Epsilon: Jurnal Matematika Murni dan Terapan
http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/epsilon
p-ISSN: 1978-4422 | e-ISSN 2656-7660
Vol.19 No.1 (Juni 2025) Hal. 41-53

PERAMALAN KUALITAS UDARA KOTA BANDUNG DENGAN METODE FUZZY MAMDANI DAN ALGORITMA GENETIKA-FUZZY TIME SERIES

Fidela Neysa Kaulika[1], Kartika Yulianti[2], Entit Puspita[3], Rini Marwati[4]

[1,2,3,4]Program Studi Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung, Indonesia
email: *kartika.yulianti@upi.edu*

ABSTRACT

Air quality is an important element that has a significant impact on human health and comfort as well as environmental sustainability. Bandung City, as one of the major cities in Indonesia, has experienced a significant increase in the volume of motorized vehicles and the number of industrial plants, which has led to a decrease in air quality. This research aims to forecast air quality in Bandung City using the fuzzy time series method optimized by a genetic algorithm. The parameters that determine air quality used include PM2.5 concentration, PM10 concentration, and NO2 concentration. In this research, fuzzy logic is applied to process the historical data of these parameters into output data in the form of air quality estimation by forming a Fuzzy Inference System (FIS) using fuzzy Mamdani. The results showed that the combined genetic algorithm and fuzzy time series method produced more accurate air quality forecasting than the fuzzy time series method alone, with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) accuracy rate of 8,52%, which is included in the excellent and successful forecasting category.

Keywords: Air Quality, Fuzzy Mamdani, Genetic Algorithm, Fuzzy Time Series, Bandung City

ABSTRAK

Kualitas udara merupakan elemen penting yang mempunyai dampak signifikan terhadap kesehatan dan kenyamanan manusia serta kelestarian lingkungan. Kota Bandung sebagai salah satu kota besar di Indonesia mengalami peningkatan jumlah kendaraan bermotor dan pabrik industri yang signifikan, sehingga berdampak pada penurunan kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan kualitas udara di Kota Bandung menggunakan metode fuzzy time series yang kemudian dioptimasi dengan Algoritma Genetika. Parameter penentu kualitas udara yang digunakan meliputi konsentrasi PM2.5, konsentrasi PM10, dan konsentrasi NO2. Dalam penelitian ini diterapkan logika fuzzy untuk mengolah data historis parameter-parameter tersebut menjadi data keluaran berupa estimasi kualitas udara dengan membentuk *Fuzzy Inference System* (FIS) menggunakan fuzzy Mamdani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi algoritma genetika dan metode fuzzy time series menghasilkan peramalan kualitas udara yang lebih akurat dibandingkan dengan metode fuzzy time series saja, dengan tingkat akurasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 8,52% yang termasuk dalam kategori peramalan sangat baik dan berhasil.

Kata kunci: Kualitas Udara, Fuzzy Mamdani, Algoritma Genetika, Fuzzy Time Series, Kota Bandung.

Received: 10 Maret 2025, Accepted: 18 Juni 2025, Published: 24 Juni 2025

PENDAHULUAN

Udara merupakan campuran gas yang ada di bumi yang memiliki peranan penting dalam keberlangsungan hidup makhluk hidup. Menurut UU Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan atau aktivitas manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukkannya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Bandung merupakan kota besar dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Hal tersebut mengakibatkan aktivitas transportasi pun cukup tinggi sehingga tingkat asap polutan kendaraan menjadi tinggi. Ditambah lagi dengan banyaknya pabrik industri membuat kualitas udara di Kota Bandung semakin menurun.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memberikan informasi mutu udara dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dengan tujuan agar masyarakat dapat mengetahui bagaimana tingkat kualitas udara di masing-masing wilayah. Perhitungan ISPU ini dilakukan berdasarkan pada beberapa parameter, tiga diantaranya adalah *particulate matter* 2,5 (PM2.5), *particulate matter* 10 (PM10), dan nitrogen dioksida (NO2), karena berasal dari sektor transportasi dan industri.

Pada artikel ini dikaji peramalan kualitas udara dengan metode Fuzzy Mamdani dan Algoritma Genetika-Fuzzy Time Series. Peramalan kualitas udara berperan penting dalam pengambilan kebijakan lingkungan yang responsif, efektif, dan berbasis data. Peramalan kualitas udara memungkinkan pihak berwenang memberikan peringatan dini kepada masyarakat ketika kualitas udara diprediksi memburuk. Dengan informasi peramalan, pemerintah dapat mengeluarkan kebijakan pembatasan aktivitas tertentu, misalnya membatasi kendaraan bermotor, menutup pabrik, atau menunda kegiatan konstruksi selama periode polusi tinggi untuk menekan emisi.

Penggunaan logika fuzzy pada penelitian ini diperlukan karena nilai kualitas udara bergantung pada beberapa parameter dengan kategori peramalan kualitas udara bersifat relatif atau tidak pasti. Oleh karena itu, metode fuzzy Mamdani akan digunakan dalam membuat parameter kualitas udara yang dibentuk berdasarkan parameter PM2.5, PM10, dan NO2. Untuk proses peramalan digunakan metode fuzzy time series karena metode ini mempunyai kemampuan penalaran yang memungkinkannya untuk merepresentasikan masalah dalam bentuk basis pengetahuan, hal ini sangat berguna dalam menyelesaikan masalah dengan data yang kurang presisi, tidak lengkap, dan memiliki tingkat kebenaran yang parsial (Hasudungan *et al*., 2016). Namun, fuzzy time series memiliki kelemahan, yaitu interval atau rentang data pada himpunan fuzzy terlalu jauh sehingga menyebabkan peramalan yang dilakukan kurang optimal (Hariwijaya *et al*., 2020). Oleh karena

itu, ditambahkan metode optimasi untuk mengoptimalkan solusi yang dihasilkan, yaitu algoritma genetika yang meniru proses evolusi makhluk hidup *(*Dewanti *et al*., 2018). Algoritma genetika bekerja dengan sekumpulan individu, yang mewakili kemungkinan solusi dari tugas dan memiliki kemampuan untuk mengeksplorasi ruang pencarian yang besar dan kompleks (Damanik, 2020; Mubarok & Chotijah, 2021).

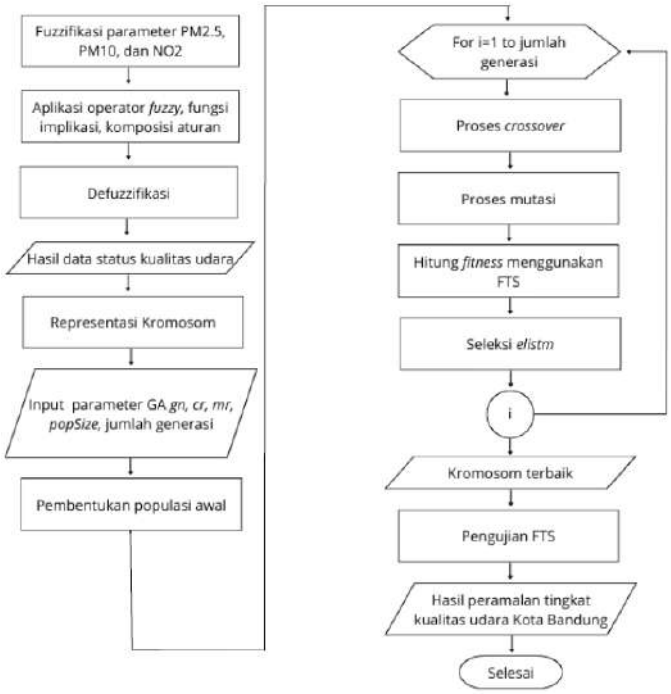
Terdapat penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan fuzzy time series untuk proses peramalan berbantuan metode optimalisasi secara Heuristik. Insani dan Sari (2020) melakukan studi peramalan kualitas udara di Kota Pekanbaru dengan menggunakan metode Particle Swarm Optimization dan fuzzy time series. Quek *et al*., (2022) melakukan peramalan harga *cryptocurrencies* menggunakan Algoritma Genetika dan Fuzzy Time Series. Pangestu & Rahmat (2024) melakukan peramalan penjualan obat antibiotic dengan model Lee fuzzy time series. Surono *et al*., (2022) mengkaji optimisasi peramalan Markov yang diboboti fuzzy time series menggunakan algoritma genetika dan particle swarm. Praveenchandar *et al*., (2024) melakukan studi peramalan kualitas udara dengan Adaptive Network Fuzzy Inference System berbantuan Improved Genetic Algorithm.

Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu, pada penelitian ini digunakan logika fuzzy untuk menghasilkan nilai kualitas udara berdasarkan parameter polutan, dan algoritma genetika untuk mengoptimalkan interval atau rentang data pada himpunan fuzzy, sehingga meningkatkan akurasi peramalan dari hasil fuzzy time series. Penggunaan metode ini secara bersamaan belum banyak diterapkan pada peramalan kualitas udara, khususnya di Kota Bandung. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan data real-time dari parameter PM2.5, PM10, dan NO2, yang memberikan gambaran kualitas udara yang lebih aktual dan relevan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan kualitas udara, dengan menggunakan metode hybdrid, yaitu algoritma genetika dan fuzzy time series, agar hasil peramalan menjadi lebih akurat.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dua tahapan metode, yaitu fuzzy Mamdani dan metode hybrid algoritma genetika-fuzzy time series. Pada metode fuzzy Mamdani, dilakukan pengolahan data parameter PM2.5, PM10, dan NO2 untuk menghasilkan data parameter kualitas udara. Selanjutnya, pada metode hybrid algoritma genetika-fuzzy time series, dilakukan peramalan kualitas udara menggunakan data kualitas udara hasil dari tahapan fuzzy Mamdani. Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan pemilihan individu terbaik dengan melalui proses crossover, mutasi, dan seleksi yang kemudian digunakan dalam fuzzy time series untuk menghasilkan peramalan yang lebih akurat. Tahapan analisa data digambarkan pada diagram pada Gambar 1. Adapun data yang digunakan berupa data parameter PM2.5, PM10, dan NO2 yang berasal dari aplikasi *Plume Labs* untuk daerah kota

Bandung. Aplikasi *Plume Labs* memberikan data yang valid atau dapat dipercaya karena aplikasi tersebut menggunakan data yang berasal dari 12.000 stasiun pengawasan lingkungan yang tersebar di 60 negara. Aplikasi tersebut juga menggunakan teknik *cross-validation* untuk menguji sistem pemetaan sehingga sistem mereka sudah melalui prosedur validasi yang ketat untuk memastikan keakuratan. Selain itu, aplikasi ini sudah diunggah oleh 100 ribu pengguna dan diakuisisi oleh AccuWeather, perusahaan yang menyediakan layanan prakiraan cuaca komersial di seluruh dunia.



Gambar 1. Diagram Alir Peramalan Kualitas Udara.

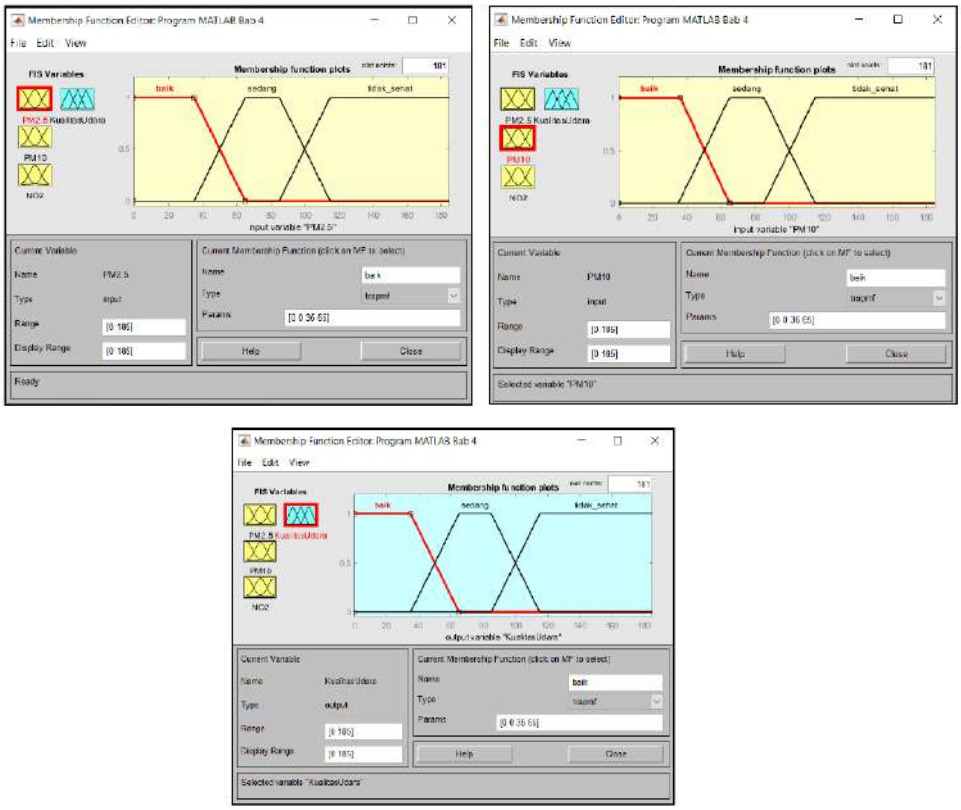
2.1 Fuzzy Mamdani

Tahapan pertama yang dilakukan adalah menghasilkan data parameter kualitas udara dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani yang terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

1. Fuzzifikasi

Penelitian ini memiliki tiga variabel input, yaitu parameter PM2.5, PM10, dan NO2 serta satu variabel output, yaitu kualitas udara. Pada tahapan ini terjadi perubahan dari nilai input ke dalam himpunan fuzzy yang dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan kurva trapesium dengan menggunakan Persamaan (1). Adapun pemilihan kurva trapesium karena menyesuaikan dengan rentang kategori yang diberikan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Fungsi keanggotaan kemudian disesuaikan dengan jumlah kategori sesuai dengan data. Berdasarkan data dari *Plum Labs*, nilai terbesar pada data PM2.5 dan PM10 berada pada kategori tidak sehat, sehingga fungsi keanggotaan parameter PM2.5 dan PM10

berjumlah tiga dengan bentuk kurva trapesium, yaitu kategori baik (0-60), sedang (35-115), dan tidak sehat (85-215). Sedangkan, nilai terbesar pada data NO2 berada pada kategori tidak sehat sehingga fungsi keanggotaan parameter NO2 berjumlah dua dengan bentuk kurva trapesium, yaitu kategori baik (0-65) dan sedang (35-115). Himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan variabel PM2.5, PM10, dan NO2, tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan variabel PM2.5, PM10, dan NO2

2. Aplikasi Operator Fuzzy

Pada tahap ini, terjadi pembentukan aturan-aturan relasi fuzzy. Tipe koneksi yang akan digunakan adalah logika “and” karena operasi fuzzy berkaitan dengan operasi pemotong.

3. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi merupakan fungsi berupa aturan dari kombinasi variabel input, yaitu PM2.5, PM10, dan NO2 serta variabel output, yaitu kualitas udara dengan menggunakan pernyataan “IF-THEN”. Pada metode fuzzy Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min, yaitu terjadi pemotongan himpunan fuzzy yang dihasilkan.

4. Komposisi Aturan

Pada fuzzy Mamdani, metode komposisi aturan yang digunakan adalah max, yang dilakukan dengan mengambil aturan nilai maksimum, lalu menggunakannya

untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator or.

5. Defuzzifikasi

Input dari defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu nilai yang merepresentasikan output kualitas udara. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid, yaitu pembagian antara momen dan luas daerah.

2.2 Algoritma Genetika-Fuzzy Time Series

Tahapan selanjutnya adalah kombinasi dari algoritma genetika dan fuzzy time series yang akan menghasilkan data nilai peramalan kualitas udara Kota Bandung. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Inisialisasi Parameter

Algoritma genetika bergantung pada beberapa nilai parameter yang harus ditetapkan pada awal proses, diantaranya seperti ukuran populasi, crossover rate, mutation rate, dan jumlah generasi. Parameter tersebut akan mempengaruhi proses algoritma genetika.

2. Pembentukan Populasi

Populasi terbentuk dari kumpulan kromosom dengan jumlah kromosom sesuai dengan parameter ukuran populasi. Kromosom pada penelitian ini adalah representasi dari nilai-nilai data historis kualitas udara yang diinisialisasi secara acak tetapi berada pada rentang data historis kualitas udara. Penulisan kromosom menggunakan value encoding, yaitu berupa bilangan bulat yang akan diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar dengan penulisan dari sisi kiri hingga sisi kanan. Kromosom yang terbentuk akan digunakan dalam proses algoritma genetika untuk membuat peramalan dan dioptimalkan melalui proses crossover, mutasi, dan seleksi untuk meningkatkan akurasi peramalan kualitas udara.

3. Crossover

Proses crossover atau persilangan antara dua induk kromosom akan menghasilkan dua anak kromosom (*offspring*) (Pachuau *et al*., 2021). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode crossover satu titik, yang dilakukan dengan cara memilih satu titik potong tertentu, selanjutnya untuk offspring pertama, nilai gen awal sampai titik potong terisi dari induk pertama dan sisanya terisi oleh gen dari induk kedua. Untuk offspring kedua, nilai gen awal sampai titik potong terisi dari induk kedua dan sisanya terisi oleh gen dari induk pertama.

4. Mutasi

Proses mutasi atau perubahan nilai pada suatu gen dilakukan dengan cara memilih nilai random untuk dijadikan titik gen yang mengalami mutasi. Gen terpilih tersebut akan dihapus dan digantikan dengan gen baru yang bernilai random dengan rentang antara nilai gen sebelum dan sesudah dari gen yang terpilih.

5. Seleksi

Pada akhir proses algoritma genetika akan menghasilkan suatu kromosom terbaik yang akan digunakan pada proses peramalan menggunakan fuzzy time series. Tahapan seleksi dilakukan dengan metode seleksi elitism, yaitu mempertahankan kromosom terbaik untuk digunakan pada generasi selanjutnya. Adapun kriteria pemilihan kromosom terbaik dilihat berdasarkan nilai fitness dengan rumus pada Persamaan (2).

$$\text{nilai fitness}=1/\text{MAPE} \tag{2}$$

Setiap kromosom yang dihasilkan akan melalui proses fuzzy time series untuk dilihat seberapa besar nilai fitness kromosom tersebut. Tahapan yang dilalui oleh tiap kromosom adalah sebagai berikut.

a. Fuzzifikasi

Pembentukan himpunan fuzzy dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan kurva segitiga karena lebih menangkap ketidakpastian dalam data. Proses setelah himpunan fuzzy terbentuk adalah mengubah data historis ke dalam bentuk linguistik (Ridhwan, *et al*., 2018). Pada tahapan fuzzifikasi, data historis kualitas udara dipetakan ke dalam derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy dengan mengambil nilai keanggotaan maksimum.

b. Fuzzy Logical Relationship

Pada tahapan ini dicari relasi atau hubungan antara data F(t-1) dengan data F(t) yang dinotasikan dengan "F(t-1) → F(t)".

c. Fuzzy Logical Relationship Group

Berdasarkan hasil FLR, dibuat kelompok relasi atau *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari himpunan fuzzy yang sama pada sisi kiri,

d. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah proses mengubah himpunan fuzzy ke dalam nilai tegas dengan aturan tertentu. Pada tahapan ini, kromosom terbaik yang dihasilkan oleh algoritma genetika yang dibentuk sebagai subhimpunan semesta, kemudian akan digunakan dengan mengambil nilai tengah dari subhimpunan tersebut untuk hasil defuzzifikasi.

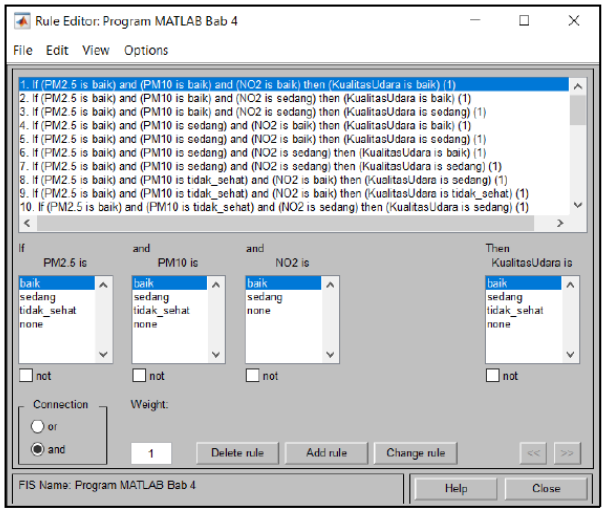
e. Peramalan

Setelah mendapatkan nilai defuzzifikasi, dilakukan proses peramalan dengan ketentuan bahwa hasil defuzzifikasi pada data F(t-1) menjadi hasil peramalan data F(t).

HASIL DAN PEMBAHASAN

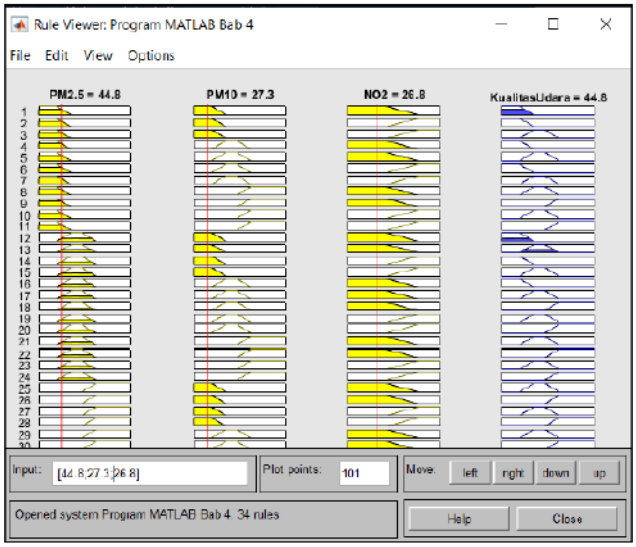
Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah data parameter PM2.5, PM10, dan NO2 sejak tanggal 16 Maret 2024 sampai dengan 15 Juni 2024, yang kemudian diolah dengan bantuan *software* Matlab R2021a. Berdasarkan data pada subbab 2.1, fungsi keanggotaan parameter kualitas udara untuk masing-masing komponen ditampilkan pada Gambar 2. Selanjutnya dilakukan aturan-

aturan relasi fuzzy, dengan tipe koneksi yang digunakan adalah logika "and". Gambar 3 menyajikan proses koneksi aturan relasi fuzzy.



Gambar 3. Jendela FIS Editor.

Sebagai ilustrasi, diambil data pada tanggal 16 Maret 2024 dengan konsentrasi PM2.5, PM10, dan NO2 berturut-turut 44,8; 27,3; dan 26,8. Data tersebut diinput pada jendela *rule viewer* bagian box '*input*' kemudian akan menghasilkan *output* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai *Output* Tanggal 16 Maret 2024

Fungsi keanggotaan parameter output kualitas udara berjumlah tiga dengan bentuk kurva trapesium, yaitu kategori baik (0-60), sedang (40-115), dan tidak sehat (85-215). Tabel 1 menyajikan sebagian hasil parameter kualitas udara yang terbentuk.

Tabel 1. Parameter Kualitas Udara

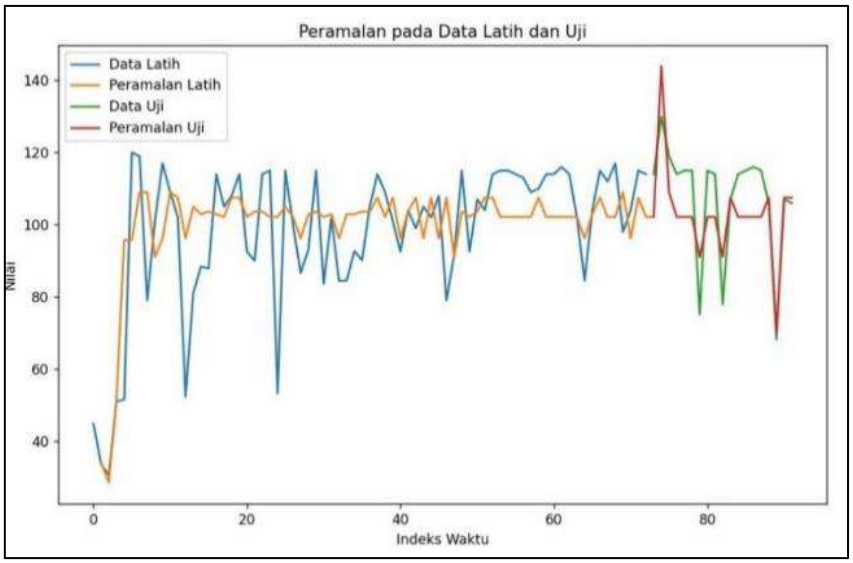
Tanggal	Kualitas Udara	Kategori Kualitas Udara
16 Maret 2024	44,8	Baik
17 Maret 2024	33,5	Baik
18 Maret 2024	30,6	Baik
⋮	⋮	⋮
13 Juni 2024	68,2	Sedang
14 Juni 2024	107	Tidak Sehat
15 Juni 2024	106	Tidak Sehat

Data parameter kualitas udara yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan sebagai data input pada proses algoritma genetika-fuzzy time series. Sebelumnya telah dilakukan pengujian terhadap penentuan ukuran parameter yang dibutuhkan pada algoritma genetika. Tabel 2 menyajikan parameter yang digunakan dalam algoritma Genetika.

Tabel 2. Parameter Algoritma Genetika.

Parameter	Nilai
Ukuran populasi	100
Crossover rate	0,9
Mutation rate	0,05
Jumlah generasi	6

Selanjutnya parameter tersebut digunakan pada tahapan algoritma genetika-fuzzy time series dan menghasilkan kromosom terbaik dengan nilai fitness terbesar, yang digunakan untuk perhitungan pada peramalan. Data penelitian yang digunakan dibagi menjadi dua, yaitu data latih dan data uji dengan perbandingan 80:20. Data latih dimulai sejak tanggal 16 Maret 2024 sampai dengan 27 Mei 2024, yang digunakan untuk membuat model peramalan dan menghasilkan satu waktu periode tambahan hasil peramalan. Dalam penelitian ini, data latih akan menghasilkan peramalan pada tanggal 28 Mei 2024. Grafik hasil peramalan dapat terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peramalan Kualitas Udara

Berdasarkan Gambar 5, didapatkan hasil peramalan pada tanggal 28 Mei 2024 adalah 104,29 dari data aktual sebesar 114 sehingga tingkat kesalahan peramalan (MAPE) sebesar 8,52%. Selanjutnya untuk memastikan bahwa algoritma genetika berperan dalam proses pengoptimalan solusi, penulis melakukan peramalan hanya dengan metode fuzzy time series. Dengan menggunakan data yang sama, penulis mendapatkan hasil peramalan pada tanggal 28 Mei 2024 sebesar 96,39 dari data aktual 114 dengan nilai MAPE sebesar 15,4%. Perbandingan hasil peramalan metode fuzzy time series dengan hasil peramalan metode gabungan algoritma genetika dan fuzzy time series, didapatkan bahwa pada metode perhitungan fuzzy time series yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika menghasilkan peramalan kualitas udara yang lebih akurat.

Selanjutnya data uji digunakan untuk uji validitas yang dimulai sejak tanggal 28 Mei 2024 sampai dengan 15 Juni 2024. Data uji yang digunakan merupakan data yang tidak pernah dilihat sebelumnya oleh model peramalan. Berdasarkan Gambar 5, didapatkan hasil tingkat kesalahan peramalan data uji sebesar 9,1%. Selain itu, peneliti melakukan pengukuran tingkat kesalahan peramalan pada data latih dan data uji untuk dilakukan perbandingan. Apabila selisih dari kedua MAPE besar, maka kemungkinan adalah model yang dibuat mengalami underfit atau overfit. Selanjutnya didapatkan hasil kedua tingkat kesalahan peramalan tersebut, yaitu MAPE data latih sebesar 12,9% dan MAPE data uji sebesar 9,1%. Keduanya memiliki selisih hanya 3,8% sehingga berdasarkan interpretasi kategori nilai MAPE yang terdapat pada Rahmah & Irawan (2019) dapat dikatakan bahwa model peramalan baik dan tidak mengalami underfit ataupun overfit. Berikut disajikan sebagian data hasil peramalan kualitas udara dalam Tabel 3.

Tabel 3. Peramalan Kualitas Udara

Tanggal	Kualitas Udara	Peramalan
16 Maret 2024	44,8	-
	Baik	
17 Maret 2024	33,5	33,5
	Baik	Baik
18 Maret 2024	30,6	30,5
	Baik	Baik
…	….	…
13 Juni 2024	68,2	73,5
	Sedang	Sedang
14 Juni 2024	107	108,63
	Tidak Sehat	Tidak Sehat
15 Juni 2024	106	108,63
	Tidak sehat	Tidak Sehat

Metode dan tahapan pada penelitian ini dapat dijadikan salah satu rujukan bagi pemangku kepentingan untuk meramalkan kualitas udara di daerahnya, berdasarkan data saat itu. Data peramalan kualitas udara yang akurat dapat membantu dalam perencanaan pembangunan kota dan pengaturan tata ruang yang lebih baik agar polusi udara dapat dikendalikan, misalnya dengan menambah ruang hijau atau zonasi industri.

KESIMPULAN

Implementasi logika fuzzy untuk menentukan parameter kualitas udara di Kota Bandung berdasarkan parameter PM2.5, PM10, dan NO2 menghasilkan model yang memanfaatkan prinsip-prinsip logika fuzzy untuk mengolah data masukan, seperti data historis PM2.5, PM10, dan NO2 menjadi data keluaran berupa estimasi kualitas udara. Adapun model yang dimaksud diimplementasikan dalam bentuk Fuzzy Inference System (FIS) yang terdiri dari beberapa komponen seperti fungsi keanggotaan, aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Hasil dari model tersebut berupa estimasi nilai kualitas udara yang akan digunakan dalam proses peramalan kualitas udara untuk satu waktu kedepannya.

Penerapan metode gabungan algoritma genetika dan fuzzy time series menghasilkan peramalan yang optimal untuk tanggal 28 Mei 2024 dengan nilai ukuran populasi = 100, kombinasi crossover rate dan mutation rate = 0,9 dan 0,05, iterasi pertama pada generasi = 15 yang menghasilkan nilai peramalan sebesar 104,29 dengan nilai MAPE 8,52%, yang menunjukkan bahwa hasil ini mendekati dengan nilai data aktual. Sedangkan penerapan dengan metode fuzzy time series menghasilkan peramalan untuk tanggal 28 Mei 2024 yaitu 96,39 dengan nilai MAPE 15,5%. Oleh karena itu, proses peramalan dengan algoritma genetika dan fuzzy time series menghasilkan peramalan kualitas udara yang lebih akurat. Untuk

penelitian selanjutnya, dapat dilakukan peramalan kualitas udara di kota lain, dengan parameter yang berbeda, serta algoritma optimisasi yang lain.

REFERENSI

Damanik, R. R. (2020). Aplikasi Penjadwalan Perawat RS Porsea Menggunakan Algoritma Genetika. *Journal Information System Development*. Vol. *5*(1), 12–18.

Dewanti, R., Novianingsih, K., & Fitriani, A. (2018). Penyelesaian Masalah Penugasan Dosen pada Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus di Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI). *Jurnal EurekaMatika*. Vol. *6*(1), 43–53.

Hariwijaya, M. R. I., Furqon, M. T., & Dewi, C. (2020). Prediksi Harga Emas Dengan Menggunakan Metode Average-Based Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. *4*(4), 1258–1264.

Hasudungan, F. O., Umbara, R. F., & Triantoro, D. (2016). Prediksi Harga Saham dengan Metode Fuzzy Time Series dan Metode Fuzzy Time Series-Genetic Algorithm. *EProceedings of Engineering*. Vol. *3*(3).

Insani, F., & Sari, A. P. (2020). Optimzation of Interval Fuzzy Time Series with Particle Swarm Optimization for Prediction Air Quality on Pekanbaru. *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*. Vol. *3*(1), 36–41. https://doi.org/10.24014/ijaidm.v3i1.9298

Mubarok, A. Y., & Chotijah, U. (2021). Penerapan Algoritma Genetika untuk Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek dalam Kasus Travelling Salesman Problem. *Jurnal Teknologi Terpadu*. Vol. *7*(2).

Pachuau, S. L., Roy, A., & Kumarsaha, A. (2021). An Overview of Crossover Techniques in Genetic Algorithm. *Modeling, Simulation and Optimization: Proceedings of CoMSO 2020*, 581–598.

Pangestu, S. L., & Rahmat, U. (2024). Model Lee Metode Fuzzy Time Series untuk Peramalan Penjualan Obat Antibiotik. *Trigonometri: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Vol. *4*(2), 81–90.

Praveenchandar, J., Venkatesh, K., Mohanraj, B., Prasad, M., & Udayakumar, R. (2024). Prediction of Air Pollution Utilizing an Adaptive Network Fuzzy Inference System with the Aid of Genetic Algorithm. *Natural and Engineering Sciences*. Vol. *9*(1), 46–56.

Quek, S. G., Selvachandran, G., Tan, J. H., Thiang, H. Y. A., Tuan, N. T., & Son, L. H. (2022). A New Hybrid Model of Fuzzy Time Series and Genetic Algorithm Based Machine Learning Algorithm: A Case Study of Forecasting Prices of Nine Types of Major Cryptocurrencies. *Big Data Research*. Vol. *28*.

Rahmah, E. H. O., & Irawan, M. I. (2019). Penerapan Fuzzy Time Series dalam Peramalan Nilai KWH Listrik Golongan Tarif Rumah Tangga di Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. *8*(1).

Surono, S., Goh, K. W., Onn, C. W., Nurraihan, A., Siregar, N. S., Saeid, A. B., & Wijaya, T. T. (2022). Optimization of Markov Weighted Fuzzy Time Series Forecasting Using Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO). *Emerging Science Journal*. Vol. *6*, 1375–1393.