

ANALISIS DATA SENSOR IOT UNTUK PREDIKSI KUALITAS UDARA DAN AIR MENGGUNAKAN FUZZY MAMDANI

Dhanieldo Conzacky Lalang ¹, Petrus Katemba ², Yohanis Malelak ³, Menhya Snae ⁴

^{1,2} Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang

^{3,4} Sistem Informasi, STIKOM Uyelindo Kupang

Jalan Perintis Kemerdekaan 1 Kayu Putih, Kupang

lalangdendy9@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas udara dan kualitas air merupakan indikator penting dalam menentukan kondisi lingkungan yang berdampak langsung pada kesehatan dan kehidupan masyarakat. Pemantauan kedua parameter tersebut secara manual masih memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan dan kontinuitas pengamatan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara dan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara real-time. Sistem menggunakan sensor MQ-135 untuk mengukur kualitas udara dan sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Data yang diperoleh dari sensor dikirim melalui platform IoT dan dianalisis menggunakan metode Fuzzy Mamdani sebagai teknik pengambilan keputusan karena mampu menangani data yang bersifat tidak pasti dan dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan kondisi lingkungan ke dalam kategori baik, sedang, dan buruk berdasarkan data sensor yang diterima secara real-time. Integrasi teknologi IoT dan metode Fuzzy Mamdani memberikan informasi yang cepat, mudah dipahami, serta berpotensi mendukung pemantauan lingkungan dan deteksi dini terhadap pencemaran udara maupun air.

Kata kunci : Fuzzy Mamdani, IoT, Kualitas Air, Kualitas Udara, Prediksi, Sensor MQ135, Sensor Turbidity.

1. PENDAHULUAN

Kondisi udara dan air merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas lingkungan karena keduanya berpengaruh langsung terhadap kesehatan masyarakat dan keberlangsungan ekosistem. Peningkatan aktivitas industri, transportasi, dan rumah tangga menyebabkan meningkatnya pencemaran lingkungan yang berdampak pada menurunnya kualitas udara dan air (2). Penurunan kualitas udara umumnya disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas pencemar seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan amonia (NH₃) yang dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan (3). Sementara itu, penurunan kualitas air sering ditandai dengan meningkatnya tingkat kekeruhan akibat adanya partikel tersuspensi dan kontaminan di dalam air (4).

Pemantauan kualitas udara dan air yang masih dilakukan secara konvensional memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan, efisiensi, dan kontinuitas pengamatan. Kondisi ini menyebabkan perubahan kualitas lingkungan tidak dapat diketahui secara cepat sehingga berpotensi menghambat upaya pencegahan dan penanganan pencemaran. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan lingkungan secara otomatis dan real-time.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses pemantauan lingkungan dilakukan secara berkelanjutan melalui integrasi sensor dan jaringan komunikasi data. Pada penelitian ini digunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara dan sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirim dan diproses secara otomatis

sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara langsung (5).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara dan kualitas air berbasis IoT dengan menerapkan metode Fuzzy Mamdani sebagai teknik pengambilan keputusan. Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena mampu mengolah data yang bersifat tidak pasti dan menghasilkan keputusan yang mendekati cara berpikir manusia (6). Melalui integrasi teknologi IoT dan metode Fuzzy Mamdani, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara real-time, akurat, dan mudah dipahami sehingga dapat mendukung pemantauan lingkungan serta deteksi dini terhadap potensi pencemaran udara dan air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka mencakup teori-teori pendukung dan penelitian sebelumnya terkait analisis data sensor menggunakan metode Fuzzy Mamdani dalam prediksi kualitas udara dan air berbasis *Internet of Things* (IoT). Pembahasan meliputi konsep kualitas udara dan air, teknologi IoT, sensor MQ-135, sensor Turbidity, Arduino Uno R3, serta penerapan metode Fuzzy Mamdani untuk mengolah data sensor dan menghasilkan prediksi kondisi lingkungan secara real-time. Selain itu, tinjauan juga membahas penelitian terdahulu yang menjadi dasar pengembangan sistem pemantauan kualitas udara dan air berbasis IoT.

2.1. Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pemantauan lingkungan

berbasis Internet of Things. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sensor turbidity dapat digunakan untuk memonitor kualitas air secara real-time dengan hasil yang cukup baik (7). Penelitian lain memanfaatkan sensor pH dan suhu untuk memperoleh informasi kondisi air secara lebih akurat (8).

Dalam bidang pengambilan keputusan, metode Fuzzy Mamdani telah diterapkan pada berbagai kasus yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengolah data yang mengandung ketidakpastian dan menghasilkan klasifikasi yang lebih mudah dipahami pengguna (9). Meskipun demikian, penelitian yang menggabungkan sensor MQ-135 dan sensor turbidity dalam satu sistem monitoring kualitas udara dan kualitas air masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem yang mampu melakukan pemantauan kedua parameter tersebut secara bersamaan.

2.2. Kualitas Udara Dan Kualitas Air

Udara merupakan campuran berbagai jenis gas yang berperan penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup. Kualitas udara dapat mengalami penurunan akibat keberadaan polutan seperti karbon monoksida, karbon dioksida, amonia, serta senyawa berbahaya lainnya yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan maupun lingkungan (10). Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara diperlukan untuk mengetahui kondisi lingkungan secara berkelanjutan.

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia dan keseimbangan ekosistem. Salah satu parameter yang sering digunakan untuk menentukan kualitas air adalah tingkat kekeruhan atau turbidity. Tingkat kekeruhan yang tinggi menunjukkan banyaknya partikel tersuspensi yang dapat menjadi indikasi adanya pencemaran (11). Oleh sebab itu, pemantauan kualitas air secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga kelayakan penggunaannya.

2.3. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat fisik melakukan pertukaran data secara otomatis melalui jaringan internet tanpa memerlukan internet tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung (12). Teknologi ini mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet sehingga mampu menyediakan informasi secara langsung dalam waktu nyata.

IoT digunakan pada penelitian ini sebagai sarana untuk mengumpulkan data kualitas udara dan kualitas air dari sensor MQ-135 dan sensor turbidity. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Mamdani sehingga menghasilkan informasi mengenai kondisi lingkungan yang dapat ditampilkan secara langsung kepada pengguna (13).

2.4. Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani, diterapkan karena mampu menangani data yang berubah-ubah dan tidak pasti sehingga menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel.

Sejak diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975, metode ini telah digunakan secara luas pada berbagai sistem pendukung keputusan karena kemampuannya dalam meniru pola penalaran manusia. [7].

Pada penelitian ini, metode Fuzzy Mamdani diterapkan untuk menganalisis data dari sensor MQ-135 dan sensor Turbidity guna memprediksi kualitas udara dan air secara .

Arsitektur Fuzzy Mamdani terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu:

- Fuzzifikasi (*Fuzzification*) digunakan untuk mengubah nilai input tegas (crisp) menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan.

$$\mu_A(x) \quad (1)$$

Keterangan:

$\mu_A(x)$ = derajat keanggotaan suatu nilai x terhadap himpunan fuzzy A .

- Inferensi Fuzzy (*Rule Inference*) digunakan untuk menentukan kekuatan aturan (firing strength) berdasarkan aturan IF-THEN dengan operator MIN.

$$\alpha_i = \min(\mu_A(x)\mu_B(y)) \quad (2)$$

Keterangan:

α_i = firing strength aturan ke- i ,

μ_1 dan μ_2 = derajat keanggotaan variabel input.

- Agregasi (*Aggregation*) digunakan untuk menggabungkan seluruh keluaran aturan fuzzy menggunakan operator MAX.

$$\mu_{gab}(y) = \max \mu'_i(y) = \quad (3)$$

Keterangan:

$\mu(z)$ = fungsi keanggotaan hasil gabungan seluruh aturan fuzzy.

- Defuzzifikasi (*Defuzzification*) digunakan untuk mengubah hasil fuzzy menjadi nilai tegas (crisp) menggunakan metode centroid.

$$y^* = \frac{\int y \mu_{gab}(y) dy}{\int \mu_{gab}(y) dy} \quad (4)$$

Keterangan:

z^* = nilai output akhir (crisp),

$\mu(z)$ = fungsi keanggotaan hasil agregasi. Nilai ini digunakan sebagai hasil prediksi kualitas udara dan kualitas air.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian diawali dengan proses pengambilan data lingkungan yang terdiri atas data kualitas udara menggunakan sensor MQ-135 dan data kualitas air menggunakan sensor Turbidity, pengolahan data menggunakan metode Fuzzy Mamdani, serta pengujian sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang menggunakan Arduino Uno R3.

Tahapan penelitian mencakup pengambilan data sensor, proses fuzzifikasi, inferensi fuzzy, defuzzifikasi, dan analisis hasil prediksi kualitas udara dan air secara real-time.

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada rentang waktu September 2025 hingga Mei 2026 di dua lokasi yang berbeda di Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur, pemilihan lokasi penelitian disesuaikan dengan objek yang menjadi focus pengamatan dalam penelitian ini.

Pengambilan data kualitas air dilakukan di Jl. Terusan Timor Raya, Kecamatan Kelapa Lima, sedangkan pengambilan data kualitas udara dilakukan di wilayah Kelurahan Alak, Kecamatan Alak. Pemilihan kedua lokasi tersebut didasarkan pada kebutuhan penelitian untuk memperoleh data lingkungan yang representatif sebagai masukan dalam sistem prediksi kualitas udara dan kualitas air menggunakan metode Fuzzy Mamdani.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat keras, yaitu Arduino Uno R3, sensor MQ-135, sensor Turbidity, LCD 16 x2, breadboard, kabel jumper, dan laptop Lenovo IdeaPad Slim 3. Selain itu, proses pengembangan pengujian sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Data yang diperoleh dari sensor MQ-135 digunakan untuk mempresentasikan kualitas udara, sedangkan data sensor Turbidity digunakan untuk menggambarkan kualitas air. Secara keseluruhan, penelitian ini memanfaatkan 28 data sensor yang terdiri atas 21 data kualitas udara dan 7 data kualitas air sebagai masukan pada sistem inferensi Fuzzy Mamdani untuk melakukan prediksi kondisi lingkungan.

3.3. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini digambarkan melalui diagram alir (flowchart) yang menjelaskan proses kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari tahap akuisisi data sensor sampai pada proses prediksi kualitas air dengan pendekatan Fuzzy.

Berdasarkan gambar 1, proses penelitian terdiri dari lima tahapan utama:

a. Pengumpulan Data

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan data sensor yang terdiri dari 21 data kualitas udara menggunakan sensor MQ-135 dan 7 data kualitas air menggunakan sensor Turbidity pada lokasi penelitian.

b. Pengolahan Data

Data sensor yang diperoleh dilakukan proses pengecekan dan penyesuaian agar sesuai dengan kebutuhan sistem inferensi Fuzzy Mamdani.

c. Fuzzifikasi

Nilai sensor diubah menjadi variabel linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

d. Inferensi Fuzzy Mamdani

Data fuzzy diproses menggunakan aturan IF–THEN untuk menentukan kategori kualitas udara dan kualitas air.

e. Defuzzifikasi dan Hasil Prediksi

Hasil inferensi diubah menjadi nilai tegas (crisp value) menggunakan metode centroid, kemudian ditampilkan pada LCD sebagai informasi kualitas udara dan kualitas air secara real-time.



Gambar 1. Gambar flowchart penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menjelaskan implementasi sistem pemantauan kualitas udara dan air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Pembahasan mencakup implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, proses pembacaan data menggunakan sensor MQ-135 dan sensor Turbidity, hasil pengujian sensor, pengujian metode Fuzzy Mamdani, serta tampilan hasil monitoring pada LCD. Selain itu, dilakukan analisis kinerja sistem berdasarkan hasil klasifikasi kualitas udara dan kualitas air yang diperoleh secara real-time.

4.1. Implementasi Sistem

Beberapa komponen utama sistem yang dikembangkan adalah Arduino Uno R3 sebagai pengendali sistem, sensor kualitas udara MQ-135, sensor kualitas air Turbidity, dan LCD 16x2 sebagai media tampilan. Sistem bekerja dengan membaca data sensor secara real-time. Kemudian, metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah data untuk menentukan kategori kualitas udara dan air. Hasil analisis ditampilkan pada LCD dalam bentuk informasi kondisi lingkungan seperti baik, sedang, atau buruk.

4.2. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian, meliputi sensor MQ-135, sensor Turbidity, metode Fuzzy Mamdani, dan LCD 16×2. Pengujian dilakukan dengan mengamati kemampuan sensor dalam membaca perubahan kondisi kualitas udara dan kualitas air serta mengirimkan data ke Arduino Uno R3 untuk diproses lebih lanjut. Sistem diuji menggunakan 21 data kualitas udara dan 7 data kualitas air yang diperoleh selama proses pengamatan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data sensor, mengolah data menggunakan metode Fuzzy Mamdani, dan menampilkan hasil klasifikasi kualitas udara dan kualitas air pada LCD secara real-time. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang sehingga mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara cepat dan akurat.

4.3. Pengujian Sensor MQ 135

Pengujian sensor MQ-135 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan nilai PPM. Pengujian dilakukan pada beberapa waktu pengamatan dengan total 21 data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai PPM pada pagi hari cenderung berada pada kategori baik, sedangkan pada siang dan malam hari mengalami peningkatan akibat aktivitas kendaraan dan polusi di sekitar lokasi penelitian. Sensor MQ-135 mampu mendeteksi perubahan kualitas udara dengan baik dan menghasilkan data yang digunakan sebagai input pada metode Fuzzy Mamdani.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MQ-135

Hari	Waktu	Nilai PPM	Status
Senin, 11 Mei 2026	07 : 00 AM	34	Baik
Senin, 11 Mei 2026	12 : 00 PM	60	Sedang
Senin, 11 Mei 2026	19 : 00 PM	73	Sedang
Selasa, 12 Mei 2026	07 : 00 AM	36	Baik
Selasa, 12 Mei 2026	12 : 00 PM	54	Sedang
Selasa, 12 Mei 2026	19 : 00 PM	78	Sedang
Rabu, 13 Mei 2026	07 : 00 AM	33	Baik
Rabu, 13 Mei 2026	12 : 00 PM	55	Sedang
Rabu, 13 Mei 2026	19 : 00 PM	58	Sedang
Kamis, 14 Mei 2026	07 : 00 AM	35	Baik
Kamis, 14 Mei 2026	12 : 00 PM	40	Baik
Kamis, 14 Mei 2026	19 : 00 PM	76	Sedang
Jumat, 15 Mei 2026	07 : 00 AM	25	Baik
Jumat, 15 Mei 2026	12 : 00 PM	53	Baik
Jumat, 15 Mei 2026	19 : 00 PM	70	Sedang
Sabtu, 16 Mei 2026	07 : 00 AM	34	Baik
Sabtu, 16 Mei 2026	12 : 00 PM	49	Baik
Sabtu, 16 Mei 2026	19 : 00 PM	40	Baik
Minggu, 17 Mei 2026	07 : 00 AM	14	Baik
Minggu, 17 Mei 2026	12 : 00 PM	22	Baik
Minggu, 17 Mei 2026	19 : 00 PM	47	Baik



Gambar 2. Tampilan Sensor MQ 135

Berdasarkan hasil pengujian, sensor MQ-135 mampu mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan nilai PPM, sedangkan sensor Turbidity mampu mendeteksi tingkat kekeruhan air berdasarkan nilai NTU. Data yang diperoleh kemudian digunakan sebagai input pada metode Fuzzy Mamdani untuk menentukan kategori kualitas udara dan kualitas air.

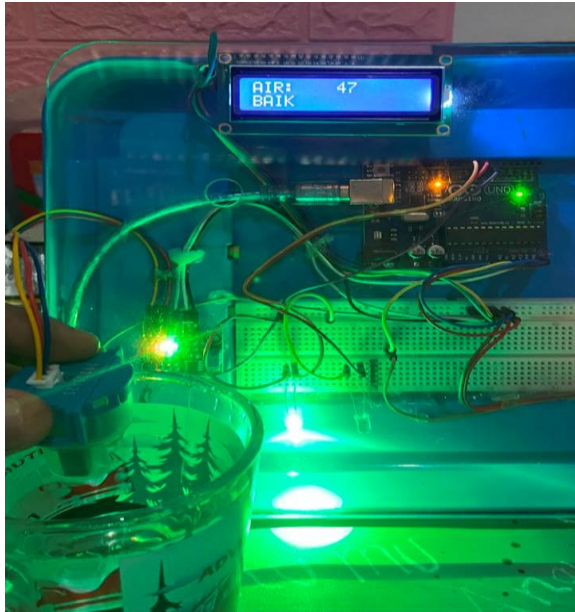
4.4. Pengujian Sensor Turbidity

Pengujian sensor Turbidity dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi tingkat kekeruhan air berdasarkan nilai NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Pengujian dilakukan menggunakan beberapa sampel air dengan kondisi yang berbeda, mulai dari air jernih hingga air yang memiliki tingkat kekeruhan lebih tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perubahan tingkat kekeruhan air dengan baik dan menghasilkan nilai yang berbeda sesuai kondisi air yang diuji.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Turbidity

Hari	Nilai NTU	Status
Senin, 11 Mei 2026	18	Jernih
Selasa, 12 Mei 2026	24	Jernih
Rabu, 13 Mei 2026	33	Jernih
Kamis, 14 Mei 2026	45	Jernih
Jumat, 15 Mei 2026	47	Jernih
Sabtu, 16 Mei 2026	50	Jernih
Minggu, 17 Mei 2026	63	Sedang

Berdasarkan hasil pengujian, nilai NTU yang diperoleh berada pada kategori jernih hingga keruh sesuai kondisi sampel air. Data hasil pembacaan sensor kemudian digunakan sebagai masukan pada metode Fuzzy Mamdani untuk menentukan kualitas air secara real-time.



Gambar 3. Tampilan Sensor Turbidity

4.5. Pengujian Fuzzy Mamdani

Pengujian Fuzzy Mamdani dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengolah data sensor MQ-135 dan sensor Turbidity menjadi informasi kualitas udara dan kualitas air. Pada penelitian ini, data sensor yang diperoleh terlebih dahulu melalui proses fuzzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan setiap variabel input. Nilai sensor MQ-135 dikategorikan ke dalam himpunan rendah, sedang, dan tinggi, sedangkan nilai sensor Turbidity dikategorikan ke dalam himpunan jernih, sedang, dan keruh. Selanjutnya, nilai keanggotaan tersebut diproses menggunakan aturan (*rule base*) *IF-THEN* yang telah dirancang pada sistem.

Hasil inferensi kemudian digabungkan menggunakan metode *MAX* dan dilanjutkan dengan proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai keluaran (*crisp value*). Berdasarkan hasil pengujian, metode Fuzzy Mamdani mampu mengolah data sensor secara baik dan menghasilkan kategori kualitas udara serta kualitas air sesuai kondisi lingkungan yang terdeteksi. Hasil keluaran sistem ditampilkan dalam kategori baik, sedang, dan buruk sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time.

4.6. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pembacaan sensor dan proses analisis menggunakan metode Fuzzy Mamdani dapat ditampilkan dengan baik pada layar LCD 16×2. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan LCD ke Arduino Uno R3 dan mengamati tampilan nilai sensor MQ-135, sensor Turbidity, serta kategori kualitas udara dan kualitas air yang dihasilkan oleh sistem.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD mampu menampilkan informasi secara real-time sesuai dengan data yang diterima dari Arduino. Nilai kualitas udara, kualitas air, serta kategori hasil klasifikasi dapat ditampilkan dengan jelas dan mudah dibaca oleh pengguna. Dengan demikian, LCD berfungsi dengan baik sebagai media output untuk menyampaikan informasi kondisi lingkungan yang dihasilkan oleh sistem.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pemantauan kualitas udara dan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MQ-135 dan sensor Turbidity berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik.

Pengujian menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang dapat melakukan akuisisi data kualitas udara dan air secara berkelanjutan serta menampilkan pemantauan secara langsung kepada pengguna.

Penggunaan metode Fuzzy Mamdani terbukti dapat mengubah data sensor yang bervariasi menjadi informasi kondisi lingkungan yang lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan oleh pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-135 dan sensor Turbidity dapat berfungsi dengan baik dalam mendeteksi perubahan kondisi lingkungan, sedangkan metode Fuzzy Mamdani mampu mengklasifikasikan kualitas udara dan kualitas air ke dalam kategori yang telah ditentukan sehingga sistem dapat digunakan sebagai alat pemantauan lingkungan secara real-time.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat menjadi bahan pengembangan pada penelitian selanjutnya. Sistem yang dikembangkan hanya menggunakan sensor MQ-135 untuk kualitas udara dan sensor Turbidity untuk kualitas air, sehingga parameter lingkungan yang diamati masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian berikutnya disarankan untuk menambahkan sensor lain seperti sensor suhu, kelembapan, pH air, dan *Total Dissolved Solid* (TDS) agar informasi yang diperoleh lebih lengkap dan akurat dalam menggambarkan kondisi lingkungan.

Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) berbasis web atau aplikasi mobile sehingga data hasil pemantauan dapat diakses secara real-time dari berbagai lokasi. Pengembangan juga dapat dilakukan pada metode analisis dengan membandingkan metode Fuzzy Mamdani dengan metode kecerdasan buatan lainnya untuk mengetahui metode yang memberikan tingkat akurasi dan kinerja terbaik dalam memprediksi kualitas udara dan kualitas air. Dengan pengembangan tersebut, diharapkan sistem dapat menjadi solusi yang lebih efektif dalam mendukung pemantauan lingkungan dan deteksi dini terhadap potensi pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, N. P. Putra, dan R. Ramadhani, "Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya," *Journal of DINDA*, vol. 1, no. 2, pp. 12–21, 2021.
- [2] F. Akbar, T. Erlina, dan R. Hadelina, "Perancangan Sistem untuk Meningkatkan Kualitas Air Menggunakan Sensor Turbidity dan Sensor pH Berbasis Internet of Things (IoT)," *CHIPSET – Journal on Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking*, vol. 5, no. 1, pp. 5–10, 2024.
- [3] D. I. Elriyan, A. R. Chaidir, dan K. Anam, "Pengendalian Kualitas Air Minum Menggunakan Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 1, pp. 39–45, 2025.
- [4] M. R. Hafan, N. A. Majid, S. D. Arwiana, T. N. Erina, dan R. Susanto, "Rancang Bangun Jemuran Otomatis Menggunakan Sensor Raindrop Berbasis Arduino Uno Dengan Kearifan Lokal Rumah Joglo," *Journal of Information System, Applied, Computer Science and Engineering (ISACE)*, vol. 5, no. 3, p. 300, 2024.
- [5] F. R. Ibrahim, F. T. Syifa, dan H. Pujiharsono, "Penerapan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH sebagai Otomatisasi Pakan Ikan Berbasis IoT," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, vol. 5, no. 2, pp. 63–73, 2023.
- [6] F. N. Kaulika, K. Yulianti, E. Puspita, dan R. Marwati, "Peramalan Kualitas Udara Kota Bandung dengan Metode Fuzzy Mamdani dan Algoritma Genetika Fuzzy Time Series," *EPSILON: Jurnal Matematika Murni dan Terapan*, vol. 19, no. 1, 2025.
- [7] A. S. Lizal dan A. I. Santoso, "Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Kualitas Udara Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 682–690, 2025.
- [8] K. A. Peppler, R. M. Sedas, dan N. Thompson, "Paper Circuits vs. Breadboards: Materializing Learners' Powerful Ideas Around Circuitry and Layout Design," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 32, pp. 469–492, 2023.
- [9] N. D. Putri, F. Damsi, dan R. Maulidda, "Sistem Kendali Kenyamanan Lingkungan Rumah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Dengan Teknologi IoT," *Jurnal Ampere*, vol. 10, no. 2, pp. 155–160, 2025.
- [10] M. A. Rizaldi, R. Azizah, M. T. Latif, L. Sulistyorini, dan B. P. Salindra, "Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi," *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 21, no. 3, pp. 253–265, 2022.
- [11] A. N. Salim dan A. Rahman, "Implementasi Fuzzy-Mamdani untuk Pengendalian Suhu dan Kekruhan Air Aquascape Berbasis IoT," *Jurnal Algoritme*, vol. 2, no. 2, pp. 159–169, 2022.
- [12] L. M. Silalahi, I. U. V. Simanjuntak, M. Maharani, dan R. A. P. Ramdani, "Sistem Kendali Fuzzy Mamdani Berbasis IoT untuk Optimalisasi Tangki Air," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 4, no. 6, pp. 233–245, 2024.
- [13] S. Satriananda, R. Sari, A. Fata, dan A. Atthariq, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kekruhan Berbasis Internet of Things Untuk Aplikasi Pada Proses Pengolahan Air Bersih," *Jurnal Volume IX*, vol. 2, pp. 8598–8604, 2024.
- [14] Suratin dan C. Fadhillah, "Rancang Bangun Lampu Otomatis Menggunakan Sensor PIR dan LCD Display Berbasis Tinkercad," *JETI – Jurnal Elektronika dan Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 2, 2025.
- [15] A. B. S. Umbu, "Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan antara ppm dan Rs/Ro," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 11, no. 2, pp. 49–60, 2023.