

Prediksi Tingkat Bahaya Banjir Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto di wilayah Kartasura

Brahmadita Rahardiyana Purnama^{1*}, Ringgyanita Dwi Ahwati², Arga Arkanatha Yoen Restu Zain³, Rafli Ramadhani⁴, Muhammad Saifullah⁵, Aprilisa Arum Sari⁶

¹Teknik Informatika/Illmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
^{1*}220103196@mhs.udb.ac.id

² Teknik Informatika/Illmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
² 220103187@mhs.udb.ac.id

³ Teknik Informatika/Illmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
³ 220103176@mhs.udb.ac.id

⁴ Teknik Informatika/Illmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
⁴220103165@mhs.udb.ac.id

⁵ Teknik Informatika/Illmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
⁵220103199@mhs.udb.ac.id

⁶Ilmu komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
⁶ aprilisa_arumsari@udb.ac.id

Abstrak— Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan berdampak signifikan terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat, khususnya di wilayah Kartasura. Untuk meminimalisir risiko, dibutuhkan sistem prediksi banjir yang akurat dan real-time sebagai bagian dari upaya mitigasi dan peringatan dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi banjir berbasis metode fuzzy Tsukamoto yang mampu menangani data lingkungan yang bersifat tidak pasti dan kompleks. Data yang digunakan mencakup curah hujan dan debit air yang dikumpulkan secara berkala per jam dari dataset simulasi lingkungan Kartasura. Proses pengembangan sistem mengikuti model Waterfall yang meliputi analisis kebutuhan, pengumpulan dan pembersihan data, perancangan sistem fuzzy, serta pengujian dan evaluasi performa sistem. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi prediksi sebesar 84,48% dengan tingkat klasifikasi yang memadai antara kategori aman, waspada, dan bahaya. Sistem ini juga dilengkapi dengan visualisasi hasil prediksi untuk mempermudah interpretasi dan pengambilan keputusan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, sistem prediksi berbasis fuzzy Tsukamoto terbukti efektif dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alat bantu mitigasi bencana banjir di wilayah rawan.

Kata kunci— Prediksi Banjir, Fuzzy Tsukamoto, Curah Hujan, Debit Air, Sistem Peringatan Dini, Mitigasi Bencana, Kartasura.

Abstract— Floods are one of the most frequent natural disasters in Indonesia, causing significant social and economic disruption, particularly in areas such as Kartasura. To mitigate risks and support early warning efforts, an accurate and real-time flood prediction system is essential. This study aims to develop a flood prediction system based on the Fuzzy Tsukamoto method, which is capable of handling uncertain and complex environmental data. The system utilizes hourly rainfall and river discharge data sourced from a simulated dataset representing the environmental conditions in Kartasura. The development process follows the Waterfall model, encompassing needs analysis, data collection and cleaning, fuzzy system design, and performance evaluation. Evaluation results show that the system achieved a prediction accuracy of 84.48%, with satisfactory classification into safe, alert, and danger categories. Additionally, the system provides visual outputs to enhance interpretability and support decision-making. The findings indicate that the Fuzzy Tsukamoto-based prediction system is effective and holds great potential as a decision-support tool for flood mitigation in vulnerable areas.

Keywords— Flood Prediction, Fuzzy Tsukamoto, Rainfall, Water Discharge, Early Warning System, Disaster Mitigation, Kartasura

I. PENDAHULUAN

Banjir telah lama menjadi tantangan serius di berbagai daerah di Indonesia, menimbulkan kerugian besar, baik secara materi maupun non-materi. Intensitas curah hujan yang tinggi, dikombinasikan dengan karakteristik geografis dan tata guna lahan yang belum optimal, seringkali menjadi faktor utama di balik bencana ini.

Khususnya Kartasura, sebagai wilayah dataran rendah yang dilewati beberapa aliran sungai, sangat rentan terhadap ancaman banjir, terutama saat musim hujan tiba dengan curah yang ekstrem. Kondisi ini menuntut adanya sistem peringatan dini atau prediksi yang presisi untuk meminimalkan dampak buruk yang mungkin terjadi[1].

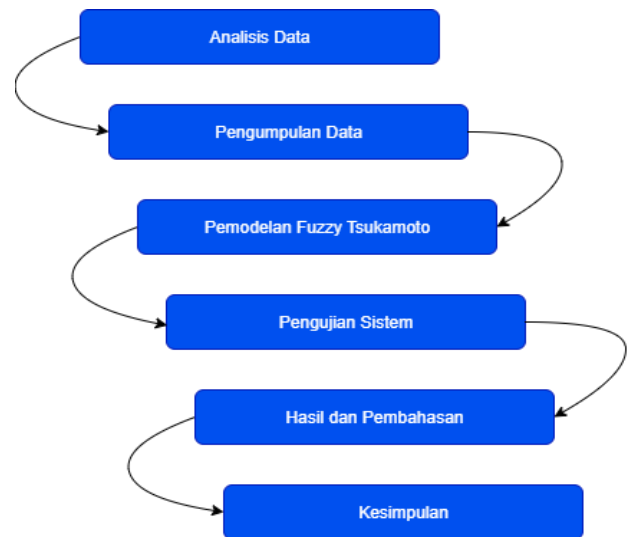
Membangun sistem prediksi bahaya banjir yang andal adalah langkah krusial dalam upaya mitigasi

dan peningkatan kesiapan masyarakat. Ada beragam pendekatan yang telah dikembangkan untuk memodelkan dan mengantisipasi peristiwa banjir, mulai dari simulasi hidrologi hingga pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan[2]. Di antara berbagai metode AI tersebut, logika fuzzy menonjol karena kemampuannya dalam mengelola ketidakpastian dan data yang kurang presisi. Metode ini memungkinkan penerjemahan informasi kualitatif ke dalam bentuk kuantitatif, menjadikannya pilihan ideal untuk memodelkan sistem kompleks dengan banyak variabel masukan.

Dalam konteks prediksi banjir, Metode Fuzzy Tsukamoto menawarkan keuntungan signifikan. Proses inferensinya yang langsung menghasilkan nilai tegas dari setiap aturan fuzzy membuatnya relatif mudah diimplementasikan dan diinterpretasikan [3]. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memproyeksikan tingkat bahaya banjir dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti volume curah hujan, elevasi muka air, atau kondisi topografi. Sebagai ilustrasi, riset [4] menunjukkan keefektifan Fuzzy Tsukamoto dalam mengidentifikasi potensi banjir berdasarkan data curah hujan dan suhu di Balikpapan. Tidak hanya itu, sebuah studi terbaru yang dilakukan oleh [5] berhasil menerapkan Fuzzy Tsukamoto untuk memprediksi tingkat kerawanan banjir di Kendari, membuktikan fleksibilitas dan relevansi metode ini di berbagai wilayah Indonesia. Selain prediksi langsung, metode ini juga relevan untuk komponen-komponen yang memengaruhi banjir.

Berdasarkan potensi besar serta keberhasilan implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto dalam berbagai studi terdahulu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan model prediksi tingkat bahaya banjir di wilayah Kartasura. Harapannya, hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi yang akurat mengenai potensi bahaya banjir, sehingga dapat mendukung langkah-langkah mitigasi dan pengambilan keputusan yang lebih baik bagi penduduk serta pihak berwenang di Kartasura.

II. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alur Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis model *Waterfall*, yaitu model yang menekankan proses berurutan dari satu tahap ke tahap berikutnya. Setiap tahapan harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahapan selanjutnya, sehingga proses menjadi sistematis dan terstruktur. Pendekatan ini sesuai dengan kebutuhan penelitian yang berfokus pada pembangunan sistem prediksi banjir berbasis fuzzy logic[6].

Adapun tahapan-tahapan dalam metode *Waterfall* yang diterapkan pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

A. Analisis Kebutuhan

Tahapan awal dimulai dengan memahami permasalahan yang ingin diselesaikan. Banjir adalah bencana yang kerap terjadi dan memiliki dampak besar, terutama di wilayah seperti Kartasura. Berdasarkan studi literatur dan pengamatan awal, dua faktor lingkungan utama yang sangat berpengaruh terhadap potensi banjir adalah curah hujan dan debit air sungai. Dengan dasar tersebut, sistem yang akan dibangun dirancang untuk mampu memprediksi tingkat bahaya banjir berdasarkan dua parameter tersebut.

B. Persiapan Data

Setelah memahami kebutuhan sistem, tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data yang akan digunakan sebagai bahan analisis. Data yang

digunakan diperoleh dari platform publik *Kaggle*, Dataset ini berisi data simulasi yang mewakili kondisi lingkungan di Kartasura, dicatat secara per jam. Beberapa fitur penting di dalamnya antara lain,

- Curah hujan (mm)
- Debit air (m³/jam)
- Debit maksimum sungai
- Lokasi desa, waktu pencatatan
- Status banjir (1 = terjadi, 0 = tidak)

C. Pembersihan Data

Sebelum data digunakan, dilakukan proses pembersihan dan persiapan. Proses pembersihan data dilakukan untuk mengatasi missing values dan outliers yang dapat memengaruhi kualitas analisis serta validitas hasil penelitian. Missing values merupakan salah satu masalah utama dalam pengolahan data karena dapat menyebabkan bias dalam interpretasi serta mengurangi akurasi model prediktif yang digunakan dalam analisis lanjutan[7], di antaranya,

- Menghapus data kosong dan duplikat
- Menyesuaikan format data numerik
- Memvisualisasi *outlier* menggunakan *boxplot* untuk memastikan data berada dalam rentang yang wajar

Setelah dibersihkan, dataset terdiri dari 608 baris data yang siap diolah.

D. Perancangan dan Implementasi Sistem Fuzzy Tsukamoto

Tahap ini merupakan inti dari proses pengembangan sistem. Sebagai hasil dari teori himpunan, logika fuzzy merepresentasikan ambiguitas atau ketidakpastian dengan memberikan derajat keanggotaan pada setiap elemen, yang berkisar antara 0 hingga 1. Secara umum, logika fuzzy adalah teknik atau strategi penalaran yang menggantikan nilai numerik dengan variabel linguistic, pada metode tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang terbentuk IF-Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton[8].

Metode Fuzzy Tsukamoto dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian data, serta hasil keluarannya yang bersifat gradual (tidak mutlak). Proses perancangannya meliputi,

- Fuzzifikasi

Mengubah nilai numerik curah hujan dan debit air menjadi kategori linguistik seperti rendah, sedang, dan tinggi[9].

- Penyusunan aturan (*rule base*)
Aturan disusun berdasarkan kombinasi nilai input. Jika curah hujan tinggi dan debit air besar, maka kondisi banjir adalah bahaya.
- Inferensi fuzzy dan defuzzifikasi
Sistem menghitung skor bahaya menggunakan metode rata-rata tertimbang (*weighted average*), menghasilkan nilai defuzzy antara 0 hingga 100. Defuzzifikasi adalah proses yang digunakan untuk mengubah variabel kabur hasil mesin inferensi menjadi nilai numerik yang konkret dan dapat diimplementasikan[10].

Skor yang lebih rendah menunjukkan potensi bahaya yang lebih tinggi. Keluaran dari sistem ini bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan untuk

E. Pengujian dan Evaluasi

Setelah sistem selesai dibangun, dilakukan pengujian untuk mengukur seberapa baik sistem dalam memprediksi kondisi banjir. Evaluasi dilakukan dengan,

- Confusion matrix untuk mengukur kinerja klasifikasi
- Akurasi sistem, yang dalam penelitian ini mencapai 84,48%
- Kategorisasi hasil, di mana nilai defuzzy ≤ 50 dianggap sebagai indikasi banjir, sedangkan nilai > 50 dianggap aman

Selain itu, dilakukan visualisasi hasil dalam bentuk grafik garis antara curah hujan dan nilai prediksi serta diagram pie yang menunjukkan distribusi tingkat bahaya di wilayah Kartasura

Visualisasi ini membantu menyampaikan hasil kepada pihak yang berkepentingan dengan cara yang lebih mudah dipahami.

F. Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir dari proses ini adalah merangkum temuan-temuan utama. Berdasarkan hasil pengujian, sistem berbasis fuzzy Tsukamoto terbukti cukup efektif dalam memberikan prediksi yang tidak kaku, namun tetap informatif dan realistis. Sistem ini

memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi alat bantu pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana banjir, khususnya pada daerah rawan seperti Kartasura.

Gonilan	2024-01-01	7:00:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE
Gonilan	2024-01-01	8:00:00	14.86	23	34475.2	53352.0	FA LSE

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dataset

Penelitian ini memanfaatkan dataset berjudul `data_banjir_per_jam.csv`

[https://www.kaggle.com/datasets/ramadhanridhoa/flood-dataset-in-kartasura-synthetic-simulation?utm_medium=social&utm_campaign=simulation](https://www.kaggle.com/datasets/ramadhanridhoa/flood-dataset-in-kartasura-synthetic-simulation?utm_medium=social&utm_campaign=simulation?utm_medium=social&utm_campaign=simulation)

yang berisi data curah hujan dan debit air yang dikumpulkan per jam di wilayah Kartasura mulai dari tahun 2024 selama 1 tahun. Dataset ini terdiri dari beberapa fitur penting, antara lain Curah Hujan (mm), Debit Air (m³/jam), Debit Maksimum (m³/jam), serta kolom target Banjir yang menunjukkan apakah terjadi banjir (1) atau tidak (0). Data ini bersifat numerik dan mencerminkan kondisi lingkungan aktual yang digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem prediksi menggunakan metode fuzzy Tsukamoto. Pemilihan dataset ini didasarkan pada relevansinya dalam mendeteksi potensi bahaya banjir secara real-time dan berkala.

Tabel 1. 10 Data Teratas

Desa	Tanggal	Jam	Curah Hujan (mm)	Luas (ha)	Debit Air (m ³ /jam)	Aliran Sungai	Debit Maksimum (m ³ /jam)	Banjir
Gonilan	2024-01-01	0:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	1:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	2:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	3:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	4:00	0.0	23	0.0	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	5:00	3.68	23	8537.6	53352.0	FA LSE	
Gonilan	2024-01-01	6:00	1.46	23	3387.2	53352.0	FA LSE	

B. Pembersihan Data (Data Cleaning)

Sebelum digunakan dalam proses fuzzy, dataset melalui tahap pembersihan (data cleaning) untuk memastikan keakuratan dan keandalan analisis. Proses ini meliputi penghapusan data kosong (missing values), penghapusan data duplikat, serta konversi tipe data numerik agar sesuai dengan format pemrosesan. Setelah pembersihan, jumlah data berkurang dari 620 menjadi 608 baris. Selain itu, dilakukan juga visualisasi boxplot untuk mendeteksi outlier pada fitur curah hujan. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa distribusi data berada dalam rentang yang wajar dan tidak memerlukan perlakuan tambahan. Pembersihan data ini menjadi penting agar tidak terjadi kesalahan logika dalam proses fuzzifikasi dan inferensi.

Tabel 2. Data Teratas Hasil Pembersihan Data

Desa	Tanggal	Jam	Curah Hujan (mm)	Luas (ha)	Debit Air (m ³ /jam)	Aliran Sungai	Debit Maksimum (m ³ /jam)	Banjir
Gumpang	2024-01-01	0:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0
Gumpang	2024-01-01	1:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0
Gumpang	2024-01-01	2:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0
Gumpang	2024-01-01	3:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0
Gumpang	2024-01-01	4:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0
Gumpang	2024-01-01	5:00	0.0	19	0.0	Sungai gedetanggul	7524.0	0

Gump ang	2024 -01- 01	6:00 :00	0.0	19 2	0.0	tang gul Sun gai gede tang gul	7524 0.0	0
Gump ang	2024 -01- 01	7:00 :00	0.0	19 2	0.0	Sun gai gede tang gul	7524 0.0	0
Gump ang	2024 -01- 01	8:00 :00	0.0	19 2	0.0	Sun gai gede tang gul	7524 0.0	0

besar untuk debit air. Output dari sistem adalah Situasi yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: aman, waspada, dan bahaya. Aturan-aturan fuzzy ditetapkan berdasarkan kombinasi nilai-nilai input, misalnya, “Jika curah hujan tinggi dan debit air besar maka situasi adalah bahaya.” Total terdapat delapan aturan fuzzy yang disusun untuk mencakup berbagai kondisi lingkungan yang memungkinkan. Aturan ini menjadi dasar bagi mesin inferensi untuk menentukan hasil prediksi secara bertingkat.

Tabel 4. Tabel Data Setelah Diterapkan Aturan

C. Penerapan Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Setelah aturan dibuat, sistem fuzzy Tsukamoto diterapkan dalam proses prediksi. Tahapan proses meliputi fuzzifikasi input, penerapan *rule base* untuk menentukan firing strength, dan defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata tertimbang. Setiap input data diuji melalui sistem fuzzy dan menghasilkan skor defuzzifikasi antara 0 hingga 100. Semakin rendah nilai skor, maka semakin tinggi tingkat bahayanya. Sebagai contoh, input dengan curah hujan 220 mm dan debit air 34.475 m³/jam menghasilkan skor defuzzifikasi 47.2 dan dikategorikan sebagai waspada. Sistem ini memiliki fleksibilitas dalam menginterpretasi nilai-nilai input yang tidak pasti, dan mampu memberikan hasil prediksi yang lebih halus dibanding klasifikasi biner biasa

Curah Hujan (mm)	Debit Air (m ³ /jam)	Fuzzy_Curah	Fuzzy_Debit	Prediksi_Fuzzy	Prediksi_i_Kelas
0.0	0.0	rendah	kecil	0.0	0
0.0	0.0	rendah	kecil	0.0	0
0.0	0.0	rendah	kecil	0.0	0
0.0	0.0	rendah	kecil	0.0	0
12.04	23116.8	sedang	besar	0.7	1
9.63	18489.6	sedang	besar	0.7	1
5.38	10329.6	sedang	besar	0.7	1
2.27	4.358.400.000.000.000	rendah	sedang	0.2	0
1.4	26.879.999.999.999.900	rendah	sedang	0.2	0
09.07	17414.4	sedang	besar	0.7	1

Tabel 3. Data Setelah Fuzzifikasi

Curah Hujan (mm)	Debit Air (m ³ /jam)	Fuzzy_Curah	Fuzzy_Debit
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil
0.0	0.0	rendah	kecil

E. Hasil Evaluasi dan Akurasi

Untuk mengukur performa sistem fuzzy, dilakukan evaluasi dengan membandingkan hasil prediksi dengan label aktual pada dataset. Sistem menghasilkan klasifikasi biner berdasarkan skor defuzzy: jika nilai ≤ 50 maka dikategorikan banjir, dan jika > 50 maka tidak banjir. Berdasarkan pengujian, sistem mencapai akurasi sebesar 84.48%. Confusion matrix menunjukkan nilai true positive dan true negative yang tinggi, serta nilai false positive dan false negative yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa metode fuzzy Tsukamoto efektif dalam mengklasifikasikan tingkat bahaya

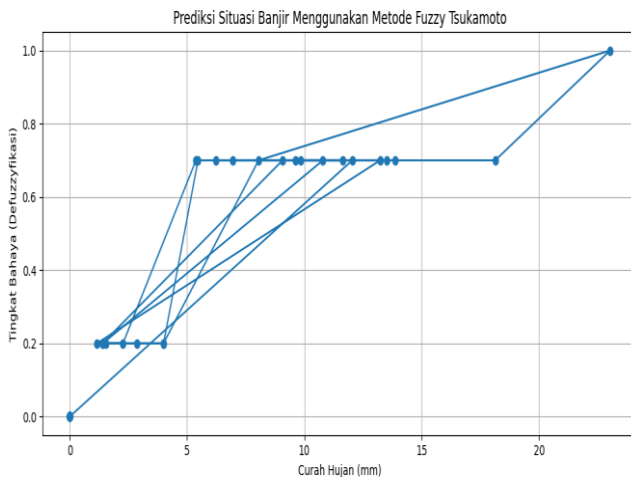
D. Pembuatan Aturan Fuzzy

Tahap selanjutnya adalah pembuatan aturan fuzzy (rule base) berdasarkan dua variabel input utama: Curah Hujan dan Debit Air. Setiap variabel dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, dan tinggi untuk curah hujan, serta kecil, sedang, dan

banjir, dan dapat diandalkan sebagai sistem prediksi awal.

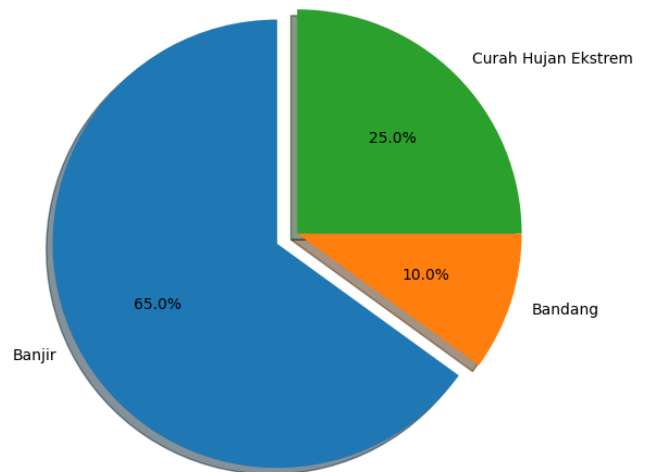
F. Visualisasi Hasil

Untuk mendukung pemahaman hasil, dilakukan visualisasi dalam dua bentuk utama. Pertama, grafik garis yang menghubungkan curah hujan dengan skor defuzzy memperlihatkan bahwa semakin tinggi curah hujan, semakin tinggi pula tingkat bahaya yang diprediksi oleh sistem. Kedua, diagram pie digunakan untuk menggambarkan distribusi kategori bahaya di wilayah Kartasura. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa 65% kondisi termasuk dalam kategori banjir, 25% curah hujan ekstrem, dan 10% bandang. Visualisasi ini membantu menyampaikan informasi dengan cara yang lebih intuitif dan informatif, terutama bagi pengambil keputusan di lapangan.



Gambar 2. Grafik Garis Prediksi Situasi Banjir

Persentase Situasi Bencana di Kartasura



Gambar 3. Diagram Pie Presentase Situasi Bencana Banjir

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy Tsukamoto mampu menangani data lingkungan yang bersifat tidak pasti dan dinamis. Dengan mempertimbangkan dua variabel utama, yaitu curah hujan dan debit air, sistem dapat mengklasifikasikan tingkat bahaya banjir secara bertingkat dan responsif. Keunggulan dari pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan prediksi yang tidak bersifat mutlak, tetapi lebih fleksibel. Visualisasi hasil juga menjadi nilai tambah dalam penyampaian informasi kepada pihak terkait. Sistem ini sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alat bantu mitigasi dan peringatan dini bencana banjir di wilayah rawan seperti Kartasura.

REFERENSI

- [1] Hidayatullah, J. Eska, and Zulhairani, "Analisa Sistem Deteksi Kerentanan Rawan Banjir Di Kota Perdagangan Sumatera Utara Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani," *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 2, pp. 1678–1684, 2025, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [2] S. Yuliantika and D. L. Kartika, "Implementasi Metode Fuzzy Mamdani sebagai Deteksi Awal Banjir Lokal di Bendung Gerak Serayu," *Sq. J. Math. Math. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 17–25, 2022, doi: 10.21580/square.2022.4.1.11177.
- [3] P. F. E. Adipraja, D. A. Sulisty, and I. Wahyuni, "Pemodelan Fuzzy Inference System Tsukamoto Untuk Prediksi Kejadian Banjir Di Kota Malang," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. Vol 7, No 1: Februari 2020, pp. 189–196, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071898.
- [4] R. A. Sulistyowati and N. Millah, "Penerapan Metode Fuzzy

- Tsukamoto untuk Mengidentifikasi Banjir Berdasarkan Curah Hujan dan Suhu di Kota Balikpapan pada Tahun 2015 sampai 2019," *SPECTA J. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 130–138, 2021, doi: 10.35718/specta.v5i2.238.
- [5] N. Kasim, P. Angraini Aziz, and A. Hari Wibowo, "Prediksi Tingkat Kerawanan Banjir Di Kendari Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 3, pp. 3784–3790, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i3.13374.
- [6] Hany Arya Wardhany, Eko Purwanto, and Hanifah Permatasari, "Implementasi Sistem Informasi Tes Psikologi Berbasis Web Pada Penerimaan Karyawan Baru Menggunakan Metode Waterfall," *JEKIN - J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 3, pp. 431–438, 2024, doi: 10.58794/jekin.v4i3.734.
- [7] L. Santoso and Priyadi, "Mengoptimalkan Proses Pembersihan Data dalam Analisis Big Data Menggunakan Pipeline Berbasis AI," *J. Elektron. Dan Komput.*, vol. 17, no. 2, pp. 657–666, 2024.
- [8] J. Embistek Ekonomi, M. Bisnis, dan Teknologi, I. Nozomi, A. Saputra, and F. Ilmu Komputer, "Prediksi Produksi Dan Penjualan Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *J. Embistek Ekon. Manaj. Bisnis, Syariah, dan Teknol.*, vol. volume 4 (1), no. 1, pp. 469–477, 2025, [Online]. Available: <https://embistek.org/jurnal/index.php/embistekvolume4>
- [9] M. Soleh, D. Sartika, and U. Dehasen, "Penerapan Logika Fuzzy Dalam Prediksi Jumlah Produksi Di Pt . Inocyle Teknologi Tbk," vol. 4307, no. 4, pp. 1440–1445, 2024.
- [10] R. Diar Panuntun - and A. Hermawan -, "Accredited rank 4 (SINTA 4), excerpts from the decision of the Application of Fuzzy Tsukamoto Method to Rainfall Prediction in Sleman Regency," *J. Ris. Inform.*, vol. 5, no. 4, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.34288/jri.v5i4.582>