

Air Temperature and Humidity Monitoring System for Server Rooms and Data Centers Using the Fuzzy Tsukamoto Method with IoT

Salwa Nur JB^{1*}, Huzaeni², Salahuddin³

^{1,2,3}Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

Informasi Artikel

Diterima : 30 Juli 2024
Revisi : 05 November 2024
Publikasi : 30 November 2024

Kata Kunci:

Sensor
Server
Web
Monitoring
Tsukamoto

ABSTRAK

Politeknik Negeri Lhokseumawe memiliki UPT Pusat Data Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang mengelola infrastruktur penting untuk proses belajar mengajar. Kendala utama adalah belum optimalnya monitoring terhadap kondisi lingkungan tempat perangkat server berada. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring suhu dan kelembaban udara berbasis IoT, menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto untuk menangani data sensor yang bervariasi tinggi. Hasil pemantauan ditampilkan melalui layar OLED dan website, dengan notifikasi real-time untuk kondisi lingkungan yang kritis. Pengujian blackbox menunjukkan bahwa sistem berhasil memberikan informasi kondisi ruangan server secara real-time dan mengirim notifikasi saat kondisi mencapai batas tertentu. Pengujian whitebox berhasil memastikan bahwa algoritma Fuzzy Tsukamoto diimplementasikan dengan benar dan integrasi hardware berjalan tanpa masalah. Pengujian Blackbox berhasil mencapai keberhasilan 100% pada dan Whitebox hanya mencapai 100% pada kedua pengujian tersebut.

ABSTRACT

Lhokseumawe State Polytechnic has UPT Information and Communication Technology (ICT) Data Center that manages important infrastructure for the teaching and learning process. This study aims to design and build an IoT-based air temperature and humidity monitoring system, using Fuzzy Tsukamoto algorithms to handle highly variable sensor data. Blackbox testing showed that the system managed to provide real-time server room condition information and send notifications when conditions reached a certain limit. Turning the AC on and off and incandescent lamps also work well. Whitebox testing successfully ensures that Tsukamoto's Fuzzy algorithm is implemented correctly and that hardware integration runs without problems. The Blackbox test managed to achieve 100% success on and the Whitebox only achieved 100% on both Tests.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license



*Penulis Koresponden

Email: salwanur2015@gmail.com

Cara sitasi IEEE:

1. S. Nur JB, H. Huzaeni, dan S. Salahuddin, "Air Temperature and Humidity Monitoring System for Server Rooms and Data Centers Using the Fuzzy Tsukamoto Method with IoT" *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 4, no. 2, pp. 104-115, Nov.2024. doi: 10.30811/jaise.v4i2.6132

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Lhokseumawe adalah sebuah institusi pendidikan tinggi di Indonesia yang terletak di Lhokseumawe, sebuah kota di Provinsi Aceh. Politeknik ini umumnya menawarkan program-program pendidikan tinggi terkait dengan bidang teknik, teknologi, bisnis, dan manajemen. Politeknik Negeri Lhokseumawe memiliki UPT (Unit Pelaksana Teknis) Pusat Data Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang berperan vital dalam mengelola infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi guna mendukung proses belajar mengajar di kampus. UPT TIK ini bertugas mengoperasikan server, jaringan komputer, serta berbagai perangkat keras dan perangkat lunak pendukung lainnya yang menjadi tulang punggung layanan TIK kampus [1].

Salah satu kendala yang kerap dialami UPT TIK Politeknik Negeri Lhokseumawe adalah belum optimalnya monitoring terhadap kondisi lingkungan tempat perangkat server, switch, dan penyimpanan data berada. Padahal, menjaga kondisi lingkungan data center agar tetap stabil dan ideal sangat krusial untuk menjaga kinerja, keandalan, dan umur pakai perangkat. Perubahan suhu yang signifikan, tingkat kelembaban yang tidak sesuai, serta arus listrik yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan fisik pada perangkat keras, penurunan efisiensi energi, dan bahkan kegagalan sistem yang berdampak luas pada layanan TIK kampus. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang dapat memberikan pemantauan real-time terhadap kondisi lingkungan di sekitar server dan pusat data [2].

Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional pada server dan pusat data. Dengan mengintegrasikan sensor suhu, kelembaban, arus listrik, serta dua switch untuk AC dan lampu pijar, sistem ini dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time. Data yang terkumpul dapat diolah dan dianalisis untuk memberikan informasi yang berharga terkait suhu, kelembaban, dan arus listrik pada server dan pusat data [3][4].

Metode Fuzzy Tsukamoto merupakan pendekatan yang digunakan dalam pengolahan data pemantauan. Dengan menetapkan ambang batas tertentu untuk suhu, kelembaban, dan arus listrik, sistem dapat mengidentifikasi potensi masalah atau anomali lingkungan. Hasil pemantauan ini tidak hanya dapat diakses melalui antarmuka berbasis website, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan notifikasi real-time. Antarmuka berbasis website menyediakan platform visual yang memudahkan pengelola untuk melihat dan menganalisis data pemantauan secara efisien. Selain itu, melalui antarmuka ini, hasil data dapat dengan mudah dikirimkan kepada pengguna dan diakses dari jarak jauh [5][6].

Melalui penerapan solusi IoT ini, diharapkan dapat meningkatkan keandalan operasional dan efisiensi pengelolaan suhu, kelembaban, arus listrik, serta dua relay yaitu AC dan lampu pijar. Pengelola di UPT TIK Politeknik Negeri Lhokseumawe dapat mengoptimalkan penggunaan energi dengan mengatur kondisi lingkungan sesuai kebutuhan operasional, menghasilkan efisiensi yang signifikan dalam pengelolaan pusat data. Dengan demikian, implementasi ini tidak hanya memberikan kontribusi pada penghematan biaya jangka panjang tetapi juga pada kelancaran dan keberlanjutan operasional infrastruktur teknologi informasi secara menyeluruh.

2. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini adalah dari Data Primer (Primary Data). Data primer di peroleh oleh salah satu ruangan server dan pusat data selama kurang lebih 4 bulan. Dikarenakan pada Politeknik Negeri Lhokseumawe belum ada nya petugas dan alat untuk dikhususkan dalam hal ini maka data yang digunakan adalah data saat di lakukan pengujian yaitu pada alat IoT (*Internet of Things*) yang telah dibuat untuk memonitoring kan sensor suhu, kelembaban dan dua relay yaitu AC dan lampu pijar lalu terdapat sensor arus listrik yang dapat mengirim data ruang server secara real-time.

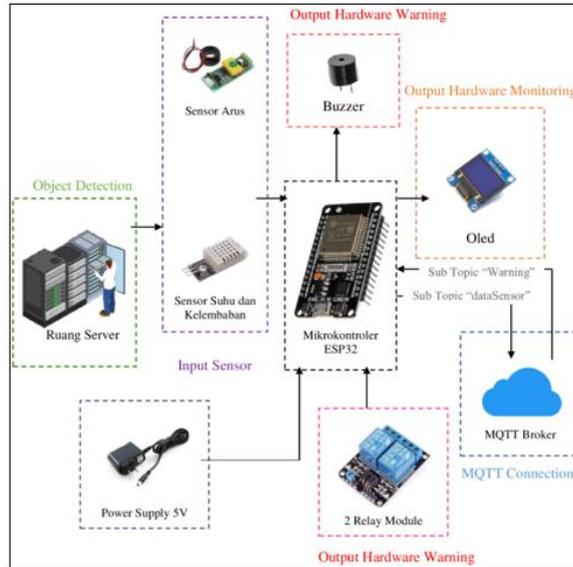
2.2 Perancangan Alat

Perancangan perangkat keras pada sistem monitoring kondisi pada ruangan server terbagi menjadi beberapa bagian antara lain masukan sensor, keluaran sistem peringatan, keluaran monitoring parameter, catu daya dan komunikasi MQTT. Dalam sistem ini sensor berfungsi untuk mengumpulkan data-data dari objek yang diukur yaitu ruang server. Komponen oled akan menampilkan data pembacaan sensor. Buzzer berfungsi sebagai sistem peringatan ketika terdapat parameter yang melebihi ambang bawah dan ambang atas. 2 relay module berfungsi untuk mengontrol relay 2 saluran dalam AC dan lampu pijar untuk mematikan atau menghidupkan secara otomatis. Mikrokontroler ESP32 tentu memegang peran utama dalam menjalankan beberapa tugas yang terjadi dalam selang waktu yang berbeda-beda dengan rincian koneksi terhadap Wi-Fi, pembacaan data sensor, penampilan data sensor pada oled serta protokol komunikasi MQTT termasuk publish topik "dataSensor" dalam bentuk string dan subscribe topik "Warning". Dikarenakan multitasking tersebut pada mikrokontroler, sistem operasi Real-Time Open-Source (FreeRTOS) akan diterapkan pada pemrograman hardware. FreeRTOS mengimplementasikan manajemen tugas (task scheduling) dengan sistem prioritas.

Air Temperature and Humidity Monitoring System for Server Rooms and Data Centers Using the Fuzzy Tsukamoto Method with IoT (Salwa Nur JB)

Tugas-tugas (tasks) dapat dibuat dan dijadwalkan untuk dieksekusi secara independen pada interval waktu tertentu atau sebagai respons terhadap peristiwa tertentu. Komponen hardware akan diintegrasikan ke dalam satu PCB (Printed Circuit Board).

Pada sistem ini, mikrokontroler akan berperan sebagai MQTT *Client* yang akan selalu terhubung pada broker MQTT. Broker pada MQTT berfungsi untuk menghandle data publish dan subscribe dari berbagai device, bisa diibaratkan sebagai server yang memiliki alamat IP khusus. Saat sistem penukaran data, diperlukan autentikasi MQTT yang mengacu pada proses verifikasi identitas *client* atau broker sebelum mengizinkan mereka membuat koneksi atau berinteraksi dengan jaringan. Broker memverifikasi bahwa klien memiliki kredensial koneksi yang benar seperti *username* dan *password*. Dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 1.



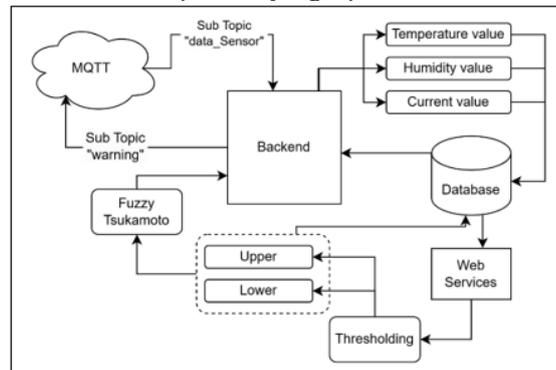
Gambar 1. Perancangan Alat

2.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini mencakup perancangan arsitektur pada Gambar 2 yang mendukung implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara Pada Ruang Server dan Pusat Data di Politeknik Negeri Lhokseumawe yang menggunakan Algoritma *Fuzzy Tsukamoto* dan berbasis web. Perancangan ini memberikan ilustrasi atau gambaran mengenai alur proses kerja sistem untuk memantau dan mengendalikan lingkungan server agar tetap stabil.

Setelah data melewati proses *thresholding*, jika nilai berada di luar batas yang diizinkan, maka data tersebut diproses lebih lanjut oleh metode *Fuzzy Tsukamoto*. Proses *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan keputusan berdasarkan data yang keluar dari threshold. Hasil dari *fuzzy* ini tidak disimpan dalam database, melainkan diteruskan kembali ke backend untuk ditampilkan melalui web services. Jika hasil proses menunjukkan kondisi yang memerlukan peringatan, backend mengirimkan notifikasi melalui topik "*Warning*" menggunakan MQTT. Dengan cara ini, sistem dapat memberikan notifikasi *real-time* kepada pengguna saat terjadi kondisi abnormal yang memerlukan tindakan lebih lanjut.

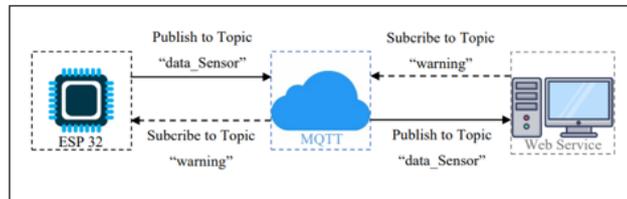
Perancangan ini bertujuan memberikan gambaran yang jelas tentang alur proses monitoring suhu, kelembaban, dan arus dalam ruang server dan pusat data, dengan fokus pada penerapan *fuzzy tsukamoto* dan *web-based monitoring* untuk memberikan keputusan yang tepat.



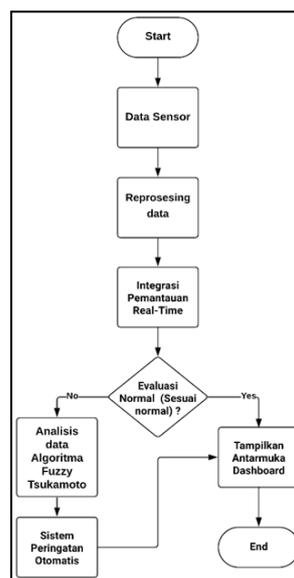
Gambar.2 Perancangan Sistem

2.4 Arsitektur Sistem dan Flowchart Sistem

Arsitektur umum perancangan sistem diilustrasikan pada Gambar 3 diatas. Dimulai dari esp32 mengirim atau publish ke MQTT untuk di teruskan ke Subscribe dengan topic “data_Sensor”, Subscribe dapat mengirim kembali dengan topic “warning” jika terdapat anomaly.



Gambar 3. Arsitektur Umum Sistem



Gambar 4. Flowchart Umum Sistem

Berdasarkan flowchart umum sistem pada gambar 4, dimulai dengan mendapatkan dataset, reprocessing data terkait dengan penghilangan data yang kosong (*null*), Integrasi Pemantauan Real-Time, Evaluasi Kondisi, Analisis Data dengan menerapkan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* proses ini membangkitkan peringatan jika kondisi ruangan terdeteksi tidak normal berdasarkan baseline aturan asosiasi fuzzy, Sistem Peringatan Otomatis dan Tampilkan Antarmuka (*output*).

Fuzzy Tsukamoto adalah metode yang digunakan untuk membantu dalam pemberian rekomendasi secara cepat, tepat, dan akurat. Metode *Tsukamoto* adalah perluasan dari penalaran monoton dimana setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton [7]. Metode *Tsukamoto* digunakan untuk mengatur suhu dan kelembaban dengan cara mengkonversi data suhu dan kelembaban menjadi nilai *fuzzy* yang kemudian diolah menggunakan aturan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan. Mengatur suhu dan kelembaban melalui menghidupkan dan mematikan AC dan lampu pijar. Metode *Fuzzy Tsukamoto* adalah metode yang memiliki toleransi pada data dan sangat fleksibel. Kelebihan dari metode *Tsukamoto* yaitu bersifat intuitif dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu [8].

Metode *Fuzzy Tsukamoto*, proses inferensi dilakukan dengan mengikuti aturan (rule) berbentuk IF-THEN dan menggunakan operasi AND, dimana akan dipilih nilai yang lebih minimum (MIN) dari dua variabel yang ada pada data. Data keluaran dari proses inferensi dikenal dengan α - predikat yang akan dihasilkan sebanyak dari aturan yang telah ditentukan. Hasil dari perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto* dilakukan dengan mencari nilai Z yang bergantung pada nilai-nilai α -predikat sebelumnya. [9].

$$Z = \frac{\alpha_{pred1}.z1 + \alpha_{pred2}.z2 + \alpha_{pred3}.z3 + \dots}{\alpha_{pred1} + \alpha_{pred2} + \alpha_{pred3} + \dots} \quad (1)$$

Metode ini mempunyai tingkatan proses yaitu [9]:

- 1) Proses *Fuzzyfikasi*: *Fuzzifikasi* dilakukan untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistic
- 2) Penentuan nilai α - predikat setiap aturan memakai mesin inferensi implikasi MIN ($a_1, a_2, a_3, \dots a_n$). Masing-masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rules ($z_1, z_2, z_3, \dots z_n$).
- 3) Defuzzyfikasi memakai metode rata-rata (Average) dengan direpresentasikan pada rumus defuzzifikasi sebagai berikut

$$z^n = \frac{\sum \alpha_i \cdot Z_i}{\sum \alpha_i} \tag{2}$$

2.5 Teknik Analisis Data

Terdapat 4 (empat) tahapan pada *fuzzy* Tsukamoto untuk sistem ini sebagai berikut

2.5.1 Tahap *Fuzzyfication*

Pada tahap ini fuzzification mengubah data masukan sensor suhu dan kelembaban dari bentuk tegas (crisp) menjadi bentuk fuzzy (variable linguistik) [9]. Menurut Emanuel dkk (2019) standar suhu ruang server di Indonesia berada pada suhu 21°C sampai 23°C atau 70°F sampai 74°F dan kelembabannya yaitu 45% - 60% [10]. Adapun data suhu dan kelembaban yang akan diubah menjadi bentuk fuzzy tersebut dapat dilihat pada table 1 dan table 2

- a) *Fuzzyfication* pada suhu

TABEL I
PARAMETER DAN VARIABEL SUHU

Nilai Parameter Input	
Suhu	Variabel fuzzy suhu
0 - 20°C	Dingin
21 - 23°C	Normal
24 - 30 °C	Panas

Fungsi keanggotaan untuk variable suhu dalam ruangan server adalah sebagai berikut :

$$\mu[x]Dingin = \begin{cases} 1; & , x \leq 0 \\ \frac{20 - x}{20 - 0}; & , 0 \leq x \leq 20 \\ 0; & , x \geq 20 \end{cases} \tag{3}$$

$$\mu [x]Normal = \begin{cases} 0; & , x \leq 21 \text{ atau } x \geq 23 \\ \frac{(x - 21)}{(20 - 21)}; & , 21 \leq x \leq 20 \\ \frac{(23 - x)}{(23 - 20)}; & , 20 \leq x \leq 23 \end{cases} \tag{4}$$

$$\mu [x]Panas = \begin{cases} 0; & , x \leq 24 \\ \frac{(x - 24)}{(30 - 24)}; & , 24 \leq x \leq 24 \\ 1; & , x \geq 30 \end{cases} \tag{5}$$

- b) *Fuzzyfication* pada kelembaban

TABEL II
PARAMETER DAN VARIABEL KELEMBABAN

Nilai Parameter Input Kelembaban	Variabel fuzzy Kelembaban
30 - 44 %	Kering
45 - 60 %	Normal
61 - 75 %	Basah

Sedangkan Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Kelembaban dalam ruangan server adalah sebagai berikut

$$\mu[x]_{Kering} = \begin{cases} 1; & ,x \leq 30 \\ \frac{44-x}{44-30}; & ,30 \leq x \leq 44 \\ 0; & ,x \geq 44 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu[x]_{Normal} = \begin{cases} 0; & ,x \leq 45 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{(x-45)}{(44-45)}; & ,45 \leq x \leq 44 \\ \frac{(60-x)}{(60-44)}; & ,44 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu[x]_{Lembab} = \begin{cases} 0; & ,x \leq 61 \\ \frac{(x-61)}{(75-61)}; & ,61 \leq x \leq 61 \\ 1; & ,x \geq 75 \end{cases} \quad (8)$$

2.5.2 Tahap Pembentukan Aturan Fuzzy

Tahap Pembentukan aturan basis fuzzy adalah pembentukan aturan yang digunakan untuk mengolah data fuzzy, pada penelitian ini terdapat 3 (dua) data masukan yaitu suhu, kelembaban dan arus, namun pada penelitian ini hanya suhu dan kelembaban yang di teliti dan pada masing-masing data memiliki 3 buah variable yaitu:

- a) Suhu
 - 1) Suhu Dingin
 - 2) Suhu Normal
 - 3) Suhu Panas
- b) Kelembaban
 - 1) Kering
 - 2) Normal
 - 3) Lembab

2.1) Tahap Inferensi

Pada proses inferensi ini, ditentukan beberapa aturan yang akan digunakan untuk menarik kesimpulan. Berikut ini beberapa aturan yang telah ditentukan pada penelitian ini

- a) Suhu
 - 1) Jika suhu dingin maka AC mati
 - 2) Jika suhu normal maka AC mati
 - 3) Jika suhu panas maka AC hidup
- b) Kelembaban
 - 1) Jika Kelembaban kering maka lampu mati
 - 2) Jika kelembaban normal maka lampu mati
 - 3) Jika kelembaban lembab maka lampu hidup

2.2) Tahap Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi dari masalah yang telah dipaparkan sebelumnya adalah dengan menentukan nilai Z. Berikut perhitungan dari nilai Z

$$Z = \frac{(\sum z_i * \alpha_{preiketi})}{\sum \alpha_i} \quad (9)$$

Hasil fuzzifikasi, kita memiliki derajat keanggotaan sebagai berikut:

Suhu: $\mu(\text{Dingin}) = 0.2$, $\mu(\text{Normal}) = 0.6$, $\mu(\text{Panas}) = 0.3$

Kelembaban: $\mu(\text{Kering}) = 0.5$, $\mu(\text{Normal}) = 0.4$, $\mu(\text{Basah}) = 0.1$

Aturan yang kita gunakan:

Jika suhu dingin dan kelembaban kering, maka AC dan lampu mati (output = 0)

Jika suhu panas dan kelembaban basah, maka AC dan lampu hidup (output = 1)

Nilai output fuzzy (Z):

$$\text{Output} = 0.2 * 0 + 0.6 * 0 + 0.3 * 1 = 0.3$$

$$\text{Output} = 0.5 * 0 + 0.4 * 0 + 0.1 * 1 = 0.1$$

Total output fuzzy:

$$Z = (0.3 + 0.1) / (0.2 + 0.6 + 0.3 + 0.5 + 0.4 + 0.1) = 0.4 / 2.1 = 0.19$$

Jadi, nilai defuzzifikasi Z adalah 0.19.

Nilai Z yang diperoleh menunjukkan nilai tegas (crisp value) dari output yang dihasilkan oleh sistem fuzzy setelah proses defuzzifikasi. Nilai ini digunakan untuk mengontrol tindakan yang diperlukan, seperti menghidupkan atau mematikan AC dan lampu berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini mengenai hasil monitoring suhu dan kelembaban dengan metode fuzzy tsukamoto serta hasil pengujian dari sistem yang telah di bangun

1) Halaman Utama

Halaman utama atau *dashboard* menampilkan data sensor secara real-time yaitu Data sensor suhu, kelembaban dan arus Listrik yang tertampilkan diambil dari data pada MQTT. Data akan di update setiap lima detik. Dapat dilihat bahwa pada sensor *humidity* mencapai nilai 53.1% pada saat itu dan *temperature* mencapai 29°C. Pada halaman ini memiliki rangkuman data dalam satu hari dan satu minggu dalam bentuk grafik. Selain grafik, data juga ditampilkan dalam bentuk angka untuk memudahkan interpretasi cepat.

Halaman *Dashboard* ini memiliki fitur peringatan (*warning*) pada bagian sensor suhu, kelembaban dan arus listrik. Jika ada masalah atau data sensor menunjukkan nilai yang tidak normal, peringatan ini akan ditampilkan dengan warna merah dan efek bergerak. Dapat di lihat tampilan website pada gambar 5 dan terdapat gambar alat *Wireless Condition Monitoring (WCM)* pada gambar 6.



Gambar 5. Halaman Utama



Gambar 6. Alat *Wireless Condition Monitoring (WCM)*

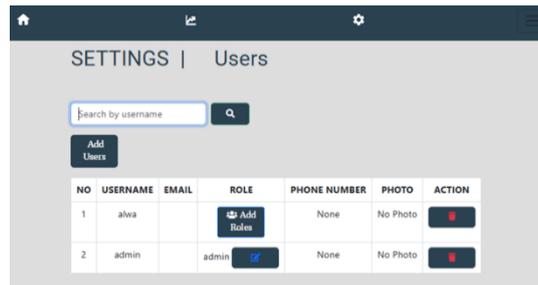
2) Halaman Grafik

Pada gambar 7 Halaman grafik pada setiap sensor yaitu suhu, kelembaban, dan arus listrik. Data yang di tampilkan dalam satu hari atau dalam enam hari. Data diambil dari database sqlite3 yang tersimpan dari data yang masuk secara real-time dari MQTT. Dapat di lihat bahwa pada tanggal 3 April 2024 jam 07.00 sensor humidity mencapai nilai 34%.



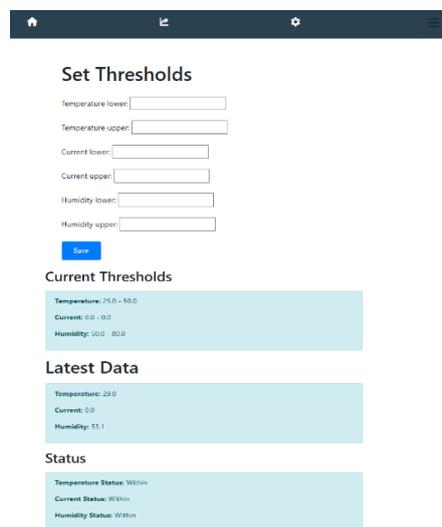
Gambar 7. Halaman Grafik

3) Halaman Setting



Gambar 8. Halaman Setting Members

Pada gambar 8 menampilkan halaman setting Members, yang berfungsi untuk melihat dan mengedit data members. Data Members di sajikan dalam bentuk table, data members yang ditampilkan diambil dalam database sqlite3. Tabel ini berisi informasi penting mengenai setiap anggota, seperti email, username, status mereka dalam sistem, nomor handphone, dan foto. Dan terdapat fitur edit role, hapus members, cari members, dan menambahkan members.



Gambar 9. Halaman Setting Monitoring

Pada gambar 9 menampilkan halaman Setting Monitoring yaitu halaman pengaturan khusus untuk mengatur suhu dan kelembaban di ruang server. Admin menetapkan parameter suhu dan kelembaban yang diinginkan untuk memastikan kondisi optimal pada bagian *form* Set Monitoring. Setelah admin menekan “save”, maka sistem akan menyimpan data tersebut dan sistem akan melakukan pemeriksaan pada data sesuai dengan aturan yang telah di buat pada halaman *scheduler.py*. Jika terdapat anomaly maka sistem mengirimkan peringatan ke halaman dashboard jika terjadi perubahan signifikan atau jika kondisi lingkungan tidak sesuai dengan parameter yang ditetapkan. Halaman ini berfungsi mengontrol dan mengelola kondisi lingkungan di ruang server dan memastikan stabilitas melalui pengaturan dan notifikasi yang tepat di dashboard.

4) Halaman Profil



Gambar 10. Halaman Profil

Pada gambar 10 menampilkan halaman profile menampilkan halaman data akun members yang terdapat foto profile, username, password, old password, password baru dan new password confirm. Pada halaman ini *Air Temperature and Humidity Monitoring System for Server Rooms and Data Centers Using the Fuzzy Tsukamoto Method with IoT (Salwa Nur JB)*

members dapat mengedit password dari akun tersebut.

3.2. Pengujian Metode

3.2.1 Implementasi metode *Fuzzy Tsukamoto*

Implementasi metode *Fuzzy Tsukamoto* adalah proses menerapkan teknik ini untuk mengatasi ketidakpastian dan bvariabilitas dalam data suhu dan kelembaban, serta untuk membuat Keputusan yang lebih tepat berdasarkan kondisi yang terukur.

```
def set_thresholds_and_monitor_data(request):
    if request.method == 'POST': # Jika ada POST request, berarti ada data yang
        dikirim untuk disimpan
        form = ThresholdForm(request.POST)
        if form.is_valid(): # Memeriksa validitas form
            form.save() # Menyimpan data dari form ke database
            return redirect('setting_app:set_thresholds_and_monitor_data') #
            Redirect setelah menyimpan data
        else:
            form = ThresholdForm() # Jika bukan POST request, tampilkan form
            kosong
```

Gambar 11. Implementasi *Min-Max*

Gambar 11 menjelaskan langkah-langkah untuk mengatur suhu dan kelembaban sesuai kondisi. Lalu *if request.method* berfungsi untuk mengirim data untuk di simpan kedalam database dan tidak lupa di validasi oleh form dan setelah itu di simpan di database. Setelah di simpan maka akan di bawa kembali ke halaman setting monitoring. Namun jika tidak terdapat request maka akan di tampilkan halaman kosong. Proses ini bertujuan sebagai proses yang sebelum menggunakan metode fuzzy, yang berarti proses ini sebagai nilai dari MIN dan MAX.

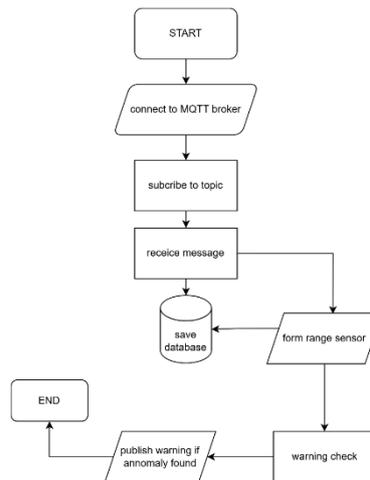
```
# Default case if temperature is exactly at the lower or upper threshold
if data_sensor.humidity > treshold.humidity_lower or
data_sensor.humidity < treshold.humidity_upper:
    client.publish("Status_Lampu", "ON")
    client.publish("Warning", "warning")

# Pemeriksaan suhu
if data_sensor.temperature < treshold.temperature_lower:
    client.publish("warning", "Temperature too low")
    client.publish("Status_AC", "ON")
elif data_sensor.temperature > treshold.temperature_upper:
    client.publish("warning", "Temperature too high")
    client.publish("Status_AC", "OFF")
else:
    # Default case if temperature is exactly at the lower or upper threshold
    if data_sensor.temperature > treshold.temperature_lower or
    data_sensor.temperature < treshold.temperature_upper:
        client.publish("Status_AC", "ON")
        client.publish("Warning", "warning")
```

Gambar 12. Implementasi *Min-Max*

Pada Gambar 12 menjelaskan metode *Fuzzy*, Langkah-langkah dimulai dengan pemeriksaan suhu dan kelembaban lalu di bandingkan dengan rentang suhu dan kelembaban pada kondisi yang normal, jika terdapat *warning* maka sistem akan mengirim *massege* dan *topic* kepada mqtt "Status_Lampu", "ON" atau "OFF" begitu juga dengan AC yaitu "Status_AC", "ON" atau "OFF". Baris coding ini di bagian dari file *scheduler.py* yang dimana isi dari file ini adalah data yang berhubungan langsung dengan mqtt. Setelah sistem mengirim *massege* ke mqtt maka mqtt akan mengirim kembali ke esp32 untuk di tindak lanjuti dengan memerintahkan kepada relay dan buzzer untuk hidup.

3.2.2 Pengujian *WhiteBox*



Gambar 13. Pengujian *Whitebox Fuzzy Tsukamoto*

Pada gambar 13 menunjukan proses pengujian metode *whitebox* dalam bentuk *flowchart*. Pengujian metode *Fuzzy Tsukamoto* berisi logika untuk memonitoring data sensor menggunakan *protocol* MQTT, menyimpannya ke dalam database, dan melakukan pemeriksaan ambang batas (*range*) untuk mendeteksi anomaly. Sebelum diterapkan metode tersebut maka harus terhubung ke MQTT terlebih dahulu untuk mengambil nilai data sensor dengan berlanggan ke topik di broker MQTT dan menerima pesan dari topik yang telah dilanggan. Pesan pada topik MQTT berupa nilai data sensor suhu, kelembaban, dan arus Listrik. Pesan yang telah di terima akan di simpan di database lalu dilakukan nya penentuan nilai ambang *upper* dan *lower* untuk setiap parameter sensor, dan dilakukan pemeriksaan nilai sensor yang disimpan di database terhadap ambang batas yang telah di tentukan untuk mendeteksi apakah ada anomaly atau tidak, selanjutnya digunakan metode *fuzzy* untuk melakukan tindak lanjut jika terjadi anomaly, maka sistem akan mengirim peringatan ke topik MQTT yang sesuai untuk memberi tahu sistem atau pengguna tentang adanya anomaly. Peringatan ini berupa suara dari buzzer pada alat dan pada website terdapat peringatan berupa *box* berwarna merah dan bergerak. Untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 14 mengenai proses kode dan alur kerja dengan dari MQTT dan metode *Fuzzy Tsukamoto*.

Kode	Alur
Start	1
<code>client.connect(host, port)</code>	2
<code>client.subscribe(topic)</code>	3
<pre> def save_to_database(payload): data = payload.split(" ") if len(data) == 3: # Pastikan payload memiliki format yang benar try: mqtt_data = MQTTData.objects.create(current=float(data[0]), humidity=float(data[1]), temperature=float(data[2]),) except: pass </pre>	4

Gambar 14. Pengujian *Whitebox Scheduler 2*

<pre># Ambil waktu sekarang dengan timezone aware now_date = datetime.now(pytz.utc) last_time_data = data_sensor.timestamp # Hitung selisih waktu dalam detik seconds = (now_date - last_time_data).total_seconds() # Set threshold untuk status offline offline_threshold_seconds = 10 # Pemeriksaan apakah sensor offline if seconds > offline_threshold_seconds: print("Sensor is Offline") client_publish("status_sensor", "offline") return # Tidak perlu melakukan pengecekan warning jika sensor offline # Jika sensor online, lanjutkan pengecekan warning client_publish("status_sensor", "online") print("Sensor is Online")</pre>	
<pre>if data_sensor.humidity < threshold.humidity_lower: client_publish("warning", "Humidity too low (dry)") client_publish("Status_Lampu", "OFF") # GERBANG NOT elif data_sensor.humidity > threshold.humidity_upper: client_publish("warning", "Humidity too high (wet)") client_publish("Status_Lampu", "ON") else: # Default case if temperature is exactly at the lower or upper threshold</pre>	8
<pre>if data_sensor.humidity > threshold.humidity_lower or data_sensor.humidity < threshold.humidity_upper: client_publish("Status_Lampu", "ON") client_publish("Warning", "warning") # Pemeriksaan suhu if data_sensor.temperature < threshold.temperature_lower: client_publish("warning", "Temperature too low") client_publish("Status_AC", "ON") elif data_sensor.temperature > threshold.temperature_upper: client_publish("warning", "Temperature too high") client_publish("Status_AC", "OFF") else: # Default case if temperature is exactly at the lower or upper threshold if data_sensor.temperature > threshold.temperature_lower or data_sensor.temperature < threshold.temperature_upper: client_publish("Status_AC", "ON") client_publish("Warning", "warning")</pre>	
<pre>def stop(): print("stop !!!") client_loop_stop()</pre>	9
<pre>End</pre>	10

Gambar 16. Pengujian *Whitebox Scheduler 2*

Setelah ditentukan alur kode program, maka akan dilakukan pengujian test case scenario pada Gambar 17.

Posk	Alur	Test case scenario	Hasil pengujian
1	1-2-3-4-5-6-7- 8-9-10	1. Start	Benar (✓)
		2. Connect to MQTT Broker	Salah (✗)
		3. Subscribe to Topic	
		4. Receive Message	
		5. Save to Database	
		6. Form Range Sensor	
		7. Save to Database data set	
		8. Warning Check	
		9. Publish Warning if Anomaly Found	
		10. End	

Gambar 17. Pengujian *Test Case Scenario*

Dari pengujian pada Gambar 17, dapat diketahui bahwa pengujian metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat melalui beberapa alur atau fungsi sesuai masukan dan data yang tersedia. Pengujian ini menunjukkan bahwa

sistem mampu menerima data sensor, menyimpannya dengan benar, memeriksa nilai-nilai tersebut terhadap ambang batas yang ditentukan, dan memberikan peringatan jika ditemukan kondisi anomaly.

4 KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian mengenai sistem monitoring ini terdapat simpulan bahwa Metode *Fuzzy Tsukamoto* diterapkan untuk mengontrol suhu dan kelembaban dalam ruang server yang sangat penting untuk menjaga kinerja optimal perangkat keras. Metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan untuk menentukan apakah pendingin atau kelembaban harus dihidupkan atau dimatikan berdasarkan pengukuran suhu dan kelembaban yang tidak selalu pasti atau linier

Hasil metode *Fuzzy Tsukamoto* akan dikirim sistem untuk di eksekusi lalu akan dikirim ke mqtt untuk dikirimkan kembali ke esp32 untuk di bandingkan dengan data *real-time* tersebut jika terdapat anomaly atau warning maka alat akan mengeluarkan output berupa suara dari *buzzer* pada website terdapat peringatan dengan bar pada sensor akan berwarna merah dan bergerak. Pengujian *Whitebox* menunjukkan mencapai keberhasilan 100% pada tahap pengujian yang dilakukan.

REFERENSI

- [1] P. Delgadoa, C. Vargasb, R. Ackermanc, and L. Salmerón, “Don’t throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension,” *Educ. Res. Rev.*, vol. 25, pp. 23–38, 2018, doi: 10.1016/j.edurev.2018.09.003.
- [2] F. Reichert, D. Lange, and L. Chow, “Educational beliefs matter for classroom instruction: A comparative analysis of teachers’ beliefs about the aims of civic educa[1] “Politeknik Negeri Lhokseumawe.” Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: <https://pnl.ac.id/>
- [2] I. L. H. D et al., “Penerapan Fuzzy Logic Pada Sistem Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu Dan Kelembaban,” *Semin. Nas. Inform. (semnasIF 2011)*, vol. 3, no. April, pp. 358–365, 2015, [Online]. Available: <http://biodiversitas.mipa.uns.ac.id/M/M0102/M010232.pdf>
- [3] I. N. Agus Junaedi, A. A. N. Amrita, and I. N. Setiawan, “Implementasi Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembaban Udara Berbasis Iot Pada Plant Factory Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana,” *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, p. 8, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p2.
- [4] S. Ukhti Filla and R. R. Kurniawan, “Prototype Alat Pengatur Temperatur Ruang Kerja Pada Rumah Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto Berbasis Iot,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 1, pp. 68–77, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [5] D. Kusuma, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Sistem Pemantauan Lingkungan,” *J. Tek. Inform.*, vol. 10, n, pp. 78–79, 2021.
- [6] S. Sunardi, A. Yudhana, and F. Furizal, “Optimasi Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan di Kota Yogyakarta Menggunakan Metode Fuzzy,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 6, p. 1749, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i6.5060.
- [7] Y. Ferdiansyah and N. Hidayat, “Implementasi Metode Fuzzy - Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 7516–7520, 2018.
- [8] C. W. De Silva, *INTELLIGENT Fuzzy Logic Applications*. CRC Press, 1995. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203750513/intelligent-control-clarence-de-silva>
- [9] E. Setya Wijaya, Y. Sari, A. R. Baskara, and A. Rivaldy, “Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto Untuk Pemantauan Kestabilan Suhu Menggunakan Sensor DS18B2 Pada Styrofoam Box Pengemasan Ikan,” *JUSTE (Journal Sci. Technol.)*, vol. 2, no. 1, pp. 59–77, 2021, doi: 10.51135/justevol2issue1page59-77.
- [10] E. B. Raharjo, S. Marwanto, and A. Romadhona, “Rancangan Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Ruang Server,” *Teknika*, vol. 6, no. 2, pp. 61–68, 2019.ion,” *Teach. Teach. Educ.*, vol. 98, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1016/j.tate.2020.103248. *Eval.*, vol. 70, 2021, doi: 10.1016/j.stueduc.2021.100995.