

Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi Estimasi Persediaan Darah

NOVIANTI PUSPITASARI¹, ANTON PRAFANTO², AHMAD ANSYORI³, MASNA WATI⁴, ANINDITA SEPTIARINI⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Email: novia.ftik.unmul@gmail.com

Received 5 Oktober 2022 | Revised 24 November 2022 | Accepted 22 Desember 2022

ABSTRAK

Unit Transfusi Darah (UTD) Palang Merah Indonesia (PMI) selama ini kesulitan menyediakan jumlah kantong darah yang sesuai dengan permintaan rumah sakit karena jumlah permintaan darah lebih tinggi daripada ketersediaan darah. Kondisi persediaan darah yang tidak selalu tersedia sesuai dengan jumlah permintaan darah menjadi masalah serius bagi UTD PMI dalam pengelolaan ketersediaan darah. Oleh karena itu UTD harus mengetahui persediaan darah dalam satu tahun ke depan. Informasi tentang persediaan darah dimasa yang akan datang dapat dilakukan menggunakan Fuzzy Tsukamoto. Fuzzy Tsukamoto memprediksi estimasi persediaan darah menggunakan data penerimaan dan permintaan darah dari Golongan A+, O+, B+ dan AB+. Berdasarkan hasil perhitungan akurasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) didapatkan nilai akurasi rata-rata untuk prediksi estimasi persediaan darah berada dibawah 10%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa prediksi persediaan darah menggunakan Fuzzy Tsukamoto memiliki nilai kepercayaan yang sangat baik karena kurang dari 20% berdasarkan ketentuan MAPE.

Kata kunci: darah, Fuzzy Tsukamoto, prediksi, MAPE, persediaan

ABSTRACT

The Indonesian Red Cross Blood (PMI) of Transfusion Unit (UTD) has had difficulty providing the number of blood bags by the hospital's request because the number of requests for blood is higher than the availability of blood. The condition of blood supply that is not always available following the blood demand is a severe problem for UTD PMI in managing blood availability. Therefore the Blood Transfusion Unit must know the blood supply for the next year. Future blood supply information can be done using the Fuzzy Tsukamoto method. Fuzzy Tsukamoto predicts the estimation of blood supply using data on receipts and requests for blood from Groups A+, O+, B+ and AB+. Based on the results of the calculation of accuracy using Mean Absolute Percentage Error (MAPE), the average accuracy value for predicting the estimated blood supply is below 10%. These results indicate that the prediction of blood supply using Fuzzy Tsukamoto has an excellent confidence value because it is less than 20% based on the MAPE.

Keywords: blood, Fuzzy Tsukamoto, prediction, MAPE, stock

1. PENDAHULUAN

Kegiatan transfusi darah merupakan kegiatan yang bermanfaat untuk menolong seseorang, pada saat seseorang kehilangan darah dalam jumlah yang besar. Hal ini biasanya disebabkan oleh perdarahan, trauma, operasi dan tidak berfungsinya organ pembentuk sel darah merah. Pada dasarnya, transfusi darah berfungsi untuk memindahkan darah dari satu orang ke orang lain berdasarkan dengan jenis golongan darah. Darah hanya dapat disalurkan dari pemberi darah (pendonor) ke penerima darah (reseptor) yang mempunyai jenis golongan darah sama. Pentingnya darah membuat jumlah ketersediaan darah menjadi hal yang sangat vital bagi rumah sakit. Jumlah kantong darah dalam jumlah yang besar setiap harinya dibutuhkan oleh rumah sakit (**Febriani et al., 2020**). Namun, jumlah ketersediaan darah di rumah sakit sangat terbatas karena kegiatan transfusi darah dan pengelolaan darah dilakukan oleh Unit Transfusi Darah (UTD) PMI (**Sari et al., 2019**).

UTD PMI sendiri tidak mampu menyediakan jumlah kantong darah yang sesuai dengan permintaan rumah sakit karena jumlah permintaan darah lebih tinggi daripada ketersediaan darah. Kurangnya ketersediaan darah dan ketidakpastian adanya jumlah kantong darah yang tersedia menjadi masalah serius yang dialami oleh UTD PMI. Kondisi ketidakpastian antara permintaan darah dan persediaan darah mengakibatkan banyak permintaan darah yang tidak terpenuhi, sehingga UTD PMI perlu melakukan tindakan untuk mengantisipasi kondisi ketidakstabilan antara ketersediaan dan permintaan darah. Hal yang bisa dilakukan adalah menganalisis jumlah kebutuhan (persediaan) darah di masa depan. Prediksi atau peramalan merupakan suatu proses untuk memberikan informasi yang paling mungkin terjadi dimasa depan dengan menempatkan data masa lalu ke masa yang akan datang dalam bentuk matematis. Prediksi berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi (**Ajeng et al., 2020**) (**Astria et al., 2020**). Ada banyak metode dan teknik yang dapat digunakan untuk menganalisis kebutuhan darah di masa yang akan datang, diantaranya adalah metode *Fuzzy Tsukamoto*.

Metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat digunakan untuk melakukan prediksi atau peramalan seperti memprediksi jumlah pembuatan roti (**Munawaroh, 2018**), stok bahan bakar minyak (**Puspitasari et al., 2019**), kerawanan kebakaran (**Ardianto et al., 2018**), produksi tas ransel (**Afif et al., 2017**), jumlah produksi kelapa sawit (**Harahap & Nababan, 2020**), jumlah produksi jenang wijen (**Azmi et al., 2018**) dan lain sebagainya (**Purnomo et al., 2020**) (**Nurkasanah et al., 2022**) (**Sukenda, 2021**). Dari penerapan berbagai penelitian tersebut terlihat bahwa metode *Fuzzy Tsukamoto* mampu menghasilkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat dan ambigu (**Azmi et al., 2018**) (**Dandi et al., 2020**). Selain itu metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki akurasi yang tinggi dibandingkan metode *Fuzzy Sugeno* dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (**Reynaldi et al., 2021**). Dari pemaparan yang telah dijabarkan, penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk memperkirakan jumlah darah yang tersedia di masa datang, dengan tujuan dapat membantu pihak UTD PMI Kota Bontang dalam menyediakan kantong darah agar tidak mengalami kekurangan stok darah.

2. METODE PENELITIAN

2.1. *Fuzzy Tsukamoto*

Logika *fuzzy* banyak dipilih sebagai solusi untuk memecahkan masalah ketidakpastian karena mampu mentoleransi data tidak tepat dan mampu memodelkan fungsi-fungsi yang tidak linier (**Zurzaq & Mukhlis, 2020**). Di dalam logika *fuzzy* terdapat tiga jenis *fuzzy*, salah satunya adalah *Fuzzy Tsukamoto*. Di penelitian ini, penggunaan *Fuzzy Tsukamoto* didasarkan pada penalaran *fuzzy*-nya yang cukup mudah dimengerti. Penalaran *Fuzzy Tsukamoto*

adalah penalaran monoton, dimana suatu himpunan *Fuzzy* memiliki fungsi keanggotaan monoton yang direpresentasikan dari setiap konsekuensi pada aturan berbentuk *IF-THEN*. Lebih lanjut, nilai *output* yang tegas (*crisp*) ditentukan dengan cara mengubah *input* menjadi suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut (Afif et al., 2017) (Zurzaq & Mukhlis, 2020). Cara ini disebut dengan metode *defuzzifikasi* rata-rata terpusat dan implikasi di setiap aturan *Fuzzy Tsukamoto* harus berbentuk kondisi "sebab-akibat" dimana harus ada hubungan antara anteseden dan konsekuensi. Tahapan *Fuzzy Tsukamoto* didalam inferensinya terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. *Fuzzifikasi*.
2. Pembentukan *Rule* dalam bentuk *IF-THEN* (basis pengetahuan *Fuzzy*).
3. Mesin Inferensi menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai predikat tiap-tiap *rule*. Kemudian masing-masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing *rule* ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$).
4. *Defuzzifikasi*
 Pada *defuzzifikasi* digunakan metode rata-rata (*Average*) yang dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$Z^* = \frac{\sum a_i z_i}{\sum a_i} \tag{1}$$

Keterangan:

Z : Variabel output

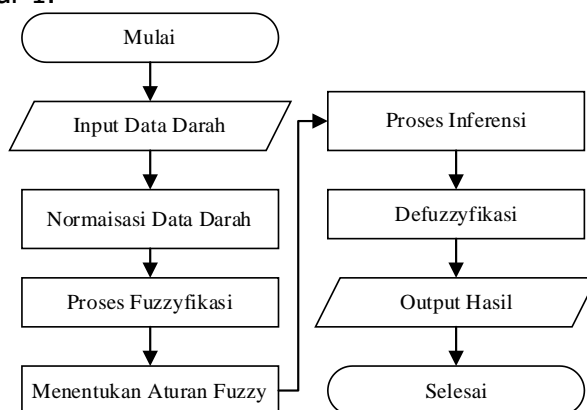
a_i : Nilai α predikat

z_i : Nilai variabel output

Hasil akhir output (Z) diperoleh dengan menggunakan persamaan rata-rata pembobotan yang dinyatakan pada Persamaan (2).

$$Z = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \tag{2}$$

Tahapan dari penggunaan *Fuzzy Tsukamoto* dalam mengestimasi persediaan darah ditampilkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan *Fuzzy Tsukamoto*

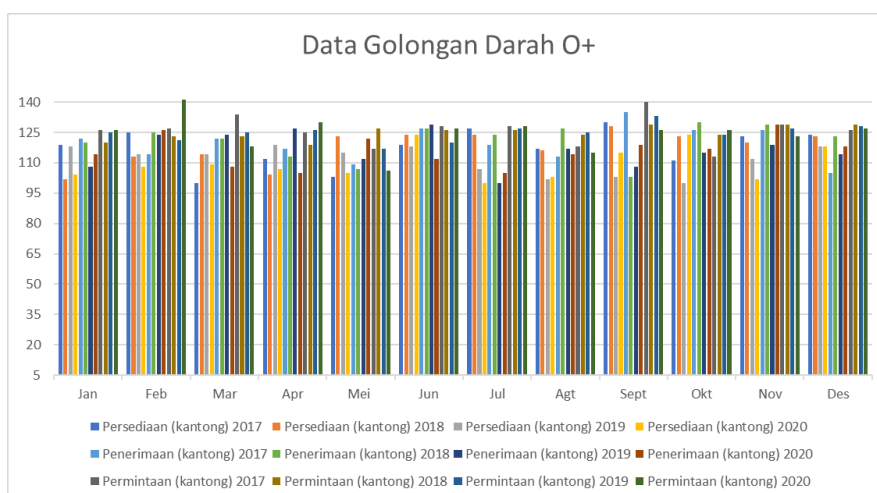
2.2. Data Penelitian

Pada penelitian ini, data penelitian berupa data golongan darah O+, AB+, B+, dan A+ dari bulan Januari 2017 hingga Desember 2020. Data diperoleh dari UTD PMI Kota Bontang. Data darah golongan darah O+ terlihat di Tabel 1.

Tabel 1. Data Aktual Golongan Darah O+

Bulan	Persediaan (kantong)				Penerimaan (kantong)				Permintaan (kantong)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Jan	119	102	118	104	122	120	108	114	126	120	125	126
Feb	125	113	114	108	114	125	124	126	127	123	121	141
Mar	100	114	114	109	122	122	124	108	134	123	125	118
Apr	112	104	119	107	117	113	127	105	125	119	126	130
Mei	103	123	115	105	109	107	112	122	117	127	117	106
Jun	119	124	118	124	127	127	129	112	128	126	120	127
Jul	127	124	107	100	119	124	100	105	128	126	127	128
Agt	117	116	102	103	113	127	117	114	118	124	125	115
Sept	130	128	103	115	135	103	108	119	140	129	133	126
Okt	111	123	100	124	126	130	115	117	113	124	124	126
Nov	123	120	112	102	126	129	119	129	129	129	127	123
Des	124	123	118	118	105	123	114	118	126	129	128	127

Gambar 2 menampilkan Grafik data golongan darah O+.

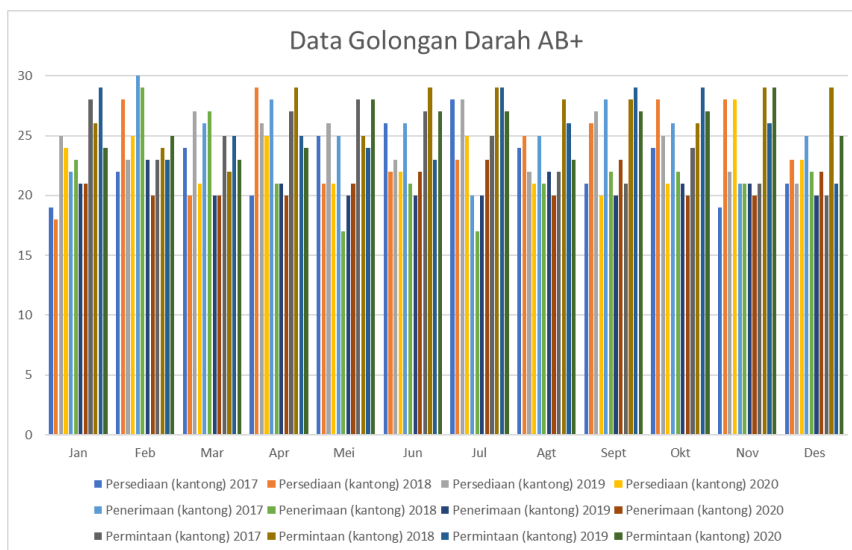
**Gambar 2. Grafik Golongan Darah O+**

Tabel 2 menampilkan data golongan darah jenis AB+.

Tabel 2. Data Aktual Golongan Darah AB+

Bulan	Persediaan (kantong)				Penerimaan (kantong)				Permintaan (kantong)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Jan	19	18	25	24	22	23	21	21	28	26	29	24
Feb	22	28	23	25	30	29	23	20	23	24	23	25
Mar	24	20	27	21	26	27	20	20	25	22	25	23
Apr	20	29	26	25	28	21	21	20	27	29	25	24
Mei	25	21	26	21	25	17	20	21	28	25	24	28
Jun	26	22	23	22	26	21	20	22	27	29	23	27
Jul	28	23	28	25	20	17	20	23	25	29	29	27
Agt	24	25	22	21	25	21	22	20	22	28	26	23
Sept	21	26	27	20	28	22	20	23	21	28	29	27
Okt	24	28	25	21	26	22	21	20	24	26	29	27
Nov	19	28	22	28	21	21	21	20	21	29	26	29
Des	21	23	21	23	25	22	20	22	20	29	21	25

Grafik data golongan darah AB+ ditampilkan pada Gambar 3.



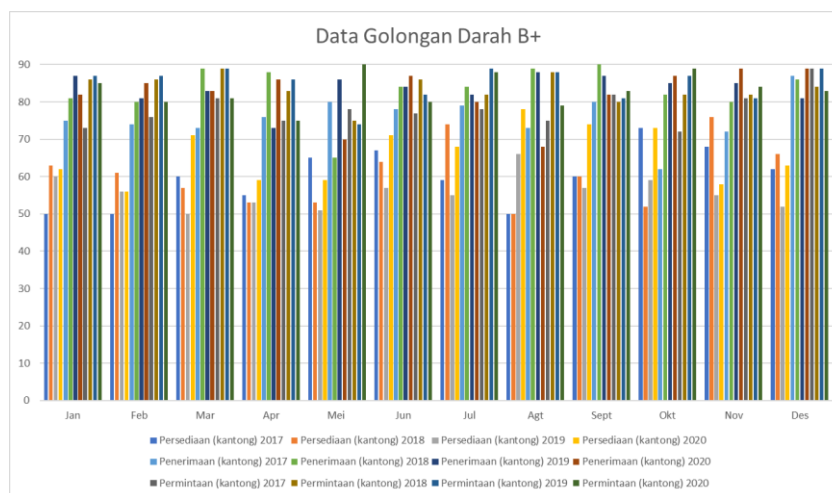
Gambar 3. Grafik Golongan Darah AB+

Data yang ditunjukkan oleh Tabel 3 adalah golongan darah B+.

Tabel 3. Data Aktual Golongan Darah B+

Bulan	Persediaan (kantong)				Penerimaan (kantong)				Permintaan (kantong)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Jan	50	63	60	62	75	81	87	82	73	86	87	85
Feb	50	61	56	56	74	80	81	85	76	86	87	80
Mar	60	57	50	71	73	89	83	83	81	89	89	81
Apr	55	53	53	59	76	88	73	86	75	83	86	75
Mei	65	53	51	59	80	65	86	70	78	75	74	90
Jun	67	64	57	71	78	84	84	87	77	86	82	80
Jul	59	74	55	68	79	84	82	80	78	82	89	88
Agt	50	50	66	78	73	89	88	68	75	88	88	79
Sept	60	60	57	74	80	90	87	82	82	80	81	83
Okt	73	52	59	73	62	82	85	87	72	82	87	89
Nov	68	76	55	58	72	80	85	89	81	82	81	84
Des	62	66	52	63	87	86	81	89	89	84	89	83

Grafik data golongan darah B+ ditampilkan pada Gambar 4.



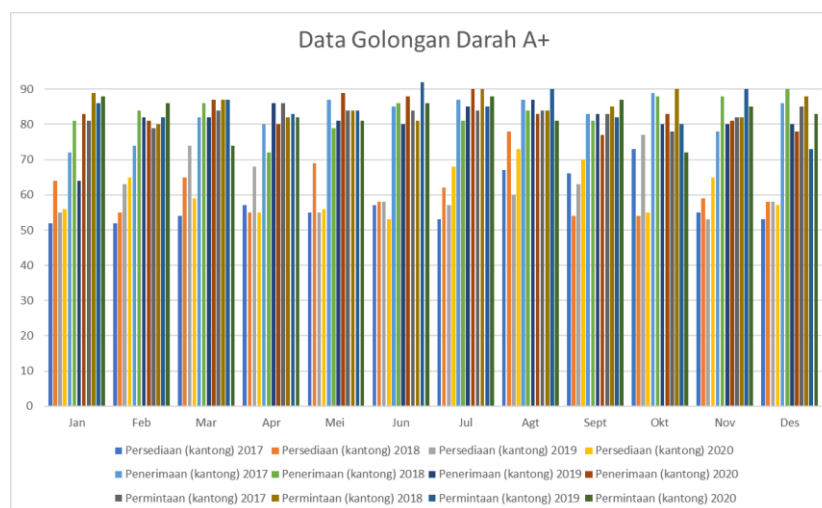
Gambar 4. Grafik Golongan Darah B+

Tabel 4 memberikan informasi tentang golongan darah A+.

Tabel 4. Data Aktual Golongan Darah A+

Bulan	Persediaan (kantong)				Penerimaan (kantong)				Permintaan (kantong)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Jan	52	64	55	56	72	81	64	83	81	89	86	88
Feb	52	55	63	65	74	84	82	81	79	80	82	86
Mar	54	65	74	59	82	86	82	87	84	87	87	74
Apr	57	55	68	55	80	72	86	80	86	82	83	82
Mei	55	69	55	56	87	79	81	89	84	84	84	81
Jun	57	58	58	53	85	86	80	88	84	81	92	86
Jul	53	62	57	68	87	81	85	90	84	90	85	88
Agt	67	78	60	73	87	84	87	83	84	84	90	81
Sept	66	54	63	70	83	81	83	77	83	85	82	87
Okt	73	54	77	55	89	88	80	83	78	90	80	72
Nov	55	59	53	65	78	88	80	81	82	82	90	85
Des	53	58	58	57	86	90	80	78	85	88	73	83

Grafik data golongan darah A+ dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Golongan Darah A+

Berdasarkan data yang ada pada Tabel 1 sampai Tabel 4 terdapat tiga variabel *Fuzzy* yang akan digunakan yaitu variabel penerimaan merupakan darah yang diterima dari donor, variabel persediaan merupakan darah yang akan disediakan, dan variabel permintaan merupakan darah yang diminta atau dibutuhkan, ketiga variabel ini dalam satuan kantong. Lebih lanjut, dari grafik setiap golongan darah yang ditampilkan pada Gambar 2 sampai Gambar 5 terlihat bahwa persediaan, penerimaan dan permintaan kantong dari tahun 2017 hingga 2020 mengalami fluktuasi atau trend yang bervariasi.

2.3. Normalisasi Data

Normalisasi data berfungsi untuk memproses data berupa angka sehingga berada pada range tertentu. Hasil proses tersebut membuat angka yang diolah tidak terlalu besar agar mempercepat proses perhitungan (Oktafiansyah & Uperiati, 2021)(Azmi et al., 2018). Data pelatihan pada penelitian ini akan dinormalisasi dalam rentang 0,1 sampai 0,9. Adapun proses normalisasi data dituliskan oleh Persamaan (3).

$$X' = \frac{0.8(X - b)}{(a - b)} + 0.1 \quad (3)$$

Keterangan :

X' = Data Hasil Normalisasi

X = Data aktual

a = Nilai maksimum data aktual

b = Nilai minimum data aktual

2.4. Denormalisasi Data

Denormalisasi bertujuan untuk mendapatkan hasil estimasi ke bentuk semula seperti data aktual dan mempermudah melihat perbandingan data hasil estimasi dengan data aktual (Nazmi fadilah et al., 2020)(Nababan & Harahap, 2020). Persamaan (4) merupakan rumus untuk proses denormalisasi data.

$$X = \frac{(X' - 0,1)(a - b)}{0,8} + b \quad (4)$$

Keterangan :

X' = Data hasil estimasi

X = Data hasil denormalisasi

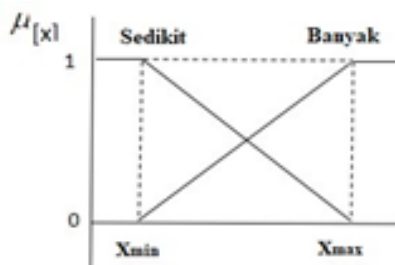
a = Nilai maksimum data aktual

b = Nilai minimum data aktual

2.5. Pendefinisian Variabel Fuzzy

Variabel yang diperoleh dari dataset akan didefinisikan kedalam variabel *Fuzzy* untuk menentukan himpunan *Fuzzy* dan menentukan nilai semesta pembicaraan serta nilai domain. Selanjutnya, pencarian nilai keanggotaan dilakukan dengan cara mendapatkan fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* dari masing-masing variabel *Fuzzy*.

1. Variabel penerimaan terdiri dari 2 himpunan *Fuzzy* yaitu sedikit dan banyak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Penerimaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sedikit dapat dilihat pada Persamaan (5).

$$\mu_{Pnrmsedikit}(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq x_{min} \\ \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} & , x_{min} \leq x \leq x_{max} \\ 0 & , x \geq x_{max} \end{cases} \quad (5)$$

Keterangan :

$\mu_{Pnrmsedikit}$ = derajat keanggotaan penerimaan sedikit

x = variabel Penerimaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* banyak dapat dilihat pada Persamaan (6).

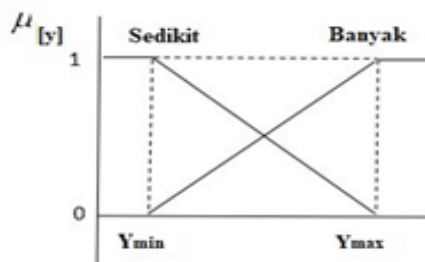
$$\mu_{PnrmBanyak}(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq x_{min} \\ \frac{x-x_{max}}{x_{max}-x_{min}} & , x_{min} \leq x \leq x_{max} \\ 0 & , x \geq x_{max} \end{cases} \quad (6)$$

Keterangan :

$\mu_{PrmBanyak}$ = derajat keanggotaan penerimaan banyak

x = variabel penerimaan

2. Variabel permintaan terdiri dari dua himpunan yaitu sedikit dan banyak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Permintaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sedikit dapat dilihat pada Persamaan (7).

$$\mu_{PrmntSedikit}(y) = \begin{cases} 0 & , y \leq y_{min} \\ \frac{y_{max}-y}{y_{max}-y_{min}} & , y_{min} \leq y \leq y_{max} \\ 1 & , y \geq y_{max} \end{cases} \quad (7)$$

Keterangan :

$\mu_{PrmntSedikit}$ = derajat keanggotaan persediaan sedikit

y = variabel permintaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* banyak dapat dilihat pada Persamaan (8).

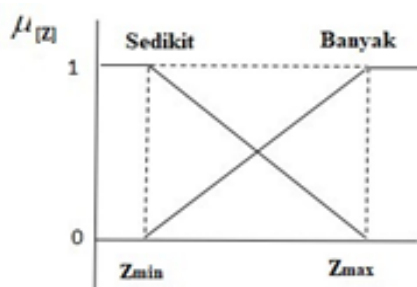
$$\mu_{PrmntBanyak}(y) = \begin{cases} 1 & , y \leq y_{min} \\ \frac{y-y_{min}}{y_{max}-y_{min}} & , y_{min} \leq y \leq y_{max} \\ 0 & , y \geq y_{max} \end{cases} \quad (8)$$

Keterangan :

$\mu_{PrmntBanyak}$ = derajat keanggotaan persediaan banyak

y = variabel permintaan

3. Variabel persediaan terdiri dari dua himpunan yaitu sedikit dan banyak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Variabel Persediaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sedikit dapat dilihat pada Persamaan (9).

$$\mu_{PsdSedikit}(z) = \begin{cases} 1 & , z \leq z_{min} \\ \frac{z_{max}-z}{z_{max}-z_{min}} & , z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ 0 & , z \geq z_{max} \end{cases} \quad (9)$$

Keterangan :

$\mu_{PsdSedikit}$ = derajat keanggotaan persediaan sedikit

z = variabel persediaan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* banyak dapat dilihat pada Persamaan 10.

$$\mu_{PsdBanyak}(z) = \begin{cases} 0 & , z \leq z_{min} \\ \frac{z-z_{min}}{z_{max}-z_{min}} & , z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ 1 & , z \geq z_{max} \end{cases} \quad (10)$$

Keterangan :

$\mu_{PsdBanyak}$ = derajat keanggotaan persediaan banyak

z = variabel persediaan

2.6 Mesin Inferensi

Mesin inferensi merupakan kumpulan korelasi antar aturan dengan mengikuti aturan *IF-THEN* yang telah ditetapkan pada himpunan *Fuzzy* sehingga mengubah inputan *Fuzzy* menjadi keluaran (*output*) *Fuzzy*. Berdasarkan variabel *Fuzzy* yang ditentukan, diperoleh himpunan *Fuzzy* : penerimaan sedikit, penerimaan banyak, permintaan sedikit, permintaan banyak, persediaan sedikit, dan persediaan banyak. Himpunan *Fuzzy* yang terbentuk kemudian dikombinasikan dan diperoleh empat aturan *Fuzzy* berikut:

[R1] *IF* Penerimaan Sedikit *AND* permintaan Sedikit *THEN* Persediaan Berkurang
 α predikat1 = $\mu_{PnrmSedikit} \cap \mu_{PrmntSedikit} = \min(\mu_{PnrmSedikit}[x] \cap \mu_{PrmntSedikit}[y])$. (11)

Keterangan :

$\mu_{PnrmSedikit}$ = rata-rata Penerimaan sedikit

$\mu_{PrmntSedikit}$ = rata-rata Permintaan sedikit

$$z_1 = z_{max} - \alpha_1(z_{max} - z_{min}) \quad (12)$$

Z_1 adalah nilai z untuk aturan *Fuzzy* [R1]

[R2] *IF* Penerimaan Sedikit *AND* Permintaan Banyak *THEN* Persediaan Berkurang
 α predikat2 = $\mu_{PnrmSedikit} \cap \mu_{PrmntBanyak} = \min(\mu_{PnrmSedikit}[x] \cap \mu_{PrmntBanyak}[y])$. (13)

Keterangan :

$\mu_{PnrmSedikit}$ = rata-rata penerimaan sedikit

$\mu_{PrmntBanyak}$ = rata-rata permintaan banyak

$$z_2 = \alpha_2(z_{max} - z_{min}) + z_{min} \quad (14)$$

Z_2 adalah nilai z untuk aturan *Fuzzy* [R2]

[R3] *IF* Penerimaan Banyak *AND* Permintaan Sedikit *THEN* Persediaan Bertambah
 α predikat3 = $\mu_{PnrmBanyak} \cap \mu_{PrmntSedikit} = \min(\mu_{PnrmBanyak}[x] \cap \mu_{PrmntSedikit}[y])$. (15)

Keterangan :

$\mu_{PnrmBanyak}$ = rata-rata Penerimaan banyak

$\mu_{PrmntSedikit}$ = rata-rata Permintaan sedikit

$$z_3 = z_{max} - \alpha_3(z_{max} - z_{min}) \quad (16)$$

Z_3 adalah nilai z untuk aturan *Fuzzy* [R3]

[R4] *IF* Penerimaan Banyak *AND* Permintaan Banyak *THEN* Persediaan Banyak
 α predikat4 = $\mu_{PnrmBanyak} \cap \mu_{PrmntBanyak} = \min(\mu_{PnrmBanyak}[x] \cap \mu_{PrmntBanyak}[y])$ (17)

Keterangan :

$\mu_{PnrmBanyak}$ = rata-rata Penerimaan banyak

$\mu_{PrmntBanyak}$ = rata-rata Permintaan banyak

$$z_4 = \alpha_4(z_{max} - z_{min}) + z_{min} \quad (18)$$

Z_4 adalah nilai z untuk aturan *Fuzzy* [R4]

2.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi berada di tahap terakhir dalam proses *fuzzy logic* yang bertujuan mengkonversi hasil dari setiap mesin inferensi yang dinyatakan ke bentuk *fuzzy set* menjadi suatu bilangan real (**Apriliyani et al., 2020**). *Defuzzifikasi* pada komposisi aturan metode *Fuzzy Tsukamoto* menggunakan *Weighted Average* atau rata-rata terbobot yang dinyatakan pada Persamaan (19).

$$z = \frac{a_1 * z_1 + a_2 * z_2 + a_3 * z_3 + a_4 * z_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4} \quad (19)$$

Keterangan :

z = hasil estimasi

α_1 = Nilai min antara $\mu_{PnrmSedikit}$ dan $\mu_{PrmntSedikit}$ (R1).

α_2 = Nilai min antara $\mu_{PnrmSedikit}$ dan $\mu_{PrmntBanyak}$ (R2).

α_3 = Nilai min antara $\mu_{PnrmBanyak}$ dan $\mu_{PrmntSedikit}$ (R3).

α_4 = Nilai min antara $\mu_{PnrmBanyak}$ dan $\mu_{PrmntBanyak}$ (R4).

z_1 = Nilai inferensi Persediaan Berkurang (R1).

z_2 = Nilai inferensi Persediaan Berkurang (R2).

z_3 = Nilai inferensi Persediaan Bertambah (R3).

z_4 = Nilai inferensi Persediaan Bertambah (R4)

2.7 Analisis Uji Validitas

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan suatu pengukuran untuk menghitung akurasi peramalan dari suatu metode peramalan. Hasil MAPE berbentuk persentase yang absolut. Nilai MAPE kurang dari 10% menunjukkan bahwa hasil peramalan sangat bagus sedangkan jika nilai MAPE kurang dari 20% maka dikatakan bagus. MAPE dihitung menggunakan Persamaan (20).

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{X_i - F_i}{X_i} \right|}{n} \times 100\% \quad (20)$$

Keterangan :

F_i = Hasil peramalan ke-i

X_i = Nilai aktual (asli) ke-i

n = Banyaknya (jumlah) data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang diujikan pada data untuk mengestimasi persediaan darah pada tahun 2021, data training yang digunakan mulai dari tahun 2017-2020 dan data testing pada tahun 2020. Dimana, untuk memperoleh jumlah estimasi persediaan Darah pada bulan desember 2021 di dapatkan informasi penerimaan terakhir pada bulan desember 2020 sebanyak 933 kantong, permintaan sebanyak 1.000 kantong dan persediaan sebanyak 732 kantong untuk darah jenis A+. Selanjutnya golongan darah B+ memiliki penerimaan sebanyak 997 kantong dan jumlah permintaan sebanyak 988 kantong dengan persediaan sebanyak 792 kantong. Golongan darah AB+ memiliki penerimaan darah sebanyak 309 kantong dan permintaan sebanyak 252 kantong dengan persediaan darah sebanyak 276 kantong dan untuk darah O+ penerimaan darah sebanyak 1.493 kantong dengan jumlah permintaan sebanyak 1.389 kantong dengan persediaan darah sebanyak 1.319 kantong. Setelah mengetahui informasi penerimaan, persediaan dan permintaan darah, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai variabel *input* dan *output*. Hal ini dilakukan untuk untuk menghitung estimasi persediaan darah pada periode berikutnya. Nilai variabel *input* dan *output* ditentukan dari nilai minimum dan maksimum pada data golongan darah yang disajikan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Terendah dan Tertinggi Golongan Darah

Variabel	Golongan Darah A+		Golongan Darah B+		Golongan Darah AB+		Golongan Darah O+	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Penerimaan	64 kantong	72 kantong	62 kantong	90 kantong	17 kantong	30 kantong	100 kantong	135 kantong

Variabel	Golongan Darah A+		Golongan Darah B+		Golongan Darah AB+		Golongan Darah O+	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Permintaan	90 kantong	92 kantong	72 kantong	90 kantong	20 kantong	29 kantong	106 kantong	141 kantong
Persediaan	52 kantong	78 kantong	50 kantong	78 kantong	18 kantong	29 kantong	100 kantong	130 kantong

Golongan darah O+ menjadi rujukan untuk perhitungan, maka dari Tabel 5 terlihat bahwa nilai tertinggi variabel penerimaan adalah 135 kantong dan nilai terendah sebanyak 100 kantong. Nilai tertinggi pada variabel permintaan sebanyak 141 kantong dan nilai terendah sebanyak 106 kantong. Sedangkan variabel stok nilai tertinggi sebanyak 130 kantong dan nilai terendah sebanyak 100 kantong. Setelah mendefinisikan variabel, langkah selanjutnya adalah menentukan aturan *Fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun aturan *Fuzzy* yang telah ditentukan berada di Tabel 6. Aturan *fuzzy* ini dibentuk berdasarkan mesin inferensi.

Tabel 6. Aturan Fuzzy

Rule	Variabel		
	Penerimaan	Permintaan	Persediaan
R1	Sedikit	Sedikit	Sedikit
R2	Sedikit	Banyak	Sedikit
R3	Banyak	Sedikit	Banyak
R4	Banyak	Banyak	Banyak

Setelah menentukan aturan *Fuzzy*, tahapan selanjutnya adalah melakukan proses *fuzzifikasi* dengan empat himpunan *Fuzzy* yang akan dimodelkan yaitu, penerimaan sedikit, penerimaan banyak, permintaan sedikit, dan permintaan banyak. Dari himpunan *Fuzzy* tersebut digunakan untuk menentukan nilai derajat fungsi keanggotaan dengan menggunakan Persamaan 5 hingga Persamaan 10. Namun sebelumnya nilai-nilai golongan darah dilakukan normalisasi menggunakan Persamaan 3. Nilai derajat keanggotaan golongan darah O+ ditampilkan oleh Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Derajat Fungsi Keanggotaan Darah O+

Tahun	Bulan	Permintaan		Penerimaan	
		Sedikit	Banyak	Sedikit	Banyak
2021	Januari	0,60	0,40	0,43	0,57
	Februari	0,26	0,74	0,00	1,00
	Maret	0,77	0,23	0,66	0,34
	April	0,86	0,14	0,31	0,69
	Mei	0,37	0,63	1,00	0,00
	Juni	0,66	0,34	0,40	0,60
	Juli	0,86	0,14	0,37	0,63
	Agustus	0,60	0,40	0,74	0,26
	September	0,46	0,54	0,43	0,57
	Oktober	0,51	0,49	0,43	0,57
	Nopember	0,17	0,83	0,51	0,49
	Desember	0,49	0,51	0,40	0,60

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh nilai derajat fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* pada setiap variabel *Fuzzy* golongan darah O+ dibulan Januari 2021 hingga bulan Desember 2021. Setelah diperoleh nilai derajat keanggotaan di setiap variabel *Fuzzy*, selanjutnya menentukan

nilai α -predikat berdasarkan aturan *Fuzzy* yang telah ditentukan pada Persamaan 11, 13, 15, dan 17. Tabel 8 adalah nilai α -predikat dari setiap aturan *Fuzzy* golongan darah O+.

Tabel 8. Inferensi Rule Darah O+

Tahun	Bulan	Z_R1	Z_R2	Z_R3	Z_R4
2021	Januari	0,43	0,40	0,57	0,40
	Februari	0,00	0,00	0,26	0,74
	Maret	0,66	0,23	0,34	0,23
	April	0,31	0,14	0,69	0,14
	Mei	0,37	0,63	0,00	0,00
	Juni	0,40	0,34	0,60	0,34
	Juli	0,37	0,14	0,63	0,14
	Agustus	0,60	0,40	0,26	0,26
	September	0,43	0,43	0,46	0,54
	Oktober	0,43	0,43	0,51	0,49
	Nopember	0,17	0,51	0,17	0,49
	Desember	0,40	0,40	0,49	0,51

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh nilai α -predikat golongan darah O+ pada bulan Januari 2021 hingga bulan Desember 2021. Selanjutnya, menentukan nilai Z menggunakan Persamaan (12), (14), (16), dan (18) berdasarkan setiap aturan yang telah ditentukan. Nilai Z untuk golongan darah O+ terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Z golongan Darah O+

Tahun	Bulan	z1	z2	z3	z4
2021	Januari	0,56	0,58	0,56	0,42
	Februari	0,90	0,90	0,31	0,69
	Maret	0,37	0,72	0,37	0,28
	April	0,65	0,79	0,65	0,21
	Mei	0,60	0,40	0,10	0,10
	Juni	0,58	0,63	0,58	0,37
	Juli	0,60	0,79	0,60	0,21
	Agustus	0,42	0,58	0,31	0,31
	September	0,56	0,56	0,47	0,53
	Oktober	0,56	0,56	0,51	0,49
	Nopember	0,76	0,49	0,24	0,49
	Desember	0,58	0,58	0,49	0,51

Berdasarkan Tabel 9 diperoleh nilai Z golongan darah O+ pada bulan Januari 2021 hingga bulan Desember 2021. Setelah diperoleh nilai Z dari setiap golongan darah, selanjutnya menentukan nilai tegas Z atau nilai keseluruhan Z sebagai nilai hasil prediksi permintaan darah dengan menggunakan *Weighted Average* pada Persamaan (19). Perhitungan nilai crisp Z dijabarkan sebagai berikut dengan menggunakan data golongan darah O+ pada bulan Januari 2021 sebagai proses perhitungan.

$$Z = \frac{(0,42*0,55)+(0,40*0,58)+(0,57*0,55)+(0,40*0,42)}{(0,42+0,40+0,57+0,40)} = 0,53$$

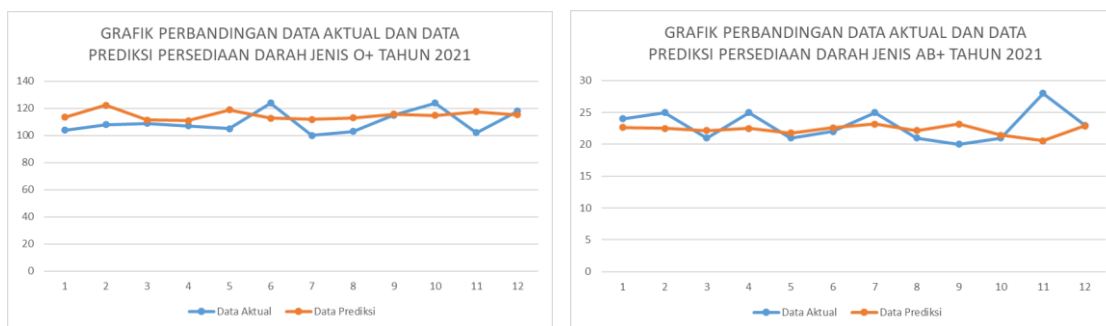
Nilai tegas Z adalah nilai yang menunjukkan nilai hasil prediksi permintaan darah pada bulan Januari hingga bulan Desember 2021 yang seharusnya diterima oleh pihak UTD PMI Kota Bontang. Nilai tegas atau nilai hasil prediksi golongan darah A+, O+, AB+, dan B+ yang telah di denormalisasi menggunakan Persamaan 4 ditunjukkan Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Prediksi Persediaan Golongan Darah

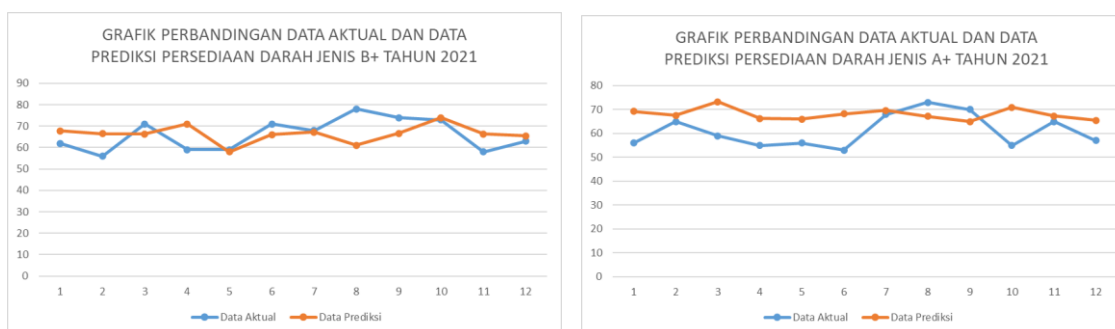
Tahun	Bulan	Darah O+	Darah AB+	Darah B+	Darah A+
2021	Januari	116	23	68	69
	Februari	119	24	63	68
	Maret	112	22	64	57
	April	119	23	57	65
	Mei	114	25	67	64
	Juni	117	25	63	70
	Juli	118	24	67	73
	Agustus	112	22	62	64
	September	116	24	66	67
	Oktober	116	26	73	62
	November	115	25	68	67
	Desember	116	24	67	66

Pada Tabel 10 menampilkan hasil estimasi persediaan darah jenis O+, AB+, B+ dan A+ dalam satu tahun, yaitu tahun 2021. Berdasarkan hasil di atas maka didapatkan jumlah estimasi persediaan darah jenis O+ tertinggi berada pada bulan Februari dan April yaitu 119 kantong darah dan persediaan darah terendah berada pada bulan Maret dan Agustus yaitu 112 kantong darah. Hasil estimasi persediaan darah jenis AB+ tertinggi berada pada bulan oktober, yaitu 26 kantong darah dan persediaan darah terendah berada pada bulan maret dan agustus yaitu 22 kantong darah. Hasil estimasi persediaan darah jenis B+ tertinggi berada pada bulan Oktober yaitu 73 kantong darah dan persediaan darah terendah berada pada bulan April yaitu 57 kantong darah. Hasil estimasi persediaan darah jenis A+ tertinggi berada pada bulan Juni yaitu 70 kantong darah dan persediaan darah terendah berada pada bulan Maret yaitu 57 kantong darah.

Grafik perbandingan data aktual dan data prediksi persediaan darah dari setiap golongan darah dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Golongan Darah O+ dan AB+



Gambar 7. Grafik Golongan Darah B+ dan A+

Dari grafik yang ditampilkan pada Gambar 6 dan 7, perbandingan hasil prediksi dengan data aktual tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh berbeda

3.1 Analisis Uji Validitas

Perhitungan pengujian hasil peramalan dilakukan menggunakan metode MAPE dengan menggunakan data setiap golongan darah pada bulan Januari 2021 hingga bulan Desember 2021. Tabel 11 menampilkan data aktual dan data hasil peramalan golongan darah O+.

Tabel 2 Pengujian MAPE Golongan Darah O+

Tahun	Bulan	(X _i)	(F _i)	X _i -F _i	$\frac{(X_i-F_i)}{X_i}$
2021	Januari	104	116	12,190	0,117
	Februari	108	119	10,539	0,098
	Maret	109	112	2,765	0,025
	April	107	119	12,333	0,115
	Mei	105	114	9,008	0,086
	Juni	124	117	7,220	0,058
	Juli	100	118	18,000	0,180
	Agustus	103	112	9,129	0,089
	September	115	116	1,048	0,009
	Oktober	124	116	8,004	0,065
	Nopember	102	115	12,681	0,124
	Desember	118	116	1,660	0,014
Total					0,9801

Berdasarkan Tabel 11 untuk golongan darah O+ diperoleh nilai MAPE dengan menggunakan Persamaan (19) sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{(0,9801) \times 100\%}{12} = 8,168 = 8,1\%$$

Berdasarkan pengujian validitas antara data aktual jenis darah O+ tahun 2020 dan data estimasi persediaan darah jenis O+ tahun 2021, dan didapatkan informasi bahwa akurasi dilakukan menggunakan 12 data testing, yaitu data aktual persediaan darah jenis O+ (X_t) pada tahun 2020 dan data estimasi persediaan darah jenis O+ (Z_x) pada tahun 2021. Rata-rata selisih keduanya yaitu 8 kantong darah dan persentase akurasi prediksi adalah 8,1%. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan yang dilakukan memiliki hasil yang sangat baik dan tepat sesuai dengan interpretasi nilai MAPE. Berdasarkan pengujian validitas golongan darah pada Tabel 11 diperoleh Nilai MAPE untuk keseluruhan golongan darah pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengujian Validitas Golongan Darah

Golongan Darah	MAPE
O+	8,1%
AB+	9,3%
B+	9,6%
A+	12%
Rata-Rata	9%

Dari Tabel 12 terlihat bahwa nilai MAPE untuk keseluruhan golongan darah memiliki hasil peramalan yang bagus.

4. KESIMPULAN

Hasil estimasi dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* menunjukkan bahwa metode ini mampu membantu memprediksi persediaan darah dengan sangat baik. *Fuzzy Tsukamoto* mampu memprediksi jumlah persediaan darah di UTD PMI Kota Bontang dengan validitas prediksi kategori sangat baik untuk seluruh golongan darah baik jenis O+ dengan nilai MAPE

sebesar 8,1%. Darah AB+ dengan nilai MAPE sebesar 9,3%. Golongan B+ dengan nilai MAPE 9,6% dan 12% untuk golongan darah A+. Dengan demikian keseluruhan hasil akurasi prediksi adalah 9% yang menunjukkan kriteria sangat baik. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto memiliki prediksi yang akurat untuk memprediksi persediaan darah dimasa yang akan datang.

DAFTAR RUJUKAN

- Afif, M., Haryanto, H., Rahayu, Y., & Mulyanto, E. (2017). Prediksi Jumlah Produksi Tas Pada Home Industri Body Star Kudus Menggunakan Fuzzy Tsukamoto. *Sisfotenika*, *7*(2), 119–130.
- Ajeng, N., Sari, B. W., & Prabowo, D. (2020). Prediksi Pemberian Kelayakan Pinjaman Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Information System Journal*, *3*(1), 19–24.
- Apriliyani, R., Kristiana, L., & Barmawi, M. M. (2020). Metode Fuzzy Logic pada Sistem Pemantauan dan Pemberian Pakan Kucing Berbasis Smartphone. *MIND Journal*, *5*(1), 24–38. <https://doi.org/10.26760/mindjournal.v5i1.24-38>
- Ardianto, C., Haryanto, H., & Mulyanto, E. (2018). Prediksi Tingkat Kerawanan Kebakaran di Daerah Kudus Menggunakan Fuzzy Tsukamoto. *Creative Information Technology Journal*, *4*, 186–194. <internal-pdf://167.117.96.251/109-220-1-SM.pdf>
- Astria, C., Okprana, H., Wanto, A., Hartama, D., & Tambunan, H. S. (2020). Implementasi Inferensi Fuzzy Tsukamoto pada Prediksi Penjualan Telur Ayam Eropa pada Bisnis Raffa Telur. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, *4*(1).
- Azmi, T. U., Haryanto, H., & Sutojo, T. (2018). Prediksi Jumlah Produksi Jenang di PT Menara Jenang Kudus Menggunakan Metode Logika Fuzzy Tsukamoto. *Sisfotenika*, *8*(1), 23–34.
- Dandi, M., Fernando, K., & Hidayat, T. (2020). Analisis Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa Universitas Wiralodra Indramayu Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Teknokom*, *3*(2), 14–22.
- Febriani, A., Melyanti, R., & Syahputra, R. W. (2020). Sistem Informasi Donor Darah Berbasis Android Pada Unit Transfusi Darah Palang Merah Indonesia (Utd Pmi) Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Komputer*, *9*(1), 11–19.
- Harahap, M., & Nababan, S. Y. (2020). Implementasi Metode Tsukamoto Pada Analisis Prediksi Hasil Kelapa Sawit. *JURNAL TEKNOLOGI DAN ILMU KOMPUTER PRIMA (JUTIKOMP)*, *3*(1), 414–423.
- Hayadi, B. H. (2015). Sistem Persediaan Kayu Jati Dengan Fuzzy Tsukamoto. *Komputer Teknologi Informasi*, *2*. <internal-pdf://91.127.71.115/39-40-1-PB.pdf>
- Munawaroh. (2018). Analisa Prediksi Jumlah Pembuatan Roti Menggunakan Penerapan

- Metode Fuzzy Inference System Dengan Algoritma Tsukamoto. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 3(2), 184–189. <https://doi.org/10.30591/jpit.v3i2.849>
- Nababan, S. Y., & Harahap, M. (2020). Implementasi Metode Tsukamoto Pada Analisis Prediksi Hasil Kelapa Sawit. In *Jurnal Penelitian Teknik Informatika Universitas* (Vol. 3, Issue April).
- Nazmi fadilah, M., Yusuf, A., & Huda, N. (2020). Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Matematika Murni Dan Terapan*, 14(2), 81–92.
- Nurkasanah, S., Prasetyo, A., & Setyawan, M. B. (2022). Implementasi Logika Fuzzy untuk Prediksi Hasil Panen Padi dengan Metode Tsukamoto. *Jurnal Rekayasa Teknologi Dan Komputasi*, 1(1), 25–36.
- Oktafiansyah, E., & Uperiati, A. (2021). Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Prediksi Pendistribusian Air di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) (Studi Kasus : PDAM Tirta Kepri Tanjungpinang). *Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 10(01), 32–36.
- Purnomo, D. E. H., Sunardiansyah, Y. A., & Fariza, A. N. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Membantu Perencanaan Persediaan Bahan Baku Kayu pada Industri Furnitur. *Jurnal Industry Xplore*, 5(2), 59–68. <https://doi.org/10.36805/teknikindustri.v5i2.1125>
- Puspitasari, N., Tejawati, A., & Prakoso, F. (2019). Estimasi Stok Penerimaan Bahan Bakar Minyak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.30595/jrst.v3i1.3112>
- Reynaldi, R., Syafrizal, W., & Al Hakim, M. F. (2021). Analisis Perbandingan Akurasi Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno Dalam Prediksi Penentuan Harga Mobil Bekas. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 44(2), 73–80.
- Sari, H. U., Kartika, J., & Japa, A. (2019). Penerapan Fuzzy Inference System Pada Permintaan Darah Di Palang Merah Indonesia Pematangsiantar. *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 1, 185–190.
- Sukenda, S. T. (2021). Fuzzy logic implementation using the Tsukamoto method as a decision support system in scholarship acceptance. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(11), 1411–1417.
- Zurzaq, Z., & Mukhlis, M. (2020). Prediksi Awal Ramadhan Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *ARITMATIKA: Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 1(2), 88–95.