

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY MAMDANI DALAM PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA KENDARI

Nur Rahmat Hidayat Karismadi, Syarifah Nurhafni A, La Ode Muhamad Ilham, Rizal Adi Saputra

Teknik Informatika Universitas Halu Oleo

Jalan HEA Mokodompit, Indonesia

nurrahmathidayakarismadi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mencoba memprediksi curah hujan di Kota Kendari dengan menggunakan metode logika fuzzy Mamdani. Penelitian ini memanfaatkan data historis curah hujan dari BMKG dan BPS Kendari untuk Kota Kendari pada tahun 2022. Penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy mamdani yang dapat menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data input dan output. Penelitian ini menggunakan satu variabel *output* yaitu kategori curah hujan, dan tiga variabel *input* yaitu suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Selain itu, penelitian ini menggunakan 27 aturan fuzzy yang menghubungkan variabel *input* dan *output*. Pendekatan *centroid* digunakan dalam penelitian ini untuk melakukan defuzzifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan Kota Kendari dapat diprediksi dengan menggunakan metode logika fuzzy Mamdani dengan rata-rata *error* sebesar 10,70%. Selain untuk membantu pihak-pihak yang berkepentingan untuk mengetahui lebih jauh mengenai curah hujan Kota Kendari, penelitian ini juga bertujuan untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang logika fuzzy dan prediksi cuaca.

Kata Kunci : Logika Fuzzy Mamdani, Curah Hujan, Kota Kendari, Prediksi Cuaca.

1. PENDAHULUAN

Volume hujan yang turun di suatu daerah tertentu dalam kurun waktu tertentu disebut dengan curah hujan. Curah hujan mempunyai dampak yang signifikan terhadap pertanian, hidrologi, iklim, dan kesejahteraan manusia [1]. Bencana alam seperti kekeringan, tanah longsor, dan banjir juga berkorelasi dengan curah hujan. Oleh karena itu, memperkirakan curah hujan di masa depan akan membantu mempersiapkan diri menghadapi manfaat dan kerugian hujan.

Logika fuzzy merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan. Subbidang logika yang dikenal sebagai logika fuzzy memanfaatkan derajat keanggotaan dalam himpunan sehingga keanggotaan tidak terbatas pada benar atau salah. Fuzzy adalah istilah linguistik untuk tidak tepat, membingungkan, atau tidak jelas. Bahasa fuzzy mengacu pada jenis representasi pengetahuan yang dapat disesuaikan secara kontekstual dan digunakan untuk memecahkan masalah yang tidak dapat dipecahkan secara sempurna [2]. Menerapkan pemikiran fuzzy dan himpunan fuzzy pada pemetaan dari ruang masukan ke ruang keluaran adalah penggunaan logika fuzzy yang cocok. Logika fuzzy menggunakan derajat keanggotaan mulai dari 0 sampai 1 untuk mengakomodasi ambiguitas, ketidaktepatan, dan ketidaklengkapan data [3]. Logika fuzzy juga dapat menyampaikan pengetahuan manusia sebagai kaidah linguistik yang mudah dipahami.

Logika fuzzy memungkinkan produksi keluaran berdasarkan masukan dan aturan fuzzy menggunakan berbagai teknik inferensi. Metode fuzzy Mamdani merupakan teknik inferensi yang banyak digunakan. Ebrahim Mamdani pertama kali mempresentasikan teknik fuzzy Mamdani pada tahun 1975. Himpunan

fuzzy digunakan dengan cara ini di bagian berikutnya dari setiap aturan fuzzy. Teknik fuzzy Mamdani menghasilkan himpunan fuzzy yang selanjutnya diubah menjadi nilai crisp melalui penerapan proses defuzzifikasi [4].

Logika fuzzy Mamdani adalah salah satu teknik yang dapat digunakan untuk meramalkan curah hujan. Metode ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lain, seperti metode ini dapat menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data input dan output. Metode ini menggunakan himpunan fuzzy yang dapat merepresentasikan nilai-nilai yang tidak terdefinisi secara eksak atau tidak memiliki kriteria mutlak [5]. Dengan demikian, metode ini dapat mengakomodasi variasi dan perbedaan dalam kondisi cuaca. Metode ini dapat menghasilkan output berupa himpunan fuzzy yang lebih spesifik dan detail daripada output berupa fungsi linear atau konstanta. Output ini dapat disajikan dalam bentuk kategori-kategori yang sesuai dengan konteks masalah. Dengan demikian, metode ini dapat memberikan informasi yang lebih bermakna dan relevan bagi pengambil keputusan. Metode ini dapat digunakan untuk berbagai jenis masalah yang melibatkan hubungan antara variabel input dan output. Metode ini menggunakan aturan fuzzy yang dibentuk dari operator logika fuzzy seperti implikasi, konjungsi, disjungsi, dan negasi [6]. Dengan demikian, metode ini dapat menangkap kompleksitas dan dinamika dari masalah cuaca.

Pendekatan fuzzy Mamdani akan digunakan dalam penelitian ini untuk memprediksi curah hujan di Kota Kendari. Ibu kota Provinsi Sulawesi Tenggara, Kota Kendari, mengalami dua musim berbeda di iklim tropis musim hujan dan musim kemarau. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan

Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Kendari menyediakan data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini. Curah hujan bulanan tahun sebelumnya, 2022, termasuk dalam data ini.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah, petani, pemilik usaha, dan masyarakat umum yang tertarik untuk mengetahui lebih jauh mengenai besarnya curah hujan di Kota Kendari. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang prediksi cuaca dan logika fuzzy.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logika Fuzzy Mamdani

Jenis logika yang dikenal sebagai logika fuzzy mampu menangani ambiguitas, ketidaktepatan, dan data yang hilang. Berbeda dengan logika klasik yang hanya bisa membedakan dua nilai kebenaran benar (1) dan salah (0) logika fuzzy memungkinkan adanya lebih banyak kemungkinan. Derajat keanggotaan, atau nilai kebenaran perantara, dikenali oleh logika fuzzy dan berkisar dari 0 hingga 1.

Metode fuzzy Mamdani yang pertama kali dikemukakan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 merupakan salah satu pendekatan dalam logika fuzzy. Teknik ini diciptakan dengan menggunakan norma bahasa yang dipelajari dari operator manusia yang terampil untuk mengoperasikan kombinasi *boiler* dan mesin uap. Karena pendekatan ini mengikuti kecenderungan manusia, maka lebih mudah bagi orang untuk memahami dan menerimanya.

Ada empat langkah dalam metode fuzzy Mamdani:

- Membentuk himpunan fuzzy
Fuzzifikasi, atau penggunaan fungsi keanggotaan untuk mengubah nilai *input* tegas menjadi nilai fuzzy, merupakan hal yang diperlukan pada *level* ini. Fungsi keanggotaan hadir dalam berbagai geometri, termasuk trapesium dan segitiga. Nilai-nilai ambigu tersebut kemudian dibagi menjadi variabel linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi.
- Penggunaan fungsi implikasi
Praktik penerapan aturan fuzzy yang telah ditetapkan sebelumnya merupakan inti dari langkah ini. Aturan *IF-THEN* yang menghubungkan variabel *input* dan *output*.
- Komposisi aturan
Pada langkah ini, semua aturan yang telah dipenuhi digabungkan menjadi kumpulan keluaran yang fuzzy. Operator maksimum, minimum, dan jenis lainnya dapat digunakan dalam proses ini. Kumpulan keluaran fuzzy akhir, yang mencerminkan temuan sistem fuzzy, adalah produk dari langkah ini.
- Defuzzifikasi
Pada langkah ini, prosedur khusus digunakan untuk mengubah nilai keluaran fuzzy menjadi nilai keluaran tegas. *Centroid*, *mean* maksimum, dan bentuk lainnya dimungkinkan untuk proses

defuzzifikasi. Pilihan akhir sistem fuzzy diwakili oleh nilai *output* ini.

2.2. Prediksi Curah Hujan

Proses peramalan kuantitas dan kualitas hujan yang akan turun pada suatu lokasi tertentu dan waktu tertentu disebut dengan prediksi curah hujan. Memprediksi jumlah hujan sangat penting karena beberapa alasan, termasuk pengelolaan sumber daya air, persiapan pertanian, pencegahan bencana, dan banyak lagi.

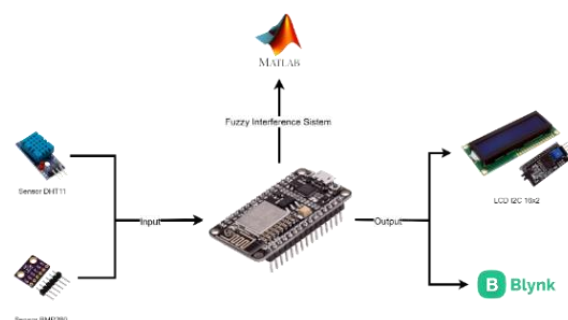
Curah hujan dapat diprediksi dengan menggunakan berbagai teknik, antara lain pendekatan statistik, dinamis, empiris, dan fuzzy. Teknik fuzzy merupakan salah satu cara untuk mengatasi ketidakpastian dan ketidakpastian pada data curah hujan dengan menerapkan logika fuzzy. Dibandingkan metode-metode sebelumnya, metode fuzzy dapat menghasilkan perkiraan curah hujan yang lebih tepat dan mudah beradaptasi.

2.3. Kota Kendari

Ibu kota Provinsi Sulawesi Tenggara adalah Kota Kendari. Kota ini terletak di tepi Teluk Kendari, jalur laut yang digunakan untuk perdagangan sejak zaman prasejarah. Dengan jumlah penduduk sekitar 347.381 jiwa, Kota Kendari terletak di atas lahan seluas 271,8 km² (2023). Kota Kendari dikenal dengan sebutan “Kota Lulo” yang berarti “kota yang indah dan bersih” dengan semboyan “Kota Kendari Bertaqwa”.

Penulis dan kartografer Belanda Vosmaer membangun istana raja suku Tolaki, Tebau, pada tanggal 9 Mei 1831, menandai dimulainya sejarah Kota Kendari. Belakangan, hari tersebut ditetapkan sebagai hari jadi Kota Kendari. Kota Kendari menjadi ibu kota Kewedanan dan Onder Afdeling Laiwoi pada masa penjajahan Belanda. Sesuai Undang-Undang Nomor 29 Tahun 1959, Kota Kendari ditetapkan sebagai ibu kota Kabupaten Daerah Tingkat II setelah Indonesia merdeka. Sesuai Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1995, Kota Kendari resmi berdiri sebagai kotamadya pada tahun 1995. Berdasarkan Perpu Nomor 2 Tahun 1964, Kota Kendari ditetapkan sebagai ibu kota Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 1964.

3. METODE PENELITIAN



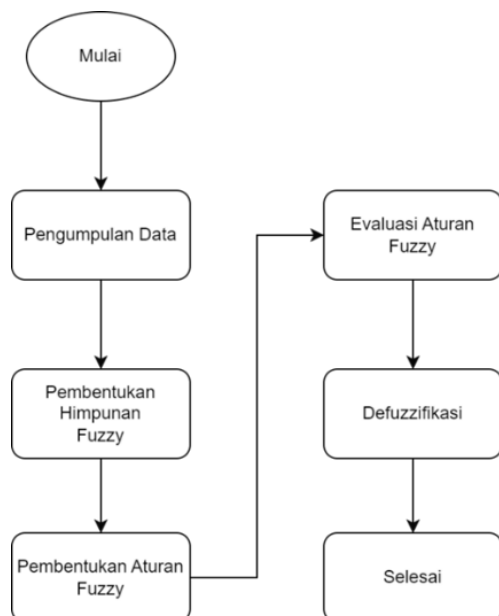
Gambar 1. Desain perangkat iot

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimen dengan data historis curah hujan Kota Kendari tahun 2022 yang diperoleh dari BMKG dan BPS Kendari. Setelah itu, logika fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah data guna memprediksi curah hujan di Kota Kendari.

Tiga *input* digunakan dalam penyelidikan ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. *Inputnya* adalah sensor suhu dan tekanan udara BMP280 serta sensor kelembaban DHT11. Suhu lingkungan diukur dengan sensor DHT11, sedangkan tekanan dan suhu udara sekitar diukur dengan sensor BMP280. Logika fuzzy diuji pada software Matlab untuk memastikan logika yang perlu diprogram pada ESP8266 sebelum memproses data pada perangkat. Nantinya, data sensor akan diproses secara bersamaan. Setelah pemrosesan ESP8266, program Blynk akan menampilkan data pada LCD 16x2.

Logika fuzzy Mamdani merupakan teknik inferensi fuzzy yang menyimpulkan kesimpulan dari data yang ambigu atau tidak pasti dengan menerapkan prinsip kebahasaan. Pengumpulan data, pembentukan himpunan fuzzy, pembentukan aturan fuzzy, evaluasi aturan fuzzy, dan defuzzifikasi merupakan lima langkah logika fuzzy Mamdani [7].

Untuk memanfaatkan pendekatan fuzzy Mamdani dalam prediksi curah hujan di Kota Kendari, penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy Mamdani. Langkah-langkah metodologis yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

a. Pengumpulan Data

Data tekanan udara, suhu, dan kelembaban dikumpulkan. Informasi ini dimasukkan ke dalam model fuzzy.

b. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Dibuat fuzzy set untuk setiap variabel *input* (suhu, kelembaban, dan tekanan udara) berdasarkan kategori yang bersangkutan.

c. Pembentukan aturan fuzzy

Mengembangkan Aturan Fuzzy Berdasarkan fakta terkini dan pengetahuan para ahli, aturan fuzzy dikembangkan.

d. Evaluasi aturan fuzzy

Menilai Aturan Fuzzy Setelah pembuatan aturan fuzzy, aturan dinilai oleh sistem menggunakan data masukan. Fuzzifikasi data masukan, penerapan aturan fuzzy, dan agregasi keluaran fuzzy merupakan langkah-langkah dalam proses ini.

e. Defuzzifikasi

Menghilangkan kebingungan Prosedur defuzzifikasi kemudian diterapkan untuk mengubah *output* fuzzy menjadi nilai tegas. Hasilnya adalah prakiraan curah hujan di Kendari.

Metodologi ini memungkinkan peneliti untuk memodelkan hubungan yang kompleks dan tidak pasti antara suhu, kelembaban dan tekanan udara serta curah hujan, yang sulit dilakukan dengan metode statistik tradisional. Selain itu, metode ini juga memberikan fleksibilitas dalam menghadapi berbagai kondisi cuaca dan dapat dengan mudah diperbarui atau disesuaikan dengan data baru.

3.1. Pengumpulan data

Data curah hujan historis Kota Kendari tahun 2022 digunakan untuk mengumpulkan data. Data tersebut disampaikan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan Badan Pusat Statistik (BPS). Setiap bulan, data curah hujan dicatat dan dinyatakan dalam milimeter (mm). Model logika fuzzy Mamdani yang dikembangkan untuk penelitian ini diuji menggunakan data tersebut. Selain data curah hujan, BMKG juga mengumpulkan data suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Satuan pengukuran data ini adalah hektopascal (hPa), kelembaban relatif (%), dan derajat Celsius (°C). Model logika fuzzy Mamdani menggunakan data ini sebagai variabel masukan.

Perangkat IoT digunakan dalam pengumpulan data. Matlab menggunakan data ini sebagai masukan untuk inferensi fuzzy (FIS). Kesalahan untuk setiap aturan yang digunakan diperiksa menggunakan *output* dari FIS Matlab. Total data yang dikumpulkan berjumlah 135 data.

Tujuan pengumpulan data ini adalah untuk mengumpulkan data yang mewakili dan relevan mengenai permasalahan yang sedang diselidiki. Akurasi dan kehandalan model logika fuzzy Mamdani dalam memprediksi curah hujan di Kota Kendari akan meningkat dengan hadirnya data yang lengkap dan sah. Untuk mengetahui hubungan antara variabel *input* dan *output*, juga akan dilakukan analisis statistik dan grafik dengan menggunakan data ini.

3.2. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Proses pembuatan himpunan fuzzy melibatkan pengklasifikasian variabel masukan suhu, kelembaban, dan tekanan udara serta variabel keluaran curah hujan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan nilai tertentu.

Tabel 1. Himpunan suhu

Variabel	Himpunan Fuzzy	Jangkauan
Suhu (°C)	Dingin	[22, 22, 27]
	Hangat	[25, 29, 32]
	Panas	[30, 35, 35]

Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel suhu difuzzifykan menjadi dingin, hangat, dan panas, dengan kisaran nilai Celsius (°C) untuk suhu dingin.

Tabel 2. Himpunan kelembapan

Variabel	Himpunan Fuzzy	Jangkauan
Kelembapan (%)	Kering	[47, 47, 68]
	Lembab	[69, 73, 86]
	Basah	[78, 98, 98]

Tabel 2 menampilkan variasi nilai kelembaban relatif (%) untuk set fuzzifikasi kering, lembab, dan basah untuk set kelembaban.

Tabel 3. Himpunan tekanan udara

Variabel	Himpunan Fuzzy	Jangkauan
Tekanan Udara (hPa)	Ringan	[1001, 1001, 1008]
	Normal	[1006, 1009, 1013]
	Berat	[1011, 1017, 1017]

Dengan rentang nilai hektopascal (hPa), maka himpunan fuzzifikasi untuk tekanan udara yang ditetapkan pada tabel 3 adalah ringan, normal, dan berat.

Tabel 4. Himpunan curah hujan

Variabel	Himpunan Fuzzy	Jangkauan
Curah hujan (mm)	Rendah	[90, 90, 160]
	Sedang	[140, 177, 210]
	Tinggi	[190, 265, 265]

Tabel 4 menyajikan himpunan fuzzifikasi himpunan curah hujan sebagai rendah, sedang, dan tinggi, sesuai dengan rentang nilai milimeter (mm).

3.3. Pembentukan Aturan Fuzzy

Komponen penting dari sistem logika fuzzy adalah aturan fuzzy. Berdasarkan data terkini dan pengetahuan para ahli, aturan-aturan ini telah dikembangkan [8] [9]. Aturan fuzzy dikembangkan dalam kerangka penelitian ini berdasarkan korelasi suhu, kelembaban, tekanan udara, dan prakiraan curah hujan di Kendari. Penelitian ini menggunakan aturan fuzzy, yaitu:

[Rule 1] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is*

Kering) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Rendah)

[Rule 2] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 3] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 4] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Sedang)*

[Rule 5] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Sedang)*

[Rule 6] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 7] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 8] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 9] *If (Suhu is Dingin) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 10] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 11] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 12] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Sedang)*

[Rule 13] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Sedang)*

[Rule 14] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Sedang)*

[Rule 15] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 16] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 17] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 18] *If (Suhu is Hangat) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Tinggi)*

[Rule 19] *If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 20] *If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Kering) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Rendah)*

[Rule 21] *If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is*

- Kering) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Rendah)
- [Rule 22] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Rendah)
- [Rule 23] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Sedang)
- [Rule 24] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Lembab) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Sedang)
- [Rule 25] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Ringan) Then (Curah Hujan is Sedang)
- [Rule 26] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Normal) Then (Curah Hujan is Tinggi)
- [Rule 27] If (Suhu is Panas) and (Kelembapan is Basah) and (Tekanan is Berat) Then (Curah Hujan is Tinggi)

3.4. Evaluasi Aturan Fuzzy

Proses evaluasi aturan fuzzy yang ditetapkan oleh sistem berdasarkan data masukan dikenal dengan evaluasi aturan fuzzy [10]. Ada beberapa langkah dalam proses ini:

- Fuzzifikasi Data Masukan
Dengan menggunakan himpunan fuzzy yang dibuat sebagai panduan, data masukan (suhu, kelembapan, dan tekanan udara) diubah menjadi nilai fuzzy.
- Penerapan Aturan Fuzzy
Setelah data masukan difuzzifikasi, aturan fuzzy yang dihasilkan diterapkan.
- Agregasi Output Fuzzy
Proses ini menghasilkan *output* fuzzy keseluruhan dengan menggabungkan *output* dari setiap aturan fuzzy.

Untuk memastikan bahwa aturan yang dikembangkan dapat menghasilkan keluaran yang benar dan konsisten berdasarkan data masukan, maka penting untuk mengevaluasi aturan fuzzy. Selain itu, jika diperlukan, aturan fuzzy dapat diperbaiki atau disesuaikan dengan menggunakan prosedur peninjauan ini.

3.5. Defuzzifikasi

Proses mengubah *output* fuzzy menjadi nilai tegas yang dapat diterapkan pada pengambilan keputusan dikenal sebagai defuzzifikasi [11], [12]. Metode defuzzifikasi akan mengubah *output* fuzzy perkiraan curah hujan di Kota Kendari menjadi nilai nyata dalam konteks penelitian ini. Salah satu teknik untuk mengubah nilai fuzzy menjadi nilai tegas adalah dengan metode defuzzifikasi centroid. Rumus yang digunakan dalam prosedur ini adalah sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_A(z_i) z_i}{\sum_{i=1}^n \mu_A(z_i)} \quad (1)$$

Dimana z^* adalah nilai tegas yang dihasilkan, $\mu_A(z_i)$ adalah nilai keanggotaan fuzzy dari himpunan

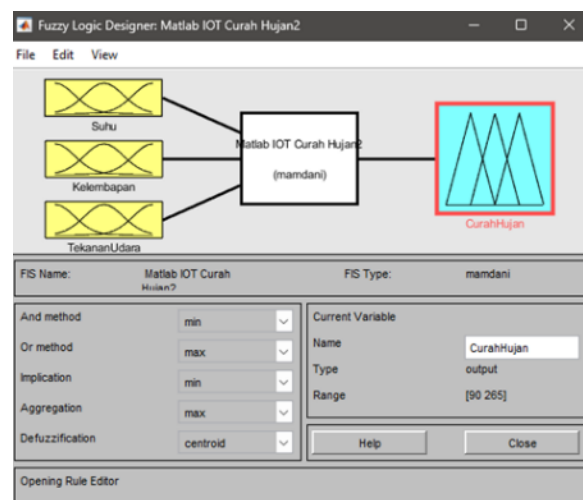
fuzzy A di titik z_i , dan n adalah banyaknya titik yang dipertimbangkan. Untuk menerapkan metode ini pada prediksi curah hujan perlu melakukan langkah-langkah berikut:

- Tentukan nilai *input* yaitu suhu, kelembapan, dan tekanan udara.
- Melakukan fuzzifikasi yaitu menentukan nilai keanggotaan fuzzy dari setiap masukan pada himpunan fuzzy yang telah ditentukan.
- Melakukan inferensi yaitu menggunakan aturan fuzzy yang telah ditentukan untuk menentukan nilai keanggotaan fuzzy keluaran yaitu curah hujan pada setiap himpunan fuzzy yang ada.
- Lakukan defuzzifikasi yaitu menggunakan rumus centroid untuk menghitung nilai pasti curah hujan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Dengan Fuzzy Interference System Matlab

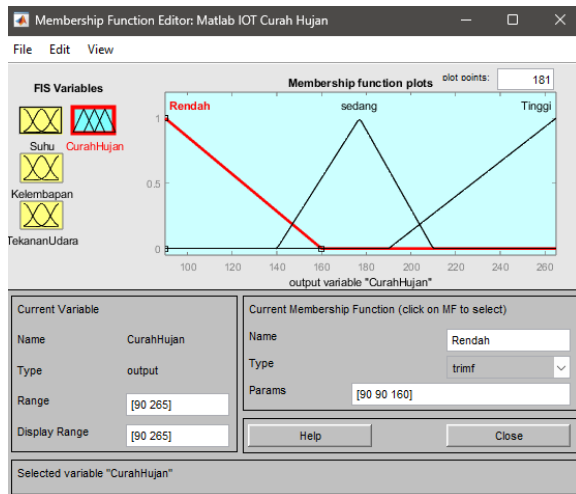
Pada penelitian ini digunakan metode logika fuzzy Mamdani untuk memprediksi curah hujan di Kota Kendari. Peneliti menentukan tiga variabel masukan yaitu suhu, kelembapan dan tekanan, serta satu variabel keluaran yaitu kategori curah hujan. Kemudian menentukan 27 aturan fuzzy yang menghubungkan variabel masukan dan keluaran. Data historis curah hujan di Kota Kendari tahun 2022 sebagai data untuk menentukan rentang nilai variabel yang ditetapkan.



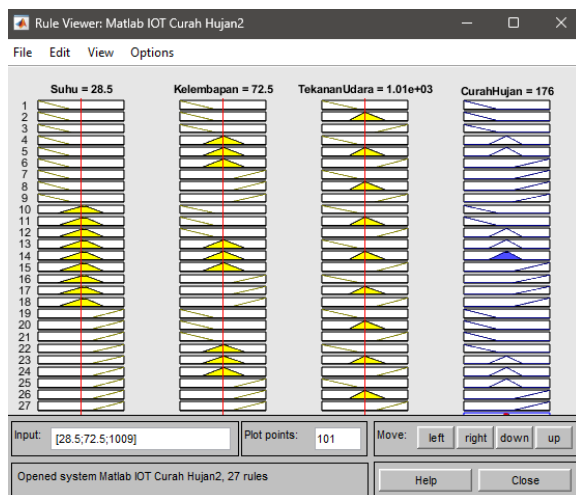
Gambar 3. Matlab FIS

Pengujian ini menggunakan FIS Matlab yang terlihat pada Gambar 3 yang menampilkan tiga variabel *input* yaitu suhu, kelembapan dan tekanan udara serta satu variabel *output* yaitu curah hujan. Peneliti menghitung nilai keanggotaan fuzzy setiap variabel masukan dan keluaran dengan menggunakan fungsi keanggotaan trapesium. Peneliti juga menghitung nilai keluaran fuzzy untuk setiap aturan fuzzy dengan menggunakan operator MIN sebagai fungsi implikasinya. Selanjutnya peneliti menghitung

nilai keluaran defuzzifikasi dengan menggunakan metode centroid sebagai metode defuzzifikasi.



Gambar 4. Variabel curah hujan matlab



Gambar 5. Aturan fuzzy matlab

Pada Gambar 4, ditampilkan tiga variabel masukan fuzzy suhu, kelembapan dan tekanan udara, serta satu variabel keluaran fuzzy curah hujan. Setelah memasukkan rentang nilai setiap variabel himpunan, maka terbentuklah area untuk setiap variabel himpunan fuzzy.

Gambar 5 merupakan hasil pengumpulan data berdasarkan keputusan dengan menggunakan metode logika fuzzy Mamdani dari FIS matlab.

4.2. Pengujian Dengan Pengambilan Data

Pengujian ini diambil dari beberapa uji coba acak terhadap 135 sampel yang diambil, dan nilai dari ketiga sensor tersebut digunakan sebagai masukan pada simulasi Matlab.

Data tersebut digunakan untuk membandingkan nilai keluaran defuzzifikasi Matlab dengan nilai prediksi curah hujan dari BMKG untuk mengukur tingkat akurasi prediksi. Persentase kesalahan digunakan untuk mengukur kesalahan prediksi. Persentase kesalahan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{error} (\%) = \frac{\text{Nilai defuzzifikasi} - \text{Nilai Fuzzy}}{\text{Nilai Fuzzy}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana nilai defuzzifikasi adalah nilai output dari fis matlab, nilai fuzzy adalah rentang nilai fuzzy dari himpunan curah hujan, dan 100% adalah untuk menentukan berapa persen error yang dihasilkan pada setiap rule[13].

Menampilkan hasil perhitungan nilai fuzzy, keluaran curah hujan, dan *error* setiap aturan fuzzy dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Data uji pengambilan keputusan menggunakan metode logika fuzzy mamdani

Rule Fuzzy	Nilai Fuzzy		Curah Hujan Dikota Kendari (mm) Matlab					Error (%)
	Min	Max	1	2	3	4	5	
Rule 1	90	160	115	114	175	118	119	3,04 %
Rule 2	90	160	175	115	147	118	130	9,6 %
Rule 3	90	160	113	120	175	175	236	31,04 %
Rule 4	140	210	175	175	176	175	238	12,80 %
Rule 5	140	210	176	119	175	175	212	2,05 %
Rule 6	190	265	117	175	235	235	239	12,0 %
Rule 7	190	265	238	113	175	235	235	12,43 %
Rule 8	190	265	241	233	241	175	235	1,09 %
Rule 9	190	265	139	176	154	192	175	26,50 %
Rule 10	90	160	176	116	176	187	170	32,0 %
Rule 11	90	160	118	175	119	175	120	5,73 %
Rule 12	140	210	118	238	175	175	175	13,12 %
Rule 13	140	210	175	176	175	175	167	0,8 %
Rule 14	140	210	175	175	175	175	175	0 %
Rule 15	190	265	236	199	240	236	234	0,65 %
Rule 16	190	265	182	193	192	199	184	16,48 %
Rule 17	190	265	181	193	192	199	199	15,25 %
Rule 18	190	265	235	236	232	235	236	3,20 %
Rule 19	90	160	119	118	119	120	119	4,8 %

Rule Fuzzy	Nilai Fuzzy		Curah Hujan Dikota Kendari (mm) Matlab					Error (%)
	Min	Max	1	2	3	4	5	
Rule 20	90	160	118	115	117	119	120	5,76 %
Rule 21	90	160	113	116	114	118	113	8,16 %
Rule 22	90	160	176	176	175	175	175	40,32 %
Rule 23	140	210	176	176	176	175	176	0,45 %
Rule 24	140	210	159	159	176	120	181	9,14 %
Rule 25	140	210	181	176	181	176	192	3,54 %
Rule 26	190	265	187	181	187	181	193	18,32 %
Rule 27	190	265	236	199	240	236	234	0,65 %
Rata-Rata Error								10,70 %

Rata-rata error seluruh aturan fuzzy sebesar 10,70% yang menunjukkan bahwa prediksi curah hujan dengan menggunakan logika fuzzy Mamdani mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik. Aturan fuzzy yang mempunyai error terkecil adalah aturan fuzzy ke-14, yaitu jika suhu hangat, kelembaban lembab, dan tekanan normal maka curah hujan sedang. Error pada aturan fuzzy ini sebesar 0% yang berarti nilai keluaran defuzzifikasi sama dengan nilai prediksi curah hujan. Aturan fuzzy yang mempunyai error terbesar adalah aturan fuzzy ke 22 yaitu jika suhu panas, kelembaban lembab, dan tekanan ringan maka curah hujan rendah. Error pada aturan fuzzy ini sebesar 40,32% yang berarti nilai keluaran defuzzifikasi jauh lebih rendah dari nilai prediksi curah hujan.

Secara umum, aturan fuzzy yang melibatkan suhu panas dan kelembapan kering cenderung memiliki kesalahan yang lebih besar dibandingkan aturan fuzzy yang melibatkan suhu dingin dan kelembapan basah. Hal ini mungkin disebabkan karena kondisi suhu panas dan kelembapan kering jarang terjadi di Kota Kendari sehingga data yang tersedia kurang mewakili kondisi tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode logika fuzzy Mamdani dapat digunakan untuk meramalkan curah hujan di Kota Kendari dengan akurasi yang cukup baik, yaitu sebesar 89,30%. Aturan fuzzy yang paling akurat adalah aturan fuzzy ke-14, yang menggambarkan kondisi cuaca yang sering terjadi di Kota Kendari, yaitu suhu hangat, kelembaban lembab, dan tekanan normal. Aturan fuzzy yang paling tidak akurat adalah aturan fuzzy ke-22, yang menggambarkan kondisi cuaca yang jarang terjadi di Kota Kendari, yaitu suhu panas, kelembaban lembab, dan tekanan ringan. Adapun saran yang terdapat pada potensi pengembangan dalam penelitian ini, khususnya dalam hal memilih dan mencari tahu aturan fuzzy, fungsi keanggotaan, dan rentang nilai yang lebih ideal dan sesuai dengan situasi aktual Kota Kendari. Untuk menilai kemandirian dan ketepatan berbagai teknik logika fuzzy yang digunakan, penelitian ini berpotensi diperluas untuk mencakup teknik logika fuzzy Sugeno atau Tsukamoto.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunadi, I., Suseno, J. E., Khuriati, A., Hersaputri, M., & Putranto, A. B., 2022. Penentuan Curah

Hujan Berdasarkan Input Cuaca Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani, *Jurnal Pengabdian Vokasi*. Vol. 2, No. 2, pp. 155-159. doi: 10.14710/jpv.2021.13424

- [2] Tenriawaru, A., Saputra, R. A., & Yusril, M., 2023. Sistem Kendali Lampu Otomatis Multisensor Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control Inferensi Sugeno Berbasis Mikrokontroler, *Jurnal Eksplora Informatika*. Vol. 13, No. 1, pp. 69-83. doi: 10.30864/eksplora.v13i1.812
- [3] Yulianto, T., Solehah, I., Faisol, F., Amalia, R., & Tafrikan, M., 2023. Perbandingan Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Intensitas Curah Hujan Di Kabupaten Sumenep. *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen*. Vol. 4, No. 1. doi: 10.31102/jatim.v4i1.2186
- [4] Afrijal, R., Kusuma, A. P., & Febrinta, F. 2023. Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mengukur Efektifitas Penggunaan Aplikasi E-Learning (Edlink) Selama Proses Pembelajaran Dengan Menggunakan Usabilitas Evaluation. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. Vol. 7, No. 1, pp. 6-12. doi: 10.36040/jati.v7i1.6020
- [5] Hermawan, M. R., & Alam, R. 2020. Logika Fuzzy Mamdani Untuk Mendukung Keputusan Pembelian Laptop Asus M409BA Berdasarkan Spesifikasi Yang Tersedia. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, Vol. 1, No. 3, pp. 98-103. doi: 10.30865/klik.v1i3.122
- [6] Sufarnap, E., & Sudarto, S. 2019. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Jumlah Produksi. *In Seminar Nasional Sains dan Teknologi Informasi (SENSASI)*. Vol. 2, No. 1. Retrieved from: <http://prosiding.seminar-id.com/index.php/sensasi/article/view/331/323>
- [7] Raharjo, M. R., Saputra, R. E., Harjupa, W., & Fathrio, I., 2021. Perancangan Prediktor Hujan Deras Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani. *e-Proceeding of Engineering*. Vol. 8, No. 5, pp. 6557. doi: 10.22441/jte.2021.v12i2.003
- [8] Yuliantika, S., & Kartika, D. L., 2022. Implementasi Metode Fuzzy Mamdani sebagai Deteksi Awal Banjir Lokal di Bendung Gerak Serayu. *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*. Vol. 4, No. 1, pp. 17-25. doi: 10.21580/square.2022.4.1.11177

- [9] Prasetyo, A. D., Septyono, M. B., Pratama, B. R., & Sari, A. P., 2023. Penerapan Metode Mamdani Untuk Prediksi Produksi Padi di Pulau Sumatera. *In Prosiding Seminar Nasional Informatika Bela Negara*, Vol. 3, pp. 58-62. Retrieved from: <http://santika.upnjatim.ac.id/submissions/index.php/santika/article/view/192>
- [10] Sukmawati, A., Iryana, L., Adriansyah, P., & Kesuma, L. I. 2023. Identification of Floods in Palembang Area Using Fuzzy Logic Method of Mamdani and Sugeno. *Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 434-444. doi: 10.31289/jite.v6i2.8146
- [11] Mutia, A. C., Sundoro, A. F., Yajiddin, A., Khoirullah, M., & Aini, Q., 2018. Review Penerapan Fuzzy Logic Sugeno dan Mamdani pada Sistem Pendukung Keputusan Prakiran Cuaca di Indonesia. *UIN Syarif hidayatullah Jakarta*. Retrieved from: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/43344>
- [12] Saputra, D. A. 2020. Implementasi Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Penjualan Box Motor Berbasis Web (Studi Kasus: Toko Sipit Box Malang) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. Vol. 4, No. 1, pp. 256-263. doi: 10.36040/jati.v4i1.2309
- [13] Nafisah, N., Syamsiana, I. N., Kusuma, W., Putri, R. I., & Sumari, A. D. W. 2023. Analisa Perbandingan Pengaturan Suhu Berbasis Logika Fuzzy Interferensi Sugeno dan Mamdani pada Alat Pengering Biji Kopi. *Agroteknika*, Vol. 6, No. 2, pp. 272-288. doi: 10.55043/agroteknika.v6i2.240