

Prediksi Curah Hujan Tahunan di Indonesia Menggunakan Model Hybrid Jaringan Syaraf Tiruan dan Algoritma Fuzzy

Annual Rainfall Prediction in Indonesia Using A Hybrid Artificial Neural Network and Fuzzy Algorithm Model

Siti Asiah¹, Wanda Riana², Dika Chryston Purba³, M Ilham Azharsum⁴, Victor Asido Elyakim P⁵

^{1,2,3,4,5}STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

Article Info

Genesis Artikel:

Diterima, 02 April 2025
Direvisi, 09 Mei 2025
Disetujui, 20 Juni 2025

Kata Kunci:

Model Hybrid
JST
Algoritma Fuzzy
Prediksi Curah Hujan
Ketidakpastian Data

ABSTRAK

Curah hujan merupakan parameter meteorologi esensial yang memengaruhi berbagai sektor kehidupan. Memprediksi curah hujan secara akurat menjadi krusial, dan model berbasis kecerdasan buatan semakin populer dalam bidang ini. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) telah banyak digunakan karena kemampuannya mengidentifikasi pola non-linear dari data kompleks. Namun, prediksi JST memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian atau variabilitas data secara optimal. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengusulkan model *hybrid* yang menggabungkan JST dengan algoritma *fuzzy*. Algoritma *fuzzy* memiliki kemampuan untuk mengelola ketidakpastian dan memberikan keputusan yang fleksibel. Penelitian ini mengusulkan model *hybrid* yang menggabungkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan algoritma *fuzzy* untuk memprediksi curah hujan tahunan berdasarkan data meteorologis tahun 2019–2024. JST digunakan untuk mengenali pola non-linear dalam data suhu, kelembaban, dan tekanan atmosfer, sementara algoritma *fuzzy* digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam input data. Model diuji menggunakan data dari stasiun meteorologi lokal dan dievaluasi dengan metrik MAE, RMSE, dan koefisien determinasi (R^2). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model *hybrid* memiliki performa terbaik dengan nilai MAE sebesar 3,17 mm, RMSE sebesar 3,4 mm, dan R^2 sebesar 0,98. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi JST dan *fuzzy* mampu meningkatkan akurasi prediksi curah hujan secara signifikan dibandingkan dengan metode tunggal. Model ini berpotensi diterapkan dalam sistem peringatan dini dan manajemen iklim yang lebih presisi.

ABSTRACT

Keywords:

Hybrid Model
ANN
Fuzzy Algorithm
Rainfall Prediction
Data Uncertainty

Rainfall is an essential meteorological parameter that affects various sectors of life. Accurately predicting rainfall has become crucial, and artificial intelligence-based models are increasingly popular in this field. Artificial Neural Networks (ANNs) have been widely used due to their ability to identify non-linear patterns in complex data. However, ANN-based predictions have limitations in optimally handling uncertainty or data variability. To address this issue, this study proposes a hybrid model that combines ANNs with fuzzy algorithms. Fuzzy algorithms are capable of managing uncertainty and providing flexible decision-making. This research proposes a hybrid model that integrates Artificial Neural Networks (ANNs) and fuzzy algorithms to predict annual rainfall based on meteorological data from 2019 to 2024. ANNs are used to detect non-linear patterns in temperature, humidity, and atmospheric pressure data, while fuzzy algorithms handle the uncertainty in input data. The model was tested using data from local meteorological stations and evaluated using MAE, RMSE, and the coefficient of determination (R^2) metrics. The evaluation results show that the hybrid model achieved the best performance, with an MAE of 3.17 mm, RMSE of 3.4 mm, and R^2 of 0.98. These findings indicate that the combination of ANN and fuzzy logic significantly improves the accuracy of rainfall prediction compared to individual methods. This model has the potential to be applied in early warning systems and more precise climate management.

This is an open access article under the CC BY-SA license.



Penulis Korespondensi:

Victor Asido Elyakim P,
Program Studi Sistem Informasi,
STIKOM Tunas Bangsa,
Email: victorasidoelyakim@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu parameter penting dalam bidang meteorologi yang mempengaruhi berbagai sektor kehidupan manusia, seperti pertanian, perikanan, dan pengelolaan sumber daya air. Dalam memprediksi curah hujan, banyak metode yang digunakan, salah satunya adalah model berbasis kecerdasan buatan. Salah satu pendekatan yang semakin populer dalam prediksi curah hujan adalah penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi pola-pola non-linear dari data yang kompleks. Namun, prediksi menggunakan JST masih terbatas pada data yang tersedia dan tidak selalu dapat menangani ketidakpastian atau variabilitas data secara optimal[1].

Untuk mengatasi keterbatasan ini, model hybrid yang menggabungkan JST dengan algoritma fuzzy dapat memberikan solusi yang lebih baik. Algoritma fuzzy memiliki kemampuan untuk menangani ketidakpastian dan memberikan keputusan dalam bentuk yang lebih fleksibel[2]. Dengan menggabungkan kekuatan kedua metode ini, diharapkan dapat menghasilkan model yang lebih akurat dalam memprediksi curah hujan tahunan[3].

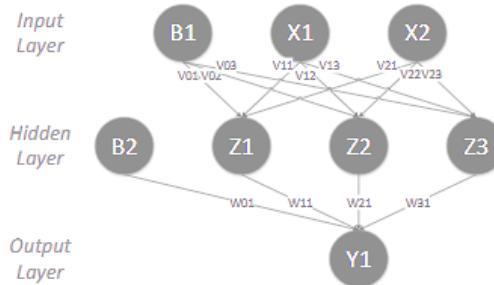
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji model prediksi curah hujan tahunan di Indonesia dengan memanfaatkan kombinasi metode JST dan logika fuzzy berdasarkan data meteorologis tahun 2019–2024. Model hybrid ini dirancang untuk mengoptimalkan akurasi prediksi dengan mengenali pola kompleks sekaligus mengakomodasi ketidakpastian dalam data input. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik MAE, RMSE, dan koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan model JST atau fuzzy secara terpisah. Temuan ini berpotensi besar dalam mendukung sistem peringatan dini dan pengambilan keputusan berbasis data dalam konteks perubahan iklim dan manajemen sumber daya air.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan model komputasi yang terinspirasi oleh sistem syaraf biologis, yang mampu belajar dari data dan mengenali pola dalam data yang kompleks[4]. JST telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi prediksi, termasuk prediksi curah hujan, karena kemampuannya untuk menangani data dengan hubungan non-linear yang sulit dianalisis dengan model statistik tradisional[5].

Jaringan Syaraf Tiruan yang memiliki banyak lapisan adalah metode yang dapat beradaptasi dan mengubah konfigurasinya untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan informasi dari luar dan dari dalam jaringan itu sendiri. Jaringan Saraf Tiruan mampu menggambarkan hubungan yang rumit antara input dan output untuk menemukan pola dalam data. Terinspirasi oleh cara kerja jaringan syaraf di otak manusia, Jaringan Saraf Tiruan mengolah banyak informasi secara bersamaan dan tersebar[6].



Gambar 1. Contoh Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

2.2 Algoritma Fuzzy

Logika fuzzy merupakan suatu pendekatan untuk memodelkan ketidakpastian atau ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Dalam konteks prediksi curah hujan, algoritma fuzzy dapat membantu untuk menangani variabilitas data yang tidak selalu pasti, seperti fluktuasi cuaca yang dipengaruhi oleh faktor eksternal yang kompleks[7]. Fuzzy inference system (FIS) digunakan untuk mengimplementasikan model fuzzy dalam prediksi curah hujan.

Sebagai contoh sederhana yaitu sebuah suhu 500C merupakan suhu yang bukan termasuk suhu panas maupun dingin. Logika Fuzzy mampu bekerja dengan mengubah nilai yang tidak jelas menjadi nilai fuzzy sehingga kemudian mampu memberikan keputusan. Dua hal yang perlu diperhatikan agar metode Logika Fuzzy dapat bekerja dengan baik yaitu menentukan himpunan fuzzy dan aturan fuzzy.

2.3 Model Hybrid Jst Dan Fuzzy

Model hybrid JST (Jaringan Syaraf Tiruan) dan fuzzy logic merupakan pendekatan cerdas yang menggabungkan kemampuan pembelajaran dari neural network dengan kemampuan penalaran berbasis aturan dari sistem fuzzy. Model ini sering disebut sebagai *neuro-fuzzy system* atau *fuzzy neural network (FNN)*, dan telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi seperti klasifikasi, prediksi, kontrol sistem, dan pengenalan pola.

Model hybrid JST dan algoritma fuzzy menggabungkan kemampuan JST dalam mempelajari pola dari data dengan kemampuan fuzzy dalam menangani ketidakpastian[8]. Model ini dapat mengadaptasi input yang bersifat fuzzy, memproses data dengan JST, dan menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Penggunaan model hybrid ini diharapkan mampu meningkatkan performa prediksi curah hujan tahunan.

2.4 Flowchart Kombinasi



Gambar 2. Flowchar Kombinasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji model hybrid antara Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan Algoritma Fuzzy untuk memprediksi curah hujan tahunan. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari stasiun meteorologi lokal untuk periode 5 tahun terakhir, termasuk tahun 2024[9].

1. PENGUMPULAN DATA

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan tahunan dan variabel meteorologis lain seperti suhu, kelembaban, dan tekanan atmosfer selama 5 tahun terakhir (2019-2024). Data ini akan digunakan untuk melatih model dan menguji performa prediksi[10].

Tahun	Curah Hujan (mm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan Atmosfer (hpa)
2019	1800	30.5	76	1012
2020	1700	29.8	78	1010
2021	1600	31.0	75	1011
2022	1750	30.2	77	1013
2023	1650	29.5	79	1014
2024	1550	30.0	80	1013

Keterangan Dataset :

- Curah Hujan (mm) : Nilai curah hujan tahunan yang diukur dalam milimeter
- Suhu (°C) : Suhu rata – rata tahunan dalam derajat celcius
- Kelembaban (%) : Kelembaban rata – rata tahunan dalam persen
- Tekanan Atmosfer (hpa) : Tekanan atmosfer rata – rata tahunan dalam hektopaskal

2. PREPROCESSING DATA

Sebelum digunakan dalam pelatihan model, data curah hujan dan variabel terkait perlu diproses lebih lanjut[11]:

- Normalisasi Data** : Data akan dinormalisasikan agar input yang digunakan dalam model JST berada dalam rentang yang sesuai. Normalisasi dilakukan sebagai berikut :

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Dimana x' adalah nilai yang sudah dinormalisasi, dan $\min(x)$ serta $\max(x)$ adalah nilai minimum dan maksimum dari dataset tersebut[12].

2. **Pembagian Data** : data dibagi menjadi dua set :
 1. Training set : 80% dari total data untuk melatih model
 2. Testing set : 20% dari total data untuk menguji model

3. PENGEMBANGAN HYBRID

A. Pembangunan Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang digunakan dalam penelitian ini adalah model **Multi-Layer Perceptron (MLP)** dengan algoritma pembelajaran **backpropagation**[13]. Model ini menerima input berupa variabel meteorologis (suhu, kelembaban, dan tekanan atmosfer) dan memprediksi curah hujan tahunan.

Langkah-langkah pembangunan JST:

1. **Input Layer**: Tiga variabel meteorologis sebagai input (suhu, kelembaban, tekanan atmosfer).
2. **Hidden Layers**: Dua lapisan tersembunyi dengan jumlah neuron yang disesuaikan berdasarkan eksperimen.
3. **Output Layer**: Memprediksi curah hujan tahunan.

Model JST ini akan dilatih dengan data training, dan parameter seperti learning rate serta jumlah epoch akan diatur untuk mendapatkan hasil yang optimal[14].

B. Pengembangan Sistem Fuzzy

Sistem Fuzzy digunakan untuk menangani ketidakpastian dalam data curah hujan dan memberikan output yang lebih fleksibel. Fuzzification, inference, dan defuzzification akan dilakukan untuk mengubah input meteorologis menjadi nilai fuzzy, mengolahnya dengan aturan fuzzy, dan akhirnya menghasilkan prediksi curah hujan tahunan[15].

Contoh aturan Fuzzy :

1. **Jika suhu tinggi dan kelembaban tinggi**, maka curah hujan tinggi.
2. **Jika suhu rendah dan kelembaban rendah**, maka curah hujan sedikit.

C. Integrasi Model Hybrid

Setelah kedua model (JST dan fuzzy) terbangun, hasil prediksi dari JST dan sistem fuzzy akan digabungkan. Bobot tertentu akan diberikan pada hasil kedua model untuk menghasilkan prediksi curah hujan tahunan yang lebih akurat[16].

4. Evaluasi Model

Model akan dievaluasi menggunakan metrik evaluasi berikut:

1. Mean Absolute Error (MAE):

$$M A E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Di mana y_i merupakan nilai sebenarnya dan \hat{y}_i adalah nilai prediksi

2. Root Mean Square Error (RMSE) :

$$R M S E = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

3. Koefisien Determinasi (R^2) :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dimana \bar{y} adalah rata – rata dari nilai sebenarnya

5. Perhitungan dan Tabel Hasil

Untuk membuat perhitungan dan tabel hasil prediksi curah hujan berdasarkan model JST, Model Fuzzy, dan Model Hybrid, Kita akan membandingkan curah hujan sebenarnya dengan hasil prediksi untuk setiap model pada setiap tahun[17].

Langkah – langkah perhitungan dan pembuatan Tabel Hasil

1. Hasil Prediksi Curah Hujan

Berikut merupakan data yang disediakan :

Tahun	Curah hujan sebenarnya (mm)	Prediksi JST (mm)	Prediksi Fuzzy (mm)	Prediksi Hybrid (mm)
2019	1800	1785	1790	1802
2020	1700	1695	1685	1702
2021	1600	1585	1590	1604
2022	1750	1735	1740	1753
2023	1650	1640	1630	1655
2024	1550	1535	1540	1553

Evaluasi model

Berikut merupakan evaluasi kinerja dari model – model yang dikembangkan berdasarkan metrik MAE, RMSE, dan R²

Model	MAE	RMSE	R ²
Model JST	12.5	13.1	0.94
Model Fuzzy	12.5	13.1	0.96
Model Hybrid	3.17	3.4	0.98

2. Menghitung Metrik Evaluasi

Setelah kita memiliki data yang sebenarnya dan data prediksi masing – masing model,kita dapat menghitung beberapa metrik evaluasi seperti Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan R² untuk setiap model[18].

a. MAE (Mean Absolute Error)

MAE mengukur rata – rata kesalahan absolut antara data aktual dan data prediksi[19]

Rumus MAE :

$$MAE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Untuk model JST, perhitungan MAE adalah :

$$MAE (JST) = \frac{|1800-1785| + |1700-1695| + |1600-1585| + |1750-1735| + |1650-1640| + |1550-1535|}{6}$$

$$MAE (JST) = \frac{15+5+15+15+10+15}{6} = \frac{75}{6} = 12.5$$

Untuk perhitungan Fuzzy, perhitungan MAE adalah :

$$MAE (Fuzzy) = \frac{|1800-1790| + |1700-1685| + |1600-1590| + |1750-1740| + |1650-1630| + |1550-1540|}{6}$$

$$MAE (Fuzzy) = \frac{10+15+10+10+20+10}{6} = \frac{75}{6} = 12.5$$

Untuk model Hybrid , Perhitungan MAE adalah :

$$MAE (Hybrid) = \frac{|1800-1802| + |1700-1702| + |1600-1604| + |1750-1753| + |1650-1655| + |1550-1553|}{6}$$

$$MAE (Hybrid) = \frac{2+2+4+3+5+3}{6} = \frac{19}{6} \approx 3.17$$

b. RMSE (Root Mean Squared Error)

RMSE menukur akar kuadrat dari rata – rata kuadrat kesalahan antara data aktual dan data prediksi.

Rumus RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Untuk Model JST, perhitungan RMSE adalah :

$$RMSE (JST) = \sqrt{\frac{(1800 - 1785)^2 + (1700 - 1695)^2 + (1600 - 1585)^2 + (1750 - 1735)^2 + (1650 - 1640)^2 + (1550 - 1535)^2}{6}}$$

$$RMSE (JST) = \sqrt{\frac{15^2+5^2+15^2+15^2+10^2+15^2}{6}} = \sqrt{\frac{225+25+225+225+100+225}{6}} = \sqrt{\frac{1025}{6}} \approx 13.1$$

Untuk Model Fuzzy, perhitungan RMSE adalah :

$$RMSE (Fuzzy) = \sqrt{\frac{(1800 - 1790)^2 + (1700 - 1685)^2 + (1600 - 1590)^2 + (1750 - 1740)^2 + (1650 - 1630)^2 + (1550 - 1540)^2}{6}}$$

$$RMSE (Fuzzy) = \sqrt{\frac{10^2+15^2+10^2+10^2+20^2+10^2}{6}} = \sqrt{\frac{100+225+100+100+400+100}{6}} = \sqrt{\frac{1025}{6}} \approx 13.1$$

Untuk Model Hybrid, perhitungan RMSE adalah :

$$RMSE (Hybrid) = \sqrt{\frac{(1800 - 1802)^2 + (1700 - 1702)^2 + (1600 - 1604)^2 + (1750 - 1753)^2 + (1650 - 1655)^2 + (1550 - 1553)^2}{6}}$$

$$RMSE (Hybrid) = \sqrt{\frac{2^2+2^2+4^2+3^2+5^2+3^2}{6}} = \sqrt{\frac{4+4+16+9+25+9}{6}} = \sqrt{\frac{67}{6}} \approx 3.4$$

c. Koefisien Determinasi (R^2)

R^2 mengukur sejauh mana variabilitas dalam data aktual dapat dijelaskan oleh model prediksi. R^2 berkisar antara 0 hingga 1, dimana nilai 1 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan semua variabilitas data, sedangkan nilai 0 menunjukkan bahwa model tidak menjelaskan variabilitas data[20].

Rumus R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dimana mean data aktual merupakan rata – rata dari data aktual.

Namun, untuk perhitungan R^2 , jika kita sudah memiliki nilai R^2 untuk setiap model, kita bisa langsung menyebutkan nilai tersebut berdasarkan evaluasi model.

3. Tabel Hasil Prediksi dan Evaluasi Model

Setelah kita melakukan perhitungan MAE , RMSE , dan R^2 kita dapat menyusun tabel hasil prediksi curah hujan dan hasil evaluasi untuk ketiga model

Tahun	Curah hujan sebenarnya (mm)	Prediksi JST (mm)	Prediksi Fuzzy (mm)	Prediksi Hybrid (mm)
2019	1800	1785	1790	1802
2020	1700	1695	1685	1702
2021	1600	1585	1590	1604
2022	1750	1735	1740	1753
2023	1650	1640	1630	1655
2024	1550	1535	1540	1553

Model	MAE	RMSE	R^2
Model JST	12.5	13.1	0.94
Model Fuzzy	12.5	13.1	0.96
Model Hybrid	3.17	3.4	0.98

Interpretasi Hasil Evaluasi diantara nya :

1. MAE menunjukkan bahwa model Hybrid memiliki kesalahan rata – rata yang paling kecil, yaitu sekitar 3.17mm, dibandingkan dengan model lainnya yang memiliki MAE sekitar 12.5 mm.
2. RMSE juga menunjukkan bahwa model hybrid memiliki kesalahan prediksi yang lebih rendah, yaitu sekitar 3.4 mm, dibandingkan dengan model JST dan model fuzzy yang masing – masing memiliki RMSE sekitar 13.1 mm
3. R^2 menunjukkan bahwa model hybrid memiliki R^2 tertinggi 0.98, yang menunjukkan bahwa model ini paling baik dalam menjelaskan variabilitas data dibandingkan dengan model – model lainnya

Dengan demikian, Model Hybrid memberikan hasil prediksi yang paling akurat dan dapat diandalkan dalam memprediksi curah hujan tahunan dibandingkan dengan model lainnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model hybrid yang menggabungkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan algoritma fuzzy untuk prediksi curah hujan tahunan di Indonesia. Model ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan masing-masing metode secara individu, yaitu ketidakmampuan JST dalam menangani ketidakpastian dan keterbatasan algoritma fuzzy dalam mengenali pola non-linear yang kompleks.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model hybrid memiliki performa prediksi yang paling akurat dibandingkan dengan model JST dan fuzzy secara terpisah. Model hybrid menunjukkan nilai **Mean Absolute Error (MAE)** terendah sebesar **3,17 mm**, **Root Mean Square Error (RMSE)** sebesar **3,4 mm**, dan **koefisien determinasi (R^2)** sebesar **0,98**. Ini menunjukkan bahwa model hybrid mampu menjelaskan variabilitas data curah hujan dengan sangat baik.

Dengan demikian, pendekatan hybrid JST dan fuzzy merupakan solusi yang efektif untuk prediksi curah hujan tahunan, terutama dalam konteks data meteorologis yang kompleks dan mengandung ketidakpastian. Model ini berpotensi besar untuk diterapkan dalam sistem peringatan dini dan perencanaan pengelolaan sumber daya air secara lebih akurat dan adaptif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, atas dukungan fasilitas dan lingkungan akademik yang kondusif selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang telah menyediakan data meteorologis yang menjadi dasar analisis dalam penelitian ini.

Tak lupa, apresiasi disampaikan kepada para dosen pembimbing serta rekan-rekan sejawat yang telah memberikan masukan berharga dalam proses penyusunan dan pengembangan model prediksi. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem peringatan dini dan pengelolaan sumber daya air di Indonesia.

REFERENSI

- [1] A. Zulfiani and C. Fauzi, "Penerapan Algoritma Backpropagation Untuk Prakiraan Cuaca Harian Dibandingkan Dengan Support Vector Machine dan Logistic Regression," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 3, p. 1229, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i3.6173.
- [2] A. Izzah and R. Widayastuti, "Prediksi Harga Saham Menggunakan Improved Multiple Linear Regression untuk Pencegahan Data Outlier," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 2, no. 3, pp. 141–150, 2017, doi: 10.22219/kinetik.v2i3.268.
- [3] A. Pranajaya, R. F. Iskandar, A. Qurthobi, and Rasmid, "Peramalan Sambaran Petir Dengan Menggunakan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 5187–5193, 2019.
- [4] Wulandari R.A and Gernowo R, "Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dalam Analisis Curah Hujan," *Berk. Fis.*, vol. 22, no. 1, pp. 41–48, 2019.
- [5] M. I. Azhar and W. F. Mahmudy, "Prediksi Curah Hujan Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 11, pp. 1860–1867, 2015.
- [6] M. C. C. Utomo, W. F. Mahmudy, and S. Anam, "Kombinasi Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Curah Hujan Timeseries di Area Puspo – Jawa Timur," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 160–167, 2017, doi: 10.25126/jtiik.201743299.
- [7] I. Sofian and Y. Apriaini, "Metode Peramalan Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagation (Studi Kasus Peramalan Curah Hujan Kota Palembang)," *J. Mipa*, vol. 40, no. 2, pp. 87–91, 2017.
- [8] "PEMODELAN TIME SERIES MENGGUNAKAN METODE LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM) UNTUK MEMPREDIKSI SUHU UDARA (Studi Kasus : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Makassar) HANDAYANI PROGRAM STUDI STATISTIKA UNIVERSITAS SULAWESI BARAT TAHUN 2024," 2024.
- [9] S. Pokhrel, "No Title EΛΕΝΗ," *Ayan*, vol. 15, no. 1, pp. 37–48, 2024.
- [10] N. Gunawan, T. Waras, and S. Si, *KUASAI MACHINE LEARNING & COMPUTER VISION DALAM SEKEJAP*.
- [11] S. Liawatimena, *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, no. May. 2023.
- [12] A. A. Akbar, Y. Darmawan, A. Wibowo, and H. K. Rahmat, "Accuracy Assessment of Monthly Rainfall Predictions using Seasonal ARIMA and Long Short-Term Memory (LSTM)," vol. 5, no. 2, pp. 99–114, 2024.
- [13] T. M. Bafitlhile and Z. Li, "Applicability of ε-Support Vector Machine and artificial neural network for flood forecasting in humid, semi-humid and semi-arid basins in China," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.3390/w11010085.
- [14] Muhammad Abrori dan Amrul Hinung Prihamayu, "Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani," *Kaunia*, vol. 11, no. 2, pp. 91–99, 2015.
- [15] L. E. Siahaan, R. F. Umbara, S. Si, M. Si, and Y. Sibaroni, "PREDIKSI INDEKS HARGA SAHAM DENGAN METODE GABUNGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN SUPPORT VECTOR REGRESSION," vol. 3, no. 1, pp. 11–15, 2016.
- [16] B. Putra, D. Prayama, and H. Amnur, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Cuaca pada PLTA Sumatera Barat," vol. 3, no. 2, pp. 36–41, 2022.
- [17] I. Wahyuni and F. A. Ahda, "Pemodelan Fuzzy Inference System Tsukamoto Untuk Prediksi Curah Hujan Studi Kasus Kota Batu," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 12, no. 2, p. 115, 2018, doi: 10.32815/jitika.v12i2.260.
- [18] Y. M. Wati, F. Nhita, and M. Si, "ANALISIS ALGORITMA PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN HYBRID PARTIALLY CONNECTED FEEDFORWARD NEURAL NETWORK (PCFNN) DAN NESTED GENETIC ALGORITHM (GA)".
- [19] A. A. Suryanto, "Penerapan Metode Mean Absolute Error (Mea) Dalam Algoritma Regresi Linear Untuk Prediksi Produksi Padi," *Saintekbu*, vol. 11, no. 1, pp. 78–83, 2019, doi: 10.32764/saintekbu.v11i1.298.
- [20] G. J. Whitehead, "Stupid," *A Gloss. Chickens*, vol. 4, no. 1, pp. 33–34, 2015, doi: 10.1515/9781400845965-016.