

# Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Prediksi Banjir

Alfian Sa'dan<sup>1</sup>, Hanny Haryanto<sup>2</sup>, Setia Astuti<sup>3</sup>, Yuniarsi Rahayu<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro

Jalan Imam Bonjol 207 Semarang, (+6224) 3517261

e-mail: <sup>1</sup>111201408614@mhs.dinus.ac.id, <sup>2</sup>hanny.haryanto@dsn.dinus.ac.id,

<sup>3</sup>setia.astuti@dsn.dinus.ac.id, <sup>4</sup>yuniarsi.rahayu@dsn.dinus.ac.id

## Abstrak

Bencana banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi. Pada dasarnya bencana banjir disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga air tidak dapat tertampung pada tempatnya. Banjir juga dapat di sebabkan oleh ketinggian suatu daerah, karena air akan selalu mengalir ke tempat yang rendah, oleh sebab itu daerah dataran rendah lebih rawan terkena banjir. Banjir tidak terjadi pada dataran rendah saja, banjir juga bisa terjadi pada dataran tinggi. Untuk mengantisipasi terjadinya banjir salah satu caranya adalah memprediksinya. Untuk itu perlu dibuat sistem untuk memprediksi bencana banjir. Penelitian ini menggunakan logika Fuzzy metode Tsukamoto untuk memprediksi banjir dengan objek penelitian di daerah pada kota Semarang. Metode Tsukamoto dipilih karena sifatnya sederhana, memiliki toleransi pada data yang ada, fleksibel. Hasil akhir ( $z$ ) diperoleh dengan menggunakan rata-rata terpusat. Faktor-faktor yang digunakan sebagai input dalam memprediksi banjir adalah ketinggian daerah, curah hujan, dan suhu. Dari variabel-variabel tersebut dihasilkan defuzzifikasi yang merupakan output prediksi banjir yang memiliki tingkat akurasi sebesar 87,5%.

**Kata kunci:** Banjir, Logika Fuzzy Tsukamoto, Curah Hujan.

## Abstract

Flood disaster is a frequent natural disaster. Basically, floods caused by high rainfall cannot be accommodated in its place. Flooding can also be caused by the height of an area, because water will always flow to a low place, therefore lowland areas are more prone to flooding. Flooding does not occur in the lowlands only, flooding can also occur in the highlands. To anticipate the occurrence of flooding, one of them is examined. For this reason, a system is needed to predict floods. In this research explain how to apply Fuzzy logic Tsukamoto to predict flood in the area at Semarang city. The Tsukamoto method was chosen because it is simple, has existing data, is flexible. The final result ( $z$ ) is obtained using a centered average. The factors used as flood inputs are the height of the area, rainfall, and temperature. From these variables, defuzzification is produced which is the predicted output of flood that has an accuracy of 87.5%.

**Keywords:** Flood, Fuzzy Logic Tsukamoto, Rainfall.

## 1. Pendahuluan

Curah hujan juga mempunyai dampak yang sangat berarti bagi setiap makhluk yang hidup di bumi. Adapun dampak positif dari curah hujan yaitu memiliki cadangan air yang banyak, dalam bidang pertanian cukup membantu dalam segi (mengalirkan air ke sawah-sawah, tanah menjadi subur karena terkena air hujan). Dampak negatif dari curah hujan tersebut yaitu dapat menyebabkan bencana banjir, longsor, maupun gagal panen jika curah hujan tersebut terlalu tinggi [1]. Bencana banjir di Indonesia seolah-olah telah menjadi tradisi. Bencana banjir pada dasarnya disebabkan oleh air yang meluap pada saluran air dan sungai. Bencana banjir dapat terjadi di tempat yang tinggi maupun tempat yang rendah. Adapun faktor-faktor alam yang dapat mengakibatkan banjir adalah struktur tanah yang tidak dapat menyerap air dengan sempurna dengan intensitas curah hujan yang tinggi [2]. Untuk banjir yang terjadi di beberapa tempat pada kota Semarang pada dasarnya di sebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga saluran air atau sungai tidak dapat menampung air hujan, sehingga akan menyebabkan bencana banjir.

Kecerdasan buatan di sini diartikan sebagai suatu mesin yang dapat berpikir, menimbang tindakan yang ingin diambil, dan dapat mengambil keputusan layaknya yang dikerjakan oleh manusia [3]. Manfaat dari kecerdasan buatan diimplementasikan dalam pengembangan sistem pakar sangat banyak di antaranya

adalah meningkatkan produktivitas kerja, mengurangi human *error*, mampu menangkap pengetahuan dan kepakaran seseorang, dapat bekerja dengan informasi yang kurang lengkap atau tidak pasti, menghemat waktu dalam menyelesaikan masalah yang kompleks.

Salah satu metode yang dapat membuat prediksi tentang curah hujan yaitu dengan menggunakan logika Fuzzy, karena logika Fuzzy mempunyai kemampuan dalam memproses pola-pikir secara bahasa sehingga di dalam perancangannya tidak membutuhkan persamaan matematik yang sangat rumit. Alasan yang bisa diutarakan mengapa penulis memilih untuk menggunakan logika Fuzzy sebagai bahan untuk memprediksi curah hujan yang dapat menyebabkan banjir di antaranya adalah sangat gampang dimengerti, mempunyai toleransi terhadap data yang kurang tepat, dapat memodelkan fungsi-fungsi non linear yang rumit, dapat membuat dan menerapkan pengalaman dari para pakar secara cepat tanpa harus melakukan proses pelatihan, bisa bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara umum, dan dilandaskan pada bahasa alami. Logika Fuzzy sendiri memiliki 3 metode di antaranya Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto [3]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan metode sistem pakar, Fuzzy [4] yang mampu mendiagnosis tuberkulosis dengan akurasi 61%. Selanjutnya memprediksi asupan gizi dari makanan menggunakan Fuzzy Tsukamoto [5] dapat menilai kalori makanan harian kemudian nilai tersebut akan dimasukkan dengan kebutuhan kalori sehari-hari.. Selanjutnya memprediksi perilaku konsumen pada toko bangunan dengan metode MAPE (*Mean Absolute Precentage Error*) [6] dalam pengujian menggunakan metode tersebut memperoleh persentase kesalahan untuk merenovasi tembok dengan nilai 43.91%, merenovasi lantai dengan nilai 36.23%, dan merenovasi atap dengan nilai 18.11%. Selanjutnya menilai kinerja perawat menggunakan metode Fuzzy Mamdani [7] mendapatkan nilai evaluasi dari kinerja pelayanan perawat sebesar 84,9% yang berupa keanggotaan dari sebuah domain himpunan bilangan Fuzzy baik. Selanjutnya prediksi curah hujan dengan metode AFER (*Average Forecasting Error Rate*) [8] dengan rata-rata yang memiliki simpangan terjadi di antara data asli dengan data hasil prediksi sebesar 7.2 %, Dengan asumsi bahwa hasil AFER (*Average Forecasting Error Rate*) antara 0%-2,5% mengartikan bahwa hasil prediksi sudah akurat dan hasil AFER (*Average Forecasting Error Rate*) antara 2.5%20% mengartikan bahwa hasil prediksi sudah cukup akurat.

Dari hasil penelitian sebelumnya didapatkan bahwa hasil dari prediksi menggunakan Fuzzy cukup akurat. Metode tersebut akan diterapkan pada kasus prediksi banjir berdasarkan curah hujan, ketinggian suatu daerah, suhu udara. Data tersebut adalah variabel-variabel yang akan direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan Fuzzy.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Bencana banjir pada daerah di Semarang, di mana penulis bertujuan untuk membantu memprediksi bencana banjir.

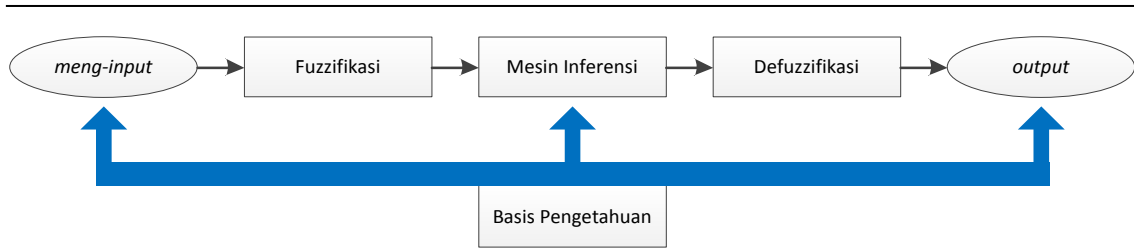
### 2.2. Teknik pengumpulan data

Prosedur pengambilan atau pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian menggunakan 2 metode yaitu:

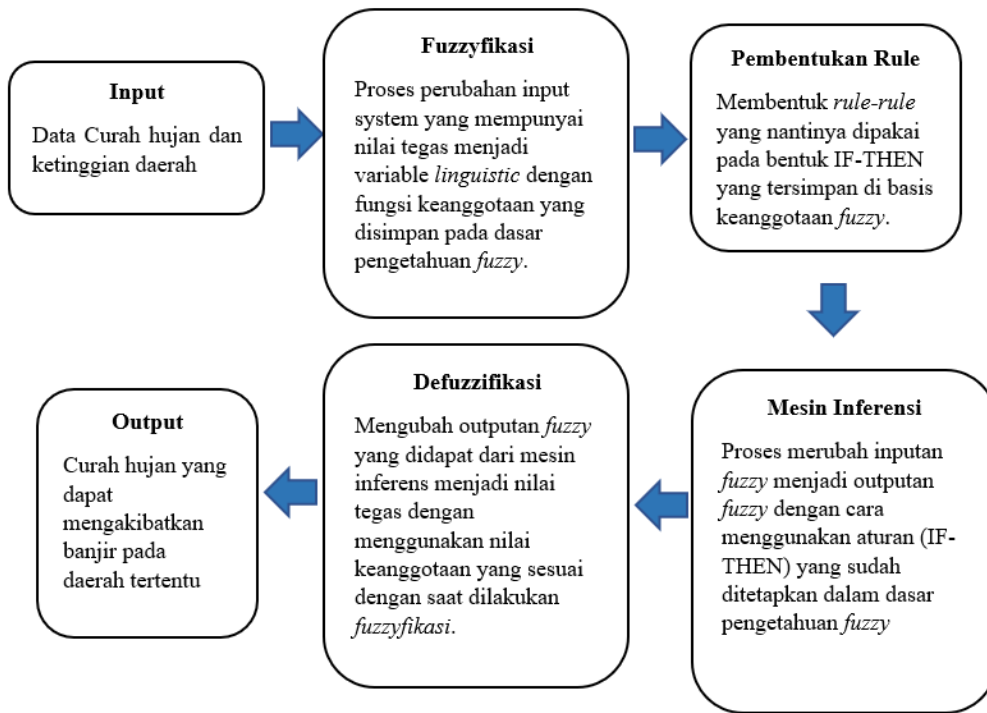
1. Wawancara  
Teknik wawancara dilakukan secara langsung dengan seorang ahli atau seorang pakar tentang Meteorologi klimatologi dan geofisika. Penulis melakukan pengambilan data dan mewawancarai kepada salah satu pegawai dinas BMKG di daerah Semarang. Data tersebut menjadi objek latar belakang masalah penelitian saat ini serta mengetahui pengetahuan Fuzzy *logic*.
2. Studi Pustaka  
Studi pustaka dilakukan dengan cara mencari referensi dari berbagai sumber untuk membantu dalam melakukan penelitian, di antaranya:
  - a. Jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian.
  - b. Buku-buku yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 2.3. Menerapkan Logika Fuzzy

Struktur sistem inferensi Fuzzy dapat dilihat di Gambar 1. Secara umum tahapan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 1. Struktur sistem inferensi Fuzzy.



Gambar 2. Tahapan penelitian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam metode Tsukamoto ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk menghasilkan *output* seperti yang diinginkan, langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut:

1. Membuat Himpunan Fuzzy

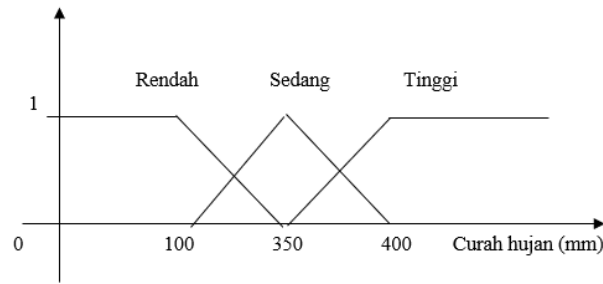
Dalam penelitian ini ada 3 variabel *input*, yaitu Curah hujan, ketinggian daerah, suhu. Di bawah ini adalah himpunan yang dapat terbentuk, himpunnanya ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

a. Variabel Curah hujan

Tabel 1. Variabel keanggotaan curah hujan.

No	Himpunan	Domain
1	Rendah	$\leq 100\text{mm}$
2	Sedang	$100\text{mm} - 400\text{mm}$
3	Tinggi	$> 400\text{mm}$

Berdasarkan dari hasil wawancara jika curah hujan kurang dari sama dengan 100 maka masuk ke kategori curah hujan rendah, sedangkan untuk curah hujan yang berada di *range* nilai 101 sampai dengan 400 maka masuk ke kategori curah hujan sedang, dan untuk curah hujan lebih dari 400 maka masuk ke kategori curah hujan tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



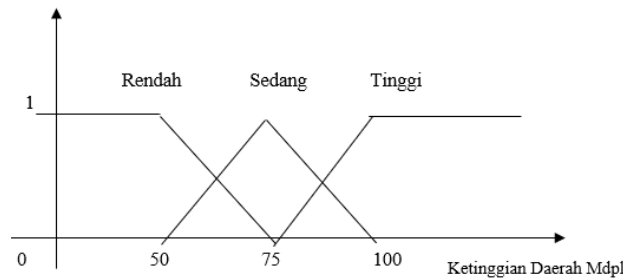
Gambar 3. Grafik variabel keanggotaan curah hujan.

b. Variabel ketinggian daerah

Tabel 2. Variabel keanggotaan ketinggian daerah.

No	Himpunan	Domain
1	Rendah	$\leq 50$ mdpl
2	Sedang	51 – 100 mdpl
3	Tinggi	$> 100$ mdpl

Seperti ditunjukkan pada Tabel 2, jika ketinggian daerah memiliki nilai kurang dari 50 mdpl maka masuk ke kategori dataran rendah, sedangkan ketinggian daerah dengan nilai antara 51 mdpl sampai dengan 100 mdpl maka masuk ke kategori dataran sedang, dan ketinggian daerah dengan nilai lebih dari 100 mdpl maka masuk ke kategori dataran tinggi. Grafik fungsi keanggotaan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



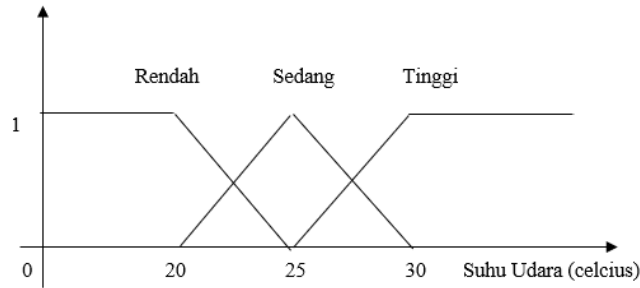
Gambar 4. Grafik variabel keanggotaan ketinggian daerah.

c. Variabel Suhu udara

Tabel 3. Variabel keanggotaan suhu udara.

No	Himpunan	Domain
1	Dingin	$\leq 20$
2	Normal	21 - 30
3	Panas	$> 30$

Tabel 3 menunjukkan jika Suhu udara memiliki nilai kurang dari 20 *celcius* maka masuk ke kategori suhu dingin, sedangkan suhu udara dengan nilai antara 21 *celcius* sampai dengan 30 *celcius* maka masuk ke kategori suhu normal, dan suhu udara dengan nilai lebih dari 30 *celcius* maka masuk ke kategori suhu panas. Gambar 5 menunjukkan grafik keanggotaannya.



Gambar 5. Grafik variabel keanggotaan suhu udara.

2. Pembentukan Basis Pengetahuan Fuzzy Berdasarkan dari hasil analisis data yang sudah didapatkan dari BMKG yang menghasilkan Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Rules

No	IF			THEN
	CH	SU	KD	
1	Tinggi	Rendah	Tinggi	Tidak banjir
2	Tinggi	Rendah	Sedang	Banjir
3	Tinggi	Rendah	Rendah	Banjir
4	Tinggi	Normal	Tinggi	Tidak banjir
5	Tinggi	Normal	Sedang	Banjir
6	Tinggi	Normal	Rendah	Banjir
7	Tinggi	Panas	Tinggi	Tidak banjir
8	Tinggi	Panas	Sedang	Banjir
9	Tinggi	Panas	Rendah	Banjir
10	Sedang	Rendah	Tinggi	Tidak banjir
11	Sedang	Rendah	Sedang	Tidak banjir
12	Sedang	Rendah	Rendah	Banjir
13	Sedang	Normal	Tinggi	Tidak banjir
14	Sedang	Normal	Sedang	Tidak banjir
15	Sedang	Normal	Rendah	Banjir
16	Sedang	Panas	Tinggi	Tidak banjir
17	Sedang	Panas	Sedang	Tidak banjir
18	Sedang	Panas	Rendah	Banjir
19	Rendah	Rendah	Tinggi	Tidak banjir
20	Rendah	Rendah	Sedang	Tidak banjir
21	Rendah	Rendah	Rendah	Tidak banjir
22	Rendah	Normal	Tinggi	Tidak banjir
23	Rendah	Normal	Sedang	Tidak banjir
24	Rendah	Normal	Rendah	Tidak banjir
25	Rendah	Panas	Tinggi	Tidak banjir
26	Rendah	Panas	Sedang	Tidak banjir
27	Rendah	Panas	Rendah	Tidak banjir

3. Mesin Inferensi  
Penggunaan implikasi MIN untuk mendapat nilai  $\alpha$  -predikat dari tiap rule (a1, a2, ..., an). Lalu nilai  $\alpha$  -predikat digunakan dalam penghitungan output hasil dari inferensi masing-masing rules.
4. Defuzzyfikasi  
Pada metode Tsukamoto, defuzzifikasi akan dilakukan menggunakan metode *weight average* (rata-rata). Di bawah ini adalah rumusnya:

$$z = \frac{a_1z_1 + a_2z_2}{a_1 + a_2} \tag{1}$$

Setelah diterapkan metode Tsukamoto pada data tahun 2015-2016 di daerah Kaligawe, Candi dan Gunungpati maka didapatkan akurasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 sampai Tabel 10 berikut.

Tabel 5. Kaligawe tahun 2015.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	212	26.9	8	Banjir	Salah
Februari	265	26.9	8	Banjir	Benar
Maret	165	27.5	8	Banjir	Salah
April	308	27.8	8	Banjir	Benar
Mei	124	28.7	8	Tidak	Benar
Juni	77	28.1	8	Tidak	Benar
Juli	2	28.1	8	Tidak	Benar
Agustus	12	28.0	8	Tidak	Benar
September	0	29.0	8	Tidak	Benar
Oktober	1	30.2	8	Tidak	Benar
November	126	29.6	8	Banjir	Salah
Desember	226	28.2	8	Banjir	Salah

Tabel 6. Kaligawe tahun 2016.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	219	26.9	8	Banjir	Salah
Februari	321	26.9	8	Banjir	Benar
Maret	97	27.5	8	Tidak	Benar
April	191	27.8	8	Banjir	Salah
Mei	71	28.7	8	Tidak	Benar
Juni	98	28.1	8	Tidak	Benar
Juli	130	28.1	8	Tidak	Benar
Agustus	138	28.0	8	Tidak	Benar
September	413	29.0	8	Banjir	Benar
Oktober	108	30.2	8	Banjir	Salah
November	229	29.6	8	Banjir	Salah
Desember	107	28.2	8	Banjir	Salah

Tabel 7. Candi tahun 2015.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	216	26.9	55	Tidak	Benar
Februari	342	26.9	55	Banjir	Benar
Maret	180	27.5	55	Tidak	Benar
April	231	27.8	55	Banjir	Benar
Mei	149	28.7	55	Tidak	Benar
Juni	32	28.1	55	Tidak	Benar
Juli	11	28.1	55	Tidak	Benar
Agustus	13	28.0	55	Tidak	Benar
September	0	29.0	55	Tidak	Benar
Oktober	0	30.2	55	Tidak	Benar
November	206	29.6	55	Tidak	Benar
Desember	160	28.2	55	Tidak	Benar

Tabel 8. Candi tahun 2016.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	330	26.9	55	Banjir	Benar
Februari	247	26.9	55	Banjir	Benar
Maret	102	27.5	55	Tidak	Benar
April	314	27.8	55	Banjir	Benar
Mei	230	28.7	55	Banjir	Benar
Juni	91	28.1	55	Tidak	Benar
Juli	147	28.1	55	Tidak	Benar
Agustus	108	28.0	55	Tidak	Benar
September	438	29.0	55	Banjir	Benar
Oktober	300	30.2	55	Banjir	Benar

November	390	29.6	55	Banjir	Benar
Desember	205	28.2	55	Tidak	Benar

Tabel 9. Gunungpati tahun 2015.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	313	26.9	200	Tidak	Benar
Februari	608	26.9	200	Tidak	Benar
Maret	254	27.5	200	Tidak	Benar
April	127	27.8	200	Tidak	Benar
Mei	157	28.7	200	Tidak	Benar
Juni	16	28.1	200	Tidak	Benar
Juli	9	28.1	200	Tidak	Benar
Agustus	0	28.0	200	Tidak	Benar
September	3	29.0	200	Tidak	Benar
Oktober	0	30.2	200	Tidak	Benar
November	407	29.6	200	Tidak	Benar
Desember	219	28.2	200	Tidak	Benar

Tabel 10. Gunungpati tahun 2016.

BULAN	Curah Hujan (mm)	Suhu (Celcius)	Ketinggian Daerah (Mdpl)	Tingkat Kerawanan Banjir	Pengujian Sistem
Januari	381	26.9	200	Tidak	Benar
Februari	298	26.9	200	Tidak	Benar
Maret	197	27.5	200	Tidak	Benar
April	269	27.8	200	Tidak	Benar
Mei	320	28.7	200	Tidak	Benar
Juni	104	28.1	200	Tidak	Benar
Juli	194	28.1	200	Tidak	Benar
Agustus	56	28.0	200	Tidak	Benar
September	483	29.0	200	Tidak	Benar
Oktober	491	30.2	200	Tidak	Benar
November	434	29.6	200	Tidak	Benar
Desember	226	28.2	200	Tidak	Benar

Dari 72 percobaan tes ada 9 yang kurang sesuai dengan hasil prediksi yang terjadi di daerah kaligawe tahun 2015 dan 2016 sehingga hasil yang sesuai dari tiga daerah tersebut berjumlah 63

$$\begin{aligned}
 \text{Tingkat Akurasi} &= \frac{63}{72} \times 100 \% \\
 &= 0,875 \times 100 \% \\
 &= 87,5\%
 \end{aligned}$$

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah logika Fuzzy metode Tsukamoto yang diterapkan untuk memprediksi banjir pada daerah di Semarang mempunyai akurasi sebesar 87,5%. Hal ini menunjukkan akurasi yang cukup bagus sehingga logika Fuzzy yang terbentuk dapat digunakan untuk melakukan prediksi di tahun-tahun berikutnya.

#### 5. Saran

1. Penelitian ini dikembangkan ke depan dengan menggunakan data daerah yang lebih luas, karena di penelitian ini terbatas hanya pada tiga daerah di Kota Semarang.
2. Penggunaan Fuzzy dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti Baive Bayes, ataupun Fuzzy yang lainnya, terutama untuk menghasilkan *input* yang otomatis.

#### Daftar Pustaka

- [1] K. Khotimah, "Bahan Ajar Diklat Teknis Analisa Cuaca Permukaan," Jakarta, 2010.
- [2] T. D. Wismarini and M. Sukur, "Penentuan Tingkat Kerentanan Banjir Secara Geospasial," *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 20, no. 1, pp. 57–76, 2015.
- [3] T. Sutojo, E. Mulyanto, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*. Semarang, 2010.

- 
- [4] M. O. Omisore, O. W. Samuel, and E. J. Atajeromavwo, “A Genetic-Neuro-Fuzzy inferential model for diagnosis of tuberculosis,” *Appl. Comput. Informatics*, vol. 13, no. 1, pp. 27–37, 2017.
  - [5] R. A. Priyono and K. Surendro, “Nutritional Needs Recommendation based on Fuzzy Logic,” *Procedia Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 1244–1251, 2013.
  - [6] A. A. Caraka, H. Haryanto, D. P. Kusumaningrum, and S. Astuti, “Logika Fuzzy Menggunakan Metode Tsukamoto untuk Prediksi Perilaku Konsumen di Toko Bangunan,” *Techno.COM*, vol. 14, no. 4, pp. 255–265, 2015.
  - [7] A. Muthohar and Y. Rahayu, “Implementasi Logika Fuzzy Mamdani pada Penilaian Kinerja Pelayanan Perawat Implementation of Fuzzy Mamdani Method for Nurse Performance Evaluation,” *J. Appl. Intell. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–76, 2016.
  - [8] Rahmawatii and Nidia Rosmawanti, “Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno,” *Progresif*, vol. 12, no. 1, pp. 1243–1386, 2016.