

# **Prediksi Cuaca Harian Menggunakan Fuzzy Inference: Mamdani dan Sugeno**

MATA KULIAH DASAR KECERDASAN ARTIFICIAL



Kelas: IF-47-08

Oleh:

Nabila Putri Azhari (103012300316)

Jeany Ferliza Nayla (103012300357)

**FAKULTAS INFORMATIKA  
TELKOM UNIVERSITY BANDUNG  
2025**

# DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>2</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>3</b>
A. Latar Belakang.....	3
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Project.....	4
D. Manfaat Project.....	4
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>METODOLOGI.....</b>	<b>5</b>
A. Pengumpulan dan Persiapan Dataset.....	6
B. Perancangan Sistem Fuzzy Inference.....	7
1. Fuzzy Inference System Mamdani.....	7
2. Fuzzy Inference System Sugeno.....	8
C. Integrasi Model Machine Learning (ML) Sebagai Pembanding.....	8
1. Random Forest.....	8
D. Evaluasi Model.....	8
o SMAPE (Symmetric Mean Absolute Percentage Error).....	8
o MAE (Mean Absolute Error).....	8
E. Visualisasi dan Analisis Hasil.....	9
F. Tools dan Teknologi.....	9
G. Link Github:.....	9
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>10</b>

# PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi dan pola cuaca yang sangat dinamis. Perubahan cuaca yang cepat dan tidak terduga dapat berdampak pada berbagai sektor, seperti pertanian, transportasi, dan pariwisata. Oleh karena itu, prediksi cuaca yang akurat menjadi penting sebagai bentuk mitigasi risiko.

Salah satu contoh nyata dari pentingnya prediksi cuaca yang akurat terjadi di Kabupaten Karawang, Jawa Barat, yang dikenal sebagai salah satu lumbung padi nasional di Indonesia. Petani di wilayah ini sangat bergantung pada kondisi cuaca dalam menentukan waktu tanam, pemupukan, hingga masa panen. Namun, perubahan iklim yang makin ekstrem menyebabkan pola curah hujan menjadi tidak menentu dan sulit diprediksi. Kondisi ini mengakibatkan banyak petani salah menentukan awal musim tanam, penggunaan pupuk menjadi tidak efektif karena terbawa hujan deras, bahkan berujung pada gagal panen. Permasalahan ini semakin diperparah oleh terbatasnya akses terhadap sistem prediksi cuaca lokal yang akurat dan mudah dipahami oleh masyarakat petani.

Oleh karena itu, diperlukan sistem prediksi cuaca yang adaptif, sederhana, dan mampu menangani ketidakpastian data iklim secara efektif. Sistem inferensi fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS), khususnya pendekatan Mamdani, menjadi salah satu solusi yang relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Dengan menggunakan input berupa suhu maksimum, curah hujan, dan kecepatan angin, sistem ini dapat memberikan prediksi cuaca harian seperti hujan, cerah, kabut, atau gerimis secara lokal. Implementasi sistem ini tidak hanya membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat, tetapi juga meningkatkan ketahanan sektor pertanian terhadap perubahan cuaca yang dinamis.

## B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun sistem prediksi cuaca harian di Indonesia menggunakan metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno?
2. Sejauh mana akurasi prediksi cuaca yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut?
3. Metode mana yang lebih unggul antara Mamdani dan Sugeno dalam konteks prediksi cuaca harian?
4. Bagaimana performa metode fuzzy logic dibandingkan dengan metode machine learning (seperti random forest, atau LGBM) dalam memprediksi cuaca harian?

### C. Tujuan Project

1. Mengembangkan sistem prediksi cuaca harian menggunakan metode FIS Mamdani dan Sugeno.
2. Membandingkan performa kedua metode dalam hal akurasi dan efisiensi prediksi.
3. Memberikan rekomendasi metode yang lebih sesuai untuk aplikasi prediksi cuaca di Indonesia.
4. Membandingkan hasil prediksi cuaca dari metode fuzzy dengan hasil dari algoritma machine learning untuk menilai efektivitas.

### D. Manfaat Project

1. Memberikan alternatif metode prediksi cuaca yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian.
2. Membantu masyarakat dan sektor-sektor vital seperti pertanian dan transportasi dalam pengambilan keputusan berbasis prediksi cuaca.
3. Menjadi referensi awal dalam pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis logika fuzzy di bidang meteorologi.

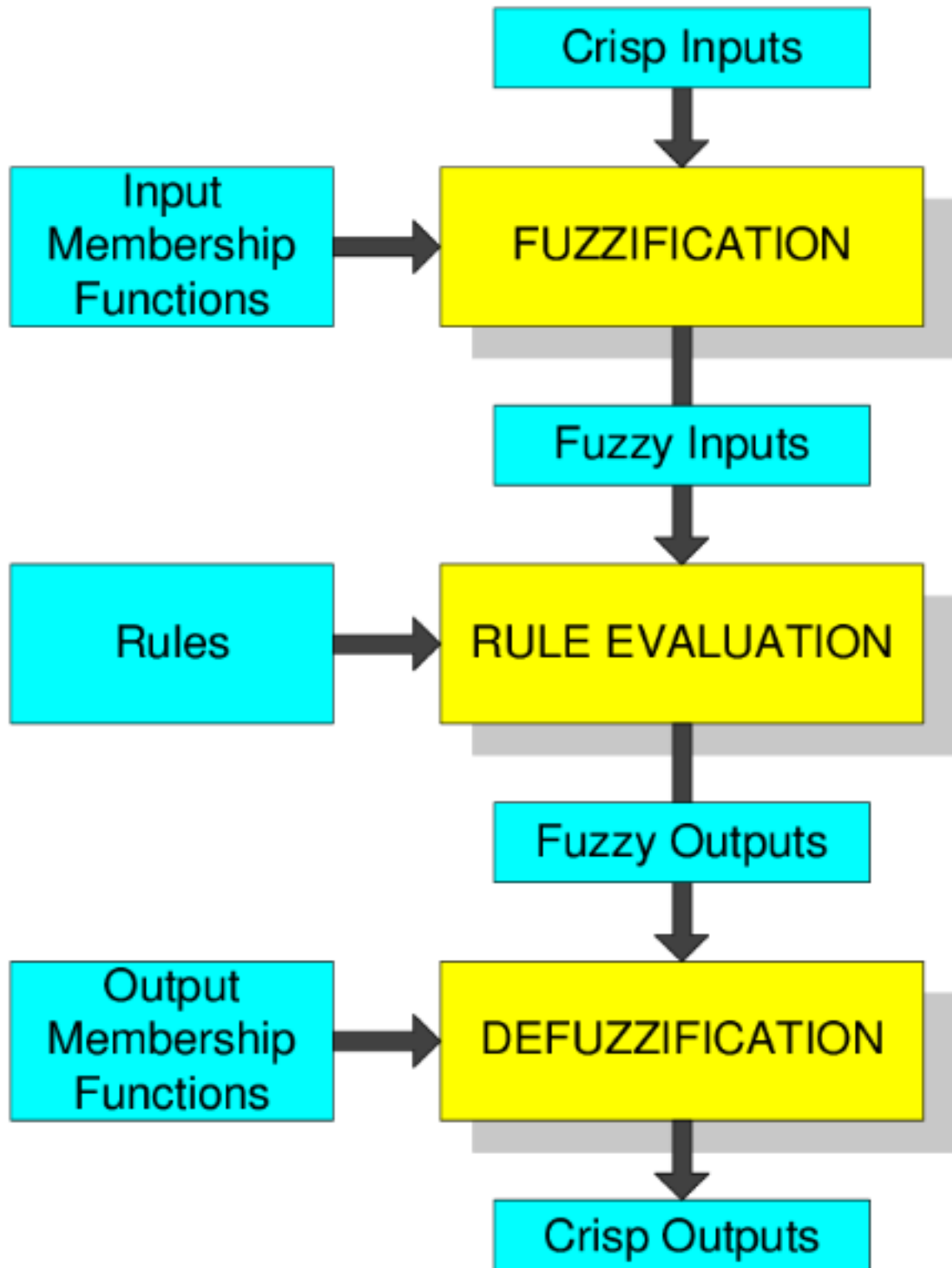
## TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka kami berasal dari beberapa penelitian sebelumnya yang telah mengeksplorasi penggunaan metode fuzzy untuk prediksi cuaca:

- **Kurniawan et al. (2019)** menggunakan metode Mamdani untuk prediksi curah hujan di Jawa Barat. Hasilnya menunjukkan bahwa metode fuzzy dapat memberikan estimasi yang cukup baik pada data cuaca historis.
- **Astuti & Wijaya (2020)** membandingkan metode Sugeno dan Mamdani untuk prediksi kelembapan udara dan menunjukkan bahwa Sugeno memberikan hasil yang lebih akurat dalam beberapa kasus karena kemampuannya untuk menangani fungsi output linier.
- **Prasetyo et al. (2022)** menggabungkan logika fuzzy dengan machine learning dalam rangka prediksi cuaca harian di Surabaya dan menyimpulkan bahwa integrasi metode fuzzy dengan data historis dapat meningkatkan akurasi prediksi.

Dari tinjauan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kedua metode memiliki kelebihan masing-masing tergantung pada konteks dan karakteristik data. Maka dari itu, penting dilakukan studi komparatif dalam konteks iklim Indonesia.

## METODOLOGI



## A. Pengumpulan dan Persiapan Dataset

### 1. Sumber Data:

Dataset cuaca harian Indonesia diambil dari Kaggle melalui tautan:

<https://www.kaggle.com/datasets/ananthr1/weather-prediction>

	date	Curah Hujan	Suhu max	Suhu min	Angin	weather
0	2012-01-01	0.0	12.8	5.0	4.7	drizzle
1	2012-01-02	10.9	10.6	2.8	4.5	rain
2	2012-01-03	0.8	11.7	7.2	2.3	rain
3	2012-01-04	20.3	12.2	5.6	4.7	rain
4	2012-01-05	1.3	8.9	2.8	6.1	rain
5	2012-01-06	2.5	4.4	2.2	2.2	rain

### 2. Isi Dataset:

Dataset mencakup variabel-variabel seperti:

- precipitation (Curah hujan)
- temp\_max (suhu maksimum)
- temp\_min (suhu minimum)
- wind (kecepatan angin)
- weater (label yang berisi kategori cuaca):
  - Snow
  - Sun
  - Rain
  - Fog
  - Drizzle

### 3. Langkah Persiapan Data:

A. Load Dataset: Menggunakan pandas untuk membaca file CSV.

B. Data Cleaning:

- Menghapus atau mengisi data kosong dengan interpolasi/statistik (mean/median).
- Menyaring data yang tidak valid (misalnya suhu ekstrem yang tidak masuk akal).

D. Normalisasi:

Skala fitur numerik agar cocok untuk model machine learning (MinMaxScaler/StandardScaler).

E. Split Dataset:

Bagi data menjadi training (80%) dan testing (20%).

## B. Perancangan Sistem Fuzzy Inference

### 1. Fuzzy Inference System Mamdani

- **Input:** Suhu max, kecepatan angin, dan curah hujan
- **Output:** Kategori Cuaca
- **Langkah:**
  1. Input Data
  2. Fuzzifikasi
    - Mengidentifikasi Variabel Input
    - Menentukan Himpunan Fuzzy Linguistik setiap input
      - Suhu maksimum: Dingin, Normal, Panas
      - Curah hujan: Rendah, Sedang, Tinggi
      - Kecepatan angin: Pelan, Sedang, Kencang
    - Membuat fungsi keanggotaan dari tiap himpunan linguistik (Membership Function)
  3. Evaluasi Rule Base: Menjalankan semua aturan IF-THEN fuzzy
  4. Inferensi: Menggabungkan hasil semua aturan menjadi output fuzzy gabungan menggunakan max (agregasi)
    - Contoh:

***IF suhu = Dingin AND hujan = Tinggi AND angin = Pelan  
THEN cuaca = Hujan***

5. Defuzzifikasi: Mengkonfersi hasil fuzzy dengan rumus dasar;

$$z = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx}$$

Di mana:

- $\mu(x)$  = derajat keanggotaan fuzzy terhadap nilai x
- x = nilai pada domain output
- z = nilai output hasil defuzzifikasi

6. Klasifikasi Output dengan menampilkan dataset ditambah kolom nilai mamdani dan kategori cuaca yang dihasilkan

■ Contoh:

	Suhu min	Suhu max	Curah Hujan	Angin	Model Mamdani	Kategori Cuaca
0	5.0	12.8	0.0	4.7	65.863549	Fog
1	2.8	10.6	10.9	4.5	30.000311	Rain
2	7.2	11.7	0.8	2.3	65.987708	Fog
3	5.6	12.2	20.3	4.7	30.000392	Rain
4	2.8	8.9	1.3	6.1	71.232229	Fog
5	2.2	4.4	2.5	2.2	66.248275	Fog

## 2. Fuzzy Inference System Sugeno

- **Input dan Output** sama dengan Mamdani.
- **Perbedaan utama:**
  - Fungsi output berupa linier atau konstan.
  - Defuzzifikasi menggunakan *weighted average*.
- Cocok untuk sistem prediksi numerik karena lebih cepat dan efisien secara komputasi.
- Langkah:
  1. Input Data
  2. Fuzzifikasi: Mengubah nilai numeric menjadi nilai fuzzy (Contoh: suhu 30C = tinggi dengan nilai 0.8)
  3. Evaluasi Rule Base: Menjalankan semua aturan IF-THEN yang menggunakan formula matematis pada bagian THEN . (Contoh: IF suhu “tinggi” AND kelembaban “tinggi” THEN  $y = 0.4 \times \text{suhu} + 0.6 \times \text{kelembaban} + 3$ )
  4. Perhitungan Output

## C. Integrasi Model Machine Learning (ML) Sebagai Pembanding

Untuk meningkatkan akurasi dan memberikan evaluasi komprehensif, model ML berikut akan digunakan sebagai pembanding terhadap FIS:

### 1. XG Boost

Bisa melakukan boosting secara optimal untuk pengklasifikasian data

## D. Evaluasi Model

Model (baik fuzzy maupun ML) akan dievaluasi menggunakan metrik:

- Akurasi
  - SMAPE (Symmetric Mean Absolute Percentage Error)
  - MAE (Mean Absolute Error)

## E. Visualisasi dan Analisis Hasil

1. Visualisasi Inferensi Fuzzy
2. Tabel Perbandingan Hasil Prediksi
3. Analisis Interpretasi

## F. Tools dan Teknologi

- Bahasa Pemrograman: Python
- Rencana Penggunaan Library:
  - sklearn (ML models, metrics)
  - numpy, pandas (data handling)
  - matplotlib, seaborn (visualisasi)



## **G. Link Github:**

[https://github.com/nabila-azhari/TUBES\\_DKA.git](https://github.com/nabila-azhari/TUBES_DKA.git)

## KESIMPULAN

### 1. Pentingnya Prediksi Cuaca di Indonesia

Indonesia dengan iklim tropis dan pola cuaca dinamis memerlukan sistem prediksi cuaca yang akurat untuk mendukung sektor pertanian, transportasi, dan pariwisata serta mengurangi risiko akibat perubahan cuaca cepat.

### 2. Sistem Inferensi Fuzzy sebagai Solusi

Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) menawarkan pendekatan yang baik untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data cuaca. Dua metode populer adalah Mamdani dan Sugeno, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan dalam interpretabilitas dan efisiensi komputasi.

### 3. Perbedaan Mamdani dan Sugeno

- Mamdani menggunakan output berupa himpunan fuzzy dan membutuhkan defuzzifikasi dengan metode centroid, menghasilkan output yang mudah dipahami secara linguistik tetapi lebih berat secara komputasi.
- Sugeno menghasilkan output berupa fungsi numerik langsung, lebih cepat dan efisien, tetapi kurang intuitif secara linguistik.

### 4. Proses Fuzzyfikasi dan Defuzzifikasi

Proses dimulai dari input crisp (nilai pasti dari suhu, curah hujan, kecepatan angin), diubah ke dalam derajat keanggotaan fuzzy melalui fungsi keanggotaan. Setelah inferensi fuzzy berdasarkan aturan, hasil di-defuzzifikasi menjadi nilai crisp menggunakan metode centroid (Mamdani) atau rata-rata tertimbang (Sugeno).

### 5. Perbandingan dengan Machine Learning

Untuk menguji performa, sistem fuzzy dapat dibandingkan dengan model machine learning (seperti Random Forest, SVM, dll) dengan langkah-langkah: persiapan data, pelatihan model, evaluasi akurasi, dan analisis hasil.

### 6. Evaluasi dan Visualisasi Hasil

Visualisasi akurasi, confusion matrix, fungsi keanggotaan, dan tabel perbandingan prediksi sangat penting untuk memahami kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode. Machine learning biasanya memberikan akurasi lebih tinggi, sementara fuzzy logic menawarkan interpretasi yang lebih jelas dan transparan.

### 7. Tujuan Utama dalam Penelitian

Selain membangun sistem prediksi cuaca, tujuan utama adalah membandingkan efektivitas dan kepraktisan metode fuzzy Mamdani dan Sugeno dengan machine learning untuk menentukan pendekatan terbaik yang sesuai dengan kondisi iklim dan kebutuhan aplikasi di Indonesia.

## REFERENSI

Kurniawan, D., Haryanto, D., & Susilo, R. (2019). *Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. Jurnal Informatika, 15(2), 85-92.

Astuti, R. & Wijaya, H. (2020). *Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno untuk Prediksi Kelembaban Udara*. Jurnal Sains dan Informatika, 6(1), 25–31.

Prasetyo, D., Nugroho, R. A., & Saraswati, P. (2022). *Penerapan Fuzzy dan Machine Learning dalam Prediksi Cuaca Harian di Surabaya*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi.

Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications* (3rd ed.). Wiley.

Kaggle (2023). *Indonesia Climate Dataset*. Diakses dari:  
<https://www.kaggle.com/datasets/greegtitan/indonesia-climate>

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., et al. (2011). *Scikit-learn: Machine Learning in Python*. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825–2830.