

Prediksi Jumlah Pengunjung Wisata Domestik Pada Medan Zoo Menggunakan Pendekatan Fuzzy Tsukamoto

Elisabet Lumbantobing¹, Alfonsus Situmorang², Samuel Manurung³
¹²³Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Methodist Indonesia

Histori Artikel:

Received, July 28, 2025

Revised, Sept 20, 2025

Accepted, Nov 12, 2025

Keywords:

Fuzzy Tsukamoto,
Medan Zoo,
Prediksi,
Fuzzifikasi.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah kunjungan wisatawan domestik ke Medan Zoo dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Prediksi jumlah kunjungan menjadi aspek penting bagi pengelola dalam merencanakan, mengoptimalkan, dan menyesuaikan fasilitas serta layanan agar lebih efektif dan efisien. Data yang digunakan berupa data bulanan kunjungan wisatawan periode Januari 2020 hingga Desember 2024. Metode Fuzzy Tsukamoto dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dan sifat data yang kabur (fuzzy), serta menghasilkan keluaran prediksi yang fleksibel dan realistis. Proses prediksi dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy (rule base), dan defuzzifikasi untuk memperoleh nilai akhir prediksi. Hasil evaluasi akurasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menunjukkan nilai sebesar 14,63%, yang termasuk dalam kategori Good karena berada pada rentang 10–20%.

Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan prediksi jumlah kunjungan wisatawan Medan Zoo tahun 2025, yaitu Januari 3.231 orang, Februari 3.231 orang, Maret 4.674 orang, April 4.674 orang, Mei 6.220 orang, Juni 4.674 orang, Juli 4.674 orang, Agustus 6.220 orang, September 4.674 orang, Oktober 3.231 orang, November 4.674 orang, dan Desember 4.674 orang. Dengan tingkat akurasi dan hasil prediksi tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pihak pengelola dalam menyusun strategi pengelolaan, seperti penyesuaian jumlah staf, penjadwalan atraksi satwa, program promosi pada periode kunjungan rendah, serta perencanaan logistik dan pemeliharaan fasilitas, sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memberikan kenyamanan dan kepuasan yang lebih baik bagi pengunjung Medan Zoo.

Penulis Koresponden:

Elisabet Lumbantobing,
Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Methodist Indonesia, Medan,
Jl. Hang Tuah No.8, Medan - Sumatera Utara.
Email: Eltobing808@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pariwisata merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam perekonomian suatu daerah. Kota Medan sebagai salah satu kota terbesar di Indonesia memiliki berbagai destinasi wisata yang menarik, salah satunya adalah Medan Zoo. Kebun binatang ini menjadi salah satu tujuan

rekreasi favorit bagi wisatawan domestik yang ingin menikmati keanekaragaman flora dan fauna. Sebagai tempat rekreasi yang juga berfungsi sebagai sarana edukasi tentang keanekaragaman satwa, Medan Zoo menjadi tujuan favorit bagi wisatawan domestik, khususnya keluarga, rombongan sekolah, dan komunitas lokal. Namun, jumlah kunjungan wisatawan ke Medan Zoo dapat mengalami penurunan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti musim liburan dan cuaca.

Berdasarkan data dari Dinas Pariwisata Kota Medan, jumlah pengunjung domestik ke Medan Zoo dalam periode 2020 hingga 2024, total mencapai 355.901 orang. Jumlah pengunjung per tahun tercatat sebanyak 66.376 orang pada tahun 2020, 73.833 orang pada tahun 2021, 116.592 orang pada tahun 2022, 65.169 orang pada tahun 2023, dan 33.931 orang pada tahun 2024. Dari data tersebut, terlihat bahwa jumlah kunjungan tidak stabil setiap tahunnya. Peningkatan signifikan terjadi pada tahun 2022, namun kemudian mengalami penurunan pada tahun-tahun berikutnya. Masalah ini menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor tertentu yang memengaruhi tingkat kunjungan, sehingga diperlukan suatu metode yang dapat membantu dalam menganalisis pola dan memprediksi jumlah pengunjung di masa mendatang.

Dalam pengelolaan destinasi wisata, prediksi jumlah kunjungan wisatawan sangat penting untuk membantu pihak pengelola dalam merencanakan strategi pemasaran, pengelolaan fasilitas, serta pengalokasian sumber daya secara lebih efektif. Dengan adanya prediksi yang akurat, pihak pengelola dapat mengantisipasi lonjakan pengunjung saat musim liburan atau merancang strategi untuk meningkatkan jumlah kunjungan pada periode sepi[1].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi jumlah kunjungan wisatawan adalah Fuzzy Tsukamoto[2]. Metode ini merupakan salah satu pendekatan dalam sistem logika fuzzy yang mampu menangani ketidakpastian dan ketidaktepatan data dalam proses prediksi[3]. Dengan menggunakan aturan fuzzy berbasis inferensi Tsukamoto, data historis jumlah kunjungan wisatawan dapat dianalisis untuk menghasilkan prediksi yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi yang mempengaruhi tingkat kunjungan.

2. METODE PENELITIAN

Framework penelitian adalah kerangka konseptual yang digunakan untuk memandu penelitian. Kerangka konseptual ini berisi gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan, termasuk prosedur dan apa yang akan dikaji dalam penelitian[4]. Kerangka konseptual biasanya dibuat setelah melakukan tinjauan literatur yang cermat terhadap teori atau studi yang ada. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Framework Penelitian

Penelitian dimulai dengan tahap Input Data, yaitu mengumpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi prediksi. Data yang digunakan bisa berasal dari hasil observasi, catatan historis, atau data sekunder lain yang relevan dengan variabel penelitian[5]. Selanjutnya, dilakukan proses Fuzzifikasi (Penyimpulan Fuzzy). Pada tahap ini, data numerik atau tegas diubah menjadi bentuk fuzzy (kabur) dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Misalnya, nilai “tinggi”, “sedang”, atau “rendah” untuk suatu variabel yang sebelumnya berupa angka pasti. Tahap berikutnya adalah Pembentukan Basis Aturan Fuzzy. Pada langkah ini ditentukan aturan-aturan IF–THEN yang digunakan sebagai dasar penalaran dalam sistem fuzzy. Aturan ini dirancang berdasarkan hubungan antarvariabel yang sudah ditentukan peneliti. Kemudian masuk ke tahap Inferensi Fuzzy Tsukamoto, yaitu proses menarik kesimpulan dari aturan-aturan fuzzy yang telah dibentuk. Metode Tsukamoto dipilih karena mampu menghasilkan output crisp pada setiap aturan dengan memanfaatkan fungsi keanggotaan monoton[6]. Setelah inferensi dilakukan, tahap selanjutnya adalah Defuzzifikasi (Hasil Akhir). Proses ini bertujuan mengubah hasil fuzzy menjadi nilai tegas (crisp output) yang dapat diinterpretasikan secara nyata. Langkah berikutnya adalah Analisis Prediksi, yaitu mengkaji hasil defuzzifikasi untuk melihat seberapa sesuai hasil yang diperoleh dengan data aktual[7], [8]. Pada tahap ini juga dilakukan evaluasi apakah metode yang digunakan sudah efektif dalam menghasilkan prediksi yang akurat. Akhirnya, penelitian mencapai tahap Selesai setelah seluruh proses dari input data hingga analisis prediksi diselesaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Input Data (Faktor yang Mempengaruhi)

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi dan pengolahan data untuk proses Fuzzy Tsukamoto. Data yang digunakan adalah data bulanan jumlah kunjungan wisatawan domestik ke Medan Zoo dari tahun 2020 hingga 2024, dengan variabel input libur (jumlah weekend dan hari libur nasional) serta musim (kemarau atau hujan), sedangkan variabel output adalah jumlah pengunjung. Data jumlah pengunjung diperoleh dari Dinas Pariwisata Kota Medan, data jumlah weekend dan hari libur nasional diperoleh dari kalender resmi pemerintah, dan data musim diperoleh berdasarkan data BMKG dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Data yang Digunakan Tahun 2020 Sampai Dengan 2024

No	Tahun	Bulan	Jumlah Pengunjung	Hari Libur	Musim	30	2022	JUN	9237	8	Kemarau
1	2020	JAN	3010	9	Hujan	31	2022	JUL	5321	11	Kemarau
2	2020	FEB	6854	9	Hujan	32	2022	AUG	6447	9	Kemarau
3	2020	MAR	3912	10	Hujan	33	2022	SEP	5695	8	Kemarau
4	2020	APR	0	9	Kemarau	34	2022	OCT	6968	11	Hujan
5	2020	MAY	0	13	Kemarau	35	2022	NOV	4048	8	Hujan
6	2020	JUN	0	9	Kemarau	36	2022	DEC	4835	10	Hujan
7	2020	JUL	3281	9	Kemarau	37	2023	JAN	4140	10	Hujan
8	2020	AUG	7616	11	Kemarau	38	2023	FEB	3176	9	Hujan
9	2020	SEP	3054	8	Kemarau	39	2023	MAR	4088	9	Hujan
10	2020	OCT	3655	10	Hujan	40	2023	APR	8225	13	Kemarau
11	2020	NOV	3381	9	Hujan	41	2023	MAY	6054	10	Kemarau
12	2020	DEC	4516	9	Hujan	42	2023	JUN	5100	9	Kemarau
13	2021	JAN	8799	11	Hujan	43	2023	JUL	5282	11	Kemarau
14	2021	FEB	6247	8	Hujan	44	2023	AUG	2616	9	Kemarau
15	2021	MAR	5180	9	Hujan	45	2023	SEP	2421	9	Kemarau
16	2021	APR	4313	9	Kemarau	46	2023	OCT	2441	9	Hujan
17	2021	MAY	9559	14	Kemarau	47	2023	NOV	1961	8	Hujan
18	2021	JUN	8223	8	Kemarau	48	2023	DEC	1665	11	Hujan
19	2021	JUL	4579	10	Kemarau	49	2024	JAN	4596	9	Hujan
20	2021	AUG	4878	10	Kemarau	50	2024	FEB	2997	9	Hujan
21	2021	SEP	3537	8	Kemarau	51	2024	MAR	4532	12	Hujan
22	2021	OCT	7659	11	Hujan	52	2024	APR	6192	10	Kemarau
23	2021	NOV	6678	8	Hujan	53	2024	MAY	5957	10	Kemarau
24	2021	DEC	3181	9	Hujan	54	2024	JUN	7747	11	Kemarau
25	2022	JAN	4957	11	Hujan	55	2024	JUL	5013	9	Kemarau
26	2022	FEB	4080	9	Hujan	56	2024	AUG	7835	10	Kemarau
27	2022	MAR	4917	9	Hujan	57	2024	SEP	7275	9	Kemarau
28	2022	APR	3136	10	Kemarau	58	2024	OCT	2697	8	Hujan
29	2022	MAY	4751	13	Kemarau	59	2024	NOV	4041	9	Hujan
						60	2024	DEC	5049	10	Hujan

3.2 Fuzzifikasi

Tahap ini, data numerik jumlah pengunjung domestik dari tahap sebelumnya diubah menjadi nilai *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan. *Fuzzifikasi* merupakan proses penting dalam metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk menentukan derajat keanggotaan setiap data dalam himpunan *fuzzy* tertentu, seperti sedikit, sedang, atau banyak[9]. Langkah ini diawali dengan membentuk semesta pembicaraan pada tiap variabel, seperti berikut ini:

Tabel 2 Semesta Pembicara Pada Tiap Variabel

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicara
Input	Jumlah Hari Libur (Weekend dan Libur Nasional) Musim	8-14 {Hujan atau Kemarau} (kategori)
Output	Jumlah Pengunjung	0 – 10.000

Semesta pembicaraan (dalam bahasa Inggris: universe of discourse) adalah rentang atau cakupan nilai yang mungkin dari suatu variabel yang sedang dianalisis dalam sistem fuzzy. Dalam konteks *Fuzzy Tsukamoto*, semesta pembicaraan digunakan untuk menentukan batas bawah dan batas atas dari data numerik yang akan difuzzifikasi, yaitu diubah menjadi fuzzy seperti “sedikit”, “sedang”, atau “banyak”.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan himpunan fuzzy dan domain pada tiap variabel. Domain pada himpunan fuzzy didapatkan dengan mencari nilai kuartil pada masing-masing variabel. Nilai kuartil bawah Q1 pada variabel jumlah pengunjung yaitu :

$$Q1 = \frac{x\left(\frac{n}{4}\right) + x\left(\frac{n}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q1 = \frac{x\left(\frac{60}{4}\right) + x\left(\frac{60}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q1 = \frac{x_{15} + x_{16}}{2}$$

$$Q1 = \frac{3.181 + 3.281}{2}$$

$$Q1 = 3.231$$

Selanjutnya, nilai kuartil tengah Q2 pada variabel jumlah pengunjung yaitu :

$$Q2 = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2}$$

$$Q2 = \frac{x\left(\frac{60}{2}\right) + x\left(\frac{60}{2} + 1\right)}{2}$$

$$Q2 = \frac{x_{30} + x_{31}}{2}$$

$$Q2 = \frac{4.596 + 4.751}{2}$$

$$Q2 = 4.673,5$$

Selanjutnya, nilai kuartil atas Q3 pada variabel jumlah pengunjung yaitu :

$$Q3 = \frac{x\left(\frac{3 \times n}{4}\right) + x\left(\frac{3 \times n}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q3 = \frac{x\left(\frac{3 \times 60}{4}\right) + x\left(\frac{3 \times 60}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q3 = \frac{x_{45} + x_{46}}{2}$$

$$Q3 = \frac{6.192 + 6.247}{2}$$

$$Q3 = 6.219,5$$

Dari hasil di atas maka didapatkan nilai kuartil untuk variabel jumlah pengunjung yaitu $Q1 = 3.231$, $Q2 = 4.674$ dan $Q3 = 6.220$.

Variabel selanjutnya yang dicari nilai kuartilnya adalah jumlah hari libur. Nilai kuartil bawah $Q1$ pada variabel jumlah hari libur yaitu :

$$Q1 = \frac{x\left(\frac{n}{4}\right) + x\left(\frac{n}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q1 = \frac{x\left(\frac{60}{4}\right) + x\left(\frac{60}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q1 = \frac{x_{15} + x_{16}}{2}$$

$$Q1 = \frac{9 + 9}{2}$$

$$Q1 = 9$$

Selanjutnya, nilai kuartil tengah $Q2$ pada variabel jumlah hari libur yaitu :

$$Q2 = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2}$$

$$Q2 = \frac{x\left(\frac{60}{2}\right) + x\left(\frac{60}{2} + 1\right)}{2}$$

$$Q2 = \frac{x_{30} + x_{31}}{2}$$

$$Q2 = \frac{9 + 9}{2}$$

$$Q2 = 9$$

Selanjutnya, nilai kuartil atas $Q3$ pada variabel jumlah hari libur yaitu :

$$Q3 = \frac{x\left(\frac{3 \times n}{4}\right) + x\left(\frac{3 \times n}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q3 = \frac{x\left(\frac{3 \times 60}{4}\right) + x\left(\frac{3 \times 60}{4} + 1\right)}{2}$$

$$Q3 = \frac{x_{45} + x_{46}}{2}$$

$$Q3 = \frac{10 + 10}{2}$$

$$Q3 = 10$$

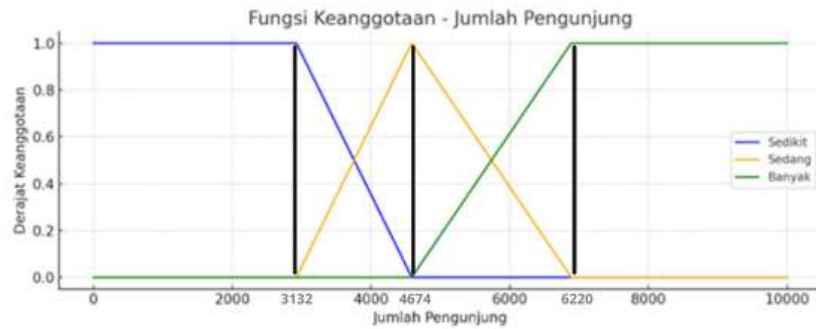
Dari hasil di atas maka didapatkan nilai kuartil untuk variabel jumlah hari libur yaitu $Q1 = 9$, $Q2 = 9$ dan $Q3 = 10$.

Hasil penghitungan tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menentukan domain yang merupakan rentang anggota dari himpunan fuzzy pada setiap variabel. Himpunan fuzzy dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Himpunan Fuzzy dan Domain

Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Jumlah Pengunjung	Sepi	0 – 3.231- 4.674
	Normal	3.231 – 4.674 – 6.220
	Ramai	4.674 – 6.220 -10.000
Jumlah Hari Libur	Sedikit	0-9-10
	Banyak	9- 10-14

Fungsi keanggotaan digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan (μ) suatu nilai ke dalam kategori fuzzy. Bentuk grafik yang digunakan yaitu representasi kurva bahu, grafik fungsi keanggotaan jumlah pengunjung dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Grafik Jumlah Pengunjung Domestik Medan Zoo

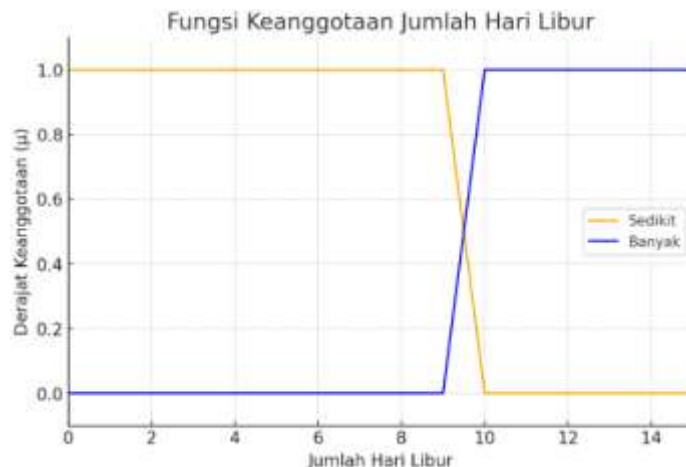
Berikut adalah fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{\text{Sedikit}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 3.231 \\ \frac{4.674 - x}{4.674 - 3.231} & 3.231 < x < 4.674 \\ 0, & x \geq 4.674 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 3.231 \text{ atau } x \geq 6.220 \\ \frac{x - 3.231}{4.674 - 3.231} & 3.231 < x < 4.674 \\ \frac{6.220 - x}{6.220 - 4.674} & 4.674 \leq x < 6.220 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Ramai}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 4.674 \\ \frac{x - 4.674}{6.220 - 4.674} & 4.674 < x < 6.220 \\ 1, & x \geq 6.220 \end{cases}$$

Selain jumlah pengunjung juga digunakan variabel hari libur sebagai input yang digunakan. Bentuk grafik yang digunakan yaitu representasi kurva bahu, grafik fungsi keanggotaan Jumlah hari libur dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Grafik Jumlah Hari Libur

Berikut adalah fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{\text{Sedikit}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 9 \\ \frac{10 - x}{10 - 9} & 9 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 9 \\ \frac{x - 9}{10 - 9} & 9 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

Untuk variabel tambahan juga digunakan variabel musim yang terdiri dari musim hujan dan musim kemarau. Kategori (himpunan fuzzy):

1. Musim Hujan : 1 jika benar-benar musim hujan dan 0 jika musim kemarau.
2. Musim Kemarau : 1 jika benar-benar musim kemarau dan 0 jika musim hujan.

Fungsi keanggotaan digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan (μ) suatu nilai ke dalam kategori fuzzy. Bentuk grafik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Grafik Musim (Hujan dan Kemarau)

Berikut adalah fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{Hujan}(x) = \begin{cases} 1, & \text{Jika musim hujan} \\ 0, & \text{Jika musim kemarau} \end{cases}$$

$$\mu_{Kemarau}(x) = \begin{cases} 1, & \text{Jika musim kemarau} \\ 0, & \text{Jika musim hujan} \end{cases}$$

3.3 Pembentukan Basis Aturan Fuzzy

Tahap ini, basis aturan fuzzy dibentuk untuk menghubungkan nilai input dengan hasil prediksi menggunakan logika "Jika-Maka" (IF-THEN)[10]. Aturan fuzzy dirancang berdasarkan pemahaman terhadap hubungan antara jumlah pengunjung domestik dan kategori prediksi kunjungan.

Langkah-Langkah dalam Pembentukan Basis Aturan Fuzzy

1. Identifikasi Variabel Input dan Output

Input:

- Jumlah Hari Libur (yang telah difuzzifikasi menjadi sedikit atau banyak)
- Musim (dengan kategori Hujan atau Kemarau)

Output:

Jumlah kunjungan (kategorinya juga bisa berupa sedikit, sedang, atau banyak).

2. Tentukan Hubungan Logis

Hubungan antara jumlah hari libur, musim, dan jumlah pengunjung ditentukan berdasarkan pola data historis dan pemahaman sistem:

- a. Jika jumlah hari libur sedikit dan musim hujan, maka jumlah pengunjung sepi.
- b. Jika jumlah hari libur sedikit dan musim kemarau, maka jumlah pengunjung normal.
- c. Jika jumlah hari libur banyak dan musim hujan, maka jumlah pengunjung normal.
- d. Jika jumlah hari libur banyak dan musim kemarau, maka jumlah pengunjung ramai.

Jumlah aturan (rules) dalam sistem logika fuzzy pada penelitian ini ditentukan berdasarkan jumlah kombinasi dari masing-masing variabel input dan himpunan fuzzy yang digunakan. Adapun variabel input yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu jumlah hari libur dan musim. Masing-masing variabel dibagi menjadi dua himpunan fuzzy, yaitu "sedikit" dan "banyak" untuk jumlah hari libur, serta "hujan" dan "kemarau" untuk musim. Dengan demikian, total kombinasi logis dari kedua variabel tersebut adalah $2 \times 2 = 4$ aturan fuzzy. Masing-masing kombinasi tersebut dirumuskan menjadi satu aturan fuzzy yang merepresentasikan hubungan antara kondisi lingkungan dengan prediksi jumlah

pengunjung. Oleh karena itu, hanya diperlukan empat aturan fuzzy untuk mewakili seluruh kemungkinan kondisi yang relevan.

3.4 Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto

Data yang digunakan pada proses perhitungan manual yaitu data bulan Januari 2020. Data input yang digunakan yaitu jumlah hari libur 9 hari dan musim hujan.

1. Mencari nilai α – predikat dan z:

a. Nilai keanggotaan hari libur:

Derajat keanggotaan untuk kategori hari libur sedikit yaitu:

$$\mu_{\text{Sedikit}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 9 \\ \frac{10-x}{10-9} & 9 < x < 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedikit}}(9) = 1$$

Diketahui bahwa jumlah hari libur adalah sebesar 9 hari. Nilai tersebut berada pada persamaan $x \leq 9$, sehingga menghasilkan nilai derajat keanggotaan 1.

Derajat keanggotaan kategori jumlah hari libur banyak yaitu:

$$\mu_{\text{Banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 9 \\ \frac{x-9}{10-9} & 9 < x < 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}}(9) = 0$$

Diketahui bahwa jumlah hari libur adalah sebesar 9 hari. Nilai tersebut berada pada persamaan $x \leq 9$, sehingga menghasilkan nilai derajat keanggotaan 0.

Sehingga didapatkan nilai derajat keanggotaan untuk variabel jumlah hari libur yaitu $\mu_{\text{Sedikit}} = 1$ dan $\mu_{\text{Banyak}} = 0$.

b. Nilai Keanggotaan keanggotaan musim.

Derajat keanggotaan untuk kategori musim hujan yaitu:

$$\mu_{\text{Hujan}}(x) = \begin{cases} 1, & \text{Jika musim hujan} \\ 0, & \text{Jika musim kemarau} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Hujan}}(\text{Hujan}) = 1$$

Diketahui bahwa musim hujan. Nilai tersebut berada pada keadaan jika musim hujan, sehingga menghasilkan nilai derajat keanggotaan 1.

Derajat keanggotaan kategori musim kemarau yaitu:

$$\mu_{\text{Kemarau}}(x) = \begin{cases} 1, & \text{Jika musim kemarau} \\ 0, & \text{Jika musim hujan} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Kemarau}}(\text{Hujan}) = 0$$

Diketahui bahwa musim hujan. Nilai tersebut berada pada keadaan jika musim hujan, sehingga menghasilkan nilai derajat keanggotaan 0.

Sehingga didapatkan nilai derajat keanggotaan untuk variabel musim yaitu $\mu_{\text{Hujan}} = 1$ dan $\mu_{\text{Kemarau}} = 0$.

2. Implikasi dengan R1, R2, R3 dan R4.

Setelah mendapatkan nilai keanggotaan pada tiap kategori variabel, selanjutnya dapat langsung diimplementasikan ke dalam rule based yang telah dibuat. Berdasarkan input ini, rule yang aktif hanya Rule a.

[R1] Jika jumlah hari libur sedikit dan musim hujan, maka jumlah pengunjung sepi.

$$\alpha - \text{predikat} = \mu_{\text{sedikit}} \cap \mu_{\text{hujan}}$$

$$= \min((\mu_{\text{sedikit}}(9) \cap \mu_{\text{hujan}}(\text{Hujan}))$$

$$= \min[1; 1]$$

$$= 1$$

Z dari himpunan jumlah pengunjung sepi yaitu:

Dari α -predikat yang sudah dihitung, selanjutnya mencari nilai Z, yaitu jumlah pengunjung berdasarkan aturan yang sudah ada. Untuk proses ini, kita perlu menggunakan data jumlah pengunjung yang sudah ada. Karena α -predikat = 1 berarti data digunakan nilai z yang merupakan nilai:

$$\mu_{\text{sepi}} = \alpha = 1.$$

Dari fungsi tersebut nilai 1 terjadi saat $Z \leq 3.231$, maka diperoleh nilai

$$Z = 3.231$$

3. Nilai Z (Output) adalah:

karena hanya satu rule yang aktif maka:

$$z = \frac{\alpha \text{ predikat} * z}{\alpha \text{ predikat}}$$

$$z = \frac{1 * 3.231}{1}$$

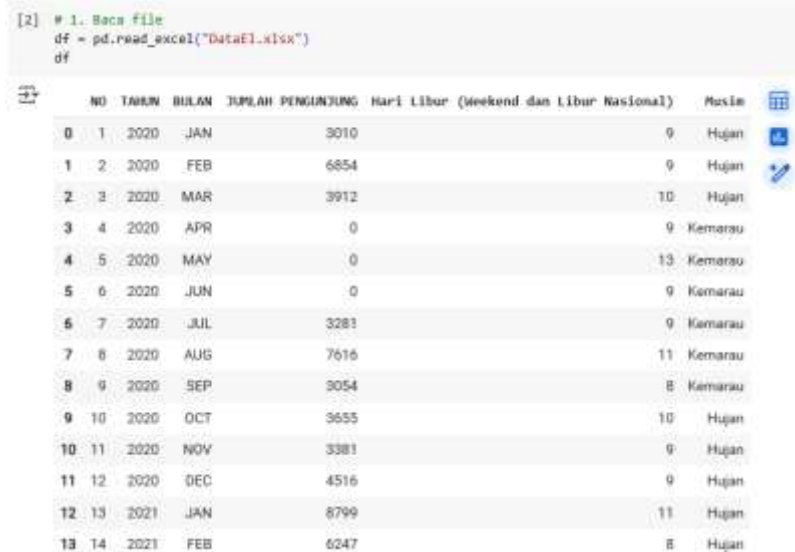
$$z = 3.231$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto, jumlah pengunjung pada bulan Januari 2020 diperkirakan sebanyak 3.231 orang. Adapun data aktual menunjukkan jumlah pengunjung sebesar 3.010 orang.

3.4.1 Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Python

Untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan keseluruhan data dilakukan implementasi menggunakan bahasa pemrograman Python. Dengan menggunakan Python, proses perhitungan menjadi lebih efisien dan hasilnya dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam implementasi berbasis python sebagai berikut.

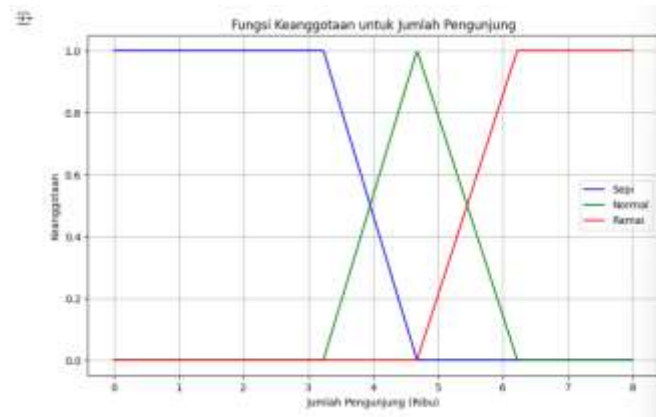
1. Mengimpor library yang dibutuhkan seperti pandas, numpy, dan matplotlib untuk memudahkan proses manipulasi data, perhitungan, dan visualisasi.
2. Membaca data dari file Excel menggunakan `pd.read_excel()` dapat dilihat pada Gambar 4.1



	NO	TAHUN	BULAN	JUMLAH PENGUNJUNG	Hari Libur (Weekend dan Libur Nasional)	Musim
0	1	2020	JAN	3010	9	Hujan
1	2	2020	FEB	6854	9	Hujan
2	3	2020	MAR	3912	10	Hujan
3	4	2020	APR	0	9	Kemarau
4	5	2020	MAY	0	13	Kemarau
5	6	2020	JUN	0	9	Kemarau
6	7	2020	JUL	3281	9	Kemarau
7	8	2020	AUG	7616	11	Kemarau
8	9	2020	SEP	3054	8	Kemarau
9	10	2020	OCT	3655	10	Hujan
10	11	2020	NOV	3381	9	Hujan
11	12	2020	DEC	4516	9	Hujan
12	13	2021	JAN	8799	11	Hujan
13	14	2021	FEB	6247	8	Hujan

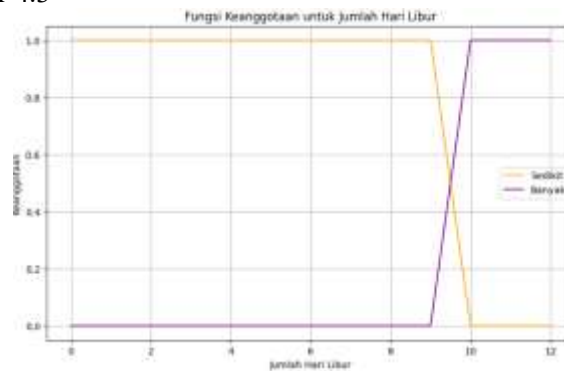
Gambar 5 Membaca File Excel

3. Melakukan normalisasi jumlah pengunjung ke dalam satuan ribuan untuk memudahkan analisis dan visualisasi, dengan membagi jumlah pengunjung dengan 1000.
4. Mendefinisikan tiga fungsi keanggotaan fuzzy untuk kategori sepi, normal, dan ramai berdasarkan jumlah pengunjung dalam satuan ribuan. Fungsi-fungsi ini menggambarkan derajat keanggotaan berdasarkan nilai input. Visualisasi Fungsi Keanggotaan Jumlah pengunjung dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 6 Visualisasi Fungsi Keanggotaan Jumlah Pengunjung

5. Membuat dua fungsi fuzzy, sedikit() dan banyak(), yang digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan berdasarkan jumlah hari libur dalam sebulan. Visualisasi Fungsi Keanggotaan hari libur dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 7 Visualisasi Fungsi Keanggotaan Jumlah Hari Libur

6. Mendefinisikan fungsi hujan(x) dan kemarau(x) untuk mengubah input string "hujan"/"kemarau" menjadi nilai numerik 1 atau 0. Fungsi ini akan digunakan untuk menggambarkan derajat keanggotaan musim dalam analisis fuzzy. Visualisasi Musim dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 8 Visualisasi Fungsi Keanggotaan Musim

7. Fungsi `fuzzy_tsukamoto_predict(hl, musim)` digunakan untuk memprediksi jumlah pengunjung berdasarkan dua input: jumlah hari libur (hl) dan musim (musim). Fungsi ini menerapkan metode inferensi fuzzy Tsukamoto untuk menghasilkan prediksi jumlah pengunjung.
8. Menggunakan fungsi `fuzzy_tsukamoto_predict()` untuk menghitung prediksi jumlah pengunjung berdasarkan kolom jumlah hari libur dan musim pada setiap baris data yang ada dalam dataset.

9. Menampilkan tabel hasil prediksi dengan menampilkan kolom-kolom yang relevan seperti tahun, bulan, jumlah pengunjung aktual, jumlah hari libur, musim, dan jumlah pengunjung yang diprediksi. Output Hasil Prediksi Tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Gambar 4.5

```
# 6. Tampilkan hasil prediksi
print(df[["TAHUN", "BULAN", "PREDIKSI (ORANG)"]])
```

	TAHUN	BULAN	PREDIKSI (ORANG)
0	2020	JAN	3231.0
1	2020	FEB	3231.0
2	2020	MAR	4674.0
3	2020	APR	4674.0
4	2020	MAY	6228.0
5	2020	JUN	4674.0
6	2020	JUL	4674.0
7	2020	AUG	6228.0
8	2020	SEP	4674.0
9	2020	OCT	4674.0
10	2020	NOV	3231.0
11	2020	DEC	3231.0
12	2021	JAN	4674.0
13	2021	FEB	3231.0
14	2021	MAR	3231.0
15	2021	APR	4674.0
16	2021	MAY	6228.0
17	2021	JUN	4674.0
18	2021	JUL	6228.0
19	2021	AUG	6228.0
20	2021	SEP	4674.0

Gambar 9 Output Hasil Prediksi Tahun 2020-2024

10. Memperkirakan jumlah pengunjung untuk setiap bulan di tahun 2025 dengan membuat DataFrame baru yang berisi data input seperti jumlah hari libur dan musim untuk setiap bulan di tahun tersebut. Output Hasil Prediksi Tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 4.6

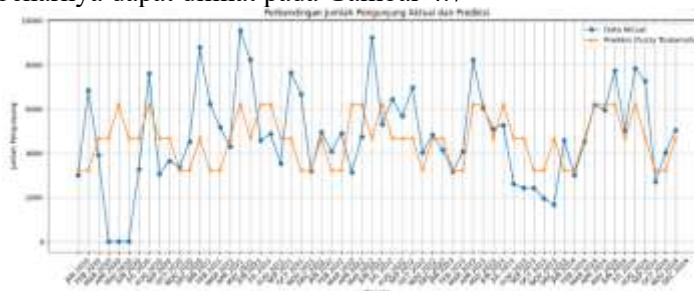
```
Prediksi Jumlah Pengunjung Tahun 2025:
```

TAHUN	BULAN	Hari Libur (weekend dan Libur Nasional)	Musim
0	2025	JAN	0 Hujan
1	2025	FEB	0 Hujan
2	2025	MAR	10 Hujan
3	2025	APR	9 Kemarau
4	2025	MAY	13 Kemarau
5	2025	JUN	8 Kemarau
6	2025	JUL	9 Kemarau
7	2025	AUG	10 Kemarau
8	2025	SEP	8 Kemarau
9	2025	OCT	0 Hujan
10	2025	NOV	11 Hujan
11	2025	DEC	10 Hujan

	PREDIKSI (ORANG)
0	3231.0
1	3231.0
2	4674.0
3	4674.0
4	6228.0
5	4674.0
6	4674.0
7	4674.0
8	6228.0
9	4674.0
10	3231.0
11	4674.0

Gambar 10 Hasil Prediksi Tahun 2025

11. Membuat visualisasi untuk membandingkan jumlah pengunjung aktual dengan hasil prediksi menggunakan metode fuzzy Tsukamoto, untuk melihat sejauh mana model dapat memprediksi jumlah pengunjung yang sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 11 Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi

12. Melakukan perhitungan nilai MAPE keseluruhan untuk hasil prediksi tahun 2024 dapat dilihat Pada Gambar 4.8



```
# 1. Filter data tahun 2024
df_2024 = df[df["TAHUN"] == 2024].copy()

# 2. Hitung MAPE
def hitung_mape(actual, predicted):
    return abs((actual - predicted) / actual) * 100

df_2024["MAPE"] = df_2024.apply(lambda row: hitung_mape(row["JMLAH PENGUNJUNG"],
row["PREDIKSI (ORANG)"]), axis=1)
mape_2024 = df_2024["MAPE"].mean()

# 3. Cetak hasil MAPE
print(f"MAPE Tahun 2024: {mape_2024:.2f}%")
```

MAPE Tahun 2024: 14.63%

Gambar 12 Perhitungan MAPE

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai MAPE yang diperoleh yaitu sebesar 14,63% hasil peramalan Good (Hasil peramalan baik) karena nilai MAPE yang diperoleh ada diantara nilai 10-20%.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan domestik ke Medan Zoo menggunakan data bulanan dari Januari 2020 hingga Desember 2024 menunjukkan hasil yang baik dengan nilai MAPE sebesar 14,63%, yang termasuk kategori Good (baik) karena berada dalam rentang 10–20%. Hal ini membuktikan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto mampu menghasilkan prediksi yang cukup mendekati data aktual. Selain tingkat akurasi, penelitian ini juga memberikan hasil prediksi jumlah pengunjung Medan Zoo pada tahun 2025, yaitu Januari 3.231 orang, Februari 3.231 orang, Maret 4.674 orang, April 4.674 orang, Mei 6.220 orang, Juni 4.674 orang, Juli 4.674 orang, Agustus 6.220 orang, September 4.674 orang, Oktober 3.231 orang, November 4.674 orang, dan Desember 4.674 orang. Dengan adanya hasil prediksi ini, pihak pengelola Medan Zoo dapat merancang strategi pengelolaan yang lebih efektif, seperti penyesuaian jumlah staf, penjadwalan atraksi satwa, promosi tiket pada bulan dengan kunjungan rendah, serta perencanaan logistik dan perawatan fasilitas. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membuktikan akurasi metode Fuzzy Tsukamoto, tetapi juga memberikan informasi praktis berupa proyeksi jumlah kunjungan yang dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas pengalaman pengunjung di Medan Zoo.

REFERENSI

- [1] M. Studies, "Strategi Pengelolaan Pariwisata Berkelanjutan untuk Mengurangi Dampak Lingkungan di Destinasi Wisata Alam Indonesia," vol. 3, no. 1, pp. 24–36, 2025.
- [2] A. S. Candra, S. P. Jati, B. Hidayah, S. Kodir, J. T. Informatika, and U. Teknologi, "Cendikia Cendikia," vol. 3, no. 1, pp. 259–265, 2025.
- [3] C. E. Amos Pah and J. R. M. Ledoh, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Perekrutan Karyawan," *J. Komput. dan Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 54–61, 2023, doi: 10.35508/jicon.v11i1.10113.
- [4] R. Rosaly and A. Prasetyo, "Flowchart Beserta Fungsi dan Simbol-Simbol," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 2, no. 3, pp. 5–7, 2020.
- [5] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. 2020.
- [6] M. Bisnis, U. Di, M. Pandemi, and M. Bisnis, "Jurnal Embistek Jurnal Embistek," vol. 1, no. 1, pp. 108–114, 2023.
- [7] F. M. Misbahul, "IMPLEMENTASI METODE FUZZY TSUKAMOTO DALAM MENENTUKAN PREDIKSI CURAH HUJAN DI KOTA SEMARANG," *Jtriste*, vol. 3, no. 2, pp. 47–59, 2023.
- [8] R. Perangin-angin, I. K. Jaya, and B. Rumahorbo, "Kombinasi Time Series Dengan Fuzzy Inferency System Untuk Model Prediksi Inflasi Dengan Akurasi Tinggi," *J. TIMES*, vol. 9, no. 2, pp. 25–33, 2020, doi: 10.51351/jtm.9.2.2020632.
- [9] A. P. Jawa and J. Wati, "Metode Fuzzy Tsukamoto Memprediksi Jumlah Produksi Batako Di Nusa Cendana Berdasarkan Data Persediaan Jumlah Permintaan," *EJECTS J. Comput. Technol. Informations Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 38–44, 2024.
- [10] A. Suharyudi Onoaji, I. Hartami Santi, and M. T. Chulkamdi, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Untuk Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 5, pp. 3343–3349, 2024, doi: 10.36040/jati.v7i5.7480.