

**STRATEGI MEMPREDIKSI TINGKAT KELULUSAN MAHASISWA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO DENGAN TEORI FUZZY
TSUKAMOTO**

Ranti Kurniasih¹, Annafi Awantagusnik², Muhammad Zia Alghar³

¹Universitas Muhaammadiyah Ponorogo,

²Universitas Al Qolam Malang, dan ³Universitas Negeri Malang

*rantikurniasih@umpo.ac.id*¹, *annafi@alqolam.ac.id*²,

*muhammadzia1904@gmail.com*³.

Received 05 June 2024; revised 21 June 2024; accepted 30 June 2024.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini yaitu membuat model matematis yang berkaitan dengan logika fuzzy untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa mulai tahun 2024. Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*). Metode yang digunakan yaitu metode tsukamoto dalam analisis *fuzzy* serta pengecekan keakuratan peramalan dengan MAPE. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan yaitu data penerimaan mahasiswa baru, banyak lulusan, dan banyak wisudawan dari Universitas Muhammadiyah Ponorogo pada tahun 2021, 2022, dan 2023. Data sekunder diperoleh dari buku, artikel, dan dokumen yang relevan dengan *fuzzy* Tsukamoto. Hasil analisis fuzzy Tsukamoto dengan pengujian MAPE menunjukkan bahwa model *fuzzy* yang dibangun berada pada persentase 5.3%. Artinya sistem *fuzzy* memiliki kemampuan peramalan yang sangat baik dalam memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa di tahun 2021, 2022, dan 2023 serta dapat digunakan untuk memprediksi banyak lulusan tahun 2024.

Kata kunci: *fuzzy*, Tsukamoto, kelulusan mahasiswa.

ABSTRACT

The purpose of this research is to create a mathematical model related to fuzzy logic to predict student graduation rates starting in 2024. This type of research is applied research. The method used is the tsukamoto method in fuzzy analysis and checking the accuracy of forecasting with MAPE. Data collection techniques are carried out by collecting primary data and secondary data. The primary data used is data on new student admissions, many graduates, and many graduates from Muhammadiyah Ponorogo University in 2021, 2022, and 2023. Secondary data is obtained from books, articles, and documents relevant to Tsukamoto fuzzy. The results of the Tsukamoto fuzzy analysis with MAPE testing show that the fuzzy model built is at a percentage of 5.3%. This means that

the fuzzy system has excellent forecasting capabilities in predicting student graduation rates in 2021, 2022, and 2023 and can be used to predict many graduates in 2024.

Keywords: fuzzy, Tsukamoto, student graduation

PENDAHULUAN

Sebuah institusi perguruan tinggi atau universitas memiliki tujuan untuk meluluskan mahasiswanya secara keseluruhan sesuai dengan waktu pendidikan yang ditempuh. Lama waktu tempuh mahasiswa dalam menyelesaikan studi dan Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) menjadi salah satu faktor penentu sebuah perguruan tinggi dikatakan unggul (Masui et al. 2014). Namun tidak jarang beberapa institusi belum mampu meluluskan mahasiswa sesuai target yang diinginkan, karena tidak semua mahasiswa dapat menyelesaikan studinya tepat waktu (Asriningtias and Mardhiyah 2014; Plant et al. 2005). Universitas Muhammadiyah Ponorogo, sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi yang berkomitmen pada peningkatan kualitas pendidikan dan penelitian, memerlukan metode yang canggih untuk mengelola dan menganalisis data, juga dalam hal memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa di tahun yang akan datang.

Metode Fuzzy Tsukamoto, salah satu metode dalam sistem logika fuzzy, menawarkan pendekatan yang tepat dalam menangani data yang tidak pasti atau kabur. Sistem logika fuzzy ini memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan aturan-aturan yang fleksibel, yang sering kali lebih sesuai dengan kondisi dunia nyata dibandingkan dengan pendekatan konvensional. Teori yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa salah satunya adalah logika *fuzzy* (Chang, Wang, and Liu 2007; Kusumadewi and Purnomo 2010). Logika *fuzzy* sebagai salah satu cabang dari sistem kecerdasan buatan dapat diterapkan dalam dunia pendidikan. Logika *fuzzy* juga diartikan sebagai logika yang menggambarkan ketidakpastian. Logika *fuzzy* mengadopsi kecerdasan yang dimiliki manusia dan mencoba menggambarkan perkataan manusia dan pengambilan keputusan (Chang, Wang, and Liu 2007). Dalam penerapannya, sistem pengendaliannya dilakukan melalui ekspresi linguistik. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dari logika *fuzzy* ini, yaitu metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno (Arifin and Salafinah 2020; Bede 2013).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Salafinah dan M. Arifin di Institut Agama Islam Negeri Jember menggunakan data 1 tahun sebelumnya dengan metode tsukamoto dengan penerapan perhitungan yang sistematis (IF THEN). Pada penelitian ini menggunakan data 3 tahun berturut-turut untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa tahun 2024 dengan metode MAPE (Mean Absolute Percentage Error) untuk menentukan hasil prediksi tingkat kelulusan mahasiswa tahun yang akan datang. Sistem logika fuzzy seperti Fuzzy Tsukamoto memungkinkan universitas untuk lebih adaptif terhadap perubahan dan dinamika lingkungan, baik internal maupun eksternal. Hal ini penting untuk mempertahankan relevansi dan responsivitas institusi dalam menghadapi tantangan zaman.

Metode yang akan digunakan dalam memprediksi kelulusan mahasiswa dalam penulisan ini adalah metode Tsukamoto. Pemilihan metode ini dikarenakan setiap konsekuensi yang ada dalam aturan berbentuk *jika-maka* perlu direpresentasikan pada suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton (Basriati, Safitri, and Nofridayani 2020). Basriati dan Safitri (2020) mengatakan bahwa *output* hasil inferensi pada aturan fuzzy disajikan dengan tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Kemudian hasil akhirnya didapatkan dengan menghitung rata-rata terbobot (Kusumadewi and Purnomo 2010).

Logika *fuzzy* diperkenalkan oleh seorang ilmuwan yang bernama Profesor Lotfi A. Zadeh pada 1965 (Kusumadewi and Purnomo 2010; Zadeh 1965). Logika *fuzzy* merupakan keberlanjutan dari teori himpunan yang setiap bagiannya memiliki derajat keanggotaan dari 0 hingga 1 yang menggambarkan suatu ambiguitas. Umumnya logika *fuzzy* diartikan sebagai suatu cara berhitung dengan menggunakan variabel linguistik sebagai angka (Setiawan, Yanto, and Yasdomi 2018).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian terapan (*applied research*), Penelitian terapan bertujuan guna memperoleh solusi dari suatu masalah menggunakan suatu pendekatan yang diterapkan secara langsung (Setiawan, Arbansyah, and Latipah 2023). Penelitian terapan juga berperan dalam menyelesaikan berbagai masalah praktis maupun menciptakan produk baru

(Mulyatiningsih 2011). Hasil dari penelitian terapan dapat dimanfaatkan oleh pihak yang berkepentingan. Dalam penelitian ini, hasil penelitian diuji kembali kualitas akurasi peramalannya dengan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan berupa data penerimaan mahasiswa baru, banyak lulusan, dan banyak wisudawan dari Universitas Muhammadiyah Ponorogo pada tahun 2021, 2022, dan 2023. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai literatur, seperti buku, dokumen, dan artikel-artikel ilmiah yang relevan dengan tema penelitian. Kemudian data dianalisis menggunakan analisis fuzzy metode Tsukamoto dan pengujian akurasi peramalan dengan MAPE.

Terdapat beberapa aspek yang diperlukan dalam menyusun sebuah sistem *fuzzy* (Bede 2013; Rindengan and Langi 2019), yaitu

a. Variabel *fuzzy*, yaitu simbol yang menggambarkan suatu kuantitas pada sistem *fuzzy*. Contoh: variabel umur.

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan kelas yang mempunyai kontinum nilai keanggotaan (Bede 2013). Himpunan *fuzzy* didefinisikan secara formal sebagai berikut. Suatu himpunan *fuzzy* A (himpunan bagian *fuzzy* dari X) didefinisikan sebagai suatu pemetaan

$$A: X \rightarrow [0,1],$$

Di mana $A(x)$ merupakan derajat keanggotaan dari x ke himpunan *fuzzy*.

c. Semesta pembicaraan, yaitu interval nilai yang dapat digunakan dalam variabel *fuzzy* yang nilai tersebut merupakan anggota bilangan riil. Contoh: variabel umur, $x \in [0, 100]$.

d. Domain, yaitu interval nilai yang diperbolehkan dalam himpunan *fuzzy* berdasarkan nilai semesta pembicaraan. Contoh: muda apabila $x \in [0, 20]$ dewasa apabila $x \in [20, 40]$, dan tua apabila $x \in [40, 100]$

Dalam metode Tsukamoto, setiap konsekuen bentuk aturan “jika-maka” perlu direpresentasikan pada himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton (Kusumadewi and Purnomo 2010). Akibatnya, hasil inferensi dari setiap aturan disajikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat, kemudian hasilnya

didapatkan dengan menghitung rata-rata terbobot. Diperlukan empat tahapan dalam menyusun sistem pendukung keputusan dengan metode fuzzy Tsukamoto, (Arifin and Salafinah 2020; Basriati, Safitri, and Nofridayani 2020) yaitu:

a. *Fuzzyfikasi*

Merupakan proses menetapkan berbagai variabel yang berkaitan dalam sistem *fuzzy* yang akan dibangun.

b. Pembentukan aturan *fuzzy*

Aturan *fuzzy* dibentuk guna mendapatkan hasil yang merupakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Aturan *fuzzy* Tsukamoto menggunakan aturan “jika-maka” dengan operator antara variabel *input* yaitu “dan”. Pernyataan yang menyertai “jika” merupakan antiseden dan pernyataan yang menyertai “maka” merupakan konsekuen. Jika (α_1 merupakan A_1) \wedge (α_2 merupakan A_2) \wedge ... \wedge (α_n merupakan A_n) maka (b merupakan k)

c. Analisis logika *fuzzy*

Setiap aturan yang dibentuk merupakan pernyataan dari suatu fungsi implikasi. *Fuzzy* Tsukamoto menggunakan fungsi implikasi minimum (Min). Fungsi implikasi Min. diartikan dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar anggota pada suatu himpunan *fuzzy*. Fungsi implikasi minimum dapat ditulis sebagai:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x_i), \mu_B(y_i))$$

d. Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata terbobot (*average*) (Sihaloho, Nasution, and Situmorang 2020).

$$p = \frac{\sum \alpha_i p_i}{\sum \alpha_i}$$

dengan

p : variabel *output*

α_i : nilai α -predikat

p_i : nilai variabel *output*

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Banyak Mahasiswa Baru, Banyak Peserta Wisuda, dan Banyak Lulusan

Variabel	Simbol	Nilai (2021)	Nilai (2022)	Nilai (2023)	Himpunan dari Istilah Linguistik	Semesta Pembicaraan
Banyak Peserta Wisuda	x	1275	1053	1242	Turun Naik	[900, 1500]
Banyak Mahasiswa Baru	y	1460	1830	1467	Sedikit Banyak	[1000, 2000]
Banyak Lulusan	z	1326	1055	1157	Berkurang	[900, 1500]

Data penelitian terdiri atas data banyaknya mahasiswa baru, banyaknya lulusan, dan banyaknya peserta wisuda dari Universitas Muhammadiyah Ponorogo tahun 2021, 2022, dan 2023. Menurut Arifin and Salafinah (2020), variable input yang dapat digunakan untuk memprediksi lulusan yaitu dengan variable mahasiswa baru dan variable peserta wisuda. Sementara menurut Onoaji, Santi, dan Chulkamdi (2023), penggunaan data dari beberapa tahun ke belakang, akan memperkuat akurasi fuzzy Tsukamoto yang digunakan. Dengan demikian, penelitian ini menggunakan variabel input berupa data banyak peserta wisuda dan banyak mahasiswa baru di tahun 2021, 2022, dan 2023.

Untuk mempermudah fuzzyfikasi, penelitian ini memisalkan variabel banyak peserta wisuda sebagai x , banyak mahasiswa baru sebagai y , dan variabel banyak lulusan sebagai z (Bede 2013). Ketiga variabel tersebut digunakan untuk memprediksi banyaknya lulusan pada tahun berikutnya dengan bantuan metode *fuzzy* Tsukamoto. Tabel 1 menyajikan data yang digunakan peneliti untuk memprediksi banyaknya lulusan setelah tahun 2023.

Data pada Tabel 1 kemudian diolah dengan menggunakan metode fuzzy Tsukamoto yang dilakukan melalui tahapan berikut:

1. **Fuzzyfikasi**

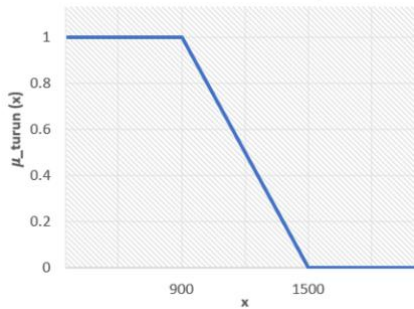
a. Fungsi keanggotaan **banyak peserta wisuda (x)**

Fungsi keanggotaan Himpunan Turun dan Naik pada banyak peserta wisuda direpresentasikan sebagai berikut:

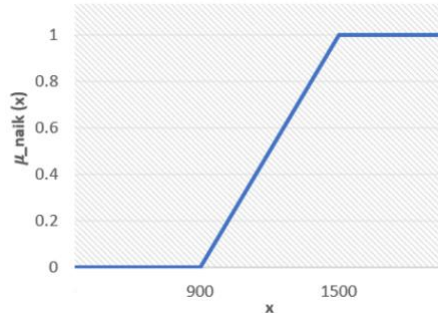
$$\mu_{turun}(x): \begin{cases} 1, & x \leq 900 \\ \frac{1500 - x}{600}, & 900 < x < 1500 \\ 0, & x \geq 1500 \end{cases}$$

$$\mu_{naik}(x): \begin{cases} 0, & x \leq 1000 \\ \frac{x - 900}{600}, & 900 < x < 1500 \\ 1, & x \geq 1500 \end{cases}$$

Gambar 1 dan 2 berikut berturut-turut merupakan grafik dari fungsi keanggotaan Himpunan Turun dan Naik pada banyak peserta wisuda (x)



Gambar 1. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Turun



Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Naik

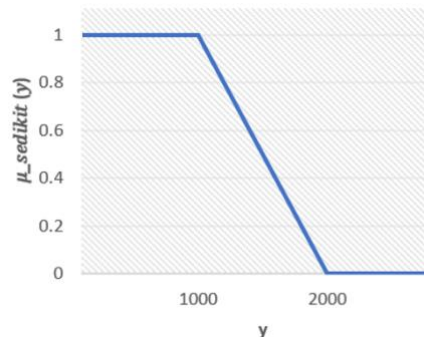
b. Fungsi keanggotaan variabel **banyak mahasiswa baru (y)**

Variabel banyak mahasiswa baru (y) terdiri dari dua himpunan yaitu Himpunan Sedikit dan Banyak, dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

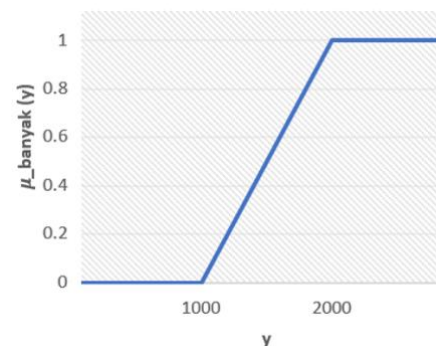
$$\mu_{sedikit}(y): \begin{cases} 1, & y \leq 1000 \\ \frac{2000 - y}{1000}, & 1000 < y < 2000 \\ 0, & y \geq 2000 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak}(y): \begin{cases} 0, & y \leq 1000 \\ \frac{y - 1000}{1000}, & 1000 < y < 2000 \\ 1, & y \geq 2000 \end{cases}$$

Gambar 3 dan 4 berikut berturut-turut merupakan grafik dari fungsi keanggotaan Himpunan Sedikit dan Banyak pada banyak mahasiswa baru (y)



Gambar 3. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Sedikit



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Banyak

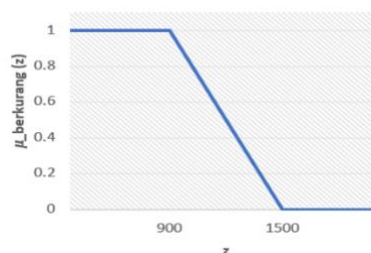
c. Fungsi keanggotaan variabel **banyak lulusan (z)**

Variabel banyak lulusan (z) terdiri atas dua himpunan yaitu Himpunan Berkurang dan Bertambah, dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut: .

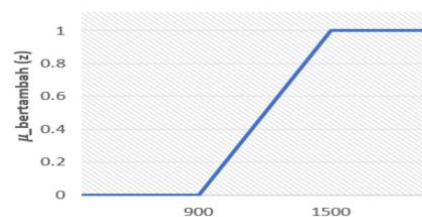
$$\mu_{berkurang}(z) = \begin{cases} 1, & z \leq 900 \\ \frac{1500 - z}{600}, & 900 < z < 1500 \\ 0, & z \geq 1500 \end{cases}$$

$$\mu_{bertambah}(z) = \begin{cases} 0, & z \leq 900 \\ \frac{z - 900}{600}, & 900 < z < 1500 \\ 1, & z > 1500 \end{cases}$$

Gambar 5 dan 6 berturut-turut merupakan grafik dari fungsi keanggotaan Himpunan Berkurang dan Bertambah pada banyak lulusan (z)



Gambar 5. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Berkurang



Gambar 6. Grafik Fungsi Keanggotaan Himpunan Bertambah

Nilai keanggotaan Himpunan Naik dan Turun dari variabel banyak peserta wisuda (x) dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\mu_{turun_2023}(1242) = \frac{1500 - 1242}{600} = \frac{258}{600} = 0,430$$

$$\mu_{\text{naik}_{2023}}(1242) = \frac{1242 - 900}{600} = \frac{342}{600} = 0,570$$

$$\mu_{\text{turun}_{2022}}(1053) = \frac{1500 - 1053}{600} = \frac{447}{600} = 0,745$$

$$\mu_{\text{naik}_{2022}}(1053) = \frac{1053 - 900}{600} = \frac{153}{600} = 0,255$$

$$\mu_{\text{turun}_{2021}}(1275) = \frac{1500 - 1275}{600} = \frac{225}{600} = 0,375$$

$$\mu_{\text{naik}_{2021}}(1275) = \frac{1275 - 900}{600} = \frac{375}{600} = 0,625$$

Nilai keanggotaan Himpunan Banyak dan Sedikit dari variabel banyak mahasiswa baru (y) dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\mu_{\text{banyak}_{2023}}(1467) = \frac{1467 - 1000}{1000} = \frac{467}{1000} = 0,467$$

$$\mu_{\text{sedikit}_{2023}}(1467) = \frac{2000 - 1467}{1000} = \frac{533}{1000} = 0,533$$

$$\mu_{\text{banyak}_{2022}}(1830) = \frac{1830 - 1000}{1000} = \frac{830}{1000} = 0,830$$

$$\mu_{\text{sedikit}_{2022}}(1830) = \frac{2000 - 1830}{1000} = \frac{170}{1000} = 0,170$$

$$\mu_{\text{banyak}_{2021}}(1460) = \frac{1460 - 1000}{1000} = \frac{460}{1000} = 0,460$$

$$\mu_{\text{sedikit}_{2021}}(1460) = \frac{2000 - 1460}{1000} = \frac{540}{1000} = 0,540$$

2. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Untuk memprediksi kelulusan, peneliti menggunakan aturan *Fuzzy* sebagai berikut :

- Jika banyak mahasiswa baru (y) adalah anggota Himpunan Banyak dan banyak peserta wisuda (x) adalah anggota Himpunan Naik maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Bertambah.
- Jika banyak mahasiswa baru (y) adalah anggota Himpunan Banyak dan banyak peserta wisuda (x) adalah anggota Himpunan Turun maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Berkurang.
- Jika banyak mahasiswa baru (y) adalah anggota Himpunan Sedikit dan banyak peserta wisuda (x) adalah anggota Himpunan Naik maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Bertambah.

- d. Jika banyak mahasiswa baru (y) adalah anggota Himpunan Sedikit dan banyak peserta wisuda (x) adalah anggota Himpunan Turun maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Berkurang.

3. Inferensi

Aturan pertama

Jika banyak mahasiswa baru (y) anggota Himpunan Banyak dan banyak peserta wisuda (x) anggota Himpunan Naik, maka berdasarkan aturan, banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Bertambah.

$$\begin{aligned}\alpha_{1_2023} &= \mu_{\text{banyak_2023}}(1467) \cap \mu_{\text{naik_2023}}(1242) \\ &= \min(\mu_{\text{banyak_2023}}(1467) \cap \mu_{\text{naik_2023}}(1242)) \\ &= \min(0,467; 0,570) = 0,467\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{1_2022} &= \mu_{\text{banyak_2022}}(1830) \cap \mu_{\text{naik_2022}}(1053) \\ &= \min(\mu_{\text{banyak_2022}}(1830) \cap \mu_{\text{naik_2022}}(1053)) \\ &= \min(0,830; 0,255) = 0,255\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{1_2021} &= \mu_{\text{banyak_2021}}(1460) \cap \mu_{\text{naik_2021}}(1275) \\ &= \min(\mu_{\text{banyak_2021}}(1460) \cap \mu_{\text{naik_2021}}(1275)) \\ &= \min(0,460; 0,725) = 0,460\end{aligned}$$

Banyak mahasiswa yang merupakan anggota Himpunan Bertambah yaitu

z tahun 2023	z tahun 2022	z tahun 2021
$\frac{z-900}{600} = 0,467$	$\frac{z-900}{600} = 0,255$	$\frac{z-900}{600} = 0,460$
$z - 900 = 280,2$	$z - 900 = 153$	$z - 900 = 276$
$z = 1180,2$	$z = 1053$	$z = 1176$

Aturan kedua

Jika banyak mahasiswa baru (y) anggota Himpunan Banyak dan banyak peserta wisuda (x) anggota Himpunan Turun, maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Berkurang.

$$\begin{aligned}\alpha_{2_2023} &= \mu_{\text{banyak_2023}}(1467) \cap \mu_{\text{turun_2023}}(1242) \\ &= \min(\mu_{\text{banyak_2023}}(1467) \cap \mu_{\text{turun_2023}}(1242)) \\ &= \min(0,467; 0,430) = 0,430\end{aligned}$$

$$\alpha_{2_2022} = \mu_{\text{banyak_2022}}(1830) \cap \mu_{\text{turun_2022}}(1053)$$

$$\begin{aligned}
 &= \min(\mu_{\text{banyak}_{2022}}(1830) \cap \mu_{\text{turun}_{2022}}(1053)) \\
 &= \min(0,830; 0,745) = 0,745 \\
 \alpha_{2_{2021}} &= \mu_{\text{banyak}_{2021}}(1460) \cap \mu_{\text{turun}_{2021}}(1275) \\
 &= \min(\mu_{\text{banyak}_{2021}}(1460) \cap \mu_{\text{turun}_{2021}}(1275)) \\
 &= \min(0,460; 0,375) = 0,375
 \end{aligned}$$

Banyak mahasiswa yang merupakan anggota Himpunan Berkurang yaitu

z tahun 2023	z tahun 2022	z tahun 2021
$\frac{1500-z}{600} = 0,430$	$\frac{1500-z}{600} = 0,745$	$\frac{1500-z}{600} = 0,375$
$1500 - z = 258$	$1500 - z = 447$	$1500 - z = 225$
$z = 1242$	$z = 1053$	$z = 1275$

Aturan Ketiga

Jika banyak mahasiswa baru (y) anggota Himpunan Sedikit dan banyak peserta wisuda (x) anggota Himpunan Naik, maka banyak lulusan (z) anggota Himpunan Bertambah.

$$\begin{aligned}
 \alpha_{3_{2023}} &= \mu_{\text{sedikit}_{2023}}(1467) \cap \mu_{\text{naik}_{2023}}(1242) \\
 &= \min(\mu_{\text{sedikit}_{2023}}(1467) \cap \mu_{\text{naik}_{2023}}(1242)) \\
 &= \min(0,533; 0,570) = 0,533 \\
 \alpha_{3_{2022}} &= \mu_{\text{sedikit}_{2022}}(1830) \cap \mu_{\text{naik}_{2022}}(1053) \\
 &= \min(\mu_{\text{sedikit}_{2022}}(1830) \cap \mu_{\text{naik}_{2022}}(1053)) \\
 &= \min(0,170; 0,255) = 0,170 \\
 \alpha_{3_{2021}} &= \mu_{\text{sedikit}_{2021}}(1460) \cap \mu_{\text{naik}_{2021}}(1275) \\
 &= \min(\mu_{\text{sedikit}_{2021}}(1460) \cap \mu_{\text{naik}_{2021}}(1275)) \\
 &= \min(0,540; 0,625) = 0,540
 \end{aligned}$$

Banyak lulusan yang merupakan anggota Himpunan Bertambah yaitu

z tahun 2023	z tahun 2022	z tahun 2021
$\frac{z-900}{600} = 0,533$	$\frac{z-900}{600} = 0,170$	$\frac{z-900}{600} = 0,540$
$z - 900 = 319,8$	$z - 900 = 102$	$z - 900 = 324$
$z = 1219,8$	$z = 1002$	$z = 1224$

Aturan Keempat

Jika banyak mahasiswa (y) adalah anggota Himpunan Sedikit dan banyak peserta wisuda (x) adalah anggota Himpunan Turun, maka banyak lulusan (z) adalah anggota Himpunan Berkurang.

$$\begin{aligned} \alpha_{4_2023} &= \mu_{sedikit_2023}(1467) \cap \mu_{turun_2023}(1242) \\ &= \min(\mu_{sedikit_2023}(1467) \cap \mu_{turun_2023}(1242)) \\ &= \min(0,533; 0,430) = 0,430 \\ \alpha_{4_2022} &= \mu_{sedikit_2022}(1830) \cap \mu_{turun_2022}(1053) \\ &= \min(\mu_{sedikit_2022}(1830) \cap \mu_{turun_2022}(1053)) \\ &= \min(0,170; 0,745) = 0,170 \\ \alpha_{4_2021} &= \mu_{sedikit_2021}(1460) \cap \mu_{turun_2021}(1275) \\ &= \min(\mu_{sedikit_2021}(1460) \cap \mu_{turun_2021}(1275)) \\ &= \min(0,540; 0,375) = 0,375 \end{aligned}$$

Banyak mahasiswa yang merupakan anggota Himpunan Berkurang yaitu

z tahun 2023	z tahun 2022	z tahun 2021
$\frac{1500-z}{600} = 0,430$	$\frac{1500-z}{600} = 0,170$	$\frac{1500-z}{600} = 0,375$
$1500 - z = 258$	$1500 - z = 102$	$1500 - z = 225$
$z = 1242$	$z = 1398$	$z = 1275$

4. Defuzzyfikasi

Pada proses defuzzyfikasi, metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata terbobot

$$p = \frac{\sum \alpha_i p_i}{\sum \alpha_i}$$

Nilai z tahun 2023 adalah

$$\begin{aligned} z_{2023} &= \frac{(\alpha_{1_2023} \cdot z_{1_2023}) + (\alpha_{2_2023} \cdot z_{2_2023}) + (\alpha_{3_2023} \cdot z_{3_2023}) + (\alpha_{4_2023} \cdot z_{4_2023})}{\alpha_{1_2023} + \alpha_{2_2023} + \alpha_{3_2023} + \alpha_{4_2023}} \\ &= \frac{(0,467 \cdot 1180,2) + (0,430 \cdot 1242) + (0,533 \cdot 1219,8) + (0,430 \cdot 1242)}{0,467 + 0,430 + 0,533 + 0,430} \end{aligned}$$

$$= \frac{551,15 + 534,06 + 650,15 + 534,06}{1,86} = 1220,122 \approx 1220$$

Nilai z tahun 2022 adalah

Z_{2022}

$$\begin{aligned} &= \frac{(a_{1,2022} \cdot z_{1,2022}) + (a_{2,2022} \cdot z_{2,2022}) + (a_{3,2022} \cdot z_{3,2022}) + (a_{4,2022} \cdot z_{4,2022})}{a_{1,2022} + a_{2,2022} + a_{3,2022} + a_{4,2022}} \\ &= \frac{(0,255 \cdot 1053) + (0,745 \cdot 1053) + (0,170 \cdot 1002) + (0,170 \cdot 1398)}{0,255 + 0,745 + 0,170 + 0,170} \\ &= \frac{268,515 + 784,485 + 170,34 + 237,66}{1,34} \\ &= \frac{1461}{1,34} = 1090,299 \approx 1090 \end{aligned}$$

Nilai z tahun 2021 adalah

Z_{2021}

$$\begin{aligned} &= \frac{(a_{1,2021} \cdot z_{1,2021}) + (a_{2,2021} \cdot z_{2,2021}) + (a_{3,2021} \cdot z_{3,2021}) + (a_{4,2021} \cdot z_{4,2021})}{a_{1,2021} + a_{2,2021} + a_{3,2021} + a_{4,2021}} \\ &= \frac{(0,460 \cdot 1176) + (0,375 \cdot 1275) + (0,540 \cdot 1224) + (0,375 \cdot 1275)}{0,460 + 0,375 + 0,540 + 0,375} \\ &= \frac{540,96 + 478,125 + 660,96 + 478,125}{1,75} \\ &= \frac{2158,17}{1,75} = 1233,24 \approx 1233 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pemodelan *fuzzy*, banyak mahasiswa yang lulus pada tahun 2023 sekitar 1.220, tahun 2022 sekitar 1.090, dan tahun 2021 sekitar 1.233 mahasiswa.

5. Pengukuran Akurasi Sistem *Fuzzy*

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan suatu ukuran akurasi peramalan dari suatu metode peramalan. Bentuk persamaannya sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|p_i - \widehat{p}_i|}{p_i}}{n} \times 100\%$$

Tabel 2. Data Asli dan Data Prediksi Banyak Lulusan

Tahun	2023	2022	2021
Data Asli (p_i)	1157	1055	1326
Data Prediksi (\widehat{p}_i)	1220	1090	1233
$ (p_i - \widehat{p}_i) /p_i$	0.075426	0,03211	0,075426
MAPE	5,305841% \approx 5,3%		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai MAPE yang diperoleh berada pada 5,3%. Berdasarkan kriteria nilai MAPE menurut (Chang, Wang, and Liu 2007; Vivas, Allende-Cid, and Salas 2020), maka akurasi peramalan 5,3% bermakna kemampuan peramalan sangat baik. Dengan demikian, sistem *fuzzy* yang dibangun untuk menentukan banyak lulusan dalam penulisan ini memiliki akurasi peramalan yang sangat baik dan bisa digunakan untuk memprediksi banyak lulusan di tahun-tahun berikutnya (jika tidak ada perubahan kebijakan maupun faktor-faktor yang lain dari pihak Universitas).

Temuan penelitian ini selaras dengan penelitian terdahulu dilakukan oleh Arifin dan Salafinah (2020) terkait penggunaan teori *fuzzy* Tsukamoto untuk memprediksi kelulusan mahasiswa di Jember. Hasilnya, teori *fuzzy* Tsukamoto dapat membantu memprediksi jumlah mahasiswa yang lulus menggunakan 3 variabel yaitu, banyak penerimaan peserta wisuda, banyak mahasiswa, dan banyak mahasiswa yang lulus. Penelitian ini juga selaras dengan Asriningtias dan Mardhiyah (2014) yang menampilkan informasi tingkat kelulusan mahasiswa dengan penggunaan *data mining* menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7 dan penggunaan Database SQL Server 2000 untuk mengukur menghasilkan tingkat ketepatan waktu dan nilai kelulusan mahasiswa yang berelasi dengan atribut data untuk mahasiswa. Penelitian lain menerapkan metode *fuzzy* Tsukamoto yaitu dalam menentukan jumlah produksi tahu di Simpang Pulau oleh Basriati, Safitri, dan Nofridayani (2020). Penelitiannya menyimpulkan bahwa *fuzzy* Tsukamoto berhasil menentukan produksi tahu yang optimum dengan nilai kebenaran peramalan mencapai 98.91% dan tergolong sangat baik dengan 3 variabel *input* (permintaan, persediaan, dan bahan baku) serta 1 variabel *output* (produksi).

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa metode *fuzzy* Tsukamoto dapat diterapkan untuk memprediksi banyaknya lulusan perguruan tinggi menggunakan variabel banyak mahasiswa baru dan banyak peserta wisuda. Sistem *fuzzy* yang memprediksi banyak lulusan Universitas Muhammadiyah Ponorogo memperoleh nilai MAPE 5,3 % yang masuk ke dalam kategori peramalan sangat baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah memberikan data jumlah mahasiswa baru, jumlah lulusan, dan jumlah wisudawan tahun 2021, 2022, dan 2023 untuk penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Muhammad Zainul, and Mega Nuris Salafinah. 2020. "Implementasi Teori Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa Institut Agama Islam Negeri Jember." *Aritmatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika* 1(1): 22–35.
- Asriningtias, Yuli, and Rodhyah Mardhiyah. 2014. "Aplikasi Data Mining Untuk Menampilkan Informasi Tingkat Kelulusan Mahasiswa." *Jurnal Informatika* 8(1): 837–48.
- Basriati, Sri, Elfira Safitri, and Putri Nofridayani. 2020. "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu." *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* 18(1): 120.
- Bede, Barnabas. 2013. *Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Berlin: Springer.
- Chang, Pei Chann, Yen Wen Wang, and Chen Hao Liu. 2007. "The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting." *Expert Systems with Applications* 32(1): 86–96.
- Kusumadewi, Sri, and Hari Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Masui, Chris et al. 2014. "Do Diligent Students Perform Better? Complex Relations between Student and Course Characteristics, Study Time, and Academic Performance in Higher Education." *Studies in Higher Education* 39(4): 621–

43.

- Mulyatiningsih, Endang. 2011. *Riset Terapan Bidang Pendidikan Dan Teknik*. Yogyakarta: UNY press.
- Onoaji, Ambal Suharyudi, Indyah Hartami Santi, and Mukh Taofik Chulkamdi. 2023. "Penerapan Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Untuk Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru." *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* 7(5): 3343–49.
- Plant, E Ashby, K Anders Ericsson, Len Hill, and Kia Asberg. 2005. "Why Study Time Does Not Predict Grade Point Average across College Students: Implications of Deliberate Practice for Academic Performance." *Contemporary educational psychology* 30(1): 96–116.
- Rindengan, Altien J, and Yohanes A R Langi. 2019. *Sistem Fuzzy*. Bandung: CV. Patra Media Grafindo.
- Setiawan, Agung, Budi Yanto, and Kiki Yasdomi. 2018. *Logika Fuzzy Dengan Matlab (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi Dengan Fuzzy Tsukamoto)*. Denpasar: Jayapangus Press Books. <http://book.penerbit.org/index.php/JPB/article/view/122>.
- Setiyawan, Dio, Arbansyah Arbansyah, and Asslia Johar Latipah. 2023. "Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Untuk Penentuan Program Studi Fakultas Sains Dan Teknologi Di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur." *Jurnal Informatika dan Komputer* 7(1).
- Sihaloho, Tulus Pramita, Mahyuddin K M Nasution, and Zakarias Situmorang. 2020. "Level of Student Satisfaction on Lecturer Performance with Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto Method." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 725(1): 12130.
- Vivas, Eliana, Héctor Allende-Cid, and Rodrigo Salas. 2020. "A Systematic Review of Statistical and Machine Learning Methods for Electrical Power Forecasting with Reported Mape Score." *Entropy* 22(12): 1412.
- Zadeh, Lotfi Asker. 1965. "Fuzzy Sets." *Information and control* 8(3): 338–53.