

Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Kotawaringin Timur

Ummy Sholihah

Program Studi : Sistem Informasi, Universitas Darwan Ali

Email : ummy.shlhh@gmail.com

ABSTRACT— Researchers engage in predictive activity with various methods of prediction until they find the best approach. Fuzzy logic is an option whose methods can be used in predicting future events using one of the methods possessed by tsukamoto methods. Therefore, the fuzzy logic with tsukamoto's method was chosen to help predict rainfall. With several steps such as data input, fuzzification, inference and defuzzification, until it got an output with fuzzy set in sunny, cloudy and rain. In predicting rainfall, the data to be used consists of variables of temperature, humidity and air pressure as variables of input and rainfall variables as output variables. For the predictive rate of rainfall in December 2019 produced a 48.7mm prediction of rainfall with a linguistic variable being in a cloudy condition.

Keywords — Rainfall, Fuzzy Tsukamoto, Fuzzy Logic, Prediction

ABSTRAK— Para peneliti melakukan kegiatan prediksi dengan berbagai macam metode hingga menemukan pendekatan terbaik. Logika Fuzzy menjadi pilihan yang metodenya dapat digunakan dalam memprediksi peristiwa dimasa depan menggunakan salah satu metode yang dimiliki yaitu metode tsukamoto. Oleh karena itu, penggunaan logika fuzzy metode tsukamoto dipilih dengan tujuan membantu memprediksi curah hujan. Dengan beberapa langkah seperti input data, fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi, sampai mendapat keluaran dengan himpunan fuzzy dalam kondisi cerah, berawan dan hujan. Dalam memprediksi curah hujan, data yang digunakan terdiri dari variabel suhu, kelembaban serta tekanan udara yang termasuk ke dalam variabel masukan dan variabel curah hujan sebagai bagian dari variabel keluaran. Untuk tingkat prediksi curah hujan pada bulan desember 2019 menghasilkan prediksi 48,7mm curah hujan dengan variabel linguistik berada dalam kondisi berawan.

Kata kunci — Curah Hujan, Fuzzy Tsukamoto, Logika Fuzzy, Prediksi

I. PENDAHULUAN

Prediksi didefinisikan sebagai suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi saat ini dan masa lalu yang dimiliki, sehingga kesalahannya (perbedaan antara sesuatu yang terjadi dengan hasil yang diharapkan) dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi [1]. Peramalan atau *forecasting* yaitu memperkirakan kejadian di masa depan menggunakan pengambilan data sebelumnya sebagai acuan dalam memperkirakan kemungkinan yang terjadi. Ada sejumlah penelitian mengenai kegiatan prediksi yang terus berkembang menggunakan beberapa metode untuk menentukan hasil analisis yang paling tepat.

Menurut Siswanti (2011), banyaknya curah hujan dinyatakan dengan satuan milimeter. Di beberapa negara banyaknya curah hujan masih dinyatakan dengan inci. Biasanya pembacaan dilakukan satu kali dalam sehari dan dicatat sebagai curah hujan hari terdahulu atau kemarin. Data curah hujan yang terkumpul nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk prediksi curah hujan pada kemudian hari [2]. Curah hujan ialah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama jangka waktu tertentu yang

diukur menggunakan satuan tinggi milimeter di atas permukaan horizontal. Dalam uraian lain, curah hujan memiliki makna sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul pada tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, serta tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan 1 m² pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 mm atau tertampung air sebanyak satu liter dalam jangka waktu tertentu [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penerapan logika fuzzy untuk peramalan curah hujan menggunakan metode tsukamoto. Data yang digunakan dalam perhitungan yang akan dilakukan nantinya dilihat berdasarkan tingkat suhu, kelembapan dan tekanan udara yang terjadi pada waktu sebelumnya yaitu pada tahun 2019.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Atas dasar keinginan untuk mencapai tujuan, maka metodologi yang dinilai mendukung meliputi studi literatur, pengumpulan data-data terkait dan pengolahan data.

2.1 Studi Literatur

Sebelum membuat penelitian, dilakukan pencarian dan pengumpulan jurnal-jurnal terdahulu serta mempelajarinya sebagai bahan rujukan dan literatur yang mendukung.

2.2 Pengumpulan Data

Tahapan ini dapat dilakukan dengan mencari tahu data apa saja yang dibutuhkan untuk menunjang perhitungan pada penelitian ini. Kemudian lakukan pengumpulan data-data tersebut melalui website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kotawaringin Timur. Data yang dibutuhkan meliputi data tingkat suhu [4], kelembapan [5], dan tekanan udara [6] serta curah hujan [7]. Berikut data-data yang didapatkan:

Bulan	Suhu Udara (oC)								
	Maks			Min			Rata-rata		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
January	32.60	32.60	32.10	22.30	22.90	23.10	26.70	26.70	26.60
Februari	32.20	33.10	32.60	23.00	23.10	23.10	26.60	26.90	26.70
Maret	32.50	33.10	33.10	23.00	23.10	22.70	26.50	26.50	26.80
April	32.60	33.00	33.20	23.40	23.20	24.20	26.70	27.00	27.40
Mei	33.00	32.90	33.30	23.30	23.80	23.80	27.20	27.10	27.50
Juni	32.80	32.90	32.30	23.20	21.00	23.50	26.80	20.10	26.90
Juli	32.20	32.20	32.40	22.50	22.70	22.30	26.40	26.70	26.80
Agustus	31.80	32.60	32.60	23.20	21.90	21.80	26.60	26.60	26.60
September	33.30	33.20	33.40	23.30	21.90	22.20	27.30	26.80	27.10
Oktober	33.50	33.30	33.40	23.20	23.10	22.90	27.10	26.90	27.20
November	33.10	32.80	33.20	23.50	23.60	22.70	26.70	26.80	27.00
Desember	33.00	32.70	33.00	23.30	23.20	23.00	26.60	26.30	26.80

Kotawaringin -
Rata-Rata Suhu Dan Kelembapan Udara Menurut Bulan Di Kabupaten Kotawaringin Timur
Rata-Rata Suhu Dan Kelembapan Udara Menurut Bulan Di Kabupaten Kotawaringin Timur
Source Url: <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/756/1/suhu-udara.html>

Gambar 1. Data suhu udara

Bulan	Kelembapan Udara (Persen)								
	Maks			Min			Rata-rata		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
January	98.00	98.00	99.00	56.00	59.00	65.00	84.00	84.00	88.00
Februari	98.00	98.00	99.00	56.00	58.00	62.00	83.00	84.00	87.00
Maret	98.00	98.00	99.00	60.00	59.00	59.00	86.00	86.00	85.00
April	98.00	98.00	98.00	62.00	60.00	61.00	87.00	85.00	86.00
Mei	98.00	98.00	98.00	62.00	62.00	62.00	86.00	86.00	85.00
Juni	98.00	98.00	98.00	61.00	58.00	64.00	86.00	84.00	86.00
Juli	98.00	98.00	96.00	61.00	59.00	58.00	85.00	83.00	81.00
Agustus	97.00	98.00	96.00	61.00	55.00	56.00	84.00	81.00	80.00
September	97.00	99.00	96.00	56.00	53.00	52.00	82.00	81.00	79.00
Oktober	98.00	99.00	97.00	58.00	58.00	58.00	85.00	84.00	83.00
November	99.00	99.00	98.00	62.00	62.00	61.00	87.00	87.00	85.00
Desember	98.00	100.00	98.00	60.00	61.00	63.00	86.00	88.00	86.00

Kotawaringin -
Rata-Rata Kelembapan Udara Menurut Bulan Di Kabupaten Kotawaringin Timur
Rata-Rata Kelembapan Udara Menurut Bulan Di Kabupaten Kotawaringin Timur
Source Url: <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/756/1/kelembapan-udara.html>

Gambar 2. Data kelembapan udara

Bulan	Tekanan Udara (Milibar / hPa)								
	Maks		Min		Rata-Rata		Standar Deviasi		
	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	
January	1013.90	1012.30	1003.10	1007.70	1009.10	1010.30	1.97	1.71	
Februari	1014.60	1013.70	1004.20	1008.70	1009.80	1011.50	2.08	2.10	
Maret	1014.20	1012.80	1004.40	1007.80	1009.80	1010.60	1.95	1.85	
April	1014.30	1011.80	1005.40	1006.70	1009.90	1009.60	1.70	1.94	
Mei	1013.70	1012.10	1005.00	1007.40	1009.40	1010.00	1.64	1.70	
Juni	1013.50	1011.90	1006.10	1007.70	1010.20	1010.10	1.46	1.53	
Juli	1016.50	1012.80	1006.30	1008.40	1010.50	1010.80	1.45	1.71	
Agustus	1014.10	1013.10	1005.80	1008.60	1010.00	1011.00	1.57	1.51	
September	1015.70	1013.70	1005.40	1008.90	1010.00	1011.40	1.71	1.52	
Oktober	1013.70	1012.20	1003.50	1007.00	1009.20	1009.70	2.02	1.78	
November	1014.60	1012.00	1003.10	1006.90	1007.70	1008.60	1.62	1.68	
Desember	1013.20	1012.00	1003.80	1006.90	1008.90	1009.00	1.87	1.63	

Kotawaringin -
Tekanan Udara
Source Url: <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/756/1/tekanan-udara.html>

Gambar 3. Data tekanan udara

Bulan	Jumlah Curah Hujan (MM)			
	Jumlah	Rata-Rata	Tertinggi	Hari Hujan
	2019	2019	2019	2019
January	264.3	258.5	56.4	22.0
Februari	461.9	300.1	82.5	19.0
Maret	334.7	332.7	108.5	22.0
April	236.5	365.1	35.6	23.0
Mei	237.7	262.7	153.2	18.0
Juni	221.3	187.2	58.3	12.0
Juli	26.8	144.0	11.5	10.0
Agustus	39.8	90.9	39.8	5.0
September	26.6	145.3	26.3	3.0
Oktober	262.4	205.4	108.4	17.0
November	159.6	302.4	86.1	15.0
Desember	211.8	343.8	57.4	21.0

Kotawaringin -
Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Menurut Bulan di Kab
Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Menurut Bulan di Kab
Source Url: <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/756/>

Gambar 4. Data curah hujan

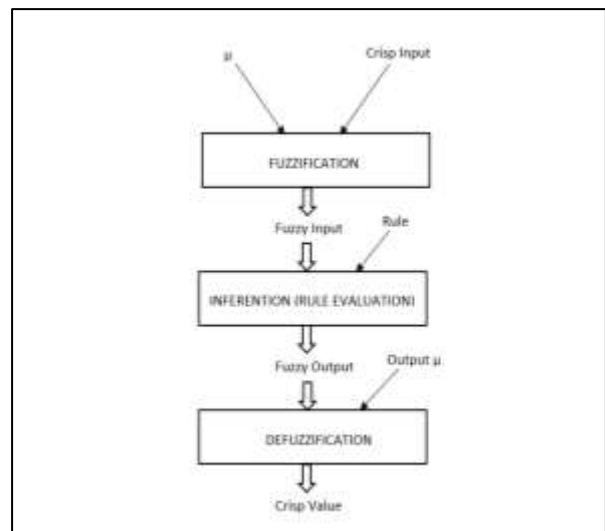
Hanya saja data yang akan digunakan dalam perhitungan prediksi curah hujan tidak mengambil semua data yang ada tetapi hanya data yang terjadi pada tahun 2019. Berikut ini adalah data yang telah diolah secara manual untuk mempermudah perhitungan.

Bulan (2019)	Suhu		Tekanan		Kelembapan		Curah Hujan
	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	
January	32.60	22.30	1012.30	1007.70	99.00	60.00	56.4
Februari	32.60	23.10	1013.70	1008.70	99.00	62.00	82.5
Maret	33.10	22.70	1012.80	1007.80	99.00	59.00	108.5
April	33.20	24.20	1011.80	1006.70	98.00	63.00	35.6
Mei	33.30	23.80	1012.10	1007.40	98.00	62.00	153.2
Juni	32.30	23.50	1011.90	1007.70	98.00	64.00	58.3
Juli	32.40	22.30	1012.80	1008.40	96.00	58.00	11.5
Agustus	32.60	21.90	1013.10	1008.60	96.00	56.00	39.8
September	33.40	22.20	1013.70	1008.90	96.00	52.00	26.3
Oktober	33.40	22.90	1012.20	1007.00	97.00	58.00	108.4
November	33.20	23.10	1012.00	1006.90	98.00	61.00	86.1
Desember	33.00	23.00	1012.00	1006.90	98.00	63.00	57.4

Gambar 5. Data suhu, tekanan, kelembapan udara dan curah hujan yang terjadi pada tahun 2019

2.3 Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan diolah melalui perhitungan dengan metode *Fuzzy Tsukamoto* dengan urutan langkah-langkah seperti *fuzzifikasi*, inferensi atau pembentukan aturan dan *defuzzifikasi*.



Gambar 5. Cara kerja fuzzy logic

Berikut uraian singkat mengenai cara kerja *fuzzy logic*:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan salah satu tahap pemetaan nilai masukan ke dalam bentuk himpunan fuzzy. Data masukan berupa bilangan tegas (*crisp*) yang akan diubah menjadi himpunan *fuzzy* berdasarkan range untuk setiap variabel masukannya. Pada proses fuzzifikasi ini terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu nilai masukan dan keluaran serta fungsi keanggotaan (*membership function*) yang akan digunakan untuk menentukan nilai fuzzy dari data nilai *crisp* masukan dan keluaran. Pada proses fuzzifikasi ini digunakan bentuk fungsi keanggotaan dengan menggunakan kurva bahu sebagai variabel masukan [8].

2. Inferensi

Pada metode *Tsukamoto*, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton [9]. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan dengan tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*) [10]. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot. [11] Misalkan ada dua variabel input, yaitu x dan y ; serta satu variabel output z . Variabel x terbagi atas dua himpunan yaitu A_1 dan A_2 , sedangkan variabel y terbagi atas himpunan B_1 dan B_2 . Variabel z juga terbagi atas dua himpunan yaitu C_1 dan C_2 . [12]. Singkatnya inferensi yaitu tahap pembentukan aturan fuzzy. Dan hasil dari fuzzifikasi atau perhitungan derajat keanggotaan akan diimplementasikan ke dalam aturan-aturan tersebut.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses memetakan besaran dari himpunan fuzzy ke dalam bentuk nilai tegas (*crisp value*). Pada metode *Tsukamoto*, untuk menentukan *output crisp* digunakan defuzzifikasi rata-rata terpusat (*center average defuzzifier*) [12].

III. DESAIN, HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fuzzifikasi

Pada tahap pertama, yaitu fuzzifikasi digunakan variabel suhu, kelembapan, tekanan udara yang termasuk ke dalam variabel *input* dan variabel curah hujan sebagai variabel *output* untuk membentuk himpunan fuzzy. Semesta pembicaraan disini diperoleh berdasarkan data terendah dan tertinggi yang berasal dari variabel input dan output. Berikut rincian *input* dan *output* dari setiap variabel dan semesta pembicaraan:

TABEL I
SEMESTA PEMBICARAAN PADA SETIAP VARIABEL FUZZY

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
Input	Suhu Udara	21,80 – 33,40
	Kelembapan Udara	1006,70 – 1013,70
	Tekanan Udara	52,00 – 99,00
Output	Curah Hujan	11,5 – 153,2

Domain pada himpunan *fuzzy* diperoleh dengan menghitung kuartil. Tahapan yang pertama kali harus dilakukan dalam penentuan nilai-nilai kuartil adalah mengurutkan semua data yang ada menjadi terurut dari yang terkecil hingga terbesar, kemudian membagi data tersebut dengan total keseluruhan data. Kuartil mencakup tiga kategori dengan pembagian setiap kuartilnya yaitu kuartil pertama atau kuartil bawah disimbolkan dengan Q_1 , kuartil kedua atau kuartil tengah atau median (Q_2), dan terakhir kuartil ketiga atau kuartil atas (Q_3). Data yang akan dihitung pada langkah ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Setelah data diurutkan, lakukan perhitungan untuk setiap kuartil pada variabel suhu, kelembapan, tekanan udara dan curah hujan untuk mendapatkan domain yang terdapat di dalam semesta pembicaraan.

Mencari kuartil (Q_1 , Q_2 dan Q_3) untuk variabel suhu udara:

- $$Q_1 = \frac{x(\frac{24}{4}) + x(\frac{24}{4}+1)}{2} = \frac{x_6 + x_7}{2}$$

$$Q_1 = \frac{Q_6 + Q_7}{2} = \frac{22,90 + 23,00}{2} = 22,95$$
- $$Q_2 = \frac{x(\frac{24}{2}) + x(\frac{24}{2}+1)}{2} = \frac{x_{12} + x_{13}}{2}$$

$$Q_2 = \frac{Q_{12} + Q_{13}}{2} = \frac{24,20 + 32,10}{2} = 28,15$$
- $$Q_3 = \frac{x(\frac{3 \times 24}{4}) + x(\frac{3 \times 24}{4}+1)}{2} = \frac{x_{18} + x_{19}}{2}$$

$$Q_3 = \frac{Q_{18} + Q_{19}}{2} = \frac{33,00 + 33,10}{2} = 33,05$$

Hal ini dapat dilakukan pada variabel yang tersisa dengan langkah yang sama, maka akan diperoleh masing-masing nilai untuk Q_1 , Q_2 dan Q_3 . Untuk variabel kelembapan udara didapatkan nilai $Q_1 = 61,50$, $Q_2 = 80,50$, $Q_3 = 98,00$. Kemudian untuk variabel tekanan udara didapatkan nilai $Q_1 = 1007,70$, $Q_2 = 1010,35$, $Q_3 = 1012,25$. Untuk variabel curah hujan. Dikarenakan data yang tersedia untuk variabel curah hujan jumlahnya berbeda dengan yang ada pada variabel lainnya, maka dilakukan perhitungan tersendiri sesuai dengan jumlah data yang dimiliki pada variabel curah hujan yaitu sebanyak 12 data. Kuartil untuk variabel curah hujan yaitu sebagai berikut:

- $$Q_1 = \frac{x(\frac{12}{4}) + x(\frac{12}{4}+1)}{2} = \frac{x_3 + x_4}{2}$$

$$Q_1 = \frac{Q_3 + Q_4}{2} = \frac{35,6 + 39,8}{2} = 37,7$$
- $$Q_2 = \frac{x(\frac{12}{2}) + x(\frac{12}{2}+1)}{2} = \frac{x_6 + x_7}{2}$$

$$Q_2 = \frac{Q_{12} + Q_{13}}{2} = \frac{57,4 + 58,3}{2} = 57,85$$
- $$Q_3 = \frac{x(\frac{3 \times 12}{4}) + x(\frac{3 \times 12}{4}+1)}{2} = \frac{x_9 + x_{10}}{2}$$

$$Q_3 = \frac{Q_9 + Q_{10}}{2} = \frac{86,1 + 108,4}{2} = 97,25$$

Berikut data yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan untuk mencari domain pada setiap himpunan *fuzzy*:

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Suhu	Dingin	21,80 - 33,40	21,80, 28,15
		Sedang		21,80, 33,05
		Panas		28,15, 33,40
	Tekanan	Rendah	1006,70 - 1013,70	1006,70, 1010,35
		Sedang		1007,70, 1012,25
		Tinggi		1010,35, 1013,70
	Kelembapan	Lembab	52,00 - 99,00	52,00, 80,50
		Sedang		61,50, 98,00
		Tidak Lembab		80,50, 99,00
Output	Curah Hujan	Rendah (Cerah)	11,5 - 153,2	11,5, 57,85
		Sedang (Berawan)		48,1, 97,25
		Tinggi (Hujan)		57,85, 153,2

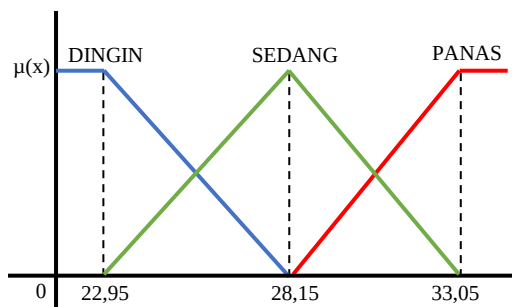
Gambar 6. Himpunan fuzzy

3.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Hasil perhitungan kuartil dari setiap variabel akan digunakan pada tahap ini sebagai masukan nilai pada masing-masing himpunan fuzzy.

3.2.1 Variabel masukan fuzzy suhu udara

Variabel suhu udara didefinisikan ke dalam tiga himpunan yaitu dingin, sedang dan panas.



Fungsi keanggotaan domain dingin [22,95-33,05] °C:

$$\mu_{\text{DINGIN}}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 22,95 \text{ atau } x = 28,15 \\ \frac{28,15 - x}{28,15 - 22,95}; & 22,95 < x < 28,15 \\ 0; & x \geq 28,15 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain sedang [22,95-33,05] °C:

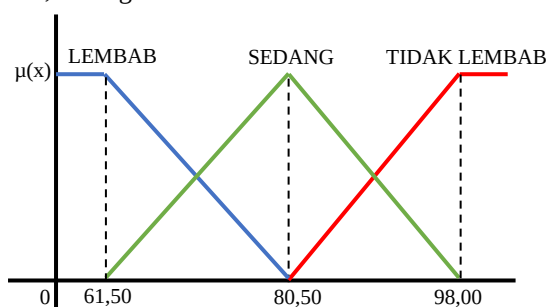
$$\mu_{\text{SEDANG}}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 33,05 \text{ atau } x \leq 22,95 \\ \frac{x - 22,95}{28,15 - 22,95}; & 22,95 < x < 28,15 \\ \frac{33,05 - x}{33,05 - 28,15}; & 28,15 < x < 33,05 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain panas [22,95-33,05] °C:

$$\mu_{\text{PANAS}}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 33,05 \\ \frac{x - 28,15}{33,05 - 28,15}; & 28,15 < x < 33,05 \\ 0; & x \leq 28,15 \end{cases}$$

3.2.2 Variabel masukan fuzzy kelembapan udara

Variabel kelembapan udara didefinisikan ke dalam tiga himpunan fuzzy dengan tingkat kelembapan yaitu lembab, sedang dan tidak lembab.



Fungsi keanggotaan domain lembab [61,50- 98,00] persen (%):

$$\mu_{\text{LEMBAB}}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 61,50 \text{ atau } x = 80,50 \\ \frac{80,50 - x}{80,50 - 61,50}; & 61,50 < x < 80,50 \\ 0; & x \geq 80,50 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain sedang [61,50-98,00] persen (%):

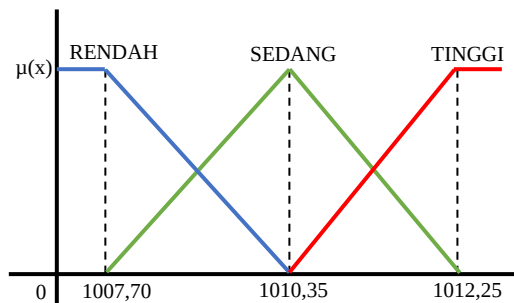
$$\mu_{\text{SEDANG}}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 80,50 \text{ atau } x \leq 61,50 \\ \frac{x - 61,50}{80,50 - 61,50}; & 61,50 < x < 80,50 \\ \frac{98,00 - x}{98,00 - 80,50}; & 80,50 < x < 98,00 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain tidak lembab [61,50-98,00] persen (%):

$$\mu_{\text{TIDAKLEMBAB}}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 33,05 \\ \frac{x - 28,15}{33,05 - 28,15}; & 28,15 < x < 33,05 \\ 0; & x \leq 28,15 \end{cases}$$

3.2.3 Variabel masukan fuzzy tekanan udara

Himpunan fuzzy untuk variabel tekanan udara terdiri dari rendah, sedang dan tinggi.



Fungsi keanggotaan domain rendah [1007,70-1012,25] milibar/hPa (mbar):

$$\mu_{\text{DINGIN}}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 1007,70 \text{ atau } x = 1010,35 \\ \frac{1010,35 - x}{1010,35 - 1007,70}; & 1007,70 < x < 1010,35 \\ 0; & x \geq 1010,35 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain sedang [1007,70-1012,25] milibar/hPa (mbar):

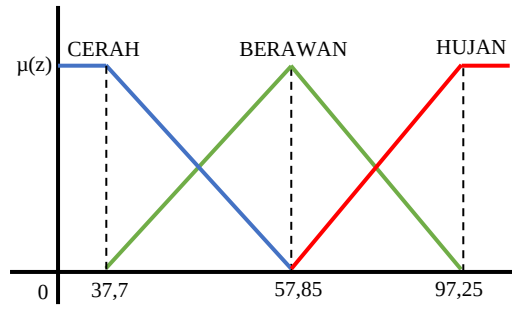
$$\mu_{\text{SEDANG}}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 1012,25 \text{ atau } x \leq 1007,70 \\ \frac{x - 1007,70}{1010,35 - 1007,70}; & 1007,70 < x < 1010,35 \\ \frac{1012,25 - x}{1012,25 - 1010,35}; & 1010,35 < x < 1012,25 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain tinggi [1007,70-1012,25] milibar/hPa (mbar):

$$\mu_{\text{TINGGI}}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 1012,25 \\ \frac{x - 1010,35}{1012,25 - 1010,35}; & 1010,35 < x < 1012,25 \\ 0; & x \leq 1010,35 \end{cases}$$

3.2.4 Variabel masukan fuzzy curah hujan

Sama seperti variabel lain, variabel curah hujan memiliki tiga himpunan fuzzy dengan kondisi cerah, berawan dan hujan.



Fungsi keanggotaan domain cerah [37,7-97,25] mm:

$$\mu_{\text{CERAH}}(z) = \begin{cases} 1; & z \leq 37,7 \\ \frac{57,85 - z}{57,85 - 37,7}; & 37,7 < z < 57,85 \\ 0; & z \geq 57,85 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain berawan [37,7-97,25] mm:

$$\mu_{\text{BERAWAN}}(z) = \begin{cases} 0; & z \leq 37,7 \text{ atau } x \leq 97,25 \\ \frac{z - 37,7}{57,85 - 37,7}; & 37,7 < z < 57,85 \\ \frac{97,25 - z}{97,25 - 57,85}; & 57,85 < z < 97,25 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan domain hujan [37,7-97,25] mm:

$$\mu_{\text{HUJAN}}(z) = \begin{cases} 1; & z \geq 97,25 \\ \frac{z - 57,85}{97,25 - 57,85}; & 57,85 < z < 97,25 \\ 0; & z \leq 57,85 \end{cases}$$

3.3 Menghitung derajat keanggotaan

Derajat keanggotaan akan dihitung menggunakan rumus untuk setiap fungsi keanggotaan seperti yang telah dibuat sebelumnya dan didasarkan pada nilai rata-rata suhu, kelembapan serta tekanan udara pada desember 2019. Rincian data tersebut dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 pada kolom rata-rata.

3.3.1 Derajat keanggotaan suhu udara

Data yang digunakan untuk mencari derajat keanggotaan suhu udara yaitu 26,80 °C.

$$\mu_{\text{DINGIN}}(26,80) = \frac{28,15 - 26,80}{28,15 - 22,95} = 0,26$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}(26,80) = \frac{26,80 - 22,95}{28,15 - 22,95} = 0,74$$

$$\mu_{\text{PANAS}}(26,80) = 0$$

3.3.2 Derajat keanggotaan kelembapan udara

Data yang digunakan untuk mencari derajat keanggotaan kelembapan udara yaitu 86,00%.

$$\mu_{\text{LEMBAB}}(86,00) = 0$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}(86,00) = \frac{98,00 - 86,00}{98,00 - 80,50} = 0,68$$

$$\mu_{\text{TIDAKLEMBAB}}(86,00) = \frac{86,00 - 80,50}{98,00 - 80,50} = 0,31$$

3.3.3 Derajat keanggotaan tekanan udara

Data yang digunakan untuk mencari derajat keanggotaan kelembapan udara yaitu 1009,00mbar.

$$\mu_{\text{RENDAH}}(1009,00) = \frac{1010,35 - 1009,00}{1010,35 - 1007,00} = 0,51$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}(1009,00) = \frac{1009,00 - 1007,70}{1010,35 - 1007,70} = 0,49$$

$$\mu_{\text{TINGGI}}(1009,00) = 0$$

3.4 Inferensi atau pembentukan aturan fuzzy

Setelah didapatkan hasil masukan dari fungsi keanggotaan pada masing-masing himpunan, maka yang harus dilakukan berikutnya yaitu pembentukan beberapa aturan fuzzy. Predikat dapat ditentukan dengan cara mencari nilai terkecil (*min*). Berikut aturan-aturan yang akan digunakan pada penelitian kali ini:

TABEL II
ATURAN FUZZY

Aturan (Rn)	Suhu Udara	Kelembapan Udara	Tekanan Udara	Curah Hujan
R1	Dingin	Lembab	Rendah	Cerah
R2	Dingin	Lembab	Sedang	Cerah
R3	Dingin	Lembab	Tinggi	Cerah
R4	Sedang	Lembab	Rendah	Berawan
R5	Sedang	Lembab	Sedang	Berawan
R6	Sedang	Lembab	Tinggi	Berawan
R7	Panas	Lembab	Rendah	Berawan
R8	Panas	Lembab	Sedang	Berawan
R9	Panas	Lembab	Tinggi	Hujan
R10	Dingin	Sedang	Rendah	Cerah
R11	Dingin	Sedang	Sedang	Cerah
R12	Dingin	Sedang	Tinggi	Cerah
R13	Sedang	Sedang	Rendah	Cerah
R14	Sedang	Sedang	Sedang	Berawan
R15	Sedang	Sedang	Tinggi	Berawan
R16	Panas	Sedang	Rendah	Berawan
R17	Panas	Sedang	Sedang	Berawan
R18	Panas	Sedang	Tinggi	Hujan
R19	Dingin	Tidak Lembab	Rendah	Cerah
R20	Dingin	Tidak Lembab	Sedang	Cerah
R21	Dingin	Tidak Lembab	Tinggi	Cerah
R22	Sedang	Tidak Lembab	Rendah	Berawan
R23	Sedang	Tidak Lembab	Sedang	Berawan
R24	Sedang	Tidak Lembab	Tinggi	Cerah
R25	Panas	Tidak Lembab	Rendah	Cerah
R26	Panas	Tidak Lembab	Sedang	Hujan
R27	Panas	Tidak Lembab	Tinggi	Hujan

[R1] IF suhu dingin AND kelembapan lembab AND tekanan rendah THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(0,26;0;0,51) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Nilai z1 = 97,25

[R2] IF suhu dingin AND kelembapan lembab AND tekanan sedang THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat2} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min(0,26;0;0,49) \end{aligned}$$

$$= 0$$

$$\text{Nilai } z2 = 97,25$$

[R3] IF suhu dingin AND kelembapan lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat3} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}} \\ &= \min(0,26;0;0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z3 = 97,25$$

[R4] IF suhu sedang AND kelembapan lembab AND tekanan rendah THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat4} &= \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(0,74;0;0,51) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z4 = 97,25$$

[R5] IF suhu sedang AND kelembapan lembab AND tekanan sedang THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat5} &= \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min(0,74;0;0,49) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z5 = 97,25$$

[R6] IF suhu sedang AND kelembapan lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat6} &= \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}} \\ &= \min(0,74;0;0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z6 = 97,25$$

[R7] IF suhu panas AND kelembapan lembab AND tekanan rendah THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat7} &= \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(0;0;0,51) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z7 = 97,25$$

[R8] IF suhu panas AND kelembapan lembab AND tekanan sedang THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat8} &= \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min(0;0;0,49) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z8 = 97,25$$

[R9] IF suhu panas AND kelembapan lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca hujan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat9} &= \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{LEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}} \\ &= \min(0;0;0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z9 = 97,25$$

[R10] IF suhu dingin AND kelembapan sedang AND tekanan rendah THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat10} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(0,26;0,68;0,51) \\ &= 0,26\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z10$$

$$\begin{aligned}\mu(z) &= \frac{57,85 - z10}{57,85 - 37,7} \\ 0,26 &= \frac{57,85 - z10}{20,15} \\ z10 &= 52,62\end{aligned}$$

[R11] IF suhu dingin AND kelembapan sedang AND tekanan sedang THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat11} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min(0,26;0,68;0,49) \\ &= 0,26\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z11$$

$$\begin{aligned}\mu(z) &= \frac{57,85 - z11}{57,85 - 37,7} \\ 0,26 &= \frac{57,85 - z11}{20,15} \\ z11 &= 52,62\end{aligned}$$

[R12] IF suhu dingin AND kelembapan sedang AND tekanan tinggi THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat12} &= \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{TINGGI}} \\ &= \min(0,26;0,68;0) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z12 = 97,25$$

[R13] IF suhu sedang AND kelembapan sedang AND tekanan rendah THEN cuaca cerah

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat13} &= \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{RENDAH}} \\ &= \min(0,74;0,68;0,51) \\ &= 0,51\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z13$$

$$\begin{aligned}\mu(z) &= \frac{57,85 - z13}{57,85 - 37,7} \\ 0,51 &= \frac{57,85 - z13}{20,15} \\ z13 &= 47,58\end{aligned}$$

[R14] IF suhu sedang AND kelembapan sedang AND tekanan sedang THEN cuaca berawan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat14} &= \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min(0,74;0,68;0,49) \\ &= 0,49\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z14$$

$$\mu(z) = \frac{z14 - 37,7}{57,85 - 37,7}$$

$$0,49 = \frac{z14 - 37,7}{20,15}$$

$$z14 = 47,57$$

[R15] IF suhu sedang AND kelembapan sedang AND tekanan tinggi THEN cuaca berawan

$$\alpha\text{-predikat15} = \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$$

$$= \min (0,74;0,68;0)$$

$$= 0$$

Nilai z15 = 97,25

[R16] IF suhu panas AND kelembapan sedang AND tekanan rendah THEN cuaca berawan

$$\alpha\text{-predikat16} = \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{RENDAH}}$$

$$= \min (0;0,74;0,51)$$

$$= 0$$

Nilai z16 = 97,25

[R17] IF suhu panas AND kelembapan sedang AND tekanan sedang THEN cuaca berawan

$$\alpha\text{-predikat17} = \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{SEDANG}}$$

$$= \min (0;0,74;0,49)$$

$$= 0$$

Nilai z17 = 97,25

[R18] IF suhu panas AND kelembapan sedang AND tekanan tinggi THEN cuaca hujan

$$\alpha\text{-predikat18} = \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$$

$$= \min (0;0,74;0)$$

$$= 0$$

Nilai z18 = 97,25

[R19] IF suhu dingin AND kelembapan tidak lembab AND tekanan rendah THEN cuaca cerah

$$\alpha\text{-predikat19} = \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{RENDAH}}$$

$$= \min (0,26;0,31;0,51)$$

$$= 0,26$$

Nilai z19

$$\mu(z) = \frac{57,85 - z19}{57,85 - 37,7}$$

$$0,26 = \frac{57,85 - z19}{20,15}$$

$$z19 = 52,62$$

[R20] IF suhu dingin AND kelembapan tidak lembab AND tekanan sedang THEN cuaca cerah

$$\alpha\text{-predikat20} = \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}}$$

$$= \min (0,26;0,31;0,49)$$

$$= 0,26$$

Nilai z20

$$\mu(z) = \frac{57,85 - z20}{57,85 - 37,7}$$

$$0,26 = \frac{57,85 - z20}{20,15}$$

$$z20 = 52,62$$

[R21] IF suhu dingin AND kelembapan tidak lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca cerah

$$\alpha\text{-predikat21} = \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$$

$$= \min (0,26;0,31;0)$$

$$= 0$$

Nilai z21 = 97,25

[R22] IF suhu sedang AND kelembapan tidak lembab AND tekanan rendah THEN cuaca berawan

$$\alpha\text{-predikat22} = \mu_{\text{DINGIN}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$$

$$= \min (0,74;0,31;0,51)$$

$$= 0,31$$

Nilai z22

$$\mu(z) = \frac{z22 - 37,7}{57,85 - 37,7}$$

$$0,31 = \frac{57,85 - z22}{20,15}$$

$$z22 = 43,94$$

[R23] IF suhu sedang AND kelembapan tidak lembab AND tekanan sedang THEN cuaca berawan

$$\alpha\text{-predikat23} = \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}}$$

$$= \min (0,74;0,31;0,49)$$

$$= 0,31$$

Nilai z23

$$\mu(z) = \frac{z23 - 37,7}{57,85 - 37,7}$$

$$0,31 = \frac{57,85 - z23}{20,15}$$

$$z23 = 43,94$$

[R24] IF suhu sedang AND kelembapan tidak lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca cerah

$$\alpha\text{-predikat24} = \mu_{\text{SEDANG}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}}$$

$$= \min (0,74;0,31;0)$$

$$= 0$$

Nilai z24 = 97,25

[R25] IF suhu panas AND kelembapan tidak lembab AND tekanan rendah THEN cuaca cerah

$$\alpha\text{-predikat25} = \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{RENDAH}}$$

$$= \min (0;0,31;0,51)$$

$$= 0$$

Nilai z25 = 97,25

[R26] IF suhu panas AND kelembapan tidak lembab AND tekanan sedang THEN cuaca hujan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat26} &= \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{SEDANG}} \\ &= \min (0;0,31;0,49) \\ &= 0\end{aligned}$$

Nilai z26 = 97,25

[R27] IF suhu panas AND kelembapan tidak lembab AND tekanan tinggi THEN cuaca hujan

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat27} &= \mu_{\text{PANAS}} \cap \mu_{\text{TIDAKLEMBAB}} \cap \mu_{\text{TINGGI}} \\ &= \min (0;0,31;0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Nilai z27 = 97,25

3.5 Defuzzifikasi

Dari semua aturan fuzzy yang telah dihitung dan diperoleh hasil dari R1 hingga R27 serta hasil dari nilai z pada masing-masing aturan, langkah selanjutnya yang harus dilakukan yaitu defuzzifikasi. Untuk menentukan output atas metode tsukamoto, perhitungan tahap ini dilakukan dengan metode *average* atau metode rata-rata.

$$\begin{aligned}Z &= \frac{\sum_i^n \alpha \text{ predikat } i * z_i}{\sum_i^n \alpha \text{ predikat } i} \\ &= \frac{(0,26 \times 52,62) + ((0,26 \times 52,62) + (0,51 \times 47,58) + (0,49 \times 47,57) + (0,26 \times 52,62) + (0,26 \times 52,62) + (0,31 \times 43,94) + (0,31 \times 43,94))}{0,26 + 0,26 + 0,51 + 0,49 + 0,26 + 0,26 + 0,31 + 0,31} \\ &= \frac{13,68 + 13,68 + 24,26 + 23,30 + 13,68 + 13,68 + 13,62 + 13,62}{2,66} \\ &= \frac{129,52}{2,66} \\ Z &= 48,7\end{aligned}$$

3.6 Analisis MSE

MSE (*Mean Square Error*) atau kesalahan kuadrat rerata merupakan cara kedua selain deviasi mutlak rerata (*Mean Absolute Deviation*) yang digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan keseluruhan. MSE merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati. Kekurangan penggunaan MSE cenderung menonjolkan deviasi yang besar karena adanya pengkuadratan [13]. MSE merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan berpangkat [13]. Untuk mendapatkan nilai MSE dilakukan perhitungan menggunakan rumus [14]:

$$MSE = \sum (\text{Aktual} - \text{Forecast})^2 / n - 1$$

Dari rumus tersebut, dapat diartikan bahwa $\sum (\text{Aktual} - \text{Forecast})^2$ merupakan hasil pengurangan antara nilai aktual dan *forecast* yang telah dikuadratkan, kemudian dilakukan penjumlahan terhadap hasil-hasil tersebut. Dan n merupakan jumlah periode yang digunakan untuk perhitungan [15]. Untuk lebih jelas, hasil perhitungan MSE telah dimuat pada Tabel III:

TABEL III
HASIL PERHITUNGAN FUZZY TSUKAMOTO DAN MSE PADA BULAN
DESEMBER 2019

Curah Hujan	Variabel Linguistik	Fuzzy Tsukamoto	Variabel Linguistik	MSE
57,4	Cerah	48,7	Berawan	3,15375

Berdasarkan keterangan data pada tabel di atas, didapatkan hasil dengan perhitungan metode tsukamoto sebesar 48,7mm dan ini mempunyai perbedaan nilai jika dibandingkan dengan data aktual yaitu sebesar 57,4mm. Begitu juga dengan data pada variabel linguistik yang dimiliki oleh dua data sebelumnya. Pada data aktual variabel linguistik dalam kondisi cerah sedangkan pada perhitungan data menggunakan fuzzy tsukamoto, variabel linguistik berada dalam kondisi berawan.

IV. KESIMPULAN

Setelah semua pengujian mulai dari fuzzifikasi hingga tahap perhitungan nilai MSE dapat disimpulkan bahwa perhitungan atau prediksi curah hujan pada penelitian ini masih kurang tepat. Hal ini didasarkan pada selisih antara data aktual dengan hasil perhitungan fuzzy tsukamoto yang terbilang memiliki perbedaan yang tidak sedikit. Dengan data masukan suhu udara 26,80 °C, kelembapan udara 86,00%, tekanan udara 1009.00mbar serta curah hujan sebagai output maka diperoleh hasil untuk curah hujan yaitu 48,7mm dalam kondisi berawan.

V. REFERENSI

- [1] Herdianto, "Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *Tesis, Fak. Tek. Univ. Sumatera Utara*, 2013.
- [2] K. Y. Siswanti, "Model Fungsi Transfer Multivariat Dan Aplikasinya Untuk Meramalkan Curah Hujan Di Kota Yogyakarta," *Skripsi, Progr. Stud. Mat. Fak. Mat. dan Ilmu Pengetah. alam, Univ. Negeri Yogyakarta*, 2011.
- [3] S. M. s, N. Ihsan, and S. Sulistiawaty, "Analisis Pola Dan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Data Observasi Dan Satelit Tropical Rainfall Measuring Missions (TRMM) 3B42 V7 Di Makassar," *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 11, no. 1, Apr. 2015.
- [4] "BPS Kabupaten Kotawaringin Timur." <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/249/1/suhu-udara.html>.
- [5] "BPS Kabupaten Kotawaringin Timur." <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/250/1/kelembapan-udara.html>.
- [6] "BPS Kabupaten Kotawaringin Timur." <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/685/1/tekanan-udara.html>.
- [7] "BPS Kabupaten Kotawaringin Timur." <https://kotimkab.bps.go.id/indicator/155/759/1/jumlah-curah-hujan.html>.
- [8] T. Mahashwari and A. Asthana, "Image Enhancement Using Fuzzy Technique," *IJRREST Int. J. Res. Rev. Eng. Sci. Technol.*, no. 2, 2013.
- [9] N. Siddique, *Intelligent control: a hybrid approach based on fuzzy logic, neural networks*

- and genetic algorithms, vol. 517, no. 3. 2013.
- [10] A. Kusumaningrum, A. Pujiastuti, M. Zeny, S. T. Teknologi, and A. Yogyakarta, "Pemanfaatan Internet Of Things Pada Kendali Lampu," *Compiler*, vol. 6, no. 1, May 2017.
- [11] S. P. H. KUSUMADEWI, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan," 2004.
- [12] S. Kusumadewi, "Purnomo, Hari. 2010," *Apl. Log. Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Eds*, vol. 2.
- [13] N. K. Sukerti, "Peramalan Deret Waktu Menggunakan S-Curve dan Quadratic Trend Model," *Konf. Nas. Sist. Inform.*, 2015.
- [14] G. N. Boshnakov, "Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, 2nd Edition, Wiley Series in Probability and Statistics, by Douglas C.Montgomery, Cheryl L.Jennings and MuratKulahci (eds). Published by John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA, 2015. Total number of pag," *J. Time Ser. Anal.*, vol. 37, no. 6, pp. 864–864, Nov. 2016, doi: 10.1111/JTSA.12203.
- [15] L. Y. Wei, "A hybrid ANFIS model based on empirical mode decomposition for stock time series forecasting," *Appl. Soft Comput.*, vol. 42, pp. 368–376, May 2016, doi: 10.1016/J.ASOC.2016.01.027.