

**Analisis Perbandingan Akurasi Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno  
Dalam Prediksi Penentuan Harga Mobil Bekas**

**Reynaldi\*, Wahyu Syafrizal, M. Faris Al Hakim**

Jurusan Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D5 Lt. 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: reynaldi8080@students.unnes.ac.id

Diterima 2 Juli 2021

Disetujui 15 September 2021

Dipublikasikan 31 Oktober 2021

**Abstrak**

Mobil merupakan transportasi darat yang sangat membantu aktivitas manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Toyota Avanza 47% mendominasi pasar mobil bekas dibanding merek lainnya. Dalam transaksi jual beli mobil bekas, selisih harga yang berbeda sering memiliki nilai yang jauh berbeda. Logika fuzzy dapat digunakan untuk memprediksi harga mobil bekas dengan memperhatikan beberapa aspek. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi prediksi antara metode *Fuzzy Tsukamoto* dengan *Fuzzy Sugeno*. *Fuzzy Tsukamoto* bersifat intuitif dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu. Sedangkan *Fuzzy Sugeno* yang terdiri atas basis aturan dengan beberapa aturan penarikan kesimpulan fuzzy. Gagasan ini ditulis dengan analisis melalui studi literatur buku, jurnal dan pengumpulan data berupa dataset maupun landasan teori yang terkait. Berdasarkan analisis data sampel penjualan mobil bekas dan perbandingan 2 metode dengan variabel yang sama. Hasil dari penelitian yang telah dihitung, diperoleh bahwa metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki tingkat *error* sebesar 8% dan *Fuzzy Sugeno* sebesar 38% pada prediksi harga mobil Toyota Avanza bekas.

Kata kunci: Tsukamoto, Sugeno, mobil bekas, logika fuzzy

**Abstract**

*The car is a land transportation that is very helpful for human activities in carrying out daily activities. Toyota Avanza dominates the used car market by 47 percent compared to other brands. In buying and selling used cars, different price differences often have far different values. Fuzzy logic can be used to predict the price of a used car by considering several aspects. This paper aims to compare the level of prediction accuracy between the Fuzzy Tsukamoto method and the Fuzzy Sugeno method. Fuzzy Tsukamoto is intuitive and can provide responses based on information that is qualitative, inaccurate, and ambiguous. Meanwhile, Fuzzy Sugeno which consists of a rule base with several rules for drawing fuzzy conclusions. This idea was written by analyzing through literature studies of books, journals and data collection in the form of datasets and related theoretical foundations. Based on data analysis of used car sales samples and comparison of 2 methods with the same variables. The results of the research that have been calculated, it is found that the Fuzzy Tsukamoto method has an error rate of 8% and Fuzzy Sugeno is 38% in the prediction of the price of a used Toyota Avanza.*

Keywords: Tsukamoto, Sugeno, used car, fuzzy logic

**How to cite:**

Reynaldi, Syafrizal, W., & Hakim, M. F. A. H. (2021). Analisis Perbandingan akurasi metode fuzzy tsukamoto dan Fuzzy Sugeno dalam prediksi penentuan harga mobil bekas. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science*, 44(2), 73-80

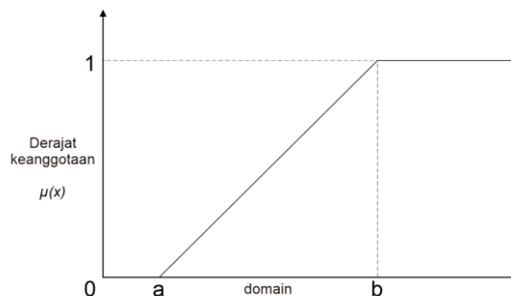
## PENDAHULUAN

Mobil merupakan kendaraan yang sering digunakan banyak orang. Keberadaan mobil sangatlah membantu aktivitas manusia melakukan kegiatan sehari-hari. Dibandingkan dengan motor, mobil lebih nyaman digunakan kegiatan sehari-hari karena mobil memiliki pelindung dari sinar matahari dan hujan. Transaksi jual beli mobil sudah menjadi hal umum, tak terkecuali transaksi mobil bekas. Mobil bekas memiliki harga yang bervariasi sesuai kualitas yang ada. Dalam jual beli mobil bekas, pembeli sering mengalami kerugian karena kurang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi harga mobil bekas tersebut. Toyota merupakan sebuah tipe brand mobil yang diluncurkan di Indonesia oleh pabrikan Daihatsu, dan dipasarkan dalam dua merek dan nama yaitu Toyota Avanza dan Daihatsu Xenia. Generasi pertama mobil ini diluncurkan saat berlangsungnya kegiatan Gaikindo Auto Expo 2003 dan terjual sebesar 100.000-unit pada tahun tersebut, dan masih merupakan mobil yang sering dijual di pasar mobil bekas. Merek mobil bekas terlaris masih dikuasai Toyota sebesar 47%, Daihatsu 16%, Honda 15%, Suzuki 8% dan merek lainnya sebesar 6% (Mobil88). Spesifikasi yang mempengaruhi harga mobil Toyota Avanza bekas adalah sisi eksterior, sisi interior, dan performa mesin. Kerugian pembeli terjadi karena penjual kurang memperhatikan faktor-faktor di atas dan memasang harga sesukanya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan penerapan logika fuzzy, karena dalam logika fuzzy terdapat data yang bisa diperhitungan untuk memperkirakan harga mobil bekas. Dengan menggunakan *fuzzy logic*, prediksi yang dihasilkan bukanlah prediksi asal yang tidak berdasar. Hasil inferensi dari *fuzzy logic* berupa angka taksiran berdasarkan perhitungan matematis sehingga tingkat keakuratannya bisa diukur (Winarto & Sutojo, 2012).

Logika fuzzy (logika samar) adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Di dalam logika fuzzy, juga terdapat fungsi keanggotaan yang merupakan nilai suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Ayuningtias *et al.*, 2017). Logika fuzzy memungkinkan penggunaan nilai-nilai linguistik dari variabel dan hubungan tidak tepat untuk perilaku sistem modeling. Himpunan fuzzy tidak memiliki batas yang tegas. Namun, metode ini secara matematis tepat dan mewakili pengetahuan yang tersedia dengan akurasi yang cukup baik (Lukács, 2020; Sutara & Kuswanto, 2019). Logika Fuzzy sering digunakan pada sistem cerdas dalam memilah proses untuk mendeteksi cacat dalam penerapannya (Saputra, 2019).

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*) (Sulistiani & Shandi, 2016). Kelebihan dari metode Tsukamoto adalah bersifat intuitif dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu (Ferdiansyah & Hidayat, 2018).

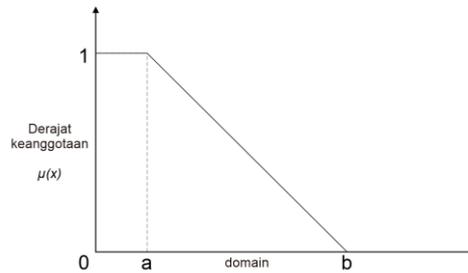
### 1) Linear Naik



Gambar 1. Grafik Fuzzy Linear Naik

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)} & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

## 2) Linear Turun



Gambar 2. Grafik Fuzzy Linear Turun

$$\mu(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Sistem fuzzy Sugeno memiliki kelemahan terutama pada bagian THEN, yaitu dengan adanya perhitungan matematika sehingga tidak dapat menyediakan kerangka alami untuk representasikan pengetahuan manusia dengan sebenarnya. Secara umum bentuk model inferensi fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (X_N \text{ is } A_N) \\ \text{THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$$

Dengan  $A$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  sebagai anteseden, dan  $P_i$  Adalah suatu konstanta (tegas) ke-I dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Dalam penelitiannya, Ayuningtias *et al.* (2017) menyatakan bahwa metode Mamdani mempunyai tingkat *error* yang lebih kecil (sebesar 19,76%) dibandingkan dengan metode Tsukamoto (39,03%) dan Sugeno sebesar 86,41% pada prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru.

Penelitian untuk penentuan harga jual sepeda motor juga menunjukkan bahwa metode Sugeno juga lebih unggul dibandingkan metode Tsukamoto (Astuti & Mashuri, 2020). Berdasarkan latar belakang yang telah dideskripsikan, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan tingkat akurasi penentuan harga jual mobil bekas dari kedua metode.

### METODE

Penelitian ini merupakan penelitian komparatif, sejenis penelitian deskriptif yang ingin mencari jawaban secara mendasar tentang sebab akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya ataupun munculnya suatu fenomena tertentu (Saputra, 2016). Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan harga mobil bekas Toyota Avanza berdasarkan metode Tsukamoto, dan Sugeno dengan menggunakan variabel yang sama. Sampel data yang digunakan adalah data penjualan mobil bekas pada UD. Dito Motor, Banyumanik, Semarang (Tabel 1).

Data penjualan mobil bekas untuk produk Toyota Avanza 1.3 G M/T dan 1.3 G A/T pada bulan Desember 2011 (Winarto & Sutojo, 2012). Fungsi aturan dalam penelitian ini menggunakan metode MIN. Aturan (*rule*) dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis perbedaan tingkat *error* masing-masing metode dievaluasi dengan menggunakan perhitungan AFER (*Average Forecasting Error Rate*). Secara keseluruhan, tahapan penelitian ditampilkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Sampel Data Penjualan Mobil Bekas

N O	Tipe Mobil	Warna ( $X_1$ )	Transmisi ( $X_2$ )	Kondisi (%) ( $X_3$ )	Harga Baru(Jt) ( $X_4$ )	Tahun ( $X_5$ )	Harga Bekas(Jt)
1.	Avanza 1.3 G	Silver	Automatic	75	150	2004	114
2.	Avanza 1.3 G	Silver	Manual	80	145	2004	115
3.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	80	148	2005	113
4.	Avanza 1.3 G	Hitam	Automatic	80	155	2005	117
5.	Avanza 1.3 G	Silver	Automatic	80	155	2006	116
6.	Avanza 1.3 G	Silver	Manual	85	149	2006	120
7.	Avanza 1.3 G	Silver	Automatic	82	155	2007	124
8.	Avanza 1.3 G	Hitam	Automatic	85	155	2007	129,5
9.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	90	155	2007	133
10.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	92	155	2008	135
11.	Avanza 1.3 G	Silver	Automatic	85	165	2009	132
12.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	90	155	2009	134
13.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	90	158	2009	136,5
14.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	90	158	2009	137,5
15.	Avanza 1.3 G	Hitam	Manual	95	160	2010	138

Tabel 2. Basis Aturan

Kode	Aturan ( <i>rules</i> )
R1	IF HargaBaru <b>mahal</b> AND Kondisi <b>bagus</b> Then HargaBekas <b>mahal</b>
R2	IF HargaBaru <b>mahal</b> AND Kondisi <b>sedang</b> Then HargaBekas <b>mahal</b>
R3	IF HargaBaru <b>murah</b> AND Kondisi <b>bagus</b> Then HargaBekas <b>murah</b>
R4	IF HargaBaru <b>murah</b> AND Kondisi <b>sedang</b> Then HargaBekas <b>murah</b>



Gambar 3. Tahapan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

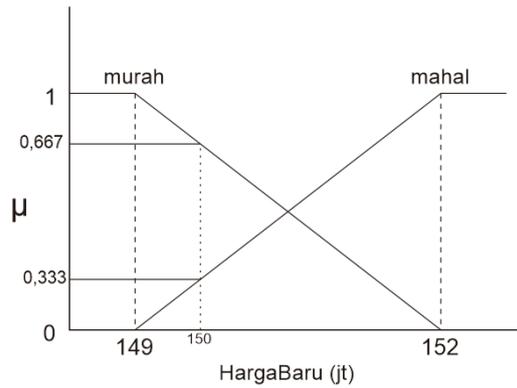
### Mesin inferensi metode *Fuzzy Tsukamoto*

Fungsi inferensi *fuzzy* Tsukamoto menggunakan MIN, yaitu dengan mengambil nilai minimum dari variabel input sebagai output. Menghitung nilai keanggotaan himpunan masing-masing variabel

Harga mobil Toyota Avanza baru

$$\mu_{\text{mahal}}(150), (150-149)/3 = 0,333$$

$$\mu_{\text{murah}}(150), (152-150)/3 = 0,667$$

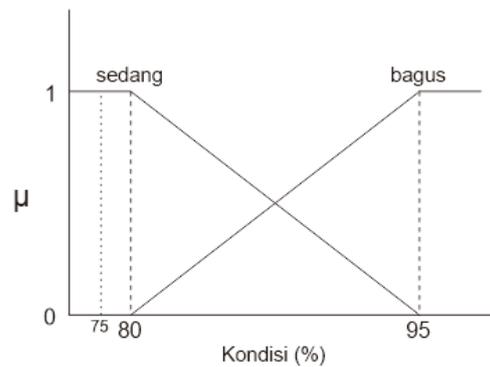


Gambar 4. Grafik variabel harga baru

Kondisi mobil Toyota Avanza

$$\mu_{\text{bagus}}(75), (75-80)/15 = 0$$

$$\mu_{\text{sedang}}(75), (95-75)/15 = 1$$



Gambar 5. Grafik variabel kondisi

Menghitung nilai keanggotaan (inferensi) anteseden ( $\alpha$ -predikat) dan nilai  $z$  untuk tiap rule *fuzzy*.

$$R1 = \min(0.333, 0)$$

$$0 = \frac{z-130}{10}$$

$$z = 130 + 0 = 130$$

$$R2 = \min(0.333, 1)$$

$$0,333 = \frac{z-130}{10}$$

$$z = 130 + 3,33 = 133,33$$

$$R3 = \min(0.667, 0)$$

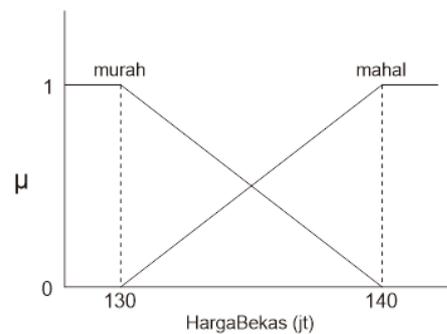
$$0 = \frac{140-z}{10}$$

$$z = 140 - 0 = 140$$

$$R4 = \min(0.667, 1)$$

$$0,667 = \frac{140-z}{10}$$

$$z = 140 - 6,67 = 133,33$$



Gambar 6. Grafik variabel harga bekas

Menentukan *Output Crisp* (Defuzzifikasi)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\alpha_{pred1} * z_1) + (\alpha_{pred2} * z_2) + (\alpha_{pred3} * z_3) + (\alpha_{pred4} * z_4)}{\alpha_{pred1} + \alpha_{pred2} + \alpha_{pred3} + \alpha_{pred4}} \\
 &= \frac{(0 * 140) + (0,333 * 133,33) + (0 * 130) + (0,667 * 133,33)}{0 + 0,333 + 0 + 0,667} \\
 &= 133,33
 \end{aligned}$$

**Mesin inferensi metode Fuzzy Sugeno**

Konsekuensi Rule 1

$$Z_1 = \text{HargaBaru} - \text{HargaBekas} = 150 - 114 = 36$$

Konsekuensi Rule 2

$$Z_2 = \text{HargaBaru} = 150$$

Konsekuensi Rule 3

$$Z_3 = \text{HargaBaru} = 150$$

Konsekuensi Rule 4

$$Z_4 = 1,25 * \text{HargaBaru} - \text{HargaBekas} = 1,25 * 150 - 114 = 73,5$$

Menentukan *Output Crisp* (Defuzzifikasi)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\alpha_{pred1} * z_1) + (\alpha_{pred2} * z_2) + (\alpha_{pred3} * z_3) + (\alpha_{pred4} * z_4)}{\alpha_{pred1} + \alpha_{pred2} + \alpha_{pred3} + \alpha_{pred4}} \\
 &= \frac{(0 * 36) + (0,091 * 150) + (0 * 150) + (0,909 * 73,5)}{0 + 0,091 + 0 + 0,909} \\
 &= 99
 \end{aligned}$$

**Perbandingan prediksi metode Tsukamoto dan Sugeno**

Untuk menghitung akurasi prediksi, penulis menggunakan perhitungan AFER (*Average Forecasting Error Rate*) untuk menentukan nilai error dari prediksi tersebut. Berikut rumus perhitungan AFER :

$$AFER = \frac{\sum \left( \frac{A_i - F_i}{A_i} \right)}{n} \times 100\%$$

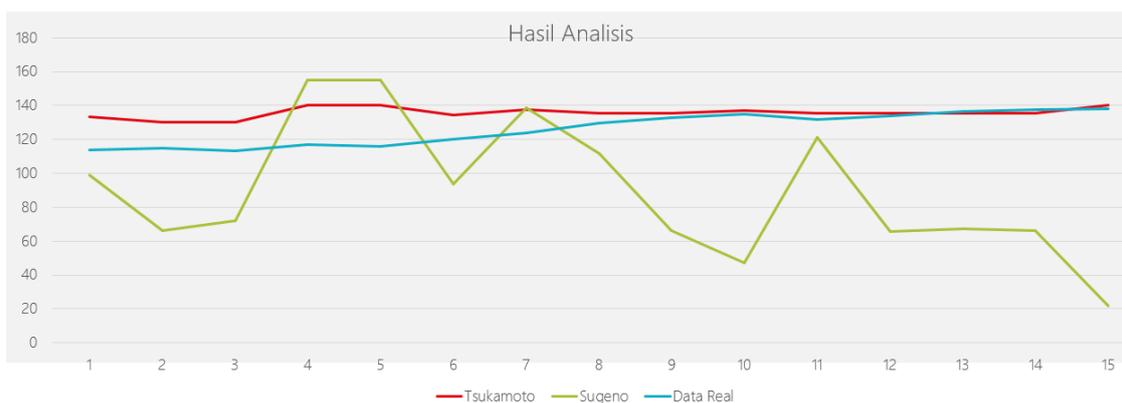
Dimana  $A_i$  merupakan nilai aktual pada data, dan  $F_i$  adalah nilai hasil prediksi untuk data ke-i. Adapun n adalah banyaknya data (Fauzan *et al.*, 2019).

Tabel 3. Hasil Uji Prediksi Menggunakan Metode Tsukamoto

No.	Harga Mobil Bekas (A)	Hasil Prediksi (F) Tsukamoto	(A-F)	(A-F)/A
1	114,0	133,333	19,333	0,170
2	115,0	130,000	15,000	0,130
3	113,0	130,000	17,000	0,150
4	117,0	140,000	23,000	0,197
5	116,0	140,000	24,000	0,207
6	120,0	134,444	14,444	0,120
7	124,0	137,689	13,689	0,110
8	129,5	135,556	6,056	0,047
9	133,0	135,556	2,556	0,019
10	135,0	136,800	1,800	0,013
11	132,0	135,556	3,556	0,027
12	134,0	135,556	1,556	0,012
13	136,5	135,556	0,944	0,007
14	137,5	135,556	1,944	0,014
15	138,0	140,000	2,000	0,014
		Rata-rata		<b>0,083</b>
		Dalam persen		<b>8%</b>

Tabel 4. Hasil Uji Prediksi Menggunakan Metode Sugeno

No.	Harga Mobil Baru (A)	Hasil Prediksi (F) Sugeno	(A-F)	(A-F)/A
1	114,0	99,000	15,000	0,132
2	115,0	66,250	48,750	0,424
3	113,0	72,000	41,000	0,363
4	117,0	155,000	38,000	0,325
5	116,0	155,000	39,000	0,336
6	120,0	93,833	26,167	0,218
7	124,0	138,467	14,467	0,117
8	129,5	111,833	17,667	0,136
9	133,0	66,333	66,667	0,501
10	135,0	47,000	88,000	0,652
11	132,0	121,000	11,000	0,083
12	134,0	65,667	68,333	0,510
13	136,5	67,000	69,500	0,509
14	137,5	66,333	71,167	0,518
15	138,0	22,000	116,000	0,841
Rata-rata Dalam persen				<b>0,378</b> <b>38%</b>



Gambar 7. Grafik Perbandingan Metode Tsukamoto Dan Sugeno Dengan Data Real

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai AFER dengan metode Tsukamoto sebesar 8%, sementara metode Sugeno sebesar 38%, yang berarti bahwa metode Tsukamoto mempunyai nilai *error* yang lebih kecil dan mempunyai tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode Sugeno.

## SIMPULAN

Metode fuzzy Tsukamoto mempunyai tingkat *error* yang lebih kecil (sebesar 8%) dibandingkan metode Sugeno (sebesar 38%) pada prediksi harga mobil bekas Toyota Avanza. Metode Tsukamoto yang lebih tepat dan akurat untuk memprediksi harga mobil bekas Toyota Avanza 2004-2010. Faktor penentu dari sistem prediksi harga mobil bekas ini adalah batasan nilai pada fungsi keanggotaan masing-masing variabel. Untuk meningkatkan akurasi prediksi, diperlukan batasan yang lebih optimal, agar menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil pada sistem prediksi ini. Selain itu nilai dari variabel “kondisi” tidaklah memiliki satuan yang jelas, sehingga sistem prediksi memerlukan kemampuan khusus manusia untuk menilai kondisi mobil/sistem yang dapat menilai kondisi mobil, karena perbedaan nilai pada variabel tersebut dapat mengakibatkan hasil yang cukup berbeda. Perlu kajian lebih mendalam tentang metode algoritma yang digunakan, serta penentuan batas fungsi keanggotaan derajat fuzzy untuk menghasilkan akurasi yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, D. P. P. & Mashuri. (2020). Penerapan metode fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno dalam penentuan harga jual sepeda motor. *Unnes Journal of Mathematics*, 9(2), 125-130.
- Ayuningtias, L. P., Irfan, M., & Jumadi. (2017). Analisa perbandingan logic fuzzy metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani (studi kasus : prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika*, 10(1), 9-16.
- Fauzan, M. A., Setiawan, B. D., & Indriati. (2019). Algoritma genetika untuk optimasi fuzzy time series dalam memprediksi debit air (studi kasus: PDAM Indramayu). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 831-835.
- Ferdiansyah, Y. & Hidayat, N. (2018). Implementasi metode fuzzy Tsukamoto untuk diagnosis penyakit pada kelamin laki laki. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(12), 7516-7520.
- Lukács, J. (2020). A fuzzy approach for in-car sound quality prediction. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17(6),75-94.
- Saputra, E. W. (2019). Optimasi fungsi keanggotaan fuzzy Mamdani menggunakan algoritma genetika untuk penentuan penerima beasiswa. *Jurnal Sistem Informasi dan Manajemen Basis Data (SIMADA)*, 2(2), 161-165.
- Saputra, K. E. A. (2016). Studi komparatif prestasi belajar mahasiswa jurusan pendidikan ekonomi ditinjau dari jalur penerimaan mahasiswa baru tahun 2011. *Jurnal Jurusan Pendidikan Ekonomi*, 6(1),
- Suliastiani, E. & Shandi, N. (2016). Penerapan FIS metode Tsukamoto untuk menentukan kelayakan pemberian kredit. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 1(1), 22-27.
- Sutara, B. & Kuswanto, H. (2019). Analisa perbandingan fuzzy logic metode Tsukamoto, Sugeno, Mamdani dalam penentuan keluarga miskin. *Infotekmesin*, 10(2), 38-49.
- Winarto, S. S. & Sutojo, T. (2012). Menentukan harga mobil bekas dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani dan metode jaringan syaraf tiruan. *Techno.com*, 11(3), 134-141.