

## Implementasi Fuzzy Logic Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Berbasis Iot

Ziyadatul Majidah<sup>1</sup>, Mufti Ari Bianto<sup>2</sup>, Bagus Dwi Saputra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Komputer, Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Lamongan

<sup>1</sup>ziyamajida31@gmail.com, <sup>2</sup>muftiari10@gmail.com, <sup>3</sup>badaisaga@gmail.com

### Abstract

*Air quality is an important aspect in maintaining human health and the environment. With increasing industrial activity, urbanization and traffic, air pollution is increasing, posing risks to human health and various negative impacts on the environment. Fuel use, heating, and chemical processes produce CO emissions that can affect ambient temperature. These problems require a system that can determine air quality and warn users through the system if air conditions are unhealthy. This research is expected to make an important contribution to efforts to maintain better local air quality and protect public health. This system uses the Fuzzy Mamdani method which is effective in overcoming uncertainty and complexity of unstructured systems. Keywords: Air Quality, Carbon Monoxide, Fuzzy Mamdani, IoT. Testing of tools and applications shows that the MQ7 sensor can measure CO levels by determining the correlation between PPM and Vout values and the DHT11 sensor can function properly in measuring normal temperature with results that are defuzzified using the centroid method around 7.37 which has a health level that tends to be between Good. The data obtained by the sensor is processed by NodeMCU ESP32 and displayed by LCD, the data obtained is also sent to the database every 2 minutes to the website, this application displays temperature monitoring and CO levels contained in the database sent by the monitoring tool.*

*Keywords: Air Quality, Carbon Monoxide, Fuzzy Mamdani, IoT.*

### Abstrak

Kualitas udara merupakan aspek penting dalam menjaga kesehatan manusia dan lingkungan. Meningkatnya aktivitas industri, urbanisasi, dan lalu lintas, polusi udara semakin meningkat sehingga menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia dan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan bahan bakar, pemanasan, dan proses kimia menghasilkan emisi CO yang dapat mempengaruhi suhu lingkungan. Permasalahan tersebut memerlukan suatu sistem yang dapat mengetahui kualitas udara dan memperingatkan kepada pengguna melalui sistem jika kondisi udara tidak sehat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting terhadap upaya menjaga kualitas udara lokal yang lebih baik dan melindungi kesehatan masyarakat. Sistem ini menggunakan metode Fuzzy Mamdani yang efektif dalam mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas sistem yang tidak terstruktur. Pengujian alat dan aplikasi menunjukkan bahwa sensor MQ7 dapat mengukur kadar CO dengan menentukan korelasi antara nilai PPM dan Vout dan sensor DHT11 dapat berfungsi dengan baik dalam mengukur suhu normal dengan hasil yang didefuzzifikasi menggunakan metode centroid sekitar 7,37 dimana memiliki tingkat kesehatan yang cenderung berada di antara Baik. Data yang di dapat oleh sensor diproses oleh NodeMCU ESP32 dan ditampilkan oleh LCD, data yang didapatkan juga dikirimkan ke database setiap 2 menit ke website, aplikasi ini menampilkan monitoring suhu dan kadar CO yang terdapat di database yang dikirimkan oleh alat monitoring.

Kata kunci : Kualitas Udara, Karbon Monoksida, Fuzzy Mamdani, IoT.

### 1. Pendahuluan

Kualitas udara merupakan aspek penting dalam menjaga kesehatan manusia dan lingkungan[1]. Meningkatnya aktivitas industri, urbanisasi, dan lalu lintas meningkatkan polusi udara, sehingga menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan[2].

Pada sektor industri pengolahan kedelai menjadi tahu, CV. Gudang Tahu Takwa (GTT) Kediri proses produksi tahu takwa ini melibatkan berbagai aktivitas yang berpotensi meningkatkan kadar polutan udara [3]. Penggunaan bahan bakar, pemanasan, dan proses kimia dapat menyebabkan emisi CO dan mempengaruhi suhu lingkungan [4]. Pentingnya pemantauan kualitas udara di sekitar CV. GTT Kediri adalah untuk memastikan

lingkungan kerja yang aman bagi karyawan serta untuk memastikan produk tahu yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ketat.

Implementasi sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan solusi yang efektif dan efisien. Dengan mengintegrasikan sensor CO dan sensor suhu yang terhubung ke jaringan IoT, informasi tentang kualitas udara dapat dikumpulkan secara *real-time* dan diakses dari jarak jauh [5]. Logika *fuzzy* Mamdani telah terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam sistem yang tidak terstruktur seperti sistem *monitoring* kualitas udara [6].

Perangkat utama yang digunakan adalah NodeMCU ESP32 sebagai pengontrol utama dan juga dilengkapi dengan Sensor Mq-7 untuk pendeteksi polusi udara berupa karbon monoksida (CO) dan Sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu udara. Karena polusi udara dapat mempengaruhi suhu di sekitar lokasi polusi udara, alat pendeteksi suhu diperlukan. Selanjutnya, data ini akan ditampilkan pada perangkat pendeteksi polusi melalui monitor LCD berukuran 16x2cm serta layar monitor website [7] dan menyimpan *data log* serta memberikan peringatan melalui lampu LED dan *alarm* [8].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT dengan menggunakan sensor karbon monoksida dan suhu dengan pendekatan logika *fuzzy* mamdani. Studi kasus ini dilakukan di CV. GTT Kediri, sebuah perusahaan pengolahan kedelai, memahami tantangan spesifik dari situasi lingkungan ini dan mengetahui cara mengatasinya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam upaya menjaga kualitas udara daerah yang lebih baik dan melindungi kesehatan masyarakat di wilayah tersebut [9].

## 2. Metodologi Penelitian

### A. Sistem Monitoring

Monitoring merupakan kegiatan yang bertujuan untuk secara berkala memantau atau mengamati suatu objek melalui penggunaan indikator tertentu. Monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa kegiatan dilakukan sesuai dengan rencana dan prosedur yang disepakati [10].

### B. Indeks Standart Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemaran Udara atau ISPU merupakan laporan kualitas udara yang diperuntukkan bagi masyarakat untuk menjelaskan seberapa bersih atau polusi kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan kita setelah menghirup udara selama beberapa jam atau hari. Keputusan ISPU ini mempertimbangkan tingkat kualitas udara bagi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan dan nilai estetika. ISPU ditentukan berdasarkan 5 polutan utama, yaitu: karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), ozon permukaan (O<sub>3</sub>) dan partikel debu (PM<sub>10</sub>) [11].

Tabel 1. Tabel Angka dan Kategori ISPU

ISPU	Pencemaran Udara Level	Dampak Keseluruhan
0-50	Baik	Tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan
51-100	Sedang	Tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka
101-199	Tidak Sehat	Bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
200-299	Sangat Tidak Sehat	Kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
300-lebih	Berbahaya	Kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan)

### C. Kelembaban Suhu

Kelembaban merupakan tingkatan kelembapan udara yang dinyatakan dengan persentase nisbi atau relatif terhadap titik jenuhnya. Satuan kelembaban yang umum digunakan merupakan Rh (Relative Humidity) yang nilai dinyatakan dalam persentase [12].

Rumus perhitungan dengan metode heat index [13] sebagai berikut:

$$HI = c_1 + c_2 T + c_3 R + c_4 TR + c_5 T^2 + c_6 R^2 + c_7 T^2R + c_8 TR^2 + c_9 T^2R^2$$

Tabel 2. Klarifikasi Heat Indeks (HI)

Heat Index °C	Klarifikasi
23-26	Hangat/Warm

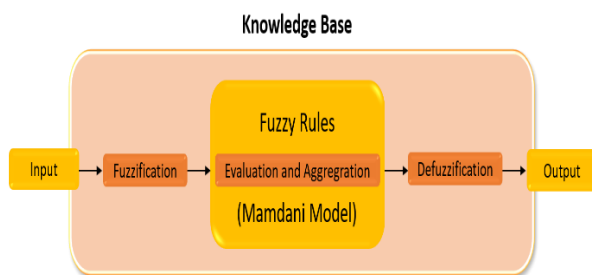
27-32	Sangat Hangat/Very Warm
32-41	Panas/Hot
41-54	Sangat Panas/Very Hot
≥54	Panas/Extreamly Hot

D. Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan Sistem embedded yang bertujuan untuk memperluas penggunaan dari konektivitas internet yang terus terhubung. Kemampuan seperti berbagi data, remote control, elektronik dan perangkat yang terhubung ke sensor dan jaringan [14].

E. Fuzzy Logic Mamdani

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Pof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Secara bahasa, fuzzy berarti kabur atau samar. Logika fuzzy merupakan logika multivalued yang dapat mendefinisikan nilai menengah diantara dua logika yang berbeda seperti nilai benar atau salah, nilai tinggi dan rendah [15]. Fungsi keanggotaan (membership functions) merupakan kurva yang menggambarkan suatu titik data masukan dan nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) pada interval [1,0]. Aturan Fuzzy If-Then (atau disebut juga aturan fuzzy implikasi, atau pernyataan kondisional Fuzzy) merupakan aturan yang digunakan untuk merumuskan relasi kondisional antara 2 atau lebih himpunan fuzzy [15].



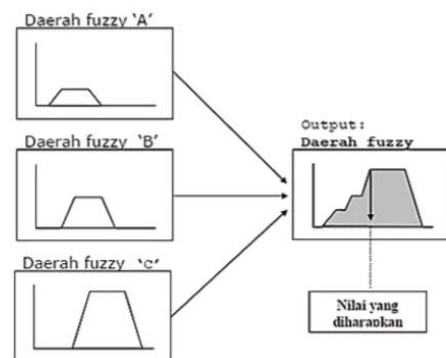
Gambar 1. Diagram kerangka fuzzy

4 tahapan Metode Mamdani sebagai berikut [16] :

1. Pembentukan himpunan fuzzy. Proses fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik.
2. Fungsi implikasi pada metode Mamdani. Logika pengambilan keputusan (Fuzzy inference) menggabungkan aturan fuzzy pada masukkan fuzzy dan kemudian menilai setiap aturan. Prinsip logika fuzzy digunakan untuk menggabungkan aturan JIKA-MAKA (IF THEN) yang terletak di dasar

aturan suatu pemetaan himpunan fuzzy input dan himpunan fuzzy output.

3. Konfigurasi aturan (Rule). Ketika suatu sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.  
 R1: IF (CO Baik/rendah) AND (Suhu Normal) THEN (Tingkat Pencemaran Udara Baik)  
 R2: IF (CO Sedang) AND (Suhu Panas) THEN (Tingkat Pencemaran udara Tidak Sehat)  
 R3: IF (CO Tinggi) AND (Suhu Panas) THEN (Tingkat Pencemaran Udara Sangat Buruk dan Berbahaya)
4. Penegasan (defuzifikasi)



Gambar 2. Defuzifikasi

Pada proses defuzifikasi dengan menggunakan metode centroid.

a. Metode Centroid

adalah metode yang menggunakan pusat gravitasi himpunan fuzzy sepanjang sumbu x. oleh karena itu, banyak yang menyebutkan metode ini dengan metode Centre of Gravitation (CoG). Persamaan metode centroid dapat ditulis pada persamaan sebagai berikut.

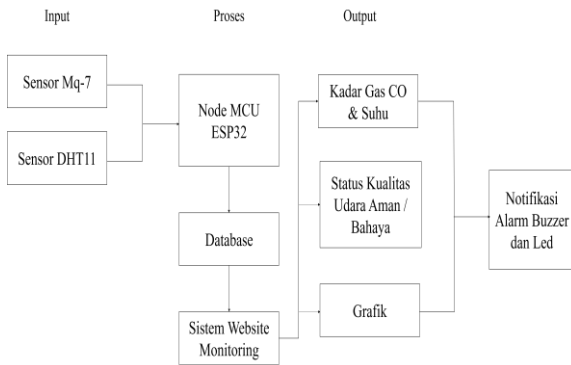
$$Z = \frac{\sum(\alpha_i X z_i)}{\sum \alpha_i}$$

- Keterangan: Z = variabel output  
 $\alpha_i$  = Nilai  $\alpha$  predikat  
 $z_i$  = Nilai variabel output

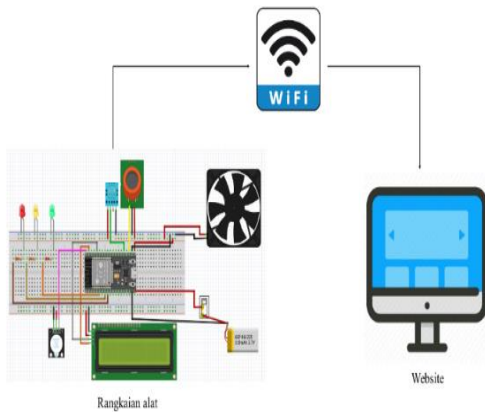
F. Perancangan Hardware

Pada penelitian ini akan merancang sebuah alat yang dapat memonitoring gas karbon monoksida (CO) untuk mengukur kadar kualitas udara dengan menggunakan Internet of Things. Tahap kontruksi sistem dimulai dengan sensor Mq-7 dan DHT11 dihubungkan ke ESP32 untuk mengukur CO dan data suhu/kelembapan. Data diproses dan dimasukkan ke database, ditampilkan di website monitoring. Output berupa tampilan kualitas udara, status aman/bahaya, dan sistem menampilkan grafik secara real-time. Jika kadar karbon monoksida melebihi batas aman, sistem akan memberikan notifikasi berupa alarm dan lampu LED

akan menyala. Dibawah ini adalah rancangan alat yang akan dibuat:



Gambar 3. Kerangka Sistem



Gambar 4. Skema Rangkaian



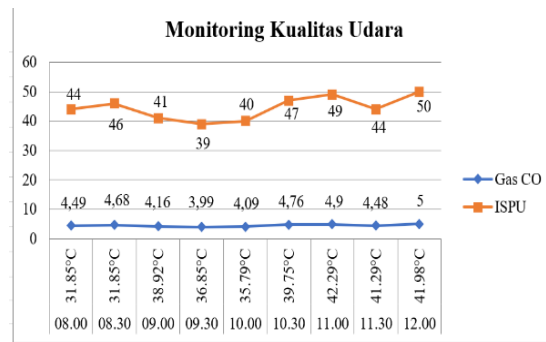
Gambar 5. Alat uji kualitas udara gas co dan suhu

### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah menganalisis dan merancang rangkaian hardware dan software maka mengimplementasikan software pemrograman menggunakan bahasa C di aplikasi Arduino IDE untuk membuat hardware menjalankan perintah. Hasil percobaan dimana program pada penelitian ini dijalankan, pada jam operasional mulai pukul 08.00–12.00 wib.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ruangan

Waktu	Heat Indeks	Gas CO	ISPU	Ket
08.00	31.85°C	4.49μg/m <sup>3</sup>	44ppm	Aman
08.30	31.85°C	4.68μg/m <sup>3</sup>	46ppm	Aman
09.00	38.92°C	4.16μg/m <sup>3</sup>	41ppm	Baik
09.30	36.85°C	3.99μg/m <sup>3</sup>	39ppm	Baik
10.00	35.79°C	4.09μg/m <sup>3</sup>	40ppm	Baik
10.30	39.75°C	4.76μg/m <sup>3</sup>	47ppm	Baik
11.00	42.29°C	4.9μg/m <sup>3</sup>	49ppm	Baik
11.30	41.29°C	4.48μg/m <sup>3</sup>	44ppm	Baik
12.00	41.98°C	5μg/m <sup>3</sup>	50ppm	Baik



Gambar 6. Grafik Hasil Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 6, grafik yang mewakili tabel dari hasil pengujian karbon monoksida (CO) dan suhu. Nilai ISPU dapat diketahui berdasarkan hasil dari perhitungan kadar CO ug/m3 berdasarkan nilai dari Vout. Dengan rumus persamaan ISPU sebagai berikut.

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib$$

Keterangan:

- I = ISPU terhitung
  - Ia = ISPU batas atas
  - Ib = ISPU batas bawah
  - Xa = Ambien batas atas
  - Xb = Ambien batas bawah
  - Xx = kadar ambien nyata hasil pengukuran
- Contoh perubahan angka secara perhitungan.

Diketahui konsentrasi udara ambien untuk jenis parameter CO adalah  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Konsentrasi tersebut jika dirubah ke dalam angka Indeks Standar Pencemar Udara adalah sebagai berikut:

Dari Tabel “Batas Indeks Standart Pencemar Udara (Dalam Satuan SI)”

ISPU	24 jam PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 jam SO2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 jam CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam O3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 jam NO2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57.5	1200	3750

Maka :

$X_x$  : Kadar ambien nyata hasil pengukuran ( $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$I_a$  : ISPU batas atas ( $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$I_b$  : ISPU batas bawah ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$X_a$  : Ambien batas atas ( $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$X_b$  : Ambien batas bawah ( $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Sehingga angka-angka tersebut dimasukkan dalam rumus (\*) menjadi:

$$I = \frac{100 - 50}{10 - 5} (5 - 5) + 50$$

$$= 44,9$$

$$= 44 \text{ (pembulatan)}$$

Jadi konsentrasi udara ambien CO  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  dirubah menjadi Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU): 44ppm

Contoh Perhitungan fuzzy Mamdani dari hasil data yang telah diperoleh.

- Fungsi keanggotaan himpunan
  - Heat Indeks

$$Rendah(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 30 \\ (40-x)/(40-30) & \text{if } 30 < x < 40 \\ 0 & \text{if } x \geq 40 \end{cases}$$

$$Sedang(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 30 \text{ or } x \geq 50 \\ (x-30)/(40-30) & \text{if } 30 < x < 40 \\ (50-x)/(50-40) & \text{if } 40 \leq x < 50 \end{cases}$$

$$Tinggi(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 40 \\ (x-40)/(50-40) & \text{if } 40 < x < 50 \\ 1 & \text{if } x \geq 50 \end{cases}$$

b. Gas CO

$$Rendah(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 40 \\ (50-x)/(50-40) & \text{if } 40 < x < 50 \\ 0 & \text{if } x \geq 50 \end{cases}$$

$$Sedang(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 40 \text{ or } x \geq 60 \\ (x-40)/(50-40) & \text{if } 40 < x < 50 \\ (60-x)/(60-50) & \text{if } 50 \leq x < 60 \end{cases}$$

$$Tinggi(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 50 \\ (x-50)/(60-50) & \text{if } 50 < x < 60 \\ 1 & \text{if } x \geq 60 \end{cases}$$

c. Keterangan

$$Aman = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 41 \\ (48-x)/(48-41) & \text{if } 41 < x < 48 \\ 0 & \text{if } x \geq 48 \end{cases}$$

$$Baik = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 48 \\ (x-48)/(52-48) & \text{if } 48 < x < 52 \\ 1 & \text{if } x \geq 52 \end{cases}$$

- Fungsi implikasi MIN
- Aturan/hasil dari data yang diperoleh
  - If heat indeks rendah And gas CO rendah  
Then aman
  - If heat indeks sedang And gas CO sedang  
Then baik
- Defuzzifikasi
  - Data 1  
Heat Indeks = Rendah (0,25)  
Gas CO = Rendah (0,5)  
Tingkat keanggotaan “Aman”  
 $= \min((0,25),(0,5))$   
 $= 0,25$   
 $\Sigma = \frac{(0,25 \times 0,5)}{0,25} = 0,5$
  - Data 2 sama dengan data 1 yaitu 0,5
  - Data 3  
Heat Indeks = Sedang (0,8)  
Gas CO = Sedang (0,8)  
Tingkat keanggotaan “Baik”  
 $= \min((0,8),(0,8))$   
 $= 0,8$   
 $\Sigma = \frac{(0,8 \times 1)}{0,8} = 1$
  - Data 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 sama dengan data 3 yaitu 1  
COG (Centroid)  
 $= \frac{((32+4) \times (0,5)) + ((41)+1)}{0,5+0,5+1+1+1+1+1+1+1}$   
 $= \frac{59}{8} = 7,37$

Jadi, nilai tegas yang diperoleh setelah defuzzifikasi menggunakan metode centroid adalah sekitar 7,37. Dalam konteks ini, kondisi udara pada waktu tertentu

memiliki tingkat kesehatan yang cenderung berada di antara "Baik".

Berdasarkan perencanaan pada metode penelitian dan perancangan sistem perangkat hardware dan perangkat software sehingga dihasilkan alat yang sesuai dan terstandar. Pengujian ini merupakan hasil dari pengujian alat yang dirangkai menjadi sebuah alat untuk kegiatan monitoring karbon monoksida dan suhu dengan indikator dan nilai sesuai dengan indeks standar pencemaran udara (ISPU).

Pengujian dilakukan dengan cara yang sama seperti semua pengujian hardware. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan tabel yang telah dibuat untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dan disesuaikan untuk memastikan penggunaan alat monitoring secara permanen.

#### 4. Kesimpulan

Sensor MQ7 dapat mengukur kadar CO dengan menentukan korelasi antara nilai PPM dan nilai Vout. Sensor DHT11 berfungsi dengan baik dalam membaca suhu normal. Pada penelitian ini, kualitas udara ditentukan dengan menggunakan rumus ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara). Sistem berhasil menggunakan ISPU untuk mengklarifikasikan kondisi udara berdasarkan kondisi udara yang diperoleh dengan metode fuzzy mamdani. Hasil defuzzifikasi menggunakan metode centroid sekitar 7,37. Dalam konteks ini, kondisi udara pada waktu tertentu memiliki tingkat kesehatan yang cenderung berada di antara "Baik".

#### Daftar Rujukan

- [1] J. Abidin, F. Artauli Hasibuan, K. Kunci, P. Udara, dan D. Gauss, "Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara," *Pros. SNFUR-4*, vol. 2, no. 2, hal. 978–979, 2019.
- [2] T. H. Nasution, M. A. Muchtar, dan A. Simon, "Designing an IoT-based air quality monitoring system," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 648, no. 1, 2019.
- [3] J. Pandit dan A. K. Sharma, "A comprehensive review of climate change's imprint on ecosystems," *J. Water Clim. Chang.*, vol. 14, no. 11, hal. 4273–4284, 2023.
- [4] E. Sawirvi, Suprihatin, dan O. Suparno, "Perbaikan kondisi proses pengolahan air limbah industri sari kurma," *Agroindustri Indones.*, vol. 1, no. 1, hal. 18–24, 2012.
- [5] K. S. Budi dan Y. Pramudya, "Pengembangan Sistem Akuisisi Data Kelembaban Dan Suhu Dengan Menggunakan Sensor Dht11 Dan Arduino Berbasis Iot," vol. VI, hal. SNF2017-CIP-47-SNF2017-CIP-54, 2017.
- [6] R. Andari dkk., "Studi pemodelan sistem pengontrolan suhu ruangan berbasis logika fuzzy mamdani," hal. 74–81.
- [7] B. Dafa, M. Yulianto, A. Desy, N. Utomo, dan A. Wijayanto, "LEDGER: Journal Informatic and Information Technology Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Polusi Karbon Monoksida (Co) di Udara Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Open Access Ledger*, vol. 1, no. 4, hal. 194–206, 2022.
- [8] E. Kristanti, R. E. Handriyono, M. N. Apsari, dan N. R. Abadi, "EVALUASI MONITORING KUALITAS UDARA DI PT X (Desa Sedayulawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan)," *Semin. Teknol. Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur*, vol. 2, hal. 406–412, 2021.
- [9] M. F. A. B. Zagita, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Pengendali Kualitas Udara Diruang MI (Manual Insert) PT. Smart Meter," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, hal. 16, 2021.
- [10] R. Aditya, V. H. Pranatawijaya, dan P. B. A. A. Putra, "Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Kegiatan Menggunakan Metode Prototype," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, hal. 47–57, 2021.
- [11] F. Ardiansyah, Misbah, dan P. P. S., "Sistem Monitoring Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Di Pt. Karunia Alam Segar," *IKRA-ITH Teknol. J. Sains Teknol.*, vol. 2, no. 3, hal. 62–71, 2018.
- [12] A. N. Fitri dan D. Yendri, "Journal on Computer Hardware , Signal Processing , Embedded Rancang Bangun Pelembab Udara Ruangan ( Humidifier ) berbasis Mikrokontroler," vol. 04, no. 01, hal. 61–70, 2023.
- [13] S. N. Soraya, M. I. Jumarang, dan M. Muliadi, "Kajian Tingkat Kenyamanan Berdasarkan Suhu Udara, Kelembapan OLR (Outgoing Longwave Radiation) dan Angin," *Prism. Fis.*, vol. 8, no. 2, hal. 147, 2020.
- [14] F. Susanto, N. K. Prasiani, dan P. Darmawan, "Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *J. Imagine*, vol. 2, no. 1, hal. 35–40, 2022.
- [15] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, hal. 4–8, 2020.
- [16] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Afandi, dan M. B. Syahputra, "Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya," *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 10, no. 1, 2019.