

Perbandingan Akurasi Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dalam Memprediksi Kebutuhan Darah PMI Kota Medan

Vira Amalia Putri¹, Suryati Sitepu^{2*}

^{1,2}Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan-Indonesia 20155

Email: suryati.sitepu@usu.ac.id

ABSTRAK

Prediksi kebutuhan darah penting dilakukan untuk menghindari ketidakstabilan stok atau persediaan darah. Stok darah yang terlalu banyak dan melimpah dapat menimbulkan kerugian, dikarenakan darah – darah tersebut akan terbuang ketika melewati masa kadaluarsa penyimpanan. Sementara itu, stok yang terlalu sedikit dapat berisiko kekurangan pasokan darah. Untuk mengantisipasi, perlu dilakukan prediksi jumlah kebutuhan darah yang harus diterima di masa yang akan datang agar tercapai ketersediaan darah yang optimum. Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* yang menggunakan konsep logika *fuzzy* dianggap mampu menangani kompleksitas dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi jumlah kebutuhan darah dengan mempertimbangkan jumlah permintaan dan persediaan darah yang bervariasi dan tidak pasti. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* memiliki akurasi yang lebih baik daripada metode *Fuzzy Sugeno* dengan nilai MAPE 16,707% dan 17,987% berturut-turut. Metode *Fuzzy Mamdani* memiliki tingkat akurasi dalam kategori baik menurut metode MAPE dan dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan darah di PMI Kota Medan.

Kata kunci: *Fuzzy Mamdani, Fuzzy Sugeno, Kebutuhan Darah, MAPE, Prediksi*

ABSTRACT

Blood demand prediction is important to avoid the instability of blood stocks or supplies. Too much and abundant blood stock can cause losses, because the blood will be wasted when it passes the storage expiration date. Meanwhile, too little stock can risk a shortage of blood supply. To anticipate this, it is necessary to predict the amount of blood demand that must be received in the future in order to achieve optimum blood availability. Fuzzy Mamdani and Fuzzy Sugeno methods that use the concept of fuzzy logic are considered capable of handling complexity and uncertainty in decision making, so they can be used to predict the amount of blood demand by considering the varying and uncertain amounts of blood demand and supply. The calculation results show that the Fuzzy Mamdani method has better accuracy than the Fuzzy Sugeno method with MAPE values of 16.707% and 17.987% respectively. The Fuzzy Mamdani method has an accuracy level in the good category according to the MAPE method and can be used to predict blood demand at PMI Medan.

Keywords: *Blood Requirement, Fuzzy Mamdani, Fuzzy Sugeno, MAPE, Prediction*

A. Pendahuluan

Donor darah merupakan suatu proses pengambilan darah dari seorang donor untuk diberikan kepada orang yang membutuhkan, yang dilakukan oleh pihak berwenang seperti Palang Merah Indonesia (PMI), yang bertugas melakukan proses pengolahan darah. Namun dalam prosesnya, PMI kerap kali dihadapkan dengan masalah ketidakstabilan antara jumlah

permintaan dan persediaan darah. Stok darah yang terlalu banyak dan melimpah dapat menimbulkan kerugian, dikarenakan darah – darah tersebut akan terbuang ketika melewati masa kadaluarsa penyimpanan. Di sisi lain, stok darah yang terlalu sedikit juga sangat berisiko karena dapat mengakibatkan kekurangan pasokan darah yang dapat meningkatkan risiko kematian pasien (Puspitasari et al., 2022).

Untuk menghindari kerugian yang dapat terjadi, PMI perlu melakukan tindakan untuk mengantisipasinya. Hal yang bisa dilakukan adalah menganalisis jumlah kebutuhan darah yang harus diterima di masa yang akan datang agar tercapai ketersediaan darah yang optimum. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi jumlah darah yang dibutuhkan dari para pendonor dengan mempertimbangkan jumlah persediaan dan permintaan kantong darah yang dapat bervariasi dan seringkali sulit diprediksi secara pasti. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan logika *fuzzy*.

Logika *fuzzy* adalah jenis logika yang memperhitungkan nilai keaburan atau kesamaran (*fuzziness*) antara konsep benar dan salah. Logika *fuzzy* adalah salah satu bentuk dari konsep logika, yang berkaitan dengan penggunaan penalaran untuk melakukan prediksi. Dibandingkan dengan logika klasik (dimana variabel hanya dapat bernilai 1 jika benar dan 0 jika salah), variabel dalam logika *fuzzy* lebih fleksibel karena memiliki nilai kebenaran yang berkisar pada rentang antara 0 hingga 1 (Wawan et al., 2021). Ragam teori dalam perkembangan ilmu logika *fuzzy* menunjukkan bahwa pada prinsipnya, logika *fuzzy* dapat diterapkan untuk memodelkan beragam sistem. Salah satunya adalah sistem pengambilan keputusan yang mengintegrasikan logika *fuzzy* dengan pendekatan penalaran, yang lebih dikenal sebagai *Fuzzy Inference System* (FIS) (Nisa & Harefa, 2023).

Dalam FIS, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengatasi berbagai permasalahan di kehidupan, diantaranya adalah metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno*. Metode *Fuzzy Sugeno* menghasilkan output berupa fungsi linear atau konstanta, sedangkan metode *Fuzzy Mamdani* menghasilkan output berupa nilai dalam domain himpunan *fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistik (Setyawan & Nikica, 2020).

Dengan adanya perbedaan tersebut, maka tentunya kedua metode ini akan memberikan hasil prediksi yang berbeda dengan tingkat akurasi yang berbeda pula. Membandingkan tingkat akurasi antar metode dapat membantu dalam memilih metode yang lebih sesuai untuk menyelesaikan masalah tertentu. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung

tingkat akurasi adalah metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Menurut Setiawan dalam (Nabillah & Ranggadara, 2020), MAPE merupakan sebuah teknik untuk menghitung nilai error yang digunakan dalam mengevaluasi hasil prediksi. Perhitungan nilai MAPE dilakukan ketika nilai aktual variabel prediksi menjadi faktor penting dalam proses evaluasi prediksi. MAPE berfungsi untuk mengevaluasi dan menentukan besarnya kesalahan hasil prediksi dibandingkan dengan nilai sebenarnya, dan memberikan informasi terkait persentase kesalahan selama proses prediksi berlangsung.

Penggunaan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dalam menentukan jumlah prediksi telah dilakukan dalam penelitian-penelitian terdahulu. Dalam penelitian (Puspitasari et al., 2022) dilakukan prediksi jumlah permintaan darah di UTD PMI Kutai Timur menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* dan diperoleh bahwa metode ini layak untuk memberikan sebuah informasi mengenai jumlah permintaan dengan nilai akurasi MAPE sebesar 27,55%. Penelitian tentang penentuan jumlah produksi optimal pada Pabrik *Cinderella Bread House* Ambon menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berdasarkan data persediaan dan permintaan juga telah dilakukan oleh (Sahulata et al., 2020) dan diperoleh hasil bahwa metode ini akurat dengan persentase MAPE sebesar 9,773%. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Muflihunna & Mashuri, 2022) yang menerapkan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dalam memprediksi jumlah produksi optimum, dan diperoleh hasil bahwa metode *Fuzzy Sugeno* lebih akurat dibandingkan dengan metode *Fuzzy Mamdani* dalam penentuan jumlah produksi jenang di PJ Menara Kudus dengan nilai MAPE berturut – turut sebesar 8,2% dan 21,7%.

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dapat memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang berbeda – beda tergantung pada permasalahan yang diteliti. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dicari tahu metode yang lebih akurat antara metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* untuk digunakan dalam memprediksi jumlah kebutuhan darah yang harus dipenuhi oleh PMI guna menjaga kestabilan antara permintaan dan persediaan kantong darah.

B. Metode Penelitian

1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PMI Kota Medan yang meliputi jumlah persediaan, jumlah permintaan, dan jumlah kebutuhan mulai dari bulan Januari 2022 hingga Desember 2023 dalam satuan kantong dan merupakan jumlah rekapan pada setiap akhir bulannya. Data golongan darah A+ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Aktual Golongan Darah A+

Bulan	A+		
	Persediaan	Permintaan	Kebutuhan
Jan-22	51	1058	1125
Feb-22	77	910	1008
Mar-22	385	1378	1650
Apr-22	12	1043	673
Mei-22	191	1044	1328
Jun-22	690	1240	1793
Jul-22	330	1355	1086
Agt-22	581	1205	1493
Sept-22	797	1145	1481
Okt-22	590	1374	1320
Nov-22	24	1357	1166
Des-22	382	1301	1363
Jan-23	52	1397	1196
Feb-23	340	1227	1526
Mar-23	531	1010	1631
Apr-23	85	1211	733
Mei-23	133	1648	1681
Jun-23	474	1380	1758
Jul-23	406	1633	1582
Agt-23	659	1406	1694
Sept-23	762	1358	1481
Okt-23	814	1450	1320
Nov-23	655	1321	1420
Des-23	729	1288	2017

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa data golongan darah A+ terdiri dari tiga variabel yang akan digunakan, yaitu variabel persediaan (jumlah yang tersisa pada akhir bulan), variabel permintaan (jumlah darah yang diberikan ke penerima donor setiap bulannya), dan variabel kebutuhan (jumlah darah yang diterima dari pendonor setiap bulannya (kantong) yang merepresentasikan jumlah kebutuhan darah yang harus diperoleh PMI). Data golongan darah B+,

AB+, dan O+ dapat dilihat pada Tabel 2, 3, dan 4.

Tabel 2. Data Aktual Golongan Darah B+

Bulan	B+		
	Persediaan	Permintaan	Kebutuhan
Jan-22	42	1328	1363
Feb-22	128	1176	1290
Mar-22	324	1738	1953
Apr-22	8	1295	935
Mei-22	148	1370	1659
Jun-22	507	1599	2070
Jul-22	141	1596	1352
Agt-22	344	1631	1905
Sept-22	508	1443	1748
Okt-22	281	1759	1648
Nov-22	17	1677	1450
Des-22	577	1630	1681
Jan-23	28	1575	1446
Feb-23	225	1834	1835
Mar-23	458	1392	1964
Apr-23	67	1370	906
Mei-23	170	1893	2010
Jun-23	394	1744	2009
Jul-23	344	1894	1870
Agt-23	566	1750	2029
Sept-23	918	1591	2023
Okt-23	865	1762	1886
Nov-23	794	1664	1695
Des-23	842	1450	2292

Tabel 3. Data Aktual Golongan Darah AB+

Bulan	AB+		
	Persediaan	Permintaan	Kebutuhan
Jan-22	13	375	354
Feb-22	37	244	284
Mar-22	94	425	477
Apr-22	15	325	223
Mei-22	91	291	385
Jun-22	140	369	445
Jul-22	123	394	306
Agt-22	35	381	432
Sept-22	82	395	376
Okt-22	34	306	377
Nov-22	60	384	333
Des-22	36	373	385
Jan-23	10	347	321

Bulan	AB+		
	Persediaan	Permintaan	Kebutuhan
Feb-23	130	304	445
Mar-23	264	257	454
Apr-23	162	324	199
Mei-23	134	407	454
Jun-23	183	382	453
Jul-23	143	418	430
Agt-23	168	486	496
Sept-23	149	415	447
Okt-23	148	423	437
Nov-23	121	408	414
Des-23	249	344	593

Tabel 4. Data Aktual Golongan Darah O+

Bulan	O+		
	Persediaan	Permintaan	Kebutuhan
Jan-22	16	1884	1987
Feb-22	26	1652	1737
Mar-22	570	2439	2897
Apr-22	19	1888	1278
Mei-22	221	2008	2350
Jun-22	142	2412	3013
Jul-22	322	2344	1881
Agt-22	302	2300	2594
Sept-22	196	2417	2510
Okt-22	196	2333	2261
Nov-22	11	2179	2030
Des-22	298	2252	2471
Jan-23	74	2217	1901
Feb-23	512	2217	2710
Mar-23	859	2096	2787
Apr-23	139	2248	1266
Mei-23	188	2741	2811
Jun-23	758	2282	2898
Jul-23	533	2796	2658
Agt-23	615	2710	2849
Sept-23	681	2755	2756
Okt-23	666	2610	2723
Nov-23	689	2343	2450
Des-23	895	2327	3222

2. Metode Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani, diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani di tahun 1975, memiliki ciri khas pada input dan output-nya yaitu baik input (anteseden) maupun output (konsekuen) dalam sistem ini direpresentasikan sebagai

himpunan fuzzy (Setiadi, 2009). Metode fuzzy Mamdani adalah metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan atau memprediksi untuk masa yang akan datang berdasarkan data sebelumnya (Pasaribu & Syahputra, 2022). Pada metode Mamdani, terdapat 4 tahapan untuk memperoleh output, yaitu:

- Fuzzifikasi (Pengkaburan): Suatu proses untuk mengubah nilai crisp (tegas) menjadi bentuk fuzzy (kabur).
- Aplikasi Fungsi Implikasi: Fungsi implikasi yang diterapkan adalah MIN (minimum). Pada fungsi implikasi MIN, operator AND (interseksi) digunakan.
- Komposisi Aturan: Proses ini menggunakan metode MAX, yaitu dengan mengambil nilai maksimum dari semua aturan, memodifikasi wilayah fuzzy, dan menggabungkannya menggunakan operator OR (union).
- Defuzzifikasi: Menggunakan metode centroid (*Composite Moment*), dirumuskan sebagai berikut (Neonbeni et al., 2022):

$$z^* = \frac{\int z\mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (1)$$

z^* = nilai titik pusat (hasil)

$\mu(z)$ = nilai derajat keanggotaan

$\int z\mu(z) dz$ = nilai momen

$\int \mu(z) dz$ = nilai luas daerah

3. Metode Fuzzy Sugeno

Metode Fuzzy Sugeno adalah metode yang diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno-Kang pada tahun 1985. Karakteristik dari metode ini adalah konsekuennya bukanlah himpunan fuzzy, melainkan merupakan suatu persamaan linear dengan variabel – variabel yang sesuai dengan variabel input-nya. Terdapat 3 langkah tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai output pada metode Fuzzy Sugeno, yaitu (Bakri et al., 2020):

- Fuzzifikasi (Pengkaburan)
- Aplikasi fungsi implikasi: Fungsi implikasi yang digunakan yaitu MIN. Metode Fuzzy sugeno terdiri dari dua jenis, yaitu (Kusumadewi, 2002):

1) Model Fuzzy Sugeno Orde –Nol

Bentuk umum:

$$IF (X_1 \text{ is } A_1) \circ (X_2 \text{ is } A_2) \dots (X_n \text{ is } A_n) \\ THEN z = k \quad (2)$$

dimana k adalah suatu konstanta sebagai konsekuen.

2) Model Fuzzy Sugeno Orde – Satu
Bentuk umum:

IF

$(X_1 \text{ is } A_1) \circ (X_2 \text{ is } A_2) \circ \dots (X_n \text{ is } A_n)$

THEN $z = p_1x_1 + \dots + p_nx_n + q$ (3)

dimana p_i adalah suatu konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuensi.

c. Defuzzifikasi: Proses defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata – ratanya (*Weighted Average*):

$$z = \frac{\sum_{j=r}^n \alpha_r z_r}{\sum_{j=r}^n \alpha_r} \quad (4)$$

Dimana:

z = Nilai tegas (*crisp*) hasil defuzzifikasi

α_r = α -predikat (*firestrenght*) aturan ke- r

z_r = *Output* pada anteseden aturan ke- r

4. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Pengujian tingkat akurasi dalam penelitian ini menggunakan MAPE, yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Al-adawiyah et al., 2022):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=i}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

X_i = Data aktual periode ke- i

F_i = Hasil prediksi pada periode ke- i

n = Banyak periode prediksi

Kriteria MAPE dapat dilihat pada Tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Kriteria MAPE

MAPE	Keterangan
10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup Baik
>50%	Buruk

C. Hasil dan Pembahasan

1. Fuzzifikasi (Pengkaburan)

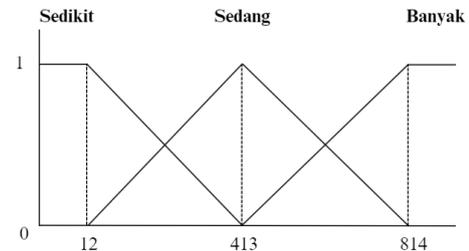
Pada metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* terdapat persamaan pada tahapan awalnya yaitu proses fuzzifikasi. Terlebih dahulu perlu ditentukan domain, himpunan *fuzzy*, dan fungsi keanggotaan yang akan digunakan. Golongan darah A+ menjadi rujukan dalam penelitian ini. Berikut variabel, himpunan *fuzzy*, dan nilai domain untuk data golongan darah A+ dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6. Himpunan *fuzzy* dan Domain Golongan Darah A+

Golongan Darah A+		
Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Persediaan	Sedikit	[12 413]
	Sedang	[12 814]
	Banyak	[413 814]
Permintaan	Sedikit	[910 1279]
	Sedang	[910 1648]
	Banyak	[1279 1648]
Kebutuhan	Sedikit	[673 1345]
	Sedang	[673 2017]
	Banyak	[1345 2017]

Langkah selanjutnya adalah membuat fungsi keanggotaan untuk setiap variabel. Dalam penelitian ini, fungsi keanggotaan yang digunakan meliputi kurva linear turun untuk himpunan SEDIKIT, kurva linear naik untuk himpunan BANYAK, dan kurva segitiga untuk himpunan SEDANG. Grafik fungsi keanggotaan untuk golongan darah A+ dapat dilihat pada Gambar 1, 2, dan 3 sebagai berikut:

a. Persediaan (x)



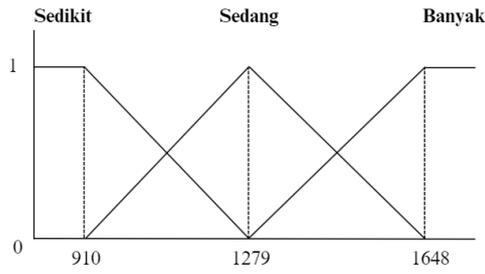
Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Persediaan Gol. Darah A+

$$\mu_{PsdSDK}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 12 \\ \frac{(413 - x)}{(413 - 12)}; & 12 \leq x \leq 413 \\ 0; & x \geq 413 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{PsdSDG}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 12 \text{ atau } x \geq 814 \\ \frac{(x - 12)}{(413 - 12)}; & 12 \leq x \leq 413 \\ \frac{(814 - x)}{(814 - 413)}; & 413 \leq x \leq 814 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{PsdBYK}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 413 \\ \frac{(x - 413)}{(814 - 413)}; & 413 \leq x \leq 814 \\ 1; & x \geq 814 \end{cases} \quad (8)$$

b. Permintaan (y)



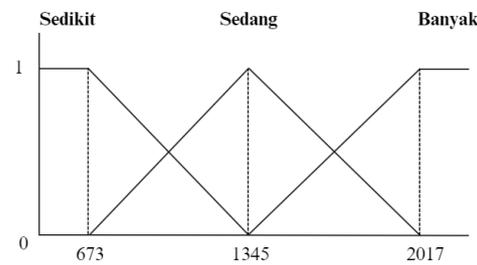
Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Permintaan Gol. Darah A+

$$\mu_{PmtSDK}[y] = \begin{cases} 1; & y \leq 910 \\ \frac{(1279 - y)}{(1279 - 910)}; & 910 \leq y \leq 1279 \\ 0; & y \geq 1279 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{PmtSDG}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 910 \text{ atau } y \geq 1648 \\ \frac{(y - 910)}{(1279 - 910)}; & 910 \leq y \leq 1279 \\ \frac{(1648 - y)}{(1648 - 1279)}; & 1279 \leq y \leq 1648 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{PmtBYK}[y] = \begin{cases} 0; & y \leq 1279 \\ \frac{(y - 1279)}{(1648 - 1279)}; & 1279 \leq y \leq 1648 \\ 1; & y \geq 1648 \end{cases} \quad (11)$$

c. Kebutuhan (z)



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Kebutuhan Gol. Darah A+

$$\mu_{KbtSDK}[z] = \begin{cases} 1; & z \leq 673 \\ \frac{(1345 - z)}{(1345 - 673)}; & 673 \leq z \leq 1345 \\ 0; & z \geq 1345 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{KbtSDG}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 673 \text{ atau } z \geq 2017 \\ \frac{(z - 673)}{(1345 - 673)}; & 673 \leq z \leq 1345 \\ \frac{(2017 - z)}{(2017 - 1345)}; & 1345 \leq z \leq 2017 \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{KbtBYK}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 1345 \\ \frac{(z - 1345)}{(2017 - 1345)}; & 1345 \leq z \leq 2017 \\ 1; & z \geq 2017 \end{cases} \quad (14)$$

Fungsi keanggotaan yang sama juga diterapkan untuk golongan darah lainnya. Bedanya hanya pada nilai rentangnya yang disesuaikan dengan nilai domain tiap golongan darah.

Selanjutnya, untuk memprediksi jumlah kebutuhan yang harus diusahakan untuk diperoleh selama satu bulan pada Januari 2023, data *input* nya adalah jumlah persediaan akhir bulan Desember 2022 (awal Januari 2023) dan jumlah permintaan di bulan Desember 2022 (jumlah total di akhir bulan). Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa jumlah persediaan dan permintaan golongan darah A+ pada akhir bulan Desember 2022 masing – masing adalah sebanyak 382 kantong dan 1301 kantong. Maka berdasarkan persamaan (6) hingga (11), diperoleh derajat keanggotaan untuk nilai *input* nya adalah sebagai berikut:

a. Persediaan

$$\mu_{PsdSDK}[382] = \frac{(413 - 382)}{(413 - 12)} = 0,077$$

$$\mu_{PsdSDG}[382] = \frac{(382 - 12)}{(413 - 12)} = 0,923$$

$$\mu_{PsdBYK}[382] = 0$$

b. Permintaan

$$\mu_{PmtSDK}[1301] = 0$$

$$\mu_{PmtSDG}[1301] = \frac{(1648 - 1301)}{(1648 - 1279)} = 0,940$$

$$\mu_{PmtBYK}[1301] = \frac{(1301 - 1279)}{(1648 - 1279)} = 0,060$$

2. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani

a. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode *Fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN (*minimum*). Pada penelitian ini, digunakan sebanyak 9 aturan sebagai berikut:

[R1] Jika persediaan **SEDIKIT**, dan permintaan **SEDIKIT**, maka kebutuhan **SEDIKIT**.

$$\alpha - predikat_1 = 0,000$$

[R2] Jika persediaan **SEDIKIT**, dan permintaan **SEDANG**, maka kebutuhan **SEDANG**.

$$\alpha - predikat_2 = 0,077$$

[R3] Jika persediaan **SEDIKIT**, dan permintaan **BANYAK**, maka kebutuhan **BANYAK**.

$$\alpha - predikat_3 = 0,060$$

[R4] Jika persediaan **SEDANG**, dan permintaan **SEDIKIT**, maka kebutuhan **SEDIKIT**.

$$\alpha - predikat_4 = 0,000$$

[R5] Jika persediaan **SEDANG**, dan permintaan **SEDANG**, maka kebutuhan **SEDANG**.

$$\alpha - predikat_5 = 0,923$$

[R6] Jika persediaan SEDANG, dan permintaan BANYAK, maka kebutuhan BANYAK.

$$\alpha - \text{predikat}_6 = 0,060$$

[R7] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan SEDIKIT, maka kebutuhan SEDIKIT.

$$\alpha - \text{predikat}_7 = 0,000$$

[R8] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan SEDANG, maka kebutuhan SEDANG.

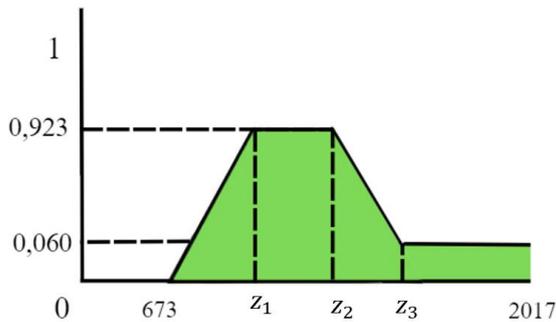
$$\alpha - \text{predikat}_8 = 0,000$$

[R9] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan BANYAK, maka kebutuhan BANYAK.

$$\alpha - \text{predikat}_9 = 0,000$$

b. Komposisi Aturan

Pada proses ini digunakan metode MAX, yaitu dengan mengambil nilai maksimum dari setiap hasil aturan (konsekuen) yang sama persis. Maka, fungsi keanggotaan hasil komposisi ini dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Daerah Hasil Komposisi

Terlebih dahulu akan dihitung nilai $z_1, z_2,$ dan z_3 . Dengan menerapkan persamaan (13), diperoleh:

$$\frac{(z_1-673)}{(1345-673)} = 0,923 \rightarrow z_1 \approx 1293$$

$$\frac{(2017-z_2)}{(2017-1345)} = 0,923 \rightarrow z_2 \approx 1397$$

$$\frac{(2017-z_3)}{(2017-1345)} = 0,060 \rightarrow z_3 \approx 1977$$

Sehingga diperoleh fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah sebagai berikut:

$$\mu_{pnm}[z] = \begin{cases} 0; & z \leq 673 \\ \frac{(z-673)}{(1345-673)}; & 673 \leq z \leq 1293 \\ 0,923; & 1293 \leq z \leq 1397 \\ \frac{(2017-z)}{(2017-1345)}; & 1397 \leq z \leq 1977 \\ 0,060; & z \geq 2017 \end{cases} \quad (10)$$

c. Defuzzifikasi

Tahap defuzzifikasi dalam metode *Fuzzy Mamdani* menggunakan metode *centroid*. Berdasarkan persamaan (1) diperoleh:

$$z^* = \frac{310.704,26+129.109,24+456.298,31+ 4.792,8}{286,01+95,99+284,82+ 2,4}$$

$$= 1.346,20 \approx 1.346$$

Jadi, prediksi jumlah kebutuhan darah golongan A+ pada Januari 2023 yang harus diusahakan oleh PMI untuk memenuhi kebutuhan darah dengan metode *Fuzzy Mamdani* adalah sebanyak 1.346 kantong.

3. Penerapan Metode *Fuzzy Sugeno*

a. Aplikasi Fungsi Implikasi

Sama seperti pada metode *Fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN (*minimum*), dan digunakan juga sebanyak 9 aturan yang sama. Namun, berbeda dengan metode *Fuzzy Mamdani* yang mana bagian output (konsekuennya) merupakan himpunan fuzzy, bagian konsekuen pada metode *Fuzzy Sugeno* dapat berbentuk konstanta atau persamaan linear. Pada penelitian ini digunakan *Fuzzy Sugeno* orde-nol yang terlihat pada persamaan (2), dimana konsekuennya berbentuk konstanta. Penentuan konstanta pada bagian konsekuen aturan *fuzzy* tersebut disesuaikan dengan domain variabel *output*.

Maka, dapat dibentuk nilai konstanta (z_n) untuk aturan *fuzzy* Sugeno golongan darah A+ seperti yang terlihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Konsekuen Aturan *Fuzzy Sugeno*

Variabel Output	Himpunan Fuzzy	z_n
Kebutuhan	Sedikit	673
	Sedang	1345
	Banyak	2017

Sehingga, diperoleh:

[R1] Jika persediaan SEDIKIT, dan permintaan SEDIKIT, maka kebutuhan SEDIKIT.

$$\alpha - \text{predikat}_1 = 0,000, \quad z_1 = 673$$

[R2] Jika persediaan SEDIKIT, dan permintaan SEDANG, maka kebutuhan SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_2 = 0,077, \quad z_2 = 1345$$

- [R3] Jika persediaan SEDIKIT, dan permintaan BANYAK, maka kebutuhan BANYAK.
 $\alpha - predikat_3 = 0,060, \quad z_3 = 2017$
- [R4] Jika persediaan SEDANG, dan permintaan SEDIKIT, maka kebutuhan SEDIKIT.
 $\alpha - predikat_4 = 0,000, \quad z_4 = 673$
- [R5] Jika persediaan SEDANG, dan permintaan SEDANG, maka kebutuhan SEDANG.
 $\alpha - predikat_5 = 0,923, \quad z_5 = 1345$
- [R6] Jika persediaan SEDANG, dan permintaan BANYAK, maka kebutuhan BANYAK.
 $\alpha - predikat_6 = 0,060, \quad z_6 = 2017$
- [R7] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan SEDIKIT, maka kebutuhan SEDIKIT.
 $\alpha - predikat_7 = 0,000, \quad z_7 = 673$
- [R8] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan SEDANG, maka kebutuhan SEDANG.
 $\alpha - predikat_8 = 0,000, \quad z_8 = 1345$
- [R9] Jika persediaan BANYAK, dan permintaan BANYAK, maka kebutuhan BANYAK.
 $\alpha - predikat_9 = 0,000, \quad z_9 = 2017$

b. Defuzzifikasi

Untuk metode Sugeno, defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung rata-rata berat atau *Weight Average (WA)* seperti pada persamaan (13) sebagai berikut:

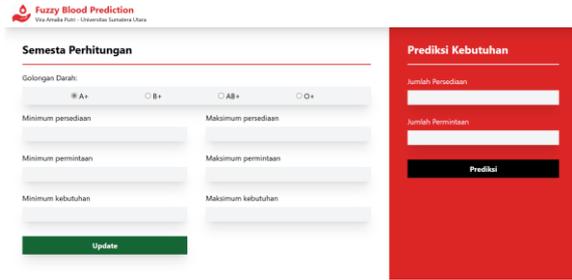
$$z = \frac{0+103,56+121,02+0+1241,43+121,02+0+0+0}{0+0,077+0,060+0+0,923+0,060+0+0+0}$$

$$= 1.416,59 \approx 1.417$$

Jadi, prediksi jumlah kebutuhan darah golongan A+ pada Januari 2023 yang harus diusahakan oleh PMI untuk memenuhi kebutuhan darah dengan metode *Fuzzy Sugeno* adalah sebanyak 1.417 kantong.

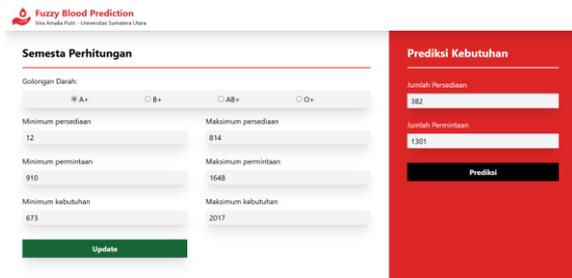
4. Implementasi Program Berbasis Website

Metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dapat diaplikasikan ke dalam suatu program untuk memudahkan perhitungan. Dengan menerapkan model – model matematika dari kedua metode ke dalam bahasa pemrograman, maka dapat dibangun suatu program berbasis *website* yang dapat membantu perhitungan dalam memprediksi jumlah kebutuhan darah. Program ini dapat diakses melalui <https://fuzzy-blood-predict.vercel.app/>. Tampilan awal program dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut:



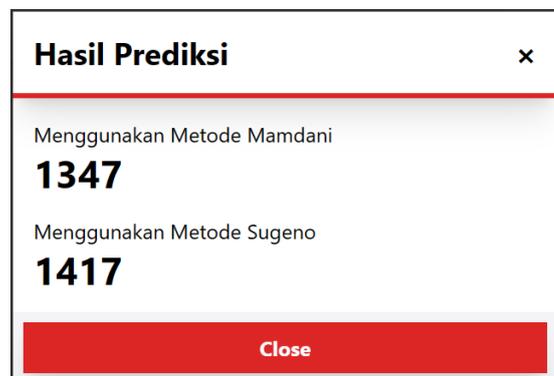
Gambar 5. Tampilan Awal Program

Pengguna akan diminta untuk memasukkan nilai semesta perhitungan, kemudian dilanjutkan dengan memasukkan nilai *input* jumlah persediaan dan jumlah permintaan untuk mendapatkan hasil prediksi jumlah kebutuhan dari metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Input Data pada Program

Dengan menekan tombol “Prediksi” maka akan ditampilkan hasil prediksi dari kedua metode. Pada Gambar 4.30 terlihat bahwa hasil dari metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* berturut – turut adalah 1347 kantong dan 1417 kantong, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil Prediksi oleh Program

Terlihat bahwa hasil prediksi menggunakan program tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. Pada hasil prediksi *Fuzzy Mamdani* terdapat selisih satu

angka antara hasil perhitungan program dan perhitungan manual, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan dalam pembulatan angka desimal. Namun, selisih ini tergolong kecil dan masih dalam batas toleransi.

Dengan menggunakan program berbasis *website* ini sebagai alat bantu perhitungan, dapat diperoleh hasil perhitungan prediksi jumlah kebutuhan darah untuk seluruh golongan darah menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8:

Tabel 8. Hasil Prediksi Metode *Fuzzy Mamdani*

2023	Hasil Prediksi <i>Fuzzy Mamdani</i>			
	A+	B+	AB+	O+
Jan	1347	1622	397	2246
Feb	1378	1604	394	2244
Mar	1339	1810	373	2244
Apr	1165	1548	305	2221
Mei	1335	1530	386	2245
Jun	1778	2035	408	2662
Jul	1369	1713	399	2250
Agt	1735	2049	414	2887
Sept	1384	1721	525	2598
Okt	1360	1608	412	2679
Nov	1414	1736	418	2419
Des	1350	1642	408	2269

Untuk hasil prediksi jumlah kebutuhan darah untuk seluruh golongan darah menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* dapat dilihat pada Tabel 9:

Tabel 9. Hasil Prediksi Metode *Fuzzy Sugeno*

2023	Hasil Prediksi <i>Fuzzy Sugeno</i>			
	A+	B+	AB+	O+
Jan	1417	1837	420	2333
Feb	1579	1698	367	2223
Mar	1198	2119	297	2223
Apr	1027	1322	221	1989
Mei	1165	1275	321	2322
Jun	2017	2289	466	3065
Jul	1565	1990	440	2410
Agt	1980	2292	484	3222
Sept	1619	1993	593	2997
Okt	1529	1708	481	3100
Nov	1657	2020	492	2837
Des	1470	1883	472	2533

5. Perhitungan Tingkat Akurasi

Setelah dilakukan perhitungan nilai prediksi jumlah kebutuhan darah PMI Kota Medan periode Januari 2023 sampai Desember 2023 dengan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno*, akan dilakukan perhitungan tingkat akurasi kedua metode tersebut dengan data aktualnya menggunakan metode MAPE. Hasil perhitungan akurasi untuk hasil prediksi metode *Fuzzy Mamdani* golongan darah A+ ditampilkan oleh Tabel 10, sebagai berikut

Tabel 10. Perhitungan MAPE Gol. Darah A+ Metode *Fuzzy Mamdani*

Nilai MAPE Hasil Prediksi Gol. A+ <i>Fuzzy Mamdani</i>				
2023	(X_i)	(F_i)	$ X_i - F_i $	$\frac{ X_i - F_i }{X_i}$
Jan	1196	1347	151	0,12625
Feb	1526	1378	148	0,09699
Mar	1631	1339	292	0,17903
Apr	733	1165	432	0,58936
Mei	1681	1335	346	0,20583
Jun	1758	1778	20	0,01138
Jul	1582	1369	213	0,13464
Agt	1694	1735	41	0,02420
Sept	1481	1384	97	0,06550
Okt	1320	1360	40	0,03030
Nov	1420	1414	6	0,00423
Des	2017	1350	667	0,33069
TOTAL				1,79839

Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan persamaan (5) sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{12} \sum_{t=i}^{12} \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1,79839}{12} \times 100\% = 14,986\%$$

Diperoleh nilai MAPE dari perhitungan jumlah prediksi kebutuhan untuk golongan darah A+ yang telah dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* adalah sebesar 14,986%. Hasil perhitungan akurasi untuk hasil prediksi metode *Fuzzy Sugeno* golongan darah A+ ditampilkan oleh Tabel 11, sebagai berikut:

Tabel 11. Perhitungan MAPE Gol. Darah A+ Metode *Fuzzy Sugeno*

Nilai MAPE Hasil Prediksi Gol. A+ Fuzzy Sugeno				
2023	(X_i)	(F_i)	$ X_i - F_i $	$\frac{ X_i - F_i }{X_i}$
Jan	1196	1417	221	0,18478
Feb	1526	1579	53	0,03473
Mar	1631	1198	433	0,26548
Apr	733	1027	294	0,40109
Mei	1681	1165	516	0,30696
Jun	1758	2017	259	0,14733
Jul	1582	1565	17	0,01075
Agt	1694	1980	286	0,16883
Sept	1481	1619	138	0,09318
Okt	1320	1529	209	0,15833
Nov	1420	1657	237	0,16690
Des	2017	1470	547	0,27119
TOTAL				2,20956

Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan persamaan (5) sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{12} \sum_{t=i}^{12} \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{2,20956}{12} \times 100\% = 18,413\%$$

Diperoleh nilai MAPE dari perhitungan jumlah prediksi kebutuhan untuk golongan darah A+ yang telah dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* adalah sebesar 18,413%. Dengan cara yang sama, maka diperoleh hasil perhitungan tingkat akurasi MAPE untuk seluruh prediksi jumlah kebutuhan darah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 12. Perhitungan MAPE Seluruh Golongan Darah

Golongan Darah	MAPE	MAPE	Selisih
	Fuzzy Mamdani	Fuzzy Sugeno	
A+	14,986	18,413	3,427
B+	16,539	17,178	0,639
AB+	17,519	17,741	0,222
O+	17,785	18,616	0,831
Rata - Rata	16,707	17,987	1,280

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 12, metode *Fuzzy Mamdani* mempunyai nilai MAPE yang lebih rendah daripada metode *Fuzzy Sugeno* untuk setiap golongan darah. Setelah

dihitung rata – ratanya, diperoleh hasil bahwa metode *Fuzzy Mamdani* memiliki nilai MAPE yang lebih rendah sebanyak 1,280% dibandingkan metode *Fuzzy Sugeno*. Maka dari hal tersebut, dapat dilihat bahwa metode *Fuzzy Mamdani* memiliki akurasi yang lebih baik daripada metode *Fuzzy Sugeno* dalam memprediksi jumlah kebutuhan darah di PMI Kota Medan.

D. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dalam memprediksi jumlah kebutuhan darah di PMI Kota Medan dengan nilai MAPE rata-rata untuk seluruh golongan darah adalah sebesar 16,707%. Dengan tingkat akurasi yang berada dalam rentang 10% - 20%, maka menurut kriteria MAPE, metode *Fuzzy Mamdani* dikatakan memiliki kemampuan prediksi dalam kategori BAIK. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* dapat memberikan hasil yang baik dalam memprediksi jumlah kebutuhan darah.

2. Saran

Pada penelitian ini, perbandingan tingkat akurasi yang dilakukan berdasarkan pada nilai MAPE yang diperoleh. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk dapat melakukan analisis sensitivitas untuk mengidentifikasi parameter kunci dalam model *Fuzzy Mamdani* yang paling memengaruhi akurasi prediksi

E. Daftar Pustaka

- Al-adawiyah, S. H., Alisah, E., & Aziz, A. (2022). Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma *Novel Fuzzy Time Series*. 1(3), 129–142.
- Bakri, R., Rahma, A. N., Suryani, I., & Sari, Y. (2020). Penerapan Logika *Fuzzy* Dalam Menentukan Jumlah Peserta BPJS Kesehatan Menggunakan *Fuzzy Inference System Sugeno*. 1(3), 182–192.
- Kusumadewi, Sri. (2002). Analisis Desain Sistem *Fuzzy* Menggunakan *Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muflihunna, K., & Mashuri, M. (2022). Penerapan Metode *Fuzzy Mamdani* dan Metode *Fuzzy Sugeno* dalam Penentuan

- Jumlah Produksi. *11*(1), 27–37.
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). *Mean Absolute Percentage Error* untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *5*(2), 250–255.
- Neonbeni, S., Mada, G. S., Blegur, F. M. A. (2022). Analisis Perbandingan Metode Defuzzifikasi *Fuzzy Inference System* Mamdani Dalam Penentuan Produksi Tua Kolo (Sopi Timor) 45% Pada Pabrik Sane Up-Ana Kefamenanu. *5*(2), 34 – 39.
- Nisa, A., & Harefa, K. (2023). Penerapan Metode *Fuzzy Inference System* Untuk Memprediksi Jumlah Pembelian Stok Barang (Studi Kasus: Toko Yanto Grosir). *1*(4), 939–953.
- Puspitasari, N., Septiarini, A., Octavia, O., Wati, M., & Hatta, H. R. (2022). Penerapan Metode *Fuzzy* Sugeno dalam Memprediksi Permintaan Darah. *10*(4), 435 - 445.
- Pasaribu, A., Syahputra, M., R. (2022). *Comparison of Fuzzy Logic and Multiple Linear Regression in Forecasting Rice Production in Toba District*. *5*(2), 121 - 127
- Sahulata, E. R. Y., Wattimanela, H. J., & Noya Van Delsen, M. S. (2020). Penerapan *Fuzzy Inference System* Tipe Mamdani Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Jumlah Permintaan Dan Persediaan (Studi Kasus Pabrik Cinderela Bread House Di Kota Ambon). *14*(1), 079–090.
- Setyawan, M. Y. H., & Nikica, M. F. (2020). Monograf Pengendalian Anggaran Dengan Metode *Fuzzy Logic* Sugeno Dan Fuzzy Mamdani. Kreatif Industri Nusantara. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Wawan, Zuniati, M., Setiawan, A. (2021). *Optimization of National Rice Production with Fuzzy Logic using Mamdani Method*. *1*(1), 36–43.