



## Penerapan Metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk Mengidentifikasi Banjir Berdasarkan Curah Hujan dan Suhu di Kota Balikpapan pada Tahun 2015 sampai 2019

Ria Adha Sulistyowati<sup>1</sup>, Nashrul Millah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Matematika, Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: [02171031@student.itk.ac.id](mailto:02171031@student.itk.ac.id)

### Abstract

Flooding occurred in several areas in Balikpapan is still a big issue. Floods that occurred in several places in Balikpapan were basically caused by the unavailability of trenches and places to drain rainwater. This causes rainwater going straight down the road and creating a puddle. One way to anticipate the occurrence of floods is to know the conditions that trigger floods, which are rainfall and air temperature. For this reason, it is a necessary to create a classification system for the level of rainfall and air temperature that affect flooding. The method that can be used for this problem is fuzzy logic, specifically the Tsukamoto method. Tsukamoto method of fuzzy logic is one of the most frequently used methods for prediction. Therefore, method can be used to identify floods. Input variables used in this study are rainfall and temperature, while the output variable is flood or not flood.

*Keywords:* air temperature, flood, fuzzy Tsukamoto logic, prediction, rainfall.

### Abstrak

Banjir masih menjadi permasalahan yang belum kunjung tuntas di Kota Balikpapan. Banjir yang terjadi di beberapa tempat di Balikpapan pada dasarnya disebabkan oleh tidak tersedianya parit dan tempat untuk mengalirkan air hujan. Hal ini mengakibatkan air hujan langsung turun ke jalan dan membuat genangan. Salah satu cara untuk mengantisipasi terjadinya banjir adalah dengan mengetahui kondisi yang menjadi pemicu banjir, dalam hal ini adalah curah hujan dan suhu udara. Untuk itu perlu dibuat sistem pengklasifikasian tingkat curah hujan dan suhu udara yang mempengaruhi terjadinya banjir. Metode yang dapat digunakan untuk masalah ini adalah logika fuzzy, khususnya metode Tsukamoto. Logika Fuzzy metode Tsukamoto merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk memprediksi suatu keadaan. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi banjir. Variabel input yang digunakan pada penelitian ini adalah curah hujan dan suhu, sedangkan variabel outputnya adalah banjir atau tidak banjir.

*Kata Kunci:* banjir, curah hujan, logika fuzzy Tsukamoto, prediksi, suhu udara.

### 1. Pendahuluan

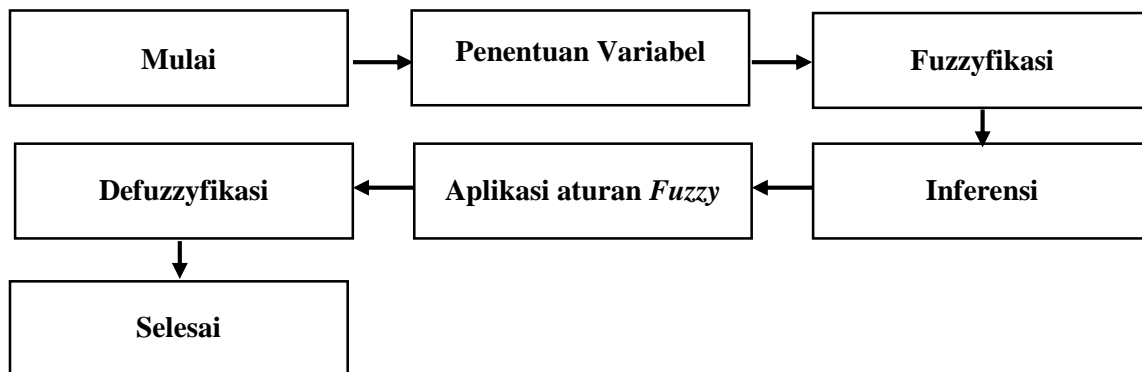
Banjir merupakan bencana alam dimana suatu wilayah terendam air karena luapan hujan secara berlebihan. Banjir bisa terjadi di desa ataupun di kota, bahkan di beberapa tempat banjir sudah menjadi hal yang biasa dijumpai. Meski demikian, banjir memiliki dampak yang berbeda disetiap tempat. Contohnya jika banjir terjadi di kota, maka dapat mengakibatkan kerusakan pemukiman, sedangkan jika banjir terjadi di pedesaan dapat menyebabkan ladang dan lahan pertanian terendam. Banjir terjadi karena beberapa faktor antara lain: kondisi topografi, intensitas curah hujan yang tinggi, penyumbatan air yang mengalir, sedikitnya area peresapan air, dan penggundulan hutan (Dalma, 2020).

Banjir masih menjadi permasalahan yang belum kunjung tuntas di Kota Balikpapan. Banjir yang terjadi di beberapa tempat di Balikpapan pada dasarnya disebabkan oleh tidak tersedianya parit dan tempat untuk mengalirkan air hujan. Hal ini mengakibatkan air hujan langsung turun ke jalan dan membuat genangan (Rosyidie, 2013). Salah satu cara untuk mengantisipasi terjadinya banjir adalah dengan mengetahui kondisi yang menjadi pemicu banjir, dalam hal ini adalah curah hujan dan suhu udara. Untuk itu perlu dibuat sistem pengklasifikasian tingkat curah hujan dan suhu udara yang mempengaruhi terjadinya banjir. Metode yang dapat digunakan untuk masalah ini adalah logika *fuzzy*.

Logika *fuzzy* digunakan karena memiliki kemampuan dalam memproses pola-pikir secara bahasa sehingga tidak menggunakan persamaan matematik yang rumit. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang kurang tepat dan sangat fleksibel (Sa'dan dkk., 2016). Beberapa metode *fuzzy* yang biasa digunakan adalah metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto (Solikin, 2011). Logika *fuzzy* metode Tsukamoto merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk memprediksi suatu keadaan seperti cuaca, lampu merah, kesehatan dan masih banyak lagi (Abidah, 2016). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sa'dan dkk. (2016) juga membuktikan bahwa metode *fuzzy* Tsukamoto cukup akurat jika digunakan untuk memprediksi ataupun mengidentifikasi banjir. Metode tersebut akan diterapkan untuk mengidentifikasi banjir berdasarkan curah hujan dan suhu di Kota Balikpapan pada tahun 2015 sampai 2019.

## 2. Metode

Pada subbab ini akan dijelaskan alur pengerjaan penelitian menggunakan prediksi dengan logika *fuzzy*. Pemodelan dengan logika *fuzzy* untuk memprediksi banjir merupakan metode yang tepat karena diketahui bahwa logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang kurang sesuai. Logika *fuzzy* juga dapat mendefinisikan nilai numerik menjadi bahasa serta menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan salah. Adapun alur pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Alur Pengolahan Data

Sumber: Sa'dan dkk., 2016

Penentuan variabel berkaitan dengan pengambilan data curah hujan dan suhu sebagai variabel *input* dan banjir sebagai variabel *output*. Fuzzyfikasi adalah proses perubahan *input* sistem yang mempunyai nilai numerik menjadi variabel bahasa. Inferensi atau evaluasi aturan adalah pembentukan aturan yang akan digunakan dalam proses perubahan *input* sistem yang mempunyai nilai numerik menjadi variabel bahasa. Aplikasi aturan *fuzzy* adalah menerapkan aturan-aturan yang telah dibentuk sebelumnya. Defuzzyfikasi adalah mengubah *output fuzzy* yang didapat dari evaluasi aturan atau inferensi menjadi nilai numerik dengan menggunakan nilai keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil dan pembahasan untuk mengidentifikasi banjir berdasarkan curah hujan dan suhu udara dengan metode *fuzzy* Tsukamoto, yakni sebagai berikut.

### 3.1. Fuzzyfikasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan, suhu, dan banjir di Kota Balikpapan pada tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Variabel input pada metode *fuzzy* Tsukamoto, yaitu curah hujan dan suhu, sedangkan variabel *output* yang dihasilkan berupa banjir atau tidak banjir. Data curah hujan yang diperoleh adalah total hujan yang turun dalam waktu 1 bulan dan suhu diperoleh dari rata-rata suhu selama 1 bulan. Data curah hujan dan suhu diperoleh dari laman resmi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan data banjir diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Setelah variabel input dan variabel *output* diketahui, himpunan *fuzzy* dibentuk. Himpunan variabel *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1: Variabel keanggotaan curah hujan

No	Himpunan	Domain
1	Rendah	$< 150$
2	Sedang	$100 - 350$
3	Tinggi	$> 300$

Sumber: Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan, 2020.

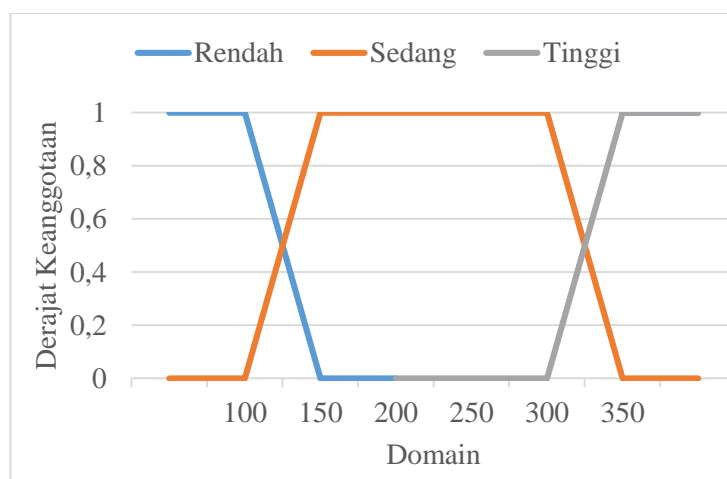
Domain di atas diperoleh dari klasifikasi curah hujan Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan.

Tabel 2: Variabel keanggotaan suhu

No	Himpunan	Domain
1	Rendah	$< 25$
2	Sedang	$24-28$
3	Tinggi	$> 27$

Sumber: Penulis, 2020.

Domain di atas diperoleh berdasarkan suhu tertinggi dan terendah dengan selisih setiap suhunya adalah  $4^{\circ}\text{C}$ . Tidak ada alasan khusus dalam penentuan variabel keanggotaan *fuzzy* dan pada penelitian ini menggunakan 3 himpunan dikarenakan agar himpunan yang ditentukan bernilai pasti yaitu pasti saat bernilai rendah, sedang dan tinggi.



Gambar 2: Grafik Variabel Keanggotaan Curah Hujan

Sumber : Penulis, 2020

Setelah himpunan variabel *fuzzy* dibentuk, dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2. Dari grafik tersebut akan diperoleh fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel

keanggotaan. Grafik himpunan rendah menunjukkan representasi linier turun. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

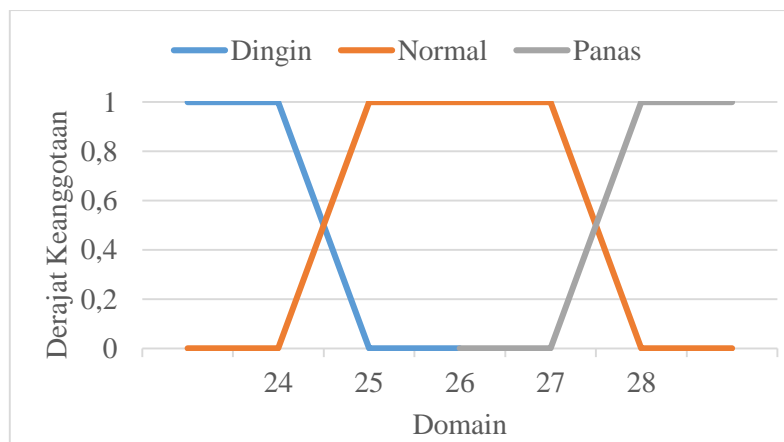
$$\mu_{CH\ rendah}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 100, \\ \frac{(150-x)}{50}, & 100 < x \leq 150, \\ 0, & x > 150. \end{cases} \quad (1)$$

Untuk himpunan sedang menunjukkan kurva trapesium. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\mu_{CH\ sedang}[x] = \begin{cases} 0, & x < 100 \text{ atau } x > 300, \\ \frac{(x-100)}{50}, & 100 \leq x < 150, \\ 1, & 150 \leq x \leq 300, \\ \frac{(350-x)}{50}, & 300 < x \leq 350. \end{cases} \quad (2)$$

Untuk himpunan tinggi menunjukkan representasi linier naik. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\mu_{CH\ tinggi}[x] = \begin{cases} 0, & x < 300, \\ \frac{(x-300)}{50}, & 300 < x < 350, \\ 1, & x \geq 350. \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 3: Grafik Variabel Keanggotaan Suhu

Sumber: Penulis, 2020

Grafik himpunan dingin pada Gambar 3 menunjukkan representasi linier turun. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\mu_{SU\ dingin}[x] = \begin{cases} 1, & x < 24, \\ \frac{(24-x)}{1}, & 24 \leq x < 25, \\ 0, & x \geq 25. \end{cases} \quad (4)$$

Untuk himpunan normal menunjukkan kurva trapesium. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\mu_{SU \text{ normal}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 24 \text{ atau } x \geq 28, \\ \frac{(x-24)}{1}, & 24 < x < 25, \\ 1, & 25 \leq x \leq 27, \\ \frac{(28-x)}{1}, & 27 < x < 28. \end{cases} \quad (5)$$

Untuk himpunan panas menunjukkan representasi linier naik. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\mu_{SU \text{ panas}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 27, \\ \frac{(x-27)}{1}, & 27 < x < 28, \\ 1, & x \geq 28. \end{cases} \quad (6)$$

### 3.2. Inferensi

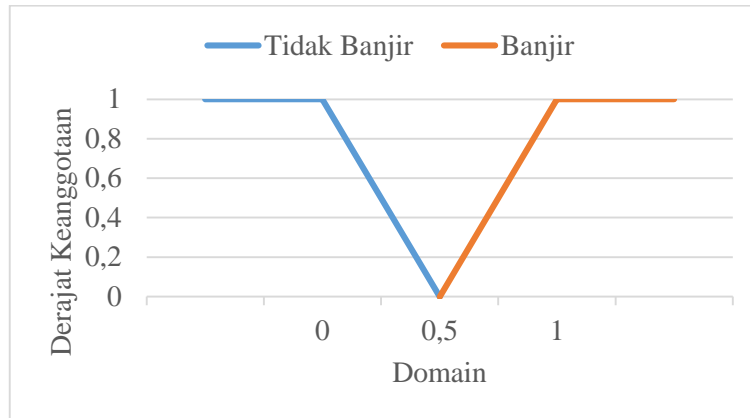
Inferensi atau evaluasi aturan merupakan aturan implikasi *fuzzy* yang akan dibuat pada tahap ini. Aturan ini dibuat berdasarkan asumsi dengan memperhatikan tingkat domain yang ada. Diketahui kedua variabel *input* masing-masing memiliki 3 himpunan bahasa. Sehingga aturan implikasi yang dapat dibentuk yakni 9 aturan implikasi *fuzzy*. Tabel 3 menunjukkan aturan implikasi *fuzzy* atau basis pengetahuan *fuzzy* yang telah ditentukan untuk menarik kesimpulan.

Tabel 3: Pembentukan aturan implikasi *fuzzy*

No	IF		THEN
	CH	SU	
1	Tinggi	Dingin	Banjir
2	Tinggi	Normal	Banjir
3	Tinggi	Panas	Banjir
4	Sedang	Dingin	Banjir
5	Sedang	Normal	Banjir
6	Sedang	Panas	Tidak banjir
7	Rendah	Dingin	Tidak banjir
8	Rendah	Normal	Tidak banjir
9	Rendah	Panas	Tidak banjir

Sumber: Penulis, 2020.

Guna menentukan nilai keluaran diperlukan variabel *output* untuk menentukan fungsi keanggotaannya. Variabel *output* ini diperoleh berdasarkan asumsi dengan menggunakan sifat peluang. Berdasarkan pertimbangan kemungkinan yang sama antara banjir dan tidak banjir, dimana nilai 0 mewakili keadaan tidak banjir sedangkan 1 mewakili keadaan banjir. Sehingga diperoleh nilai variabel *output* pada Gambar 4.



Gambar 4: Grafik Variabel Output  
Sumber: Penulis, 2020

Himpunan tidak banjir pada Gambar 4, menunjukkan representasi linear turun. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \alpha_{predikat} &= \frac{0,5 - Z}{1 - 0,5} \\ \alpha_{predikat} &= \frac{0,5 - Z}{0,5} \\ \alpha_{predikat} \times 0,5 &= 0,5 - Z \\ -Z &= (\alpha_{predikat} \times 0,5) - 0,5 \\ Z_{Tidak\ Banjir} &= 0,5 - (\alpha_{predikat} \times 0,5), 0 \leq z \leq 0,5. \end{aligned}$$

Untuk himpunan banjir menunjukkan representasi linear naik. Sehingga rumus fungsi keanggotaan yang dibentuk adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \alpha_{predikat} &= \frac{Z - 0,5}{1 - 0,5} \\ \alpha_{predikat} &= \frac{Z - 0,5}{0,5} \\ \alpha_{predikat} \times 0,5 &= Z - 0,5 \\ Z_{Banjir} &= 0,5 + (\alpha_{predikat} \times 0,5), 0,5 < z \leq 1. \end{aligned}$$

### 3.3 Aplikasi Aturan Implikasi Fuzzy

Pada subbab ini akan diberikan contoh penerapan aturan implikasi fuzzy pada empat kasus yang berbeda, yakni sebagai berikut.

- Curah hujan dan suhu udara memiliki 1 kondisi : IF curah hujan tinggi dan suhu udara dingin THEN banjir (kasus bulan Juni 2015).
    - $\mu_{CH}(507,6) = \text{tinggi} ; \mu_{SU}(21,1) = \text{dingin}$
    - Tinggi – dingin = banjir
    - $\mu_{CH\ \text{Tinggi}}(507,6) = 1$
    - $\mu_{SU\ \text{Dingin}}(21,1) = 1$
    - $\alpha_{predikat\ banjir} = \min(\mu_{CH\ \text{Rendah}}; \mu_{SU\ \text{Panas}}) = \min(1; 1) = 1$
    - $Z_{tidak\ banjir} = 0,5 + (0,5 \times 1) = 1$
    - Defuzzyfikasi
    - $Z = \frac{1 \times 1}{1} = 1$
- $\therefore$  Banjir.

2. Curah hujan memiliki 2 kondisi dan suhu udara memiliki 1 kondisi : IF curah hujan rendah dan suhu udara panas THEN tidak banjir, dan IF curah hujan sedang dan suhu udara panas THEN tidak banjir (kasus pada bulan Oktober 2017).

- $\mu_{CH}(115,2) = \text{rendah, sedang} ; \mu_{SU}(28,1) = \text{panas}$
- Rendah – panas = tidak banjir, sedang – panas = tidak banjir

$$\mu_{CH \text{ Rendah}}(115,2) = \frac{150 - 115,2}{50} = 0,69$$

$$\mu_{CH \text{ Sedang}}(115,2) = \frac{115,2 - 100}{50} = 0,3$$

$$\mu_{SU \text{ Panas}}(28,1) = 1$$

- $\alpha_{\text{predikat tidak banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ Rendah}}; \mu_{SU \text{ Panas}}) = \min(0,69; 1) = 0,69$

$$\alpha_{\text{predikat tidak banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ sedang}}; \mu_{SU \text{ Panas}}) = \min(0,3; 1) = 0,3$$

- $Z_{\text{tidak banjir}} = 0,5 - (0,5 \times 0,69) = 0,15$
- $Z_{\text{tidak banjir}} = 0,5 - (0,5 \times 0,3) = 0,35$

- Defuzzyfikasi

$$Z = \frac{(0,69 \times 0,15) + (0,3 \times 0,35)}{0,69 + 0,3} = 0,21$$

∴ Tidak banjir.

3. Curah hujan memiliki 1 kondisi dan suhu udara memiliki 2 kondisi : IF curah hujan sedang dan suhu udara normal THEN tidak banjir, dan IF curah hujan rendah dan suhu udara panas THEN tidak banjir (kasus pada bulan November 2017).

- $\mu_{CH}(269,6) = \text{sedang} ; \mu_{SU}(27,6) = \text{normal, panas}$
- Sedang – normal = banjir, sedang- panas = tidak banjir

$$\mu_{CH \text{ Sedang}}(269,6) = 1$$

$$\mu_{SU \text{ Normal}}(27,6) = \frac{28 - 27,6}{1} = 0,4$$

$$\mu_{SU \text{ Panas}}(27,6) = \frac{27,6 - 27}{1} = 0,6$$

- $\alpha_{\text{predikat banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ sedang}}; \mu_{SU \text{ Normal}}) = \min(1; 0,4) = 0,4$

$$\alpha_{\text{predikat tidak banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ Sedang}}; \mu_{SU \text{ Panas}}) = \min(1; 0,6) = 0,6$$

- $Z_{\text{banjir}} = 0,5 + (0,5 \times 0,4) = 0,7$
- $Z_{\text{tidak banjir}} = 0,5 - (0,5 \times 0,6) = 0,2$

- Defuzzyfikasi

$$Z = \frac{(0,4 \times 0,7) + (0,6 \times 0,2)}{0,4 + 0,6} = 0,4$$

∴ Tidak banjir.

4. Curah hujan dan suhu udara memiliki 2 kondisi : IF curah hujan rendah dan suhu udara normal THEN tidak banjir, IF curah hujan rendah dan suhu udara panas THEN tidak banjir, IF curah hujan sedang dan suhu udara normal THEN banjir, dan IF curah hujan sedang dan suhu udara panas THEN tidak banjir (kasus pada bulan September 2016).

- $\mu_{CH}(144) = \text{rendah, sedang} ; \mu_{SU}(27,4) = \text{normal, panas}$
- Rendah – normal = tidak banjir, rendah – panas (tidak banjir), sedang – panas = tidak banjir

$$\mu_{CH \text{ Rendah}}(144) = \frac{150 - 144}{50} = 0,12$$

$$\mu_{CH \text{ Sedang}}(144) = \frac{144 - 100}{50} = 0,88$$

$$\mu_{SU \text{ Normal}}(27,4) = \frac{28 - 27,4}{1} = 0,6$$

$$\mu_{SU \text{ Panas}}(27,4) = \frac{27,4 - 27}{1} = 0,4$$

- $\alpha_{\text{predikat tidak banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ Rendah}}; \mu_{SU \text{ Normal}}) = \min(0,12; 0,6) = 0,12$

$$\alpha_{\text{predikat tidak banjir}} = \min(\mu_{CH \text{ Rendah}}; \mu_{SU \text{ Panas}}) = \min(0,12; 0,4) = 0,12$$

$$\alpha_{predikat banjir} = \min(\mu_{CH Sedang}; \mu_{SU Normal}) = \min(0,88; 0,6) = 0,6$$

$$\alpha_{predikat tidak banjir} = \min(\mu_{CH Sedang}; \mu_{SU Panas}) = \min(0,88; 0,4) = 0,6$$

- $Z_{tidak banjir} = 0,5 - (0,5 \times 0,12) = 0,44$
- $Z_{tidak banjir} = 0,5 - (0,5 \times 0,12) = 0,44$
- $Z_{banjir} = 0,5 + (0,5 \times 0,6) = 0,8$
- $Z_{tidak banjir} = 0,5 - (0,5 \times 0,6) = 0,2$
- Defuzzyfikasi

$$Z = \frac{(0,12 \times 0,44) + (0,12 \times 0,44) + (0,6 \times 0,8) + (0,6 \times 0,2)}{0,12 + 0,12 + 0,6 + 0,6} = 0,49$$

∴ Tidak banjir.

Setelah diterapkan metode Tsukamoto pada data tahun 2015-2019 di Kota Balikpapan maka didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4: Hasil identifikasi banjir

Bulan	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	Banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Banjir
Februari	Banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir
Maret	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Banjir	Tidak banjir
April	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir
Mei	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Banjir	Tidak banjir
Juni	Banjir	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir	Banjir
Juli	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir	Banjir
Agustus	Tidak banjir	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir	Tidak banjir
September	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir
Oktober	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir
November	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir	Tidak banjir
Desember	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir	Banjir	Tidak banjir

Sumber: Hasil dari penerapan aturan implikasi fuzzy, 2020.

Dari 60 percobaan, ada 44 data yang tidak sesuai dengan kondisi riil di Kota Balikpapan sebagaimana dilaporkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah kota Balikpapan (2015, 2016, 2017, 2018, 2019). Dengan demikian, hasil yang sesuai adalah 16 percobaan dengan tingkat akurasi sebagai berikut.

$$Tingkat Akurasi = \frac{44}{60} \times 100\% = 73,3\%.$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan masih adanya ketidaksesuaian hasil penelitian dengan data real sebesar 26,7%. Hal ini mungkin terjadi karena adanya faktor lain yang mempengaruhi terjadinya banjir di Balikpapan, seperti ketinggian suatu daerah, topologi, pasang surut air laut, El Nino, La Nina dan kejadian-kejadian yang serupa. Selain itu penentuan himpunan keanggotaan fuzzy dan pembagian nilai domain sangat mempengaruhi hasil.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian identifikasi banjir di Kota Balikpapan pada tahun 2015 sampai 2019 adalah diperoleh tingkat akurasi sebesar 73,3% dan dapat dikatakan akurat untuk mengidentifikasi banjir.



### ***Ucapan Terima Kasih***

Penulis ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian paper ini, antara lain kepada Institut Teknologi Kalimantan (ITK) yang telah mendukung dilakukannya penelitian ini melalui program Kerja Praktik, serta BMKG dan BPBD yang membantu menyediakan data guna menunjang pengerjaan penelitian.

### **Daftar Pustaka**

- Abidah, S. (2016) 'Analisis komparasi metode Tsukamoto dan Sugeno dalam prediksi jumlah siswa baru', *Journal Speed-Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi*, Vol. 8 No. 2: 1-8.
- Dalma, M. (2020) 'Pengertian banjir secara umum', *dosenpintar.com*, diakses pada 29 Januari 2020.
- Rosyidie, A. (2013) 'Banjir: Fakta dan dampaknya, serta pengaruh dari perubahan guna lahan', *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, Vol. 24, No. 3: 241-249.
- Sa'dan, A., Haryanto, H., Astuti, S., dan Rahayu, Y. (2016) 'Agen cerdas berbasis *fuzzy* Tsukamoto pada sistem prediksi banjir', *Jurnal Eksplora Informatika*, Vol. 8, No. 2: 104-111.
- Solikin, F. (2011) *Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimasi Produk Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno*, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan (2020) *Peta Analisis Curah Hujan*, Balikpapan: Stasiun Meteorologi Kelas I SAMS Sepinggang Balikpapan.