Gudang farmasi yang baik sangat krusial untuk memastikan kualitas dan keamanan produk yang disimpan. Seperti halnya dengan Gudang farmasi dinas Kesehatan kabupaten minahasa yang mengalami kendala dalam memantau dan mengontrol suhu dan kelembaban ruangan Gudang farmasi. Penelitian ini merancang prototype system monitoring dan controlling suhu serta kelembaban dengan memanfaatkan algoritma fuzzy Tsukamoto serta teknologi Internet of Things (IoT) untuk membangun sistem tersebut. Dalam proses pengembangan sistem metode yang digunakan yaitu metode prototype 3 langkah yang dapat memastikan arah dan tujuan dari penelitian ini.

Kata Kunci: Algoritma Fuzzy Tsukamoto, Gudang Farmasi, Internet Of Things (Iot), Metode Prototype, Suhu Dan Kelembaban

PENDAHULUAN

Penyimpanan obat merupakan bagian penting dalam pengelolaan farmasi yang bertujuan menjaga kualitas dan keamanan obat pada tempat yang aman dari pencurian dan gangguan fisik yang dapat merusak mutu obat. Kesalahan dalam penyimpanan dapat mengakibatkan rusaknya obat atau kadaluarsa, yang pada akhirnya menimbulkan kerugian bagi institusi seperti rumah sakit. Setelah barang diterima di Gudang farmasi, proses penyimpanan harus memenuhi persyaratan keafirmasian, seperti stabilitas suhu berkisar antara 22°C-30°C, kelembaban antara 40%-60%, pencahayaan, ventilasi, dan penggolongan obat berdasarkan karakteristiknya (Sari et al., 2021). Tujuan utama penyimpanan obat adalah memelihara mutu obat, menghindari penyalahgunaan, menjaga kelangsungan persediaan, serta memudahkan pengawasan.

Pengelolaan Gudang farmasi yang baik sangat krusial untuk memastikan stok obat tetap dalam kondisi optimal. Gudang farmasi dinas Kesehatan kabupaten minahasa, kendala utama Adalah pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban ruangan yang masih dilakukan secara manual dan belum didukung system otomatis yang dapat diakses secara *real-time* yang dapat di akses dari jarak jauh.

Teknologi *internet of things* (IoT) menjadi Solusi potensial untuk permasalahan ini. IoT memungkinkan perangkat terkoneksi ke internet untuk berbagai data secara *real-time*, sehingga pemantauan suhu dan kelembaban dapat dilakukan dengan akurat dan efisien (Kartikasari et al., 2023). IoT memiliki elemen utama berupa perangkat fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi internet, dan cloud data center untuk penyimpanan aplikasi dan database (Cholilalah, Rois Arifin, 2019) Pemanfaatan teknologi IoT telah sukses diaplikasikan di berbagai sektor, termasuk

kesehatan, di mana teknologi ini membantu dalam pemantauan kondisi secara real-time dan pengambilan keputusan cepat.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan teknologi IoT dengan metode fuzzy dalam monitoring dan pengendalian suhu serta kelembaban. Misalnya, penggunaan algoritma fuzzy Tsukamoto dan fuzzy Sugeno dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan obat maupun lingkungan lain (ÖCAL, 2021). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggabungan IoT dan logika fuzzy mampu menghasilkan sistem kontrol yang efektif dan memberikan notifikasi secara real-time kepada pengguna, sehingga membantu menjaga kondisi ideal penyimpanan obat.

Penelitian ini adalah prototipe sistem monitoring dan controlling suhu serta kelembaban berbasis Internet of Things dengan algoritma fuzzy Tsukamoto yang dirancang khusus untuk gudang farmasi Dinas Kesehatan Kabupaten Minahasa. Sistem ini diharapkan dapat menginformasikan kondisi lingkungan secara real-time dan memberikan notifikasi cepat ketika parameter suhu atau kelembaban melewati batas aman. Dengan demikian, pengelolaan gudang farmasi dapat berjalan lebih efisien dan mutu obat tetap terjaga, sekaligus mendukung keberlangsungan distribusi obat yang aman dan berkualitas di wilayah tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Mikrokontroler ESP8266

Mikrokontroler berbasis wi-fi yang banyak digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT). NodeMCU sendiri adalah firmware open source yang berjalan pada modul ESP8266 buatan espressif systems, sedangkan ESP8266 adalah chip wi-fi dengan kemampuan pemrosesan yang memungkinkan komunikasi internet tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan (Ii & Pustaka, 2025).

Sensor DHT11

Sensor DHT11 yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara secara digital (Raharjo et al., 2019). Sensor ini sering digunakan dalam berbagai proyek IoT (Internet of Things), sistem monitoring lingkungan, dan otomatisasi rumah. DHT11 memiliki modul pemrosesan sinyal digital yang memastikan data yang dihasilkan cukup stabil dan mudah dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, dan ESP32.

LCD

LCD 24x4 modul layar berbasis Liquid Crystal Display (LCD) (Aprilla, 2018), yang memiliki 24 kolom dan 4 baris. Artinya, layar ini dapat menampilkan 96 karakter sekaligus ($24 \times 4 = 96$). LCD ini sering digunakan dalam berbagai proyek mikrokontroler, termasuk IoT, sistem monitoring, dan tampilan informasi.

Kabel Jumper

Kabel kecil yang digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik dalam sirkuit tanpa perlu menyolder. Kabel jumper terdiri dari tiga jenis kabel jumper diantaranya: male to male, female to male dan female to female (Ii & Pustaka, 2015). Kabel ini sering digunakan dalam breadboard, modul sensor, dan mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32/ESP8266.

Relay

Relay merupakan saklar elektronik yang dikendalikan oleh tegangan 12 volt untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik pada perangkat lain. Relay ini sering digunakan dalam sistem otomasi, IoT, dan kontrol perangkat listrik seperti lampu, kipas, pompa, atau motor (Pravana et al., 2017).

Kipas Pendingin

Kipas AC 220V Cooling Exhaust Fan yang bekerja dengan tegangan 220V AC dan digunakan untuk mengeluarkan udara panas dan menjaga sirkulasi udara pada berbagai perangkat elektronik, mesin industri, atau ruangan tertutup. Exhaust fan ini sering ditemukan di panel listrik, perangkat

industri, sistem pendinginan, dan ventilasi ruangan untuk mencegah panas berlebih (overheating) yang dapat merusak komponen elektronik atau membuat lingkungan tidak nyaman.

Pemanas Ruang

pemanas berbasis elemen keramik yang menggunakan teknologi PTC untuk menghasilkan panas secara efisien. PTC Heater mampu mengatur suhu secara otomatis tanpa memerlukan pengendali tambahan, karena resistansinya meningkat seiring dengan kenaikan suhu

Humidifier/Uap Air

Humidifier merupakan perangkat yang berfungsi untuk meningkatkan kelembaban udara dengan cara menghasilkan uap air atau kabut halus ke lingkungan sekitarnya. Alat ini biasanya digunakan untuk menjaga kelembaban udara di dalam ruangan, terutama di daerah dengan udara kering atau saat musim dingin (Rs et al., 2020).

Suhu dan kelembaban

Suhu dan kelembaban merupakan dua parameter cuaca yang sangat penting dan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kehidupan sehari-hari. Secara ilmiah, suhu diukur dalam derajat *celcius* ($^{\circ}\text{C}$) atau *fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$), tergantung dari sistem pengukur yang digunakan (Mulder, 2023). Sedangkan kelembaban adalah ukuran seberapa banyak udara mengandung uap air. Ini di ukur dalam persentase relatif atau *relative Humidity* (RH). Kelembapan udara yang baik sangat penting untuk kenyamanan manusia. Kelembapan yang rendah dapat menyebabkan kulit kering, iritasi mata, dan gangguan pernafasan, sedangkan kelembapan yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri (Mulder, 2023).

Metode Prototype

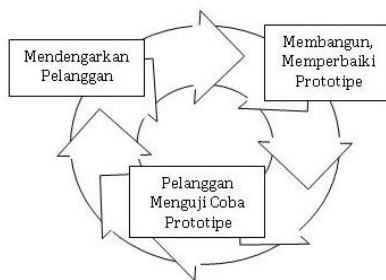
Model prototype ialah sebuah metode yang mengharuskan pengembangan perangkat lunak untuk membuat mockup berupa model aplikasi (Meisak et al., 2022). Prototype ini adalah versi awal dari sebuah tahapan sistem perangkat lunak yang digunakan untuk mempresentasikan gambaran dari ide, mengeksperimentasikan sebuah rancangan, mencari masalah yang ada sebanyak mungkin serta mencari solusi terhadap penyelesaian masalah tersebut. Prototype yang terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu mendengarkan pelanggan, membangun dan memperbaiki prototype, dan pelanggan menguji coba prototype. Metode prototype dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara cepat dan fleksibel, sehingga dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna dan memberikan gambaran nyata tentang fungsi sistem sebelum implementasi penuh.

Fuzzy Tsukamoto

Dalam pengontrolan suhu dan kelembaban pada gudang farmasi, algoritma fuzzy Tsukamoto digunakan sebagai metode pengambilan keputusan yang mampu mengolah data sensor secara kontinu dan memberikan output kontrol yang halus. Algoritma fuzzy Tsukamoto bekerja dengan memanfaatkan fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy untuk menentukan tingkat tindakan pengendalian berdasarkan nilai suhu dan kelembaban yang terukur. Kombinasi metode prototype dan algoritma fuzzy Tsukamoto ini memungkinkan pengembangan sistem monitoring dan controlling suhu serta kelembaban yang responsif, adaptif, dan mudah diakses secara real-time melalui teknologi Internet of Things (IoT). Aturan fuzzy Tsukamoto berbentuk konstanta, dengan 4 tahapan yaitu proses menentukan himpunan fuzzy (fuzzyfikasi), pembentukan aturan fuzzy, proses fungsi implikasi (system inferensi fuzzy) dan proses penegasan (defuzzyfikasi) (Kusumastuti, 2022) Pengujian dilakukan secara bertahap untuk memastikan sistem mampu memberikan notifikasi dan mengontrol kondisi lingkungan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, sehingga kualitas dan keamanan obat dalam penyimpanan dapat terjaga secara optimal.

METODE PENELITIAN

Metode pengembangan sistem yang digunakan yaitu metode prototype. Dengan metode prototype ini menghasilkan prototype prototype sistem sebagai perantara pengembangan dan pengguna agar dapat berinteraksi dalam proses kegiatan pengembangan sistem informasi. Dalam metode prototype ada 3 tahapan yang perlu di perhatikan.



Gambar 1 Metode Prototype

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mendengarkan pelanggan

Tahapan pertama dalam metode ini dilakukan dalam beberapa Langkah diantaranya :

Wawancara

Peneliti melakukan wawancara dengan ibu Ivanne Rororng, S.Si, Apt. dan ibu Anita pada tanggal 14 september 2023 yang merupakan salah satu pegawai dinas Kesehatan kabupaten Minahasa. Dari hasil wawancara tersebut peneliti mendapatkan masalah atau tantangan mengenai perubahan suhu dan kelembaban yang tidak bisa di pantau atau dikontrol di bidang Gudang farmasi dinas Kesehatan kabupaten Minahasa.

Observasi

Setelah mengetahui masalah tersebut, peneliti melakukan observasi langsung ke gudang farmasi dinas kesehatan kabupaten minahasa, dan memastikan apakah situasi dan kondisi yang di sampaikan dari narasumber yang telah diwawancarai sesuai dengan kenyataan.

Identifikasi masalah

Setelah memastikan bahwa masalah di gudang farmasi mengenai suhu dan kelembaban maka selanjutnya memahami dan mencari tahu hubungan suhu dan kelembaban apakah berpengaruh besar terhadap kualitas obat yang ada di dalam gudang farmas. Dan juga peneliti mencari informasi mengenai rentang suhu dan kelembaban ruangan gudang farmasi yang aman untuk menyimpan stok obat.

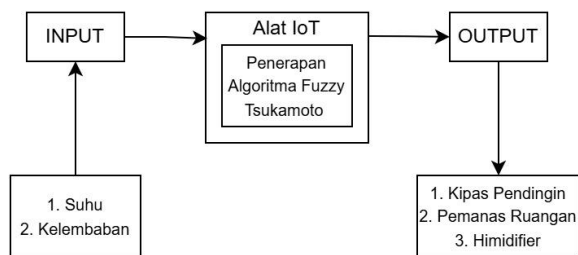
Mengusulkan solusi penyelesaian dan menentukan judul penelitian

Dengan melihat permasalahan yang ada, dibutuhkan suatu sistem yang dapat memantau dan mengatur suhu serta kelembaban gudang farmasi agar obat-obat dan peralatan kesehatan lainnya terjaga kualitasnya. Dan dengan judul penelitian yaitu prototype sistem monitoring dan controlling suhu serta kelembaban gudang farmasi dinas kesehatan kabupaten minahasan berbasis internet of things (IoT) menggunakan algoritma fuzzy tsukamoto.

Membangun dan memperbaiki prototype

Tahapan kedua dari metode prototype memiliki beberapa langkah :

Perancangan sistem



Gambar 2 Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto pada Alat IoT

Pada Gambar 2 merupakan rancangan yang dibuat oleh peneliti dengan menerapkan algoritma fuzzy tsukamoto. Sebelum perakitan alat yang akan digunakan dalam penelitian ini, peneliti terlebih

dahulu merancang alat untuk mempermudah peneliti dalam melakukan instalasi atau perakitan alat

Pembuatan model logika fuzzy Tsukamoto

Dalam pembuatan alat IoT dan software akan menerapkan algoritma fuzzy tsukamoto, yang dimana setiap inputan sensor akan digabungkan dengan inputan software monitoring dan controlling sehingga menghasilkan output yang sesuai. Dalam penerapan algoortima fuzzy tsukamoto jika ada input maka akan menghasilkan output. Sehingga sistem dapat dinyatakan berhasil jika output yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan.

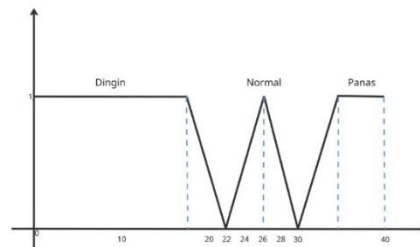
a) Variabel input

Variabel input terdiri dari variabel suhu dan variabel kelembaban

1) Variabel suhu

Variabel suhu memiliki 3 himpunan yaitu dingin, normal, panas. Berikut merupakan fungsi keanggotaan suhu.

- Dingin : $0^{\circ}\text{C}-22^{\circ}\text{C}$
- Normal : $22^{\circ}\text{C}-30^{\circ}\text{C}$
- Panas : $30^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$

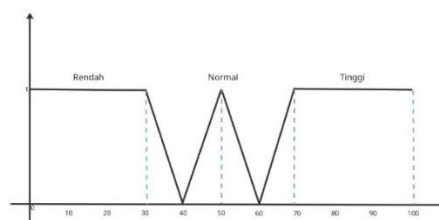


Gambar 3 Grafik Keanggotaan Variabel Suhu

2) Variabel kelembaban

Variabel kelembaban memiliki 3 himpunan yaitu rendah, normal, dan tinggi. Berikut merupakan fungsi keanggotaan kelembaban.

- Rendah : $0\%-40\%$
- Normal : $40\%-60\%$
- Tinggi : $60\%-100\%$

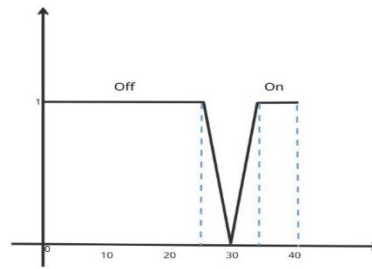


Gambar 4 Grafik Keanggotaan variabel kelembaban

b) Variabel output

1) Kipas

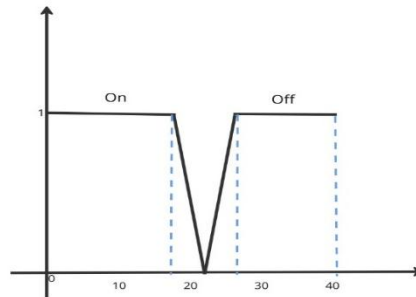
- ON $30^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$
- OFF $0^{\circ}\text{C}-30^{\circ}\text{C}$



Gambar 5 Grafik Keanggotaan Variabel Kipas Pendingin

2) Pemanas ruangan

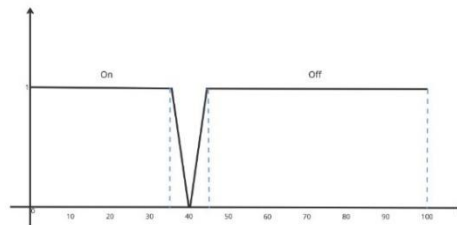
- ON 0°C-22°C
- OFF 22°C-40°C



Gambar 6 Grafik Keanggotaan Variabel Pemanas Ruangan

3) Humidifier

- ON 0%-40%
- OFF 40%-100%



Gambar 7 Grafik Keanggotaan Variabel Kelembaban

c) Aturan fuzzy

Tabel 1 Aturan Fuzzy

No.	Suhu	Kelembaban	Kipas	Pemanas ruangan	humidifier	notifikasi
1	Normal	Normal	OFF	OFF	OFF	-
2	Dingin	Normal	OFF	ON	OFF	-
3	Panas	Normal	ON	OFF	OFF	-
4	Normal	Rendah	OFF	OFF	ON	-
	Normal	Tinggi	OFF	OFF	OFF	Notifikasi: nyalakan ac secara manual
6	Dingin	Rendah	OFF	ON	ON	-
7	Dingin	Tinggi	OFF	ON	OFF	Notifikasi: nyalakan ac secara manual
8	Panas	Rendah	ON	OFF	ON	-
9	Panas	Tinggi	ON	OFF	OFF	Notifikasi: nyalakan ac secara manual

Instalasi alat

Pada tahapan ini, dilakukan proses perakitan atau instalasi alat yang merupakan salah satu langkah krusial dalam membangun system. Penelitian akan melakukan proses instalasi alat dengan teliti, memastikan setiap komponen terhubung dengan benar sesuai dengan rancangan system yang telah di buat sebelumnya. Setiap sambungan akan di periksa untuk menghindari kesalahan teknis supaya pada saat pengujian tidak terjadi korsleting.



Gambar 8 Alat IoT Yang Telah Terpasang Di Mini Ruangan

Pengkodean aplikasi monitoring dan controlling

Pengkodean aplikasi mobile dilakukan menggunakan Android Studio dengan bahasa pemrograman Kotlin untuk mengimplementasikan antarmuka dan fungsi monitoring serta controlling berbasis IoT. Sedangkan pada sisi perangkat keras, pengkodean mikrokontroler dilakukan

menggunakan Visual Studio Code untuk mengatur komunikasi sensor dan aktuator. Proses pengolahan data serta pengambilan keputusan dilakukan dengan menerapkan algoritma Fuzzy Tsukamoto yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python, sehingga sistem mampu memberikan hasil pengendalian suhu dan kelembaban secara real-time dan adaptif sesuai dengan aturan fuzzy yang telah ditetapkan.

Pengujian protorype

Pengujian aplikasi monitoring dan controlling

Pengujian aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban dapat melihat perubahan suhu dan kelembaban ruangan gudang farmasi yang disensor oleh sensor suhu dan kelembaban DHT11. Berikut merupakan tabel pengujian aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban gudang farmamsi dinas kesehatan kabupaten minahasa.

Tabel 2 Pengujian

Case	Aktivitas pengujian	Hasil pengujian		Kesimpulan
		Sesuai	Tidak sesuai	
Mulai mendeteksi suhu dan kelembaban ruangan	Melihat perubahan suhu dan kelembaban pada aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban	✓		Aplikasi berhasil mendeteksi dan menampilkan suhu serta kelembaban secara real-time sesuai dengan fungsi

Pada TABEL 2. merupakan hasil pengujian dari aplikasi monitoring yang berhasil mendeteksi dan menampilkan suhu serta kelembaban secara real time sesuai dengan fungsi.



Gambar 9 Tampilan Home

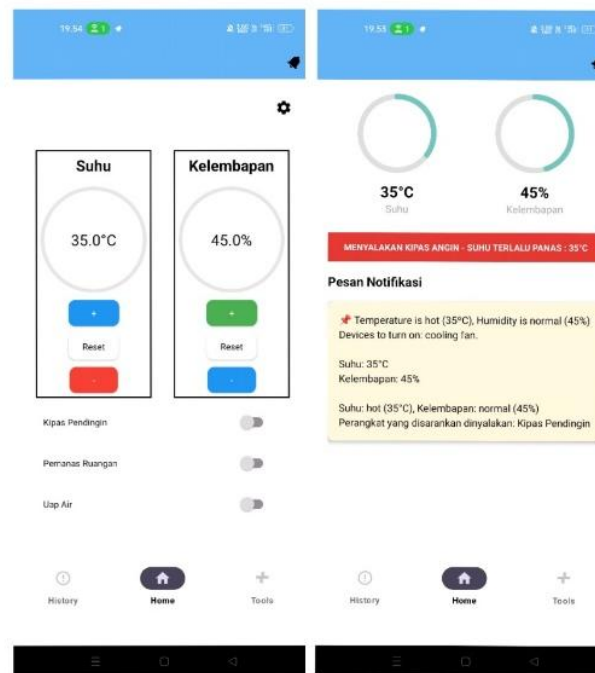
Pada Gambar 8 merupakan menu home yang menjadi menu pertama setelah mengakses aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban di mana suhunya 25°C yang berarti suhunya normal, dan kelembabanya 76% yang dimana kelembabanya tinggi sehingga di bagian atas layar handphone terdapat notifikasi yang berisi bahwa kelembaban sedang tinggi dan disarankan untuk menyalakan dehumidifier atau AC.

Pengujian alat IoT/Hardware

Tabel 3. Pengujian Alat Iot

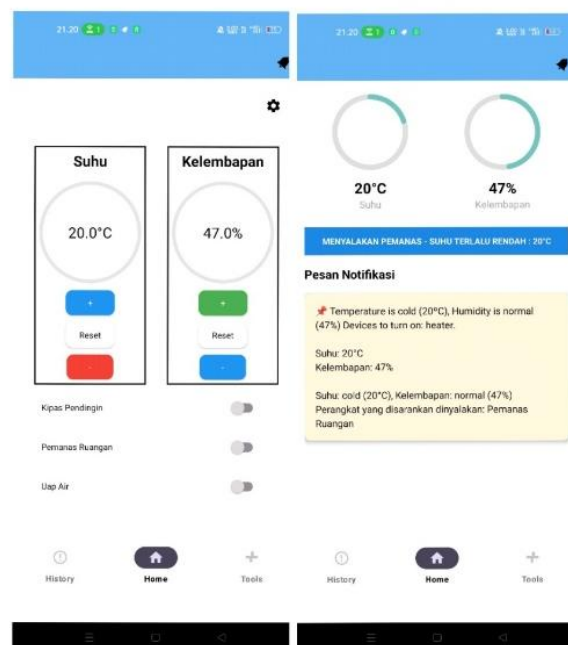
Aktivitas pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	
		Sesuai	Tidak sesuai
Memanaskan suhu ruang	Mendapatkan notifikasi aplikasi bahwa suhu berada diluar batas aman, relay dapat mengaktifkan kipas, dan kipas pendingin aktif/berputar.	✓	
Mendinginkan suhu ruang	Mendapatkan notifikasi aplikasi bahwa suhu berada diluar batas aman, relay dapat mengaktifkan pemanas ruangan, dan pemanas ruangan aktif/berputar.	✓	
Mengurangi kadar air/kelembaban ruangan	Mendapatkan notifikasi aplikasi bahwa kelembaban berada diluar batas aman, relay akan mengaktifkan humidifier/uap air dan humidifier/uap air aktif	✓	
Menambahkan kadar air/kelembaban ruangan	Mendapatkan notifikasi aplikasi bahwa kelembaban berada diluar batas aman, dan harus menyalakan ac secara manual	✓	

Pada Tabel 3. merupakan hasil pengujian dari alat IoT yang berhasil mendeteksi suhu dan kelembaban serta berhasil mengaktifkan dan menonaktifkan output system yaitu kipas pendingin, pemanas ruangan, dan humidifier.



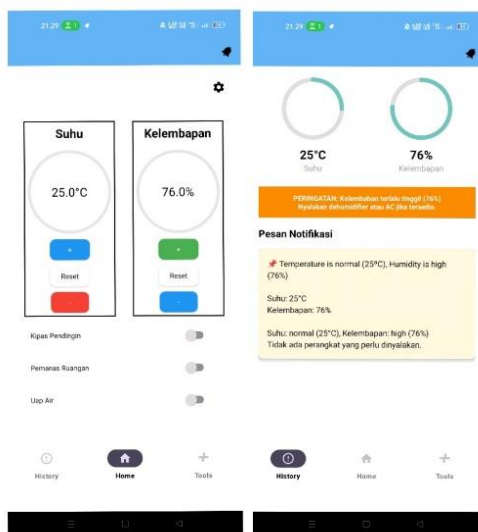
Gambar 10 Hasil Pengujian Suhu Dari Aplikasi

Pada Gambar 9 merupakan menu home yang menampilkan data suhu yang panas atau data suhu berada di luar batas aman, sehingga memicu aplikasi untuk memberikan notifikasi yang berisi pesan untuk menyalakan kipas pendingin sesuai dengan gambar di samping kanan.



Gambar 11 Hasil Pengujian Suhu Dingin Dari Aplikasi

Pada Gambar 10 merupakan menu home yang menampilkan data suhu yang dingin atau data suhu berada di luar batas aman, sehingga memicu aplikasi untuk memberikan notifikasi yang berisi pesan untuk menyalakan pemanas ruangan sesuai dengan gambar di samping kanan.



Gambar 12 Hasil Pengujian Data Kelembaban Dari Aplikasi

Pada Gambar 11 merupakan menu home yang menampilkan data kelembaban yang tinggi atau data kelembaban berada di luar batas aman, sehingga memicu aplikasi untuk memberikan notifikasi yang berisi pesan untuk menyalakan dehumidifier atau AC sesuai dengan gambar di samping kanan.

Tabel 4. Tabel Pengujian Lcd

Aktivitas pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	
		Sesuai	Tidak sesuai
Melihat data suhu dan kelembaban yang tertera di layar LCD 24x4 dan mencocokkan dengan data yang ada di aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban	Data yang ditampilkan di LCD 24x4 sama dengan data yang ditampilkan di aplikasi monitoring dan controlling suhu serta kelembaban	✓	

Pada TABEL 4. merupakan hasil pengujian alat LCD display yang berhasil menampilkan data suhu dan kelembaban.



Gambar 13 Tampilan Dari Aplikasi Dan LCD

Pada Gambar 12 menampilkan data suhu dan kelembaban pada aplikasi dan LCD sama.

Analisi data logika fuzzy Tsukamoto

a) Variabel fuzzy

Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel input yaitu suhu dan kelembaban, dan 3 variabel output yaitu kipas pendingin, pemanas ruangan dan pelembab ruangan (uap air). Untuk data himpunan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Variabel Inputan

Nama variabel	Jenis variabel	himpunan
Suhu	Inputan	Dingin
		Normal
		Panas
Kelembaban		Rendah
		Normal
		Tinggi

Pada Tabel 5. merupakan pengelompokan variabel dan himpunan variabel.

b) Fuzzyfikasi

1) Variabel suhu

Variabel suhu terdiri dari 3 himpunan fuzzy yaitu dingin 0°C-22°C, normal 22°C-30°C, panas 30°C-40°C. Jika diketahui (X) = 25°C

$$\bullet \quad \mu_{\text{dingin}}(X) = \begin{cases} 1. & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & a < x < b \\ 0. & x \geq b \end{cases}$$

$x = 25 > 22$

$$\bullet \quad \mu_{\text{normal}}(X) = \begin{cases} 0. & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(25) = \begin{cases} 0. & x \leq a \\ \frac{25-22}{26-22} & a < x < b \\ \frac{30-25}{30-26} & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(25) = 3/4$$

$$\mu_{\text{normal}}(25) = 0,75$$

$$\bullet \quad \mu_{\text{panas}}(X) = \begin{cases} 0. & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1. & x \geq b \end{cases}$$

$x = 25 < 30$

2) Variabel kelembaban

Variabel kelembaban terdiri dari 3 himpunan fuzzy yaitu rendah 0%-40%, normal 40%-60%, dan tinggi 60%-100%. Jika diketahui (X) = 76%

$$\bullet \quad \mu_{\text{dingin}}(X) = \begin{cases} 1. & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & a < x < b \\ 0. & x \geq b \end{cases}$$

$x = 76 > 40$

$$\mu_{\text{normal}}(X) = \begin{cases} 0. & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}. & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}. & x \geq b \end{cases}$$

$x = 76 > 60$

$$\mu_{\text{tinggi}}(X) = \begin{cases} 1. & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}. & a < x < b \\ 0. & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(76) = \begin{cases} 1. & x \leq 60 \\ \frac{76-60}{100-60}. & 60 < x < 100 \\ 0. & x \geq 100 \end{cases}$$

$\mu_{\text{tinggi}}(76) = 16/40$
 $\mu_{\text{tinggi}}(76) = 0,4$

c) Inferensi

Pada tahap ini, aturan ke-5 pada tabel inferensi yaitu suhu normal dan kelembaban tinggi. Dimana autputnya kipas, pemanas dan humidifier off, dan notifikasi nyalakan dehumidifier atau AC.

d) Defuzzifikasi

Menghitung output menggunakan metode rata-rata tertimbang

Dik : $\alpha_i = \min(\mu_{\text{suhu}}(x), \mu_{\text{kelembaban}}(y))$,

z_i = nilai output crisp dari aturan ke-i

z = nilai output hasil defuzzyfikasi

Output $z_5 = 0$ (semua off)

$$Z = \frac{\sum(\alpha_i, z_i)}{\sum \alpha_i}$$

$$Z = \frac{0.4 \times 0}{0.4} = 0$$



Gambar 14 Tampilan Notifikasi

Pada Gambar13 merupakan notifikasi yang berisi pesan untuk menyalakan dehumidifier atau AC.



Gambar 15 Tampilan Hasil Dari Alat IoT

Merupakan hasil dari alat IoT dimana data suhu dan kelembaban sama dengan data suhu dan kelembaban aplikasi.

KESIMPULAN

Penelitian saya yang berjudul “Prototype Sistem Monitoring Dan Controlling Suhu Serta Kelembaban Gudang Farmasi Dinas Kesehatan Kabupaten Minahasa Kabupaten Minahasa Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Algoritma Fuzzy Tsukamoto” telah berhasil dikembangkan dan diuji. Sistem ini mampu memantau suhu dan kelembaban secara real-time menggunakan sensor DHT11 dengan hasil data suhu pada saat pengujian yaitu 25°C dan data kelembaban yaitu 76%. Serta mengontrol perangkat otomatis dengan menerapkan logika fuzzy tsukamoto yang berhasil dalam implementasi untuk mengontrol output sistem seperti kipas pendingin, pemanas ruangan, dan pelembab udara (uap air). Dengan penerapan algoritma Fuzzy Tsukamoto, sistem dapat mengambil keputusan secara lebih presisi untuk menjaga kondisi suhu dan kelembaban dalam batas aman sesuai standar penyimpanan farmasi. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis ketika suhu atau kelembaban berada di luar batas yang ditentukan, sehingga dapat membantu dalam pengambilan tindakan yang cepat untuk mencegah kerusakan obat. Tidak hanya bekerja secara otomatis, pengguna juga dapat mengatur suhu dan kelembaban secara manual melalui aplikasi, memberikan fleksibilitas tambahan dalam pengoperasiannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua dosen pembimbing skripsi penulis, orang tua, dan teman-teman seperjuangan.

REFERENSI

- Aprilla, T. (2018). *Monitoring Dan Kontrol Hidroponik Wick Berbasis Android*. 1(1), 106.
- Cholilalah, Rois Arifin, A. I. H. (2019). Fundamental Internet of Things (IOT) TEORI DAN APLIKASI. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 82–95.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2015). *G.211.15.0038-05-Bab-Ii-20190215112855*. 9–21.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2025). *No Title*. 7–36.
- Kartikasari, D. P., Syahvina, T., Dini, R., Alhirani, P. S., Husania, P. M., Ayu, T., Tambak, T., & Studi, P. (2023). Pengaruh Internet of Things (IoT) Dalam Bidang Kesehatan Terhadap Masyarakat Umum. *IJESPG (International Journal of Engineering, Economic, Social Politic and Government)*, 1(3), 21–26.
- Kusumastuti, R. (2022). Analisa Perbandingan Algoritma Fuzzy Tsukamoto Dan Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Batik Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus: Batik Jiwo Creation, Sukoharjo). *Jnanaloka*, 3(1), 11–16. <https://doi.org/10.36802/jnanaloka.2022.v3-no1-11-16>
- Meisak, D., Hendri, & Agustini, S. R. (2022). Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan

- Sistem Informasi Penjualan Mediatama Solusindo Jambi. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, 1(4), 1–11. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i4.1066>
- Mulder, W. R. S. P. (2023). *Modul STEM Suhu dan Kalor IPA SMP/MTS Kelas VII*.
- ÖCAL, S. (2021). *sistem kontrol suhu dan kelembaban pada prototype ruang dengan metode fuzzy sugeno menggunakan mikrokontroler wemos D1 berbasis internet of things (IoT)*. 3(2), 6.
- Pravana, N. K., Piryani, S., Chaurasiya, S. P., Kawan, R., Thapa, R. K., Shrestha, S., Brouwer, I. D., Jager, I. de, Borgonjen, K., Azupogo, F., Rooij, M., Folson, G., Abizari, R., Frempong, R. B., Annim, S. K., Boah, M., Azupogo, F., Amporfro, D. A., Abada, L. A., ... WHO. (2017). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Development Studies Research*, 3(1), 43.
- Raharjo, E. B., Marwanto, S., & Romadhona, A. (2019). Rancangan Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Ruang Server Berbasis Internet of Things. *Teknika*, 6(2), 61–68.
- Rs, S., Latief, A. A., & Ridwan, A. M. (2020). Rancang Bangun Mesin Humidifier sebagai Proteksi Pencegahan Covid-19 dengan Cairan Desinfektan Alami Sereh Wangi ر م لثأ و س فن ل أول و م ل أن م ص ق ن و ع و ل أو ف و ل أن م ء ش ب م ك ن و ل ب ل و ن و ع ج ا ن. *Digital Library UIN Sunan Gunung Djati*, 3(4), 21.
- Sari, Y. W., Rahadiyanti, M., & Atmaka, D. R. (2021). Evaluasi Suhu dan Kelembapan Ruang Pengolahan Dan Ruang Distribusi Instalasi Gizi Di Rsud Kabupaten Sidoarjo. *Amerta Nutrition*, 5(1), 68. <https://doi.org/10.20473/amnt.v5i1.2021.68-74>