

Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto Dalam Web Prediksi Banjir Di Kabupaten Blitar

Virganda Rimba Asmara¹, Saiful Nur Budiman S.Kom, M.Kom², Zoulvia Hanest Khinanti³,
Rizky Yunis Teresya⁴, Umi Hanik⁵, Asshyffatul Aina Ni'mah⁶, Bintang Lailatul Mukaromah⁷
Teknologi Informasi, Universitas Islam Balitar, Blitar, Indonesia
Korespondensi author: uhanik420@gmail.com

Info Artikel

Diajukan: 13 Januari 2025
Diterima: 24 Juni 2025
Diterbitkan: 2 Juli 2025

Keywords:

Flood
Prediction; Tsukamoto Fuzzy
Logic; Disaster Migration;
Rainfall; Early Warning System

Kata Kunci:

Prediksi Banjir; Logika Fuzzy
Tsukamoto; Curah Hujan; Sistem
peringatan Dini



Lisensi: cc-by-sa

Copyright © 2025 Virganda Rimba Asmara,
Saiful Nur Budiman, Zoulvia Hanest
Khinanti, Rizky Yunis Teresya, Umi Hanik,
Asshyffatul Aina Ni'mah, Bintang Lailatul
Mukaromah

Cara mensitasi artikel:

V. R. Asmara, S. N. Budiman, Z. H. khinanti, R. Y. Teresya, U. Hanik, A. A. Ni'mah, B. L. Mukaromah. "Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto Dalam Web Prediksi Banjir Di Kabupaten Blitar." *Jurnal Teknologi Informasi (JTI)*, vol.16, no. 1. hal 9-13 https://doi.org/10.33474/jti.v16i1.556

Abstract

Flooding is one of the natural disasters that frequently occurs in Indonesia, causing material losses and loss of life. To support early warning systems and risk mitigation, accurate flood prediction is needed. This study focuses on applying the Tsukamoto fuzzy logic method to predict flood potential in the Blitar Regency. The choice of this method is based on its ability to handle data uncertainty and produce more accurate predictions through the rule-based defuzzification process. The main variables analyzed include rainfall, river discharge, and regional characteristics that influence the likelihood of flooding. The results of the study show that the Tsukamoto fuzzy logic method can predict flood potential with a high level of accuracy, which is in line with findings from previous studies. It is hoped that this fuzzy logic-based prediction system can provide an effective solution for early warning, reduce the impact of flooding, and support decision-making in flood disaster mitigation in the Blitar Regency.

Abstrak

Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering melanda Indonesia, mengakibatkan kerugian material dan hilangnya nyawa. Untuk mendukung sistem peringatan dini dan mitigasi risiko, diperlukan prediksi banjir yang akurat. Penelitian ini berfokus pada penerapan metode logika fuzzy Tsukamoto dalam memprediksi potensi banjir di Kabupaten Blitar. Tujuan penelitian adalah Menerapkan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk membangun web prediksi banjir di Kabupaten Blitar, meningkatkan akurasi dan kecepatan informasi peringatan dini bencana. Pemilihan metode ini didasari oleh kemampuannya untuk mengatasi ketidakpastian data dan menghasilkan prediksi yang lebih tepat melalui proses defuzzifikasi berbasis aturan. Variabel utama yang dianalisis mencakup curah hujan, debit sungai, dan karakteristik wilayah yang berpengaruh terhadap kemungkinan terjadinya banjir. Kebaruan karena mengimplementasikan Logika Fuzzy Tsukamoto secara spesifik dalam web prediksi banjir untuk Kabupaten Blitar, memberikan solusi peringatan dini inovatif dan lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode logika fuzzy Tsukamoto mampu memprediksi potensi banjir dengan tingkat akurasi yang tinggi, sejalan dengan temuan studi sebelumnya. Diharapkan, sistem prediksi yang berbasis logika fuzzy ini dapat memberikan solusi efektif dalam menyediakan peringatan dini, mengurangi dampak banjir, serta mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana banjir di Kabupaten Blitar.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana alam dimana suatu wilayah terendam air karena luapan hujan secara berlebihan[1]. Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai daerah, terutama di Indonesia, dan dapat mengakibatkan kerugian material serta kehilangan jiwa[2].

Kabupaten Blitar menjadi salah satu daerah yang rawan akan bencana, sehingga perlu melakukan peningkatan kesiapsiagaan bencana. Salah satu yang dapat dilakukan sebagai upaya penanganan bencana dengan melakukan perencanaan penanggulangan yang dimulai dengan menyusun rencana penanggulangan bencana. Penyusunan rencana penanggulangan bencana berdasar pada kajian risiko bencana agar mendapatkan hasil yang lebih fokus dan terarah[3]. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi yang efektif, salah satunya melalui prakiraan banjir menggunakan logika fuzzy[4].

Logika fuzzy adalah salah satu metode yang mempunyai performa yang baik dalam melakukan

prediksi[5]. Logika fuzzy, yang diperkenalkan oleh Profesor Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965, merupakan metode yang dapat mengatasi ketidakpastian dan variabilitas data dalam sistem prediksi. Metode ini telah banyak diterapkan dalam berbagai penelitian untuk memprediksi banjir, dengan mempertimbangkan sejumlah variabel masukan seperti curah hujan, debit sungai, dan karakteristik wilayah lainnya[6].

Pada penelitian ini, observasi dilakukan di Kabupaten Blitar, tepatnya di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Blitar. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa curah hujan, aliran sungai, dan karakteristik wilayah adalah faktor-faktor utama yang memengaruhi terjadinya banjir. Khususnya, daerah Sutojayan teridentifikasi sebagai salah satu lokasi yang paling sering terdampak banjir, disebabkan oleh aliran air yang sangat tinggi dan karakteristik wilayah yang rentan.

Metode logika fuzzy Tsukamoto dipilih dalam penelitian ini untuk memprediksi kemungkinan terjadinya banjir[7]. Metode ini menggunakan inferensi berbasis aturan, yang menghasilkan nilai bersih melalui proses

defuzzifikasi. Salah satu keunggulan dari metode Tsukamoto adalah kemampuannya dalam menghasilkan nilai keluaran yang lebih akurat dibandingkan dengan metode fuzzy lainnya, seperti Mamdani[8].

Penelitian menunjukkan bahwa metode logika fuzzy Tsukamoto dapat digunakan untuk menghasilkan prakiraan banjir yang akurat dengan mempertimbangkan data curah hujan, debit sungai, dan tingkat kerentanan banjir suatu wilayah[9]. Temuan ini relevan untuk diterapkan di Kabupaten Blitar sebagai dasar pengembangan sistem peringatan dini untuk membantu masyarakat dan pemerintah dalam mitigasi bencana banjir.

Dengan demikian, penerapan logika fuzzy Tsukamoto dalam prediksi banjir menawarkan alternatif yang efektif untuk sistem peringatan dini dan mitigasi bencana[10]. Melalui pertimbangan terhadap berbagai variabel yang memengaruhi potensi banjir, termasuk hasil observasi lapangan di Kabupaten Blitar, sistem peramalan berbasis logika fuzzy ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat serta mendukung pengambilan keputusan untuk mengurangi dampak bencana alam di daerah Sutojayan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Waterfall* dalam pengembangan aplikasi prediksi banjir yang berbasis logika fuzzy *Tsukamoto*. Fokus utama dari penelitian ini adalah dua variabel penting: curah hujan dan debit sungai. Metode *Waterfall* dipilih karena keunggulannya dalam memberikan pendekatan yang sistematis dan terstruktur, memungkinkan proses pengembangan aplikasi yang terorganisir mulai dari tahap analisis hingga implementasi[11][12 14]] .



Gambar 1 Metode *Waterfall*

Berikut adalah urutan tahapan yang diterapkan dalam metode *Waterfall*:

1) Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, tujuan utamanya adalah mengidentifikasi kebutuhan sistem yang mencakup kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

Kebutuhan fungsional mencakup kemampuan aplikasi untuk menerima input curah hujan dan debit sungai, memproses data dengan logika fuzzy Tsukamoto, dan menghasilkan output berupa prediksi potensi banjir.

Sementara itu, kebutuhan non-fungsional meliputi kecepatan proses, kemudahan penggunaan aplikasi, serta kompatibilitas dengan perangkat pengguna. Data mengenai curah hujan dan debit sungai diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Blitar.

2) Desain Sistem

Tahap ini berfokus pada perancangan sistem aplikasi, yang meliputi:

- a. Model Arsitektur Sistem: Aplikasi dirancang dengan arsitektur berbasis client-server.
 - b. Logika Fuzzy Tsukamoto: Merancang himpunan fuzzy untuk variabel curah hujan (rendah, sedang, tinggi) dan debit sungai (rendah, sedang, tinggi), menyusun aturan inferensi, serta proses defuzzifikasi.
 - c. Antarmuka Pengguna: Menciptakan antarmuka yang intuitif untuk memudahkan input data dan menampilkan hasil prediksi.
- 3) Implementasi
- Pada tahap ini, sistem dibangun sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Html,Css, JavaScript untuk implementasi logika fuzzy.
- 4) Pengujian
- Aplikasi yang dikembangkan kemudian diuji untuk memastikan semua fungsionalitas berfungsi sesuai spesifikasi. Pengujian dilakukan dalam dua tahap:
- a. Unit Testing: Menguji setiap komponen aplikasi, termasuk modul input, proses fuzzy, dan output.
 - b. Integration Testing: Menguji keseluruhan alur sistem, mulai dari input data hingga hasil prediksi.

Beberapa proses didalam web yang harus dilakukan disajikan dalam bentuk flowchart web prediksi banjir yang disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2 *Flowchart*

Proses dimulai dengan memasukkan data berupa nilai curah hujan dan debit sungai. Selanjutnya, dilakukan fuzzifikasi, yaitu mengubah data tersebut menjadi nilai keanggotaan fuzzy berdasarkan kategori tertentu, seperti curah hujan rendah, sedang, atau tinggi, serta debit sungai normal atau meluap[15]. Setelah itu, tahap inferensi

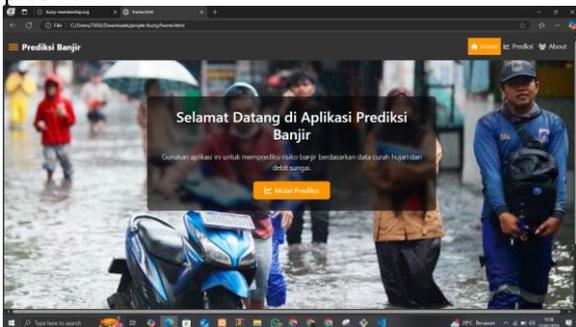
dilakukan dengan menerapkan aturan logika fuzzy untuk menentukan risiko banjir berdasarkan kombinasi nilai keanggotaan. Hasil dari inferensi kemudian diolah melalui defuzzifikasi menggunakan metode Tsukamoto untuk menghasilkan nilai risiko banjir dalam bentuk crisp atau nyata. Akhirnya, sistem menampilkan hasil prediksi risiko banjir, peringatan yang sesuai, dan saran mitigasi, sebelum proses dinyatakan selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tampilan Sistem Aplikasi

1) Halaman Utama

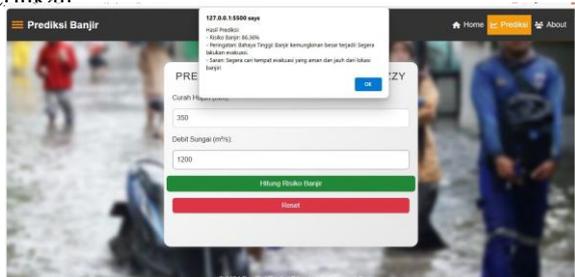
Tampilan aplikasi prediksi banjir dirancang intuitif dan informatif, dengan halaman utama menampilkan pesan sambutan, latar belakang gambar banjir, dan tombol "Mulai Prediksi" untuk mengakses fitur utama. Menu navigasi di bagian atas mencakup *Home*, *Prediksi*, dan *About*, memudahkan pengguna menjelajahi aplikasi. Desainnya yang modern dan terstruktur mendukung pengalaman pengguna yang nyaman sekaligus menekankan pentingnya mitigasi banjir melalui teknologi prediktif.



Gambar 3 Halaman Utama

2) Halaman Prediksi

Pada menu *Prediksi*, pengguna diminta untuk memasukkan data debit air (m³/s) dan curah hujan (mm). Setelah menekan tombol "Prediksi", sistem akan memproses data dan menampilkan hasil berupa alert yang berisi tingkat risiko banjir, prediksi potensi banjir, serta saran mitigasi yang relevan. Tampilan ini dirancang sederhana namun informatif untuk memudahkan pengguna memahami risiko dan langkah antisipasi yang diperlukan.



Gambar 4 Halaman Prediksi

3) Halaman About

Pada halaman *About*, ditampilkan foto, nama, dan NIM anggota Kelompok 2 sebagai informasi pengembang aplikasi. Halaman ini bertujuan *memberikan* apresiasi terhadap kontribusi setiap anggota serta meningkatkan transparansi dan kredibilitas aplikasi yang telah dikembangkan.

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, model prediksi banjir di Kabupaten Blitar dikembangkan dengan menggunakan dua kriteria utama, yaitu curah hujan dan debit air sungai. Curah hujan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: rendah (0-100 mm), menengah (150-200 mm), dan tinggi (300-400 mm). Sementara itu, debit air sungai juga dibagi menjadi tiga kelompok: rendah (1-200 m³/s), sedang (300-900 m³/s), dan tinggi (1000-5000 m³/s).

Penentuan kriteria ini menjadi langkah awal dalam analisis prediksi banjir. Setelah kriteria input ditetapkan, proses berikutnya adalah membentuk himpunan fuzzy dengan menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap kategori curah hujan dan debit air sungai. Fungsi keanggotaan ini membantu mengukur sejauh mana suatu nilai termasuk dalam kategori tertentu. Sebagai contoh, curah hujan sebesar 120 mm mungkin memiliki nilai keanggotaan sebagian pada kategori rendah dan menengah. Begitu juga, debit sungai sebesar 500 m³/s mungkin memiliki keanggotaan pada kategori sedang dengan tingkat keanggotaan tertentu.

Proses fuzzy dalam penelitian ini mencakup tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah fuzzifikasi, yaitu mengubah nilai-nilai input menjadi bentuk fuzzy berdasarkan kategori yang telah ditentukan. Hal ini memungkinkan data seperti curah hujan dan debit sungai dimaknai dalam bentuk linguistik, seperti rendah, sedang, atau tinggi.

Tahap kedua adalah inferensi, di mana aturan logika fuzzy diterapkan untuk menghubungkan curah hujan dan debit air dengan tingkat risiko banjir. Sebagai contoh, sebuah aturan dapat berbunyi: "Jika curah hujan tinggi dan debit sungai tinggi, maka risiko banjir juga tinggi."

Tahap terakhir adalah defuzzifikasi, yaitu mengubah hasil fuzzy dari tahap inferensi menjadi nilai nyata atau crisp, seperti angka yang menunjukkan tingkat risiko banjir. Ketiga tahapan ini dirancang untuk menghasilkan prediksi risiko banjir yang lebih akurat, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan mitigasi di Kabupaten Blitar.

1. Fuzzifikasi

a. Curah Hujan

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 100 \\ \frac{150 - x}{50} & ; 100 < x \leq 150 \\ 0 & ; x > 150 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-100}{50} & ; 100 < x \leq 200 \\ \frac{300-x}{100} & ; 200 < x \leq 300 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} \frac{x-300}{100} & ; x > 300 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

b. Debit Sungai

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} \frac{1}{300-x} & ; x \leq 200 \\ \frac{100}{0} & ; 200 < x < 250 \\ 0 & ; x \geq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-200}{800} & ; 200 < x < 1000 \\ \frac{2000-x}{1000} & ; 1000 < x \leq 2000 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} \frac{x-1000}{4000} & ; x > 1000 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

2. Inferensi

FIS Tsukamoto membutuhkan rule base atau aturan dalam bentuk “if-then” atau “sebab-akibat”. Rule base harus dibuat terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan FIS Tsukamoto. Setelah rule base dibuat, selanjutnya akan dilakukan perhitungan derajat keanggotaan (μ) sesuai dengan rule base yang telah dibuat[13].

Jumlah rule base FIS ditentukan dari jumlah kriteria input dan jumlah nilai linguistik dari kriteria input. Rumus untuk menentukan jumlah rule base yaitu jumlah nilai linguistik dipangkatkan dengan jumlah kriteria input

1. Jika curah hujan Tinggi dan debit sungai Tinggi, maka risiko banjir sangat tinggi (100%).
2. Jika curah hujan Tinggi dan debit sungai Sedang, maka risiko banjir tinggi (85%).
3. Jika curah hujan Tinggi dan debit sungai Rendah, maka risiko banjir sedang (70%).
4. Jika curah hujan Sedang dan debit sungai Tinggi, maka risiko banjir sedang (75%).
5. Jika curah hujan Sedang dan debit sungai Sedang, maka risiko banjir cukup (50%).
6. Jika curah hujan Sedang dan debit sungai Rendah, maka risiko banjir rendah (40%).
7. Jika curah hujan Rendah dan debit sungai Tinggi, maka risiko banjir sedang (60%).
8. Jika curah hujan Rendah dan debit sungai Sedang, maka risiko banjir rendah (30%).
9. Jika curah hujan Rendah dan debit sungai Rendah, maka risiko banjir sangat rendah (20%).

Pada proses perhitungan inferensi dibutuhkan dua data input yaitu curah hujan dan debit sungai

Curah hujan = 350 mm
Debit sungai = 1200m³/s

Sekarang, kita akan menerapkan aturan logika fuzzy berdasarkan keanggotaan yang dihitung di atas.
Aturan Fuzzy:

Tabel 1 Penerapan Rule Berdasarkan Keanggotaan

Rule	Curah Hujan	Debit Sungai	Output Risiko(z)	Keanggotaan (μ Rule)
1	Tinggi	Tinggi	100	$\min(0.5,0) = 0$
2	Tinggi	Sedang	85	$\min(0.5,0.8) = 0.5$
3	Tinggi	Rendah	70	$\min(0.5,0) = 0$
4	Sedang	Tinggi	75	$\min(0,0) = 0$
5	Sedang	Sedang	50	$\min(0,0.8) = 0$
6	Sedang	Rendah	40	$\min(0,0) = 0$
7	Rendah	Tinggi	60	$\min(0,0) = 0$
8	Rendah	Sedang	30	$\min(0,0.8) = 0$
9	Rendah	Rendah	20	$\min(0,0) = 0$

Dari tabel di atas, hanya aturan 2 yang menghasilkan nilai keanggotaan lebih besar dari 0, yaitu:

Rule 2: μ Rule = 0.5, dengan output risiko z = 85

3. Defuzzifikasi

Untuk melakukan defuzzifikasi, kita menggunakan metode **Weighted Average** (metode Tsukamoto), yaitu menghitung risiko banjir (z) sebagai berikut:

$$\text{Flood risk} = \frac{\sum(\mu\text{Rule} \cdot z)}{\sum \mu\text{Rule}}$$

Langkah-Langkah Defuzzifikasi:

Hitung Pembilang (Numerator):

$$\text{Numerator} = (0.5 \times 85) = 42.5$$

1. Hitung Penyebut (Denominator):

$$\text{Denominator} = 0.5$$

2. Hitung Risiko Banjir (Flood Risk):

$$\text{Flood risk} = \frac{42.5}{0.5} = 85$$

Hasil Defuzzifikasi:

Risiko banjir yang dihasilkan adalah 85%, yang menunjukkan bahwa risiko banjir sangat tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah aplikasi prediksi banjir yang menggunakan logika fuzzy Tsukamoto, dengan fokus pada dua variabel utama: curah hujan dan debit sungai. Penerapan metode Waterfall dalam pengembangan aplikasi memberikan suatu pendekatan yang terstruktur dan sistematis, dimulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, hingga implementasi dan pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode logika fuzzy Tsukamoto mampu memberikan prediksi potensi banjir dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Temuan ini sangat relevan bagi upaya mitigasi bencana banjir di Kabupaten Blitar, dimana aplikasi ini dapat berfungsi sebagai bagian dari sistem peringatan dini untuk meminimalisir dampak banjir. Dengan menggunakan logika fuzzy Tsukamoto, aplikasi ini dapat menghadapi ketidakpastian data dan menawarkan hasil yang lebih presisi dalam memprediksi potensi banjir berdasarkan variabel-variabel yang berkaitan.

Disarankan untuk menambahkan variabel seperti kondisi tanah dan tata guna lahan guna meningkatkan akurasi prediksi. Integrasi dengan sistem pemantauan cuaca real-time juga penting untuk data yang lebih akurat. Pengujian di berbagai wilayah Kabupaten Blitar akan membantu menilai efektivitas aplikasi. Selain itu, pengembangan aplikasi mobile atau web yang mudah diakses masyarakat dan instansi terkait perlu diprioritaskan. Kolaborasi dengan BPBD dan pemerintah daerah sangat penting untuk integrasi data yang efektif dan mendukung mitigasi bencana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, kami ingin menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah turut serta dalam memberikan dukungan dan kontribusi. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Saiful Nur Budiman selaku dosen mata kuliah, serta Bapak Frans, Bapak Saiful Anwar, Bapak Didik Trianto selaku narasumber dari BPDB Kab. Blitar. Kami sangat menghargai bimbingan dan arahan yang berharga, yang telah menjadi pendorong utama kesuksesan penelitian ini. Dukungan beliau tidak hanya dalam aspek teknis, tetapi juga dalam memberikan inspirasi dan motivasi yang membantu kami mengatasi setiap tantangan.

REFERENSI

- [1] "Jurnal Specta Of Teknologi Penerapan Metode Tsukamoto."
- [2] A. Sa'dan, H. Haryanto, S. Astuti, And Y. Rahayu, "Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Tsukamoto Pada Sistem Prediksi Banjir," *Eksplora Inform.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 104–111, Mar. 2019, Doi: 10.30864/Eksplora.V8i2.154.
- [3] "Perbup Blitar No 102 Tahun 2024 Tentang Kajian Risiko Bencana-Digabungkan.Pdf."
- [4] R. Septianto, W. W. Pamungkas, And M. A. Yuana, "Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Logika," Vol. 8, No. 1, 2022.
- [5] P. F. E. Adipraja And D. A. Sulisty, "Pemodelan Fuzzy Inference System Tsukamoto Untuk Prediksi Kejadian Banjir Di Kota Malang".
- [6] M. N. Marzuqi, "Sistem Informasi Geografi Daerah Potensi Banjir Menggunakan Fuzzy Inferensi Sistem," Vol. 11, 2022.
- [7] B. Supriyadi And U. Ungkawa, "Sistem Peringatan Dini Antisipasi Banjir Menggunakan Metode Kalman Filter Dan Fuzzy Logic".
- [8] 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, Apr. 2022, Doi: 10.21580/Square.2022.4.1.11177.
- [9] C. P. Putri, M. D. Daviansyah, M. F. Firmansyah, And M. Kom, "Sistem Pendeteksi Banjir Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Dengan Gui Matlab Di Jakarta," Vol. 2, 2021.
- [10] E. Gani, H. S. Kolibu, and G. H. Tamuntuan, "Pemanfaatan Logika Fuzzy Untuk Sistem Prediksi Banjir," *J. MIPA*, vol. 5, no. 2, p. 81, Aug. 2016, doi: 10.35799/jm.5.2.2016.12965.

- [11] Kurniawan, H., Apriliah, W., Kurniawan, I., & Firmansyah, D. (2020). Penerapan metode waterfall dalam perancangan sistem informasi penggajian pada SMK Bina Karya Karawang. *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 14(4), 159. <https://doi.org/10.35969/interkom.v14i4.58>
- [12] A. Setyono and S. N. Aeni, "Development of decision support system for ordering goods using fuzzy Tsukamoto," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 1182–1193, 2018, doi: 10.11591/ijece.v8i2.pp1182-1193.
- [13] M. I. Perangin-Angin, A. H. Lubis, I. S. Dumayanti, R. B. Ginting, and A. P. U. Siahaan, "Implementation of Fuzzy Tsukamoto Algorithm in Determining Work Feasibility," *IOSR J. Comput. Eng.*, vol. 19, no. 4, pp. 52–55, 2017, doi: 10.9790/0661-1904045255.
- [14] W. Ilham, N. Fajri, and K. Cirebon, "Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada," *Semin. Inform. Apl. Polinema 2020*, vol. 10, no. 1, pp. 71–82, 2020.
- [15] Zalukhu, A., Purba, S., & Darma, D. (2023). Perangkat lunak aplikasi pembelajaran flowchart. *Jurnal Teknologi Informasi dan Industri*, 4(1), 61-70. <https://doi.org/10.35969/jti.v4i1.12345>