

## RANCANG BANGUN SISTEM WEB MONITORING KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY*

Dalila Husna Yunardi<sup>1</sup>, Alim Misbullah<sup>2</sup>, dan Gilang Gemilang<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Informatika, FMIPA Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh  
E-mail: dalilayunardi@unsyiah.ac.id, misbullah@unsyiah.ac.id,  
gemilanggilangvi@gmail.com

### Abstract

More and more people are working indoors nowadays. Currently, there are no ways ok knowing the air quality within closed spaces. Thus, this research aims to develop a web-based system that can display information about the air quality indoors in the forms of temperature, humidity, and levels of Volatile Organic Compound (VOC); which is an index of indoor air quality assessment. Sensors are used to detect the temperature, humidity and VOC, while microcontrollers are used to transmit the data from the sensors to the database real time. The system was designed using Sugeno fuzzy logic method; which helped in categorizing air quality. The results of data processing using fuzzy logic were compared with the simulation in MATLAB, and got an error value of 0%, which suggested that the fuzzy logic embedded in the system works very well. The test results with the Black Box Testing method resulted in all functions on the system being successfully executed.

**Keywords:** *Air Quality; Volatile Organic Compound; Microcontroller; Sensor; Black Box testing; Sugeno Logika fuzzy*

### Abstrak

Semakin banyak orang yang bekerja di dalam ruangan, terutama sejak wabah COVID-19 melanda. Saat ini, tidak ada cara yang baik untuk mengetahui kualitas udara di dalam ruang tertutup. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis web yang dapat menampilkan informasi kualitas udara di dalam ruangan berupa suhu, kelembaban, dan kadar Volatile Organic Compound (VOC); yang merupakan indeks penilaian kualitas udara dalam ruangan. Sensor digunakan untuk mendeteksi suhu, kelembaban dan VOC, sedangkan mikrokontroler digunakan untuk mengirimkan data dari sensor ke database secara real time. Sistem dirancang menggunakan metode Sugeno Logika fuzzy; yang membantu dalam mengkategorikan kualitas udara. Hasil pengolahan data menggunakan Logika fuzzy dibandingkan dengan simulasi pada MATLAB, dan didapatkan nilai error sebesar 0%, yang menunjukkan bahwa Logika fuzzy yang ditanamkan pada sistem bekerja dengan sangat baik. Hasil pengujian dengan metode Black Box Testing menghasilkan semua fungsi pada sistem berhasil dijalankan.

**Kata Kunci:** *Kualitas Udara; Senyawa Organik Volatil; Mikrokontroler; Sensor; pengujian Kotak Hitam; Logika Fuzzy Sugeno*

## 1. Pendahuluan

Sejak pandemi COVID-19 mewabah, banyak masyarakat dianjurkan untuk bekerja dan belajar dari rumah. Hal ini dilakukan untuk mengurangi penyebaran wabah tersebut. Seiring waktu, peraturan untuk bekerja dan belajar dari rumah juga sudah dikurangi, dan masyarakat juga sudah memulai aktifitas sehari-hari di luar rumah dengan melaksanakan protokol kesehatan secara ketat. Sehingga mobilitas masyarakat juga meningkat antar ruangan di dalam tempat mereka bekerja atau belajar. *Volatile organic compound* (VOC) adalah senyawa organik yang mudah menguap pada *temperature* tertentu yang mampu mencemari udara, konsentrasi VOC yang teremisi di dalam ruangan lebih tinggi jika dibandingkan di luar ruangan, karena VOC terakumulasi di dalam ruangan (Mutia et al., 2017). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 *volatile organic compound* dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti, iritasi mata, hidung, tenggorokan, sakit kepala, mual, kehilangan koordinasi, kerusakan ginjal, hati, dan sistem syaraf pusat [1].

Penting bagi masyarakat untuk mengetahui kadar VOC pada ruangan di dalam tempat bekerja atau belajar sehari-hari. Terdapat bahan-bahan yang ada di dalam ruangan dapat menjadi sumber emisi *volatile organic compound* seperti, cat, bahan pelapis (coating), perekat (adhesive), bahan pembersih, penyegar udara, dan furniture (misalnya dari bahan pengawet kayu dan lainnya) Yulianto et al. [2]. Logika fuzzy dapat menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang samar, ambigu dan tidak tepat. Logika fuzzy juga memiliki logika yang fleksibel, juga mampu membuat permodelan fungsi nonlinear yang kompleks Nugroho [3].

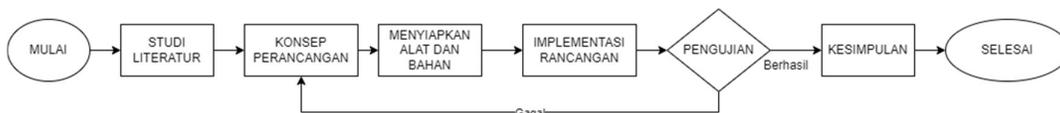
Penelitian yang sejenis dalam monitoring kualitas udara sudah pernah dilaksanakan oleh [4]; yang mana menggunakan sensor Wemos dan mampu mendeteksi gas namun tidak mendeteksi suhu dan kelembapan udara.

Maka dari itu; mengacu kepada latar belakang dan permasalahan yang sudah dijelaskan, dibutuhkan solusi penyelesaian berupa perangkat sistem tertanam untuk melakukan monitoring kadar *volatile organic compound* di udara, berlandaskan Internet of Things.

Maka penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem berbasis web yang dapat membaca data dari mikrokontroller untuk memberikan informasi mengenai kualitas udara. Mikrokontroller dan sensor akan digunakan untuk memindai suhu, kelembapan, dan kandungan VOC di dalam suatu ruangan. Data-data ini kemudian akan ditampilkan oleh sistem tersebut secara real time, sehingga pengguna dapat melihat kualitas udara di tempat mereka bekerja atau belajar. Penelitian ini juga bertujuan untuk menerapkan logika fuzzy untuk membantu menentukan kualitas udara di dalam ruangan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilaksanakan dirangkumkan di Gambar 1.



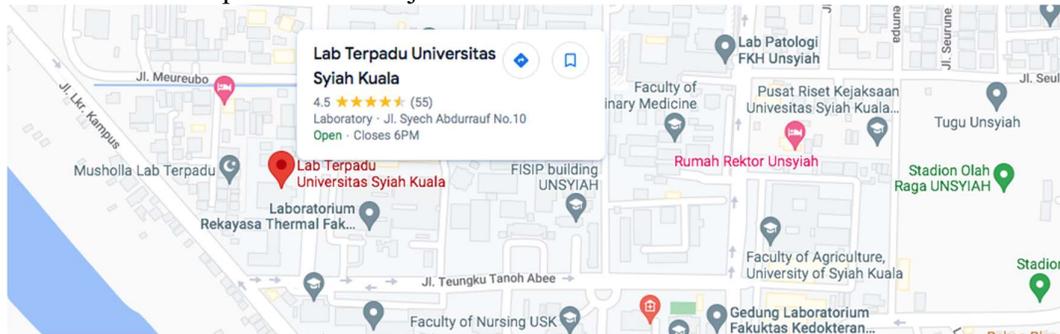
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan realistis yang dilaksanakan di dalam penelitian ini.

# RANCANG BANGUN SISTEM WEB MONITORING KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY*

## 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di UPT. Lab Terpadu, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Peta lokasi penelitian ditunjukkan di Gambar 2.



Gambar. 2. Peta UPT. Lab Terpadu Universitas Syiah Kuala

## 2.2. Perangkat Keras

Tabel 1 menunjukkan perangkat keras yang akan digunakan di dalam penelitian ini.

Nama Alat	Fungsi
Mikrokontroler	Berfungsi menghubungkan sensor, web server, dan firebase
Sensor BME680	Sebagai sensor untuk mendeteksi, kelembaban, suhu, gas VOC
Kabel jumper female to female	Berfungsi sebagai penghubung antara sensor dengan mikrokontroler

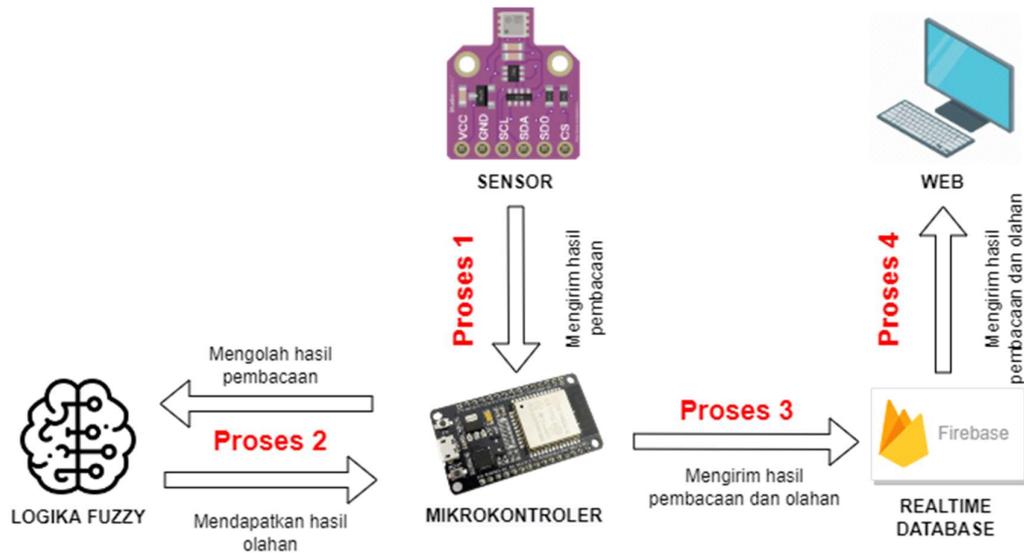
## 2.3. Perangkat Lunak

Tabel 2 menunjukkan perangkat lunak yang digunakan di dalam penelitian ini.

Nama	Keterangan
uPyCraft_V1	Sebagai pemrograman pada NodeMCU ESP32 menggunakan micropython
Firebase	Berfungsi sebagai database noSQL untuk penyimpanan data hasil pembacaan sensor
MATLABR2013a	Sebagai alat untuk pemodelan <i>logika fuzzy</i>

## 2.4. Alur Kerja Sistem

Tabel 2 menunjukkan perangkat lunak yang digunakan di dalam penelitian ini. Gambar 3 merangkum cara kerja sistem ini secara keseluruhan. Dapat dilihat bahwa sensor akan memindai data, yang mana akan dikirimkan ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler akan mengolah data dan mengirimkan hasil ke database lewat mikrokontroler. Kemudian data akan disajikan di laman web.



Gambar. 3. Alur Kerja Sistem

## 2.5. Perancangan Logika Fuzzy

Sistem ini akan mengambil data dari sensor dan kemudian akan dianalisis dengan logika fuzzy. Tahapan pertama adalah fuzzyfikasi, dimana tahapan ini menentukan himpunan keanggotaan dengan parameter dari variabel suhu, kelembapan, dan kadar VOC. Pada tahapan ini nilainya berbentuk nilai crisp yang akan diubah ke dalam bentuk variabel linguistik [5]. Perubahan dari nilai crisp ke variabel linguistik, dapat dilihat di Tabel 3.

TABEL 3 PERUBAHAN NILAI CRISP KE VARIABEL LINGUISTIK

Nilai crisp	Variabel Fuzzy
Suhu (°C)	
18-25 °C	Dingin
22-29 °C	Sejuk
26-39 °C	Normal
32-45 °C	Panas
Kelembaban (%)	
40-70 %	Lembab
60-80 %	Sedang
70-90 %	Kering
80-100 %	Sangat Kering
VOC (ppm)	
0-0.1	Sangat aman
0.08-0.3	Aman
0.26-0.5	Tidak Aman
0.44-3	Berbahaya

## RANCANG BANGUN SISTEM WEB MONITORING KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY*

Tahapan kedua adalah rule base fuzzy, proses pembentukan rule yang akan digunakan untuk pengolahan data fuzzy, pada penelitian ini terdapat 3 masukan yaitu suhu, kelembaban, dan senyawa VOC, masing-masing diantaranya memiliki 4 buah variable. Pada penelitian ini rule dibuat sesuai kebutuhan, maka didapatkan 64 rule.

Tahapan ketiga adalah tahapan inferensi. Dengan melakukan inferensi, maka akan ada luaran dari setiap rule, dimana terdapat 4 luaran dengan rentang 0 sampai 1. Hasil luaran yang didapatkan adalah sangat aman, aman, tidak aman dan berbahaya. Rentang nilai hasil luaran dapat dilihat di Tabel 4.

Nilai	Luaran
0	Sangat aman
0.33	Aman
0.67	Tidak aman
1	Berbahaya

Tahapan yang terakhir adalah defuzzyfikasi. Defuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah nilai dari proses komposisi aturan menjadi bentuk nilai crisp. Hal ini dicapai dengan melakukan perhitungan nilai rata-rata dari nilai predikat yang dikalikan dengan nilai luaran; kemudian dibagi dengan jumlah nilai predikat [6]. Persamaan (1) menunjukkan cara menghitung nilai dari proses komposisi aturan.

$$WA = \frac{\sum_{n=1}^9 a_n z_n}{\sum_{n=1}^9 a_n} \quad (1)$$

Keterangan:

WA = Nilai rata-rata

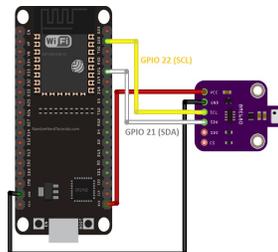
$a_n$  = Nilai predikat aturan ke- n

$z_n$  = Indeks nilai output ke- n

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Implementasi Perangkat Keras

Terdapat komponen penting untuk menunjang penelitian ini diantaranya, sensor sebagai alat untuk mendeteksi suhu, kelembaban, dan kadar voc dimana ketiganya merupakan indeks untuk menentukan bagaimana kualitas udara di dalam ruangan tersebut, lalu ada mikrokontroler sebagai penghubung sensor dan sebagai modul untuk mengakses jaringan agar data yang sudah dideteksi oleh sensor bisa dikirim lalu ditampilkan pada web. Implementasi perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar. 4. Implementasi Perangkat Keras [7]

Pada Gambar 4 pin D22 pada mikrokontroler terhubung dengan SCL melalui kabel warna kuning, untuk pin D21 terhubung dengan SDA melalui kabel warna hijau, untuk pin GND terhubung dengan GND melalui kabel warna biru, dan terakhir untuk 3v3 terhubung dengan VCC pada sensor menggunakan kabel warna merah. Untuk daya pada mikrokontroler itu sendiri menggunakan kabel usb. Indikator led berwarna biru nantinya akan menandakan bahwa mikrokontroler sudah terhubung ke jaringan.

### 3.2. Implementasi Perangkat Keras

Pada tahap implementasi ini, penulis membuat 4 buah file diantaranya, file `bme680.py` dimana file ini berisikan kode untuk meminta data pada sensor `bme680` yang nantinya dijadikan library, lalu ada file `ufirebase.py` dimana file ini akan menjadi library yang berfungsi agar mikrokontroler dapat mengirimkan data hasil pembacaan dan hasil logika fuzzy menuju firebase realtime database, selanjutnya ada file `main.py` yang berisikan kode untuk menjadi tester apakah sensor dapat bekerja sesuai perintah, dan terakhir ada file `boot.py` yang berisikan konektifitas jaringan, implementasi logika fuzzy, serta konfigurasi pengiriman data menuju firebase yang akan ditampilkan pada web.

### 3.3. Implementasi Logika Fuzzy

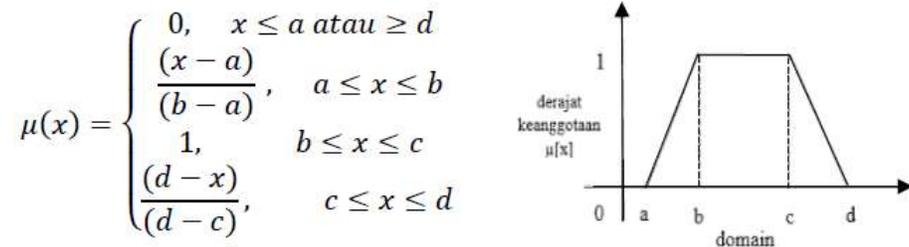
Pada tahapan ini, penulis menanamkan logika fuzzy pada mikrokontroler di dalam file `boot.py`, sehingga di saat `boot.py` dijalankan data hasil pembacaan sensor langsung diolah dan dikirim menuju basis data Firebase secara langsung atau *real-time*. Implementasi keanggotaan variabel fuzzy menghasilkan himpunan keanggotaan fuzzy yang dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5 HIMPUNAN KEANGGOTAAN FUZZY

No.	Variabel	Himpunan	Fungsi	Parameter
1.	Suhu (°C)	Dingin	Trapeسيوم	[18 20.33 22.67 24.33]
		Sejuk	Trapeسيوم	[22.67 24.33 26.67 30.33]
		Normal	Trapeسيوم	[26.67 30.33 34.67 36.33]
		Panas	Trapeسيوم	[34.67 36.33 40.67 45]
2.	Kelembapan (%)	Kering	Trapeسيوم	[40 50 60 66.67]
		Sedang	Trapeسيوم	[60 66.67 73.35 76.68]
		Basah	Trapeسيوم	[73.35 76.68 83.35 86.67]
		Sangat Basah	Trapeسيوم	[83.35 86.67 93.34 100]
3.	VOC (PPM)	Sangat Aman	Trapeسيوم	[0 0.03 0.06 0.15]
		Aman	Trapeسيوم	[0.06 0.15 0.22 0.34]
		Tidak Aman	Trapeسيوم	[0.22 0.34 0.42 1.29]
		Berbahaya	Trapeسيوم	[0.42 1.29 2.14 3]
4.	Kategori	Sangat Aman	Constant	0
		Aman	Constant	0.33
		Tidak Aman	Constant	0.67
		Berbahaya	Constant	1

Pada Tabel 5, parameter suhu, kelembaban, dan VOC masing masing menggunakan tipe Trapezoidal membership function dengan nilai derajat keanggotaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.

## RANCANG BANGUN SISTEM WEB MONITORING KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

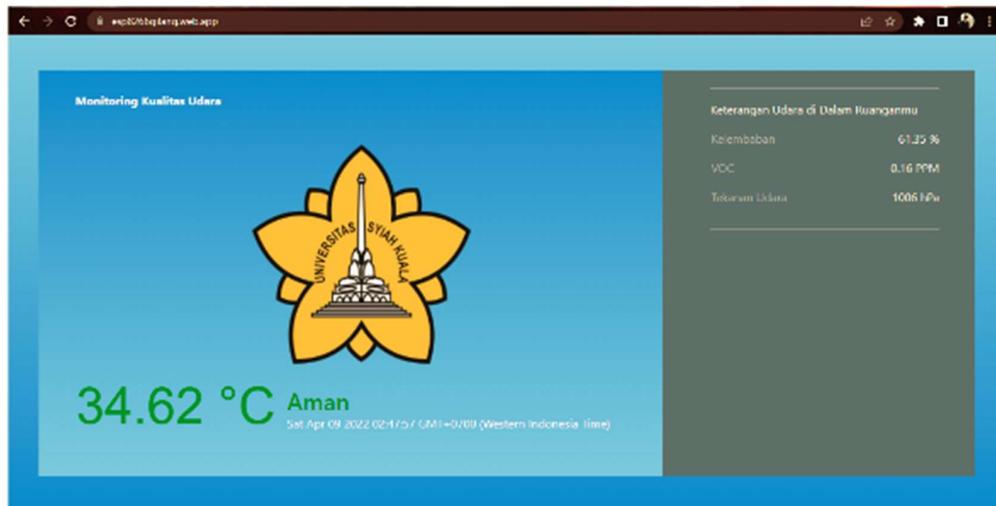


Gambar. 5. Derajat Keanggotaan [8]

Pada Gambar 5, pada garis a dan b memiliki nilai dengan rentang antara 0 sampai 1, rentang derajat b dan c memiliki nilai keanggotaan 1 juga derajat c dan d memiliki rentang antara 0 sampai 1, dan diluar keanggotaan a,b,c, dan d memiliki keanggotaan 0. Selanjutnya proses implementasi logika fuzzy pada sistem menggunakan bahasa micropython.

### 3.4. Laman Web

Gambar 6 menunjukkan laman web yang menunjukkan kualitas udara di dalam ruangan.



Gambar. 6. Derajat Keanggotaan

Penelitian sebelumnya yang dilaksanakan oleh [9] menghasilkan tampilan kadar eCO2 dan total volatile organic compound (TVOC) dalam bentuk widget sehingga lebih mudah untuk disematkan di dalam laman web manapun. Laman web seperti di Gambar 6 dapat juga diubah menjadi widget dan disemat di dalam laman web USK lainnya.

### 3.5. Pengujian Logika Fuzzy

Penerapan logika fuzzy Sugeno sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh [10], namun dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8353. Penelitian ini juga menunjukkan pengolahan logika fuzzy Sugeno yang mendukung hasil dari penelitian ini.

Pada tahapan ini, logika fuzzy Sugeno orde nol digunakan dalam penerapan metode logika fuzzy. Hal ini dilakukan untuk menguji apakah logika fuzzy yang sudah

ditanamkan pada sistem berhasil. Maka, hasil yang didapatkan oleh system akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari MATLAB. Hasil perbandingan data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6 HASIL PERBANDINGAN ANALISA

Percobaan ke-	Masukan			Keluaran		Error (%)
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	VOC (PPM)	Simulasi	Sistem	
1	31.5	53.0	0.31	0.585	0.585	0
2	31.49	52.49	0.08	0.33	0.33	0
3	31.48	53.19	0.11	0.33	0.33	0
4	31.46	53.02	0.13	0.33	0.33	0
5	31.45	53.0	0.14	0.33	0.33	0
6	31.43	53.39	0.15	0.33	0.33	0
7	34.84	60.31	0.16	0.391	0.391	0
8	35.15	59.3	0.16	0.428	0.428	0
9	35.49	58.04	0.15	0.498	0.498	0
10	35.67	57.08	0.15	0.535	0.535	0
11	35.94	56.52	0.16	0.59	0.59	0
12	36.0	56.38	0.16	0.602	0.602	0
Rata rata nilai error						0%

Pada Tabel 6, pengujian dilakukan pada kondisi yang berbeda. Percobaan ke-1 sampai ke-6 dilakukan di dalam ruangan, dan percobaan ke-7 sampai ke-12 dilakukan di luar ruangan; dimana kondisi di dalam ruanga dan luar ruangan sama dengan pengujian perangkat lunak.

Dapat disimpulkan untuk rata-rata nilai error sebesar 0%. Dengan hal ini, sistem logika fuzzy sudah bekerja dengan sangat baik. Nilai luaran system dan MATLAB dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.

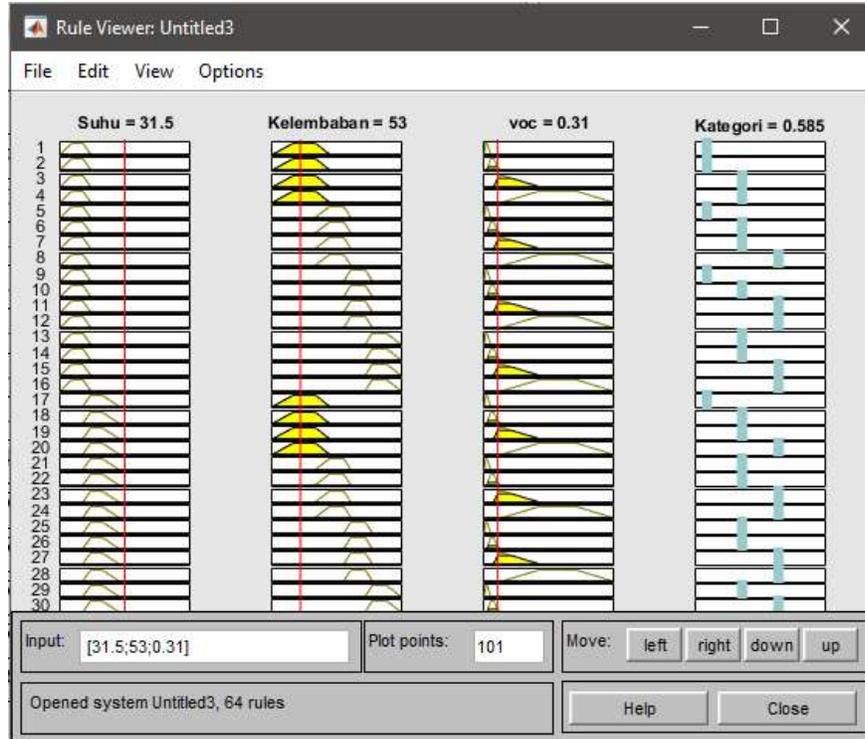
```

entry 0x40080600
Warning: I2C(-1, ...) is deprecated, use SoftI2C(...) instead

Temperature: 31.5
Humidity: 53.0
Pressure: 1006.31
Gas: 0.31
Kategori adalah: [[0.25, 0.33], [0.75, 0.67]]
perkalian= 0.0825
pembagian= 0.25
perkalian= 0.5025
pembagian= 0.75
nilai kategori adalah 0.585
Aman
    
```

Gambar. 7. Nilai Luaran Sistem

## RANCANG BANGUN SISTEM WEB MONITORING KUALITAS UDARA DI DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY



Gambar. 8. Nilai Luaran MATLAB

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang sudah dibahas sebelumnya, maka penelitian ini sudah berhasil dalam mengetahui kualitas udara di dalam ruangan berdasarkan suhu, kelembapan dan kadar VOC. Sistem berbasis web ini juga dapat menampilkan informasi berupa suhu, kelembapan, kadar VOC dan kualitas udara di dalam ruangan secara real-time atau secara langsung. Metode logika fuzzy Sugeno mendukung sistem ini secara keseluruhan dalam menentukan kategori kualitas udara di dalam ruangan. Kemudian sistem ini diuji dengan data dari dua kondisi, di luar dan di dalam ruangan, yang mana menampilkan kategori kualitas udara yang sesuai.

Ke depannya, penelitian ini dapat ditingkatkan lagi dengan menambah jumlah sensor yang diletakkan di dalam ruangan, sehingga sistem ini dapat menangkap lebih banyak data. Kemudian metode logika fuzzy Tsukamoto dan Mamdani juga dapat diterapkan agar ada perbandingan metode mana yang lebih cocok untuk digunakan. Terakhir, papan pengumuman digital dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai kualitas udara di dalam ruangan secara real-time.

#### 5. Saran

Beberapa hal dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan menambah jumlah sensor agar lebih banyak data dapat dibandingkan. Sehingga perkiraan yang diberikan oleh system dapat menghasilkan luaran yang lebih akurat. Kemudian, metode logika fuzzy lain dapat diterapkan untuk menghasilkan data kadar kualitas udara; seperti logika fuzzy Tsukamoto atau Mamdani. Saran selanjutnya adalah menambah papan LED yang menampilkan hasil kualitas kadar udara.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Informatika dan UPT. Lab Terpadu, Universitas Syiah Kuala yang sudah mendukung proses penelitian ini.

### Referensi

- [1] “PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA.”
- [2] Yulianto and N. Amaloyah, TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN. 2017.
- [3] K. Nugroho, “MODEL ANALISIS PREDIKSI MENGGUNAKAN METODE FUZZY TIME SERIES.”
- [4] J. Waworundeng and O. Lengkong, “Sistem Monitoring dan Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT Indoor Air Quality Monitoring and Notification System with IoT Platform”.
- [5] B. W. Dionova, M. N. Mohammed, S. Al-Zubaidi, and E. Yusuf, “Environment indoor air quality assessment using fuzzy inference system,” *ICT Express*, vol. 6, no. 3, pp. 185–194, Sep.
- [6] A. Farmadi, D. TNugrahadi, F. Indriani, O. Soesanto, and I. komputer U. L. M. J. Y. Km, “SISTEM FUZZY LOGIC TERTANAM PADA MIKROKONTROLER UNTUK PENYIRAMAN TANAMAN PADA RUMAH KACA,” *Kumpulan jurnaL Ilmu Komputer (KLIK)*, vol. 04, no. 02, 2017.
- [7] S. Ulrich, I. S. Bright, R. Cristian, R. Santos, and P. Lima, “ESP32: BME680 Environmental Sensor using Arduino IDE (Gas, Pressure, Humidity, Temperature),” *ESP32: BME680 Environmental Sensor using Arduino IDE (Gas, Pressure, Humidity, Temperature)*, May 13, 2021. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-bme680-sensor-arduino/>
- [8] M. F. N. M. Y. H. Setyawan, Monograf Pengendalian Anggaran Dengan Metode Fuzzy Logic Sugeno Dan Fuzzy Logic Mamdani Dan Implementasinya Pada Aplikasi Web. Kreatif Industri Nusantara, 2020. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?id=%5C\\_trWDwAAQBAJ](https://books.google.co.id/books?id=%5C_trWDwAAQBAJ)
- [9] H. Kusumah, I. Handayani, and P. Susilo, “Prototipe Monitoring Kualitas Udara Ruangan Berbasis Awan Adafruit SGP30 Air Quality Sensor,” *Technomedia Journal*, vol. 3, pp. 121–132, Aug. 2018, doi: 10.33050/tmj.v3i1.460.
- [10] Q. Hidayati, F. Z. Rachman, M. A. S. Rimbawan, T. Elektro, P. N. Balikpapan, and S. H. Km, “SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS FUZZY LOGIC”.