

## PERBANDINGAN METODE FUZZY MAMDANI, SUGENO DAN TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN JUMLAH PRODUKSI BATU PECAH

**Rindyani Rumfot**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia  
rindyanirum09@gmail.com

**Yopi Andry Lesnussa**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia  
yopi\_a\_lesnussa@yahoo.com

**Dorteus Lodewyik Rahakbauw**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia  
\*lodewyik@gmail.com

### Abstrak

Perindustrian di Indonesia terus berkembang dalam bidang produksi. Produksi yang dihasilkan harus diimbangi dengan sumber daya yang mendukung, baik manusia maupun berasal dari alam. Hal ini mengharuskan perusahaan untuk menentukan jumlah produksi agar memenuhi permintaan pasar dengan tepat waktu dan jumlah yang sesuai. Maka produksi batu pecah penting untuk diperhatikan pada PT. Abdi Sarana Nusa untuk mendapatkan produksi yang optimal. Pada penelitian ini produksi adalah permasalahan yang dihadapi PT. Abdi Sarana Nusa yang berlokasi di Kabupaten SBT. Logika *fuzzy* secara umum dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu metode *fuzzy* Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Berdasarkan data penelitian pada PT. Abdi Sarana Nusa berupa data permintaan, persediaan dan produksi dari bulan Januari 2021 sampai Desember 2022. Maka diperoleh hasil penelitian berupa hasil produksi dengan menggunakan perbandingan MAPE dari ketiga metode, diperoleh persentase *error* dari metode Mamdani 28,34% tingkat kebenarannya 71,66%, dan metode Sugeno 28,98% tingkat kebenarannya 71,02%, serta metode Tsukamoto 23,02% tingkat kebenarannya 76,98%, yang berarti kemampuan model peramalan layak (cukup baik). Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode Tsukamoto lebih baik karena persentase *error* yang didapat lebih kecil dibandingkan dengan metode Mamdani dan Sugeno, untuk perencanaan produksi yang lebih baik pada PT. Abdi Sarana Nusa.

**Kata Kunci:** Produksi, Logika *Fuzzy*, MAPE, Mamdani, Sugeno, Tsukamoto.

### Abstract

Industry in Indonesia continues to grow in the field of production. The production produced must be balanced with supporting resources, both human and derived from nature. This requires the company to determine the amount of production in order to meet market demand in a timely manner and the appropriate amount. So the production of crushed stone is important to note at PT Abdi Sarana Nusa to get optimal production. In this research, production is a problem faced by PT Abdi Sarana Nusa, which is located in SBT Regency. Fuzzy logic can generally be used to determine the amount of production. There are three methods that can be used, namely the Mamdani, Sugeno and Tsukamoto fuzzy methods. Based on research data at PT Abdi Sarana Nusa in the form of demand, inventory and production data from January 2021 to December 2022. So the research results obtained in the form of production results using the MAPE comparison of the three methods, obtained the percentage error of the Mamdani method 28,34%, the level of truth is 71,66%, and the Sugeno method 28,98%, the level of truth is 71,02%, and the Tsukamoto method 23,02%, the level of truth is 76,98%, which means that the ability of the forecasting model is feasible (good enough). So it can be concluded that the Tsukamoto method is better because the percentage error obtained is smaller than the Mamdani and Sugeno methods, for better production planning at PT Abdi Sarana Nusa.

**Keywords:** Production, Fuzzy Logic, MAPE, Mamdani, Sugeno, Tsukamoto.

## PENDAHULUAN

Produksi merupakan pusat pelaksanaan kegiatan yang konkrit bagi pengadaan barang dan jasa pada suatu usaha dan perusahaan. Proses produksi merupakan bagian terpenting dalam perusahaan, karena apabila berhenti maka perusahaan akan mengalami kerugian. Pada era globalisasi saat ini, banyak industri-industri yang mulai bermunculan termasuk di Indonesia. Untuk itu, setiap perusahaan industri harus dapat berdaya saing, agar dapat mempertahankan kelangsungan hidup perusahaan yang dikelolanya (Shoniya & Jazuli, 2019).

Pada saat ini setiap perusahaan yang bergerak di bidang industri dihadapkan pada suatu masalah, yaitu semakin meningkatnya tingkat persaingan yang kompetitif. Hal ini mengharuskan perusahaan untuk merencanakan atau menentukan jumlah produksi supaya dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat waktu dan jumlah yang sesuai. Sehingga diharapkan keuntungan perusahaan akan meningkat. Pada dasarnya penentuan jumlah produksi ini direncanakan untuk memenuhi tingkat produksi guna memenuhi tingkat penjualan yang direncanakan atau permintaan pasar (Much Junaidi, Eko Setiawan, 2005). Permintaan konsumen yang berubah-ubah setiap hari bahkan setiap bulan, menjadi permasalahan serius bagi perusahaan ini. Perusahaan kadang tidak mampu memenuhi permintaan pasar karena permintaan yang meningkat dan tidak ada persediaan. Untuk menghindari permasalahan tersebut perusahaan memerlukan suatu cara yang dapat mengoptimalkan jumlah produksi setiap harinya bahkan setiap bulannya (Simanullang & Sinaga, 2017).

Dalam matematika banyak metode maupun teknik yang digunakan untuk menentukan jumlah produksi, misalnya menggunakan metode simpleks, algoritma bayes, metode branch and bound, regresi linear beragnda, logika *fuzzy* dan lain sebagainya. Salah satu metode yang dalam menentukan jumlah produksi yaitu dengan menerapkan metode logika *fuzzy* (Muflihunna & Mashuri, 2022).

Logika Fuzzy merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian. Logika *fuzzy* juga mampu untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output* dengan tepat. Dalam teori sistem *fuzzy*

dikenal suatu konsep sistem *fuzzy* yang digunakan dalam proses prediksi pada umumnya terdiri atas empat tahap, yaitu fuzzifikasi (proses pengubahan bilangan tegas kedalam bentuk bilangan *fuzzy*), pembentukan rule basis (basis aturan *fuzzy*), sistem inferensi atau penalaran *fuzzy*, defuzzifikasi (proses pengubahan bilangan *fuzzy* hasil dari sistem inferensi *fuzzy* ke dalam bilangan tegas) (Rahakbauw, 2015a). Penentuan jumlah produksi ini nantinya dapat kita cari dengan mengaplikasikan metode logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* itu sendiri pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh yang merupakan perluasan dari logika konvensional Boolean yang telah diperluas untuk menangani konsep kebenaran parsial, yaitu nilai kebenaran yang terletak diantara kebenaran absolute (dipresentasikan dengan nilai 1) dan kesalahan *absolute* (dipresentasikan dengan nilai 0). Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang berkembang luas dewasa ini adalah dalam sistem inferensi kabur, yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar penalaran kabur. Penalaran kabur (*fuzzy reasoning*), yang sering kali juga disebut penalaran hampiran (*approximate reasoning*) (Putri, 2019).

Dari beberapa metode yang dapat digunakan untuk optimasi jumlah produksi, logika *fuzzy* mampu memetakan suatu *input* ke dalam suatu *output* tanpa mengabaikan faktor-faktor yang ada. Dengan menggunakan logika *fuzzy* akan dihasilkan suatu model dari suatu sistem yang mampu memperkirakan jumlah produksi. Faktor-Faktor yang mempengaruhi dalam menentukan jumlah produksi menggunakan logika *fuzzy* antara lain jumlah permintaan dan jumlah persediaan (Su et al., 2013). Alasan menggunakan logika *fuzzy* ini yaitu logika ini mudah dimengerti karena konsep matematisnya sederhana, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat (kabur), mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang sangat kompleks, dapat menerapkan pengalaman pakar secara langsung tanpa proses pelatihan, dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, dan didasarkan pada bahasa alam (Athiyah et al., 2021). Metode inferensi logika *fuzzy* secara umum dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi suatu produk, terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu : Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno (SUARDIKA et al., 2018).

Maka, dalam penelitian ini produksi adalah permasalahan yang dihadapi Perusahaan Cabang PT. Abdi Sarana Nusa yang berlokasi di Kabupaten Seram Bagian Timur. Kebutuhan konsumen yang selalu berubah setiap bulannya. Sehingga terjadi hubungan antara permintaan, persediaan, dan produksi antara satu dengan yang lainnya saling berkaitan. Apabila jumlah produksi kurang akan menimbulkan kekecewaan kepada konsumen dan merugikan Perusahaan, begitu juga sebaliknya apabila jumlah produksi lebih maka akan terkena biaya tambahan. Berdasarkan permasalahan diatas maka untuk mengatasi kelebihan dan kekurangan jumlah produksi, maka dalam penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy* yaitu metode *fuzzy* Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto untuk memperkirakan jumlah produksi batu pecah pada PT. Abdi Sarana Nusa dan juga membandingkan dengan data aktualnya.

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari data PT. Abdi Sarana Nusa berupa data Permintaan, Persediaan dan Produksi perbulan dalam jangka waktu dua tahun (di tahun 2021-2022). Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan logika *fuzzy* dengan metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto. Berikut ini tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Mulai
2. Menentukan masalah penelitian
3. Mengumpulkan bahan dan materi tentang Logika *Fuzzy*, Sistem Inferensi *Fuzzy*, Himpunan Logika *Fuzzy*, Fungsi Keanggotaan, Metode Mamdani, Metode Sugeno, dan Metode Tsukamoto
4. Penyelesaian masalah menggunakan Metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto
5. Pembentukan himpunan *fuzzy* (Fuzzyfikasi)
6. Pembentukan aturan *fuzzy*
7. Defuzzyfikasi
8. Menghitung persentase kesalahan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dari Metode Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto
9. Menganalisis perbandingan Produksi Batu Pecah Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto
10. Kesimpulan
11. Selesai.

### A. Logika *Fuzzy*

Logika *Fuzzy* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkley dalam bidang ilmu komputer. Profesor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika *fuzzy* terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika *fuzzy*, keanggotaan elemen berada di interval  $[0,1]$ . Beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy* adalah konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti karena menggunakan bahasa alami yang telah dipahami oleh manusia (Nisa et al., 2020).

### B. Himpunan Logika *Fuzzy*

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut, yaitu linguistik dan numeris. Atribut linguistik adalah atribut yang digunakan untuk penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti muda, parobaya, tua, sedangkan atribut numeris adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel (Wardani et al., 2017).

Himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah (Saelan, 2009).

### C. Operator Dasar Himpunan *Fuzzy*

Untuk operasi himpunan *fuzzy* seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan

seiring dikenal dengan nama *fire strength*. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh. Tetapi operator yang digunakan pada penelitian ini yaitu Operator *AND* sebagai berikut (Setiawan et al., 2018) :

a. Operator *AND*, operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. *Fire strength* sebagai hasil operasi dengan operator *AND* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

b. Operator *OR*, operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. *Fire strength* sebagai hasil operasi dengan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

c. Operator *NOT*, *Fire Strength* sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x)$$

#### D. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Rahmawati et al., 2020).

Ada beberapa fungsi yang digunakan yaitu (Rahakbauw, 2015b) :

1. Representasi Kurva Bahu  
Representasi kurva bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah.
2. Representasi Kurva Segitiga  
Representasi kurva segitiga, pada dasarnya adalah gabungan antara dua representasi linear (representasi linear naik dan representasi linear turun).

#### E. Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* dapat disebut juga sebuah kerangka penyelesaian himpunan *fuzzy*. Sistem

inferensi memiliki 4 unit yaitu (Rahmawati et al., 2021) :

1. Unit fuzzifikasi (*fuzzification unit*)
2. Unit penalaran logika *fuzzy* (*fuzzy logic reasoning unit*)
3. Unit basis pengetahuan (*knowledge base unit*)
  - a. Basis data (*data base*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terkait dengan nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
  - b. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa implikasi *fuzzy*.
4. Unit defuzzifikasi (*rule base*)

#### F. Metode Mamdani

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang mengandung unsur ketidakpastian. Tingkat Tingkat benar atau salahnya logika *fuzzy* tergantung pada bobot keanggotaannya. Sistem Inferensi fuzzy adalah sistem aturan yang didasarkan pada logika *fuzzy*. Salah satu metode sistem inferensi fuzzy adalah fuzzy Mamdani. Fuzzy Mamdani atau biasa dikenal dengan metode Min-Max pertama kali diperkenalkan oleh H. Mamdani pada tahun 1975. Metodanya bekerja berdasarkan aturan linguistik (Kamsyakawuni et al., 2022).

Untuk mendapatkan *output* (hasil), diperlukan 4 tahapan (Indonesia et al., 2009) :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*)  
Menentukan semua variabel yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi  
Menyusun baris aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Banyaknya aturan ditentukan oleh banyaknya nilai linguistik untuk masing-masing variabel masukan.
3. Komposisi aturan  
Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, tetapi yang

digunakan yaitu metode MAX.

#### 4. Defuzzyfikasi

*Input* dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan bilangan *real* yang tegas. Ada beberapa cara metode penegasan yang biasa dipakai pada komposisi aturan mamdani, pada penelitian ini peneliti menggunakan metode Centroid.

#### G. Metode Sugeno

Dalam Penalaran metode Sugeno ini hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Tagaki-Sugeno Kang pada tahun 1985. Untuk mendapatkan *output* (hasil), diperlukan 4 tahapan (Indonesia et al., 2009):

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*  
Langkah ini sama seperti langkah pertama metode Mamdani.
2. Aplikasi fungsi implikasi  
Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output*. Pada metode Sugeno, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.
3. Komposisi aturan  
Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: Metode Max (*Maximum*).
4. Penegasan  
Penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan *real* yang tegas. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno maka defuzzyfikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terpusat (*weight average*).

#### H. Metode Tsukamoto

Pada metode *fuzzy* Tsukamoto, setiap konsekuensi pada *Rule* yang berbentuk *IF-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton sebagai hasilnya (proses *fuzzyfikasi*). Keluaran hasil inferensi dari tiap-tiap *Rule* diberikan secara tegas

(*crisp*) berdasarkan *a-predikat*. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan defuzzyfikasi rata-rata terbobot (Ferdiansyah & Hidayat, 2018).

Dalam Dalam inferensinya, Metode Tsukamoto menggunakan tahapan sebagai berikut (Indonesia et al., 2009) :

1. Fuzzyfikasi  
Yaitu proses untuk mengubah *input* sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengeluaran *fuzzy*.
2. Aplikasi himpunan *fuzzy*  
Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *output*.
3. Komposisi aturan  
Proses ini dengan menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai *-predikat* tiap-tiap *rule*. Kemudian masing-masing nilai ini digunakan untuk menghitung nilai *output* hasil inferensi secara tegas.
4. Defuzzyfikasi  
Dengan menggunakan metode rata-rata :

$$Z = \frac{\sum_i^n \alpha_i z_i}{\sum_i^n \alpha_i}$$

Dengan :

Z = Variabel *output*

$\alpha_i$  = Nilai  $\alpha$ -predikat

$z_i$  = Nilai variabel *output*

Defuzzifikasi merupakan tahap terakhir yang bertujuan untuk mendapatkan nilai tegas pada domain (Nurhidayah et al., 2022).

#### I. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Dalam Perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dilakukan menggunakan error absolut setiap periode dibagi dengan nilai pengamatan aktual pada periode itu. Selanjutnya, error persentase absolut itu dirata-ratakan. Strategi ini digunakan saat besar variabel atau ukuran ramalan perlu untuk mengkaji ketepatan atau akurasi ramalan. MAPE membandingkan hasil peramalan dengan nilai nyata untuk memperlihatkan seberapa besar kesalahan atau error dalam peramalan.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - Y'_t|}{Y_t} \times 100\%$$

Dimana:

n : Jumlah Data

Y<sub>t</sub> : Nilai Hasil Aktual

Y'<sub>t</sub> : Nilai Hasil Perbandingan

Inferensi MAPE dapat dilihat dari interval nilainya ada pada Tabel 1 .

Tabel 1 : Nilai dan Interpretasi MAPE (Anjani & Marpaung, 2022).

Nilai MAPE	Interpretasi
≤ 10%	Kemampuan model peramalan sangat akurat
10-20%	Kemampuan model peramalan baik
20-50%	Kemampuan model peramalan layak (cukup baik)
> 50%	Kemampuan model peramalan tidak akurat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Pada tahap pembentukan himpunan fuzzy baik variabel *input* maupun *output* dibagi menjadi satu atau dua himpunan fuzzy. Pada penelitian ini berdasarkan data yang didapatkan, variabel *input* dibagi menjadi dua yaitu Permintaan dan Persediaan. Sedangkan yang menjadi variabel *output* adalah Produksi. Proses pembentukan himpunan fuzzy dengan menentukan semesta pembicaraan pada Tabel 2

Tabel 2 : Domain untuk Variabel Fuzzy

Fungsi	Variabel	Domain
Input	Permintaan	[4800 16100]
	Persediaan	[329 33689]
Output	Produksi	[5466 17323]

Dari Tabel 2 diatas yang menjadi domain adalah nilai minimum dan nilai maksimum setiap variabel dari data yang didapat. Sedangkan untuk yang menjadi semesta pembicaraan merupakan *range* yang dipakai untuk memberi batas pada penelitian ini. *Range* untuk semesta pembicaraan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Semesta Pembicaraan untuk Variabel Fuzzy

Fungsi	Variabel	Domain
Input	Permintaan	[4600 16300]
	Persediaan	[100 33900]
Output	Produksi	[5200 17500]

Dan parameter yang akan digunakan pada masing-masing himpunan fuzzy dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

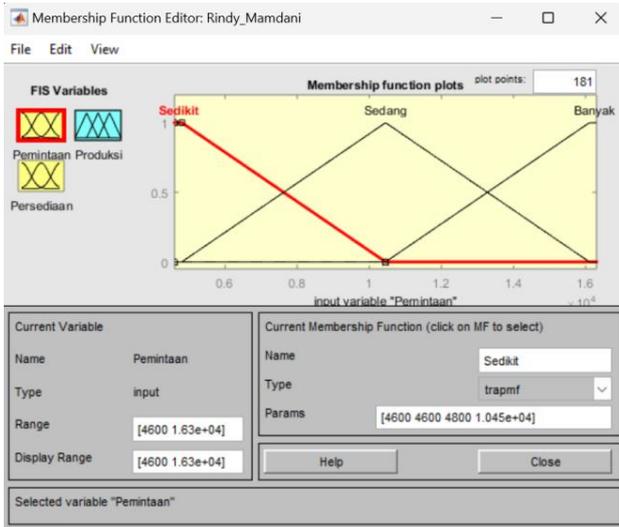
Tabel 4 : Pembentukan Himpunan Fuzzy

Variabel	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Permintaan	SEDIKIT	[4600 16300]	[4600 10450]
		SEDANG		[4800 16100]
		BANYAK		[10450 16300]
	Persediaan	SEDIKIT	[100 33900]	[100 17009]
		SEDANG		[329 33689]
		BANYAK		[17009 33900]
Output	Produksi	SEDIKIT	[5200 17500]	[5200 11394]
		SEDANG		[5466 17323]
		BANYAK		[11394 17500]

Pada Tabel 4. diatas pada Variabel *Input* yaitu Permintaan terdiri atas 3 himpunan yaitu “Sedikit, Sedang, dan Banyak”, dan Persediaan terdiri atas 3 himpunan yaitu :Sedikit, Sedang dan Banyak” serta pada Variabel *Output* yaitu Produksi terdiri atas 3 himpunan yaitu “Sedikit, Sedang dan Banyak”.

Berikut ini merupakan cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan berdasarkan variabel numerik dan variable linguistik dalam himpunan fuzzy dan fungsi keanggotaan dari variable *input-output*.

- Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Sedikit, Sedang, dan Banyak dari Variabel Permintaan pada Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan Metode Fuzzy Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

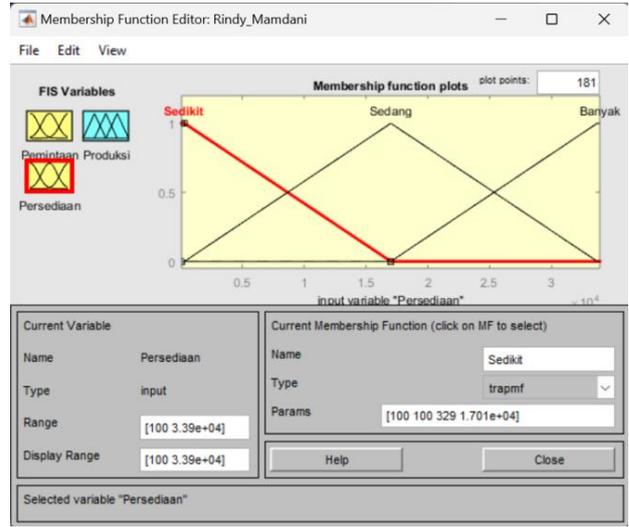
Pada Variabel Permintaan didapat fungsi keanggotaan yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK dengan range [4600 16100]. Untuk fungsi keanggotaan SEDIKIT dengan parameter [4600 4600 4800 10450], fungsi keanggotaan SEDANG dengan parameter [4800 10450 16100], sedangkan fungsi keanggotaan BANYAK dengan parameter [10450 16100 16300 16300].

$$\mu_{sedikit}(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq 4800 \\ \frac{10450 - x}{10450 - 4800} & , 4800 \leq x \leq 10450 \\ 0 & , x \geq 10450 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 4800 \text{ atau } x \geq 16100 \\ \frac{x - 4800}{10450 - 4800} & , 4800 \leq x \leq 10450 \\ \frac{16100 - x}{16100 - 10450} & , 10450 \leq x \leq 16100 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak}(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 10450 \\ \frac{x - 10450}{16100 - 10450} & , 10450 \leq x \leq 16100 \\ 1 & , x \geq 16100 \end{cases}$$

b. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Sedikit, Sedang, dan Banyak dari Variabel Permintaan pada Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Variabel Persediaan Metode Fuzzy Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

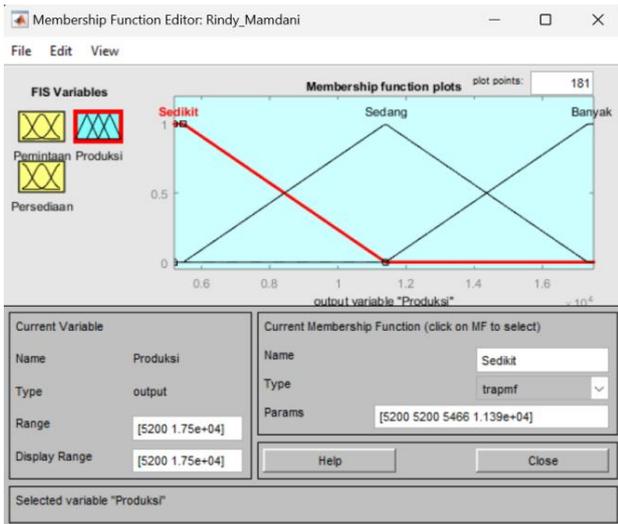
Pada Variabel Persediaan didapat fungsi keanggotaan yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK dengan range [100 33689]. Untuk fungsi keanggotaan SEDIKIT dengan parameter [100 100 329 17009], fungsi keanggotaan SEDANG dengan parameter [329 17009 33689], sedangkan fungsi keanggotaan BANYAK dengan parameter [17009 33689 33900 33900].

$$\mu_{sedikit}(y) = \begin{cases} 1 & , y \leq 329 \\ \frac{17009 - y}{17009 - 329} & , 329 \leq y \leq 17009 \\ 0 & , y \geq 17009 \end{cases}$$

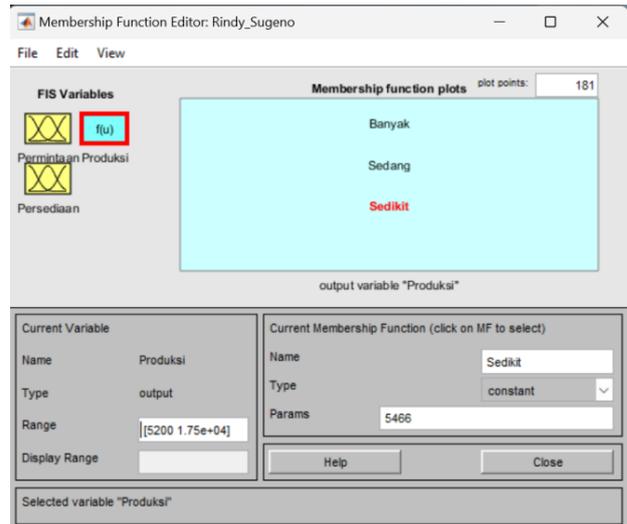
$$\mu_{sedang}(y) = \begin{cases} 0 & , x \leq 329 \text{ atau } x \geq 33689 \\ \frac{x - 329}{17009 - 329} & , 329 \leq x \leq 17009 \\ \frac{33689 - x}{33689 - 17009} & , 17009 \leq x \leq 33689 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak}(y) = \begin{cases} 0 & , y \leq 17009 \\ \frac{y - 17009}{33689 - 17009} & , 17009 \leq y \leq 33689 \\ 1 & , y \geq 33689 \end{cases}$$

c. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Sedikit, Sedang, dan Banyak dari Variabel Produksi pada Metode Mamdani dan Tsukamoto.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Metode Fuzzy Mamdani dan Tsukamoto.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Produksi Fuzzy Sugeno.

Pada Pada Variabel Produksi didapat fungsi keanggotaan yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK dengan range [5200 17500]. Untuk fungsi keanggotaan SEDIKIT dengan parameter [5200 5200 5466 11394], fungsi keanggotaan SEDANG dengan parameter [5466 11394 17323], sedangkan fungsi keanggotaan BANYAK dengan parameter [11394 17323 17500 17500].

$$\mu_{sedikit}(z) = \begin{cases} 1 & , z \leq 5466 \\ \frac{11394 - z}{11394 - 5466} & 5466 \leq z \leq 11394 \\ 0 & , z \geq 11394 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(z) = \begin{cases} 0 & , z \leq 5466 \text{ atau } z \geq 17323 \\ \frac{z - 5466}{11394 - 5466} & , 5466 \leq z \leq 11394 \\ \frac{17323 - z}{17323 - 11394} & , 11394 \leq z \leq 17323 \end{cases}$$

$$\mu_{banyak}(z) = \begin{cases} 0 & , z \leq 11394 \\ \frac{z - 11394}{17323 - 11394} & 11394 \leq z \leq 17323 \\ 1 & , z \geq 17323 \end{cases}$$

- d. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Sedikit, Sedang, dan Banyak dari Variabel Produksi pada Metode Sugeno.

Pada Variabel Produksi didapat fungsi keanggotaan yaitu SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK dengan range [5200 17500]. Untuk fungsi keanggotaan SEDIKIT dengan parameter [5466], fungsi keanggotaan SEDANG dengan parameter [11394], sedangkan fungsi keanggotaan BANYAK dengan parameter [17323].

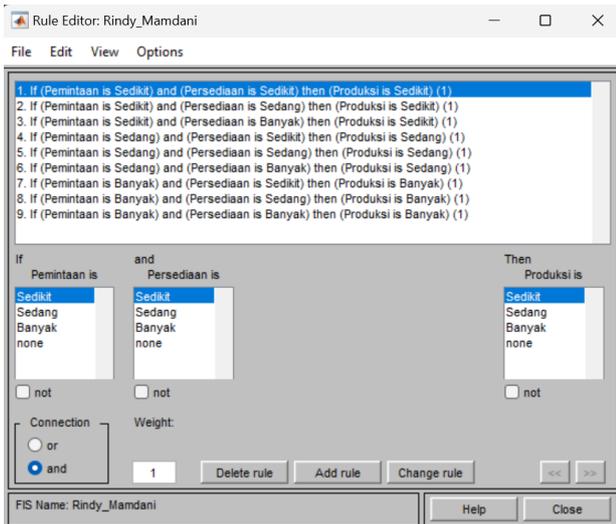
$$\mu_{sedikit}(z) = \begin{cases} 1 & , z \leq 5466 \\ \frac{11394 - z}{11394 - 5466} & 5466 \leq z \leq 11394 \\ 0 & , z \geq 11394 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(z) = \begin{cases} 0 & , z \leq 5466 \text{ atau } z \geq 17323 \\ \frac{z - 5466}{11394 - 5466} & , 5466 \leq z \leq 11394 \\ \frac{17323 - z}{17323 - 11394} & , 11394 \leq z \leq 17323 \end{cases}$$

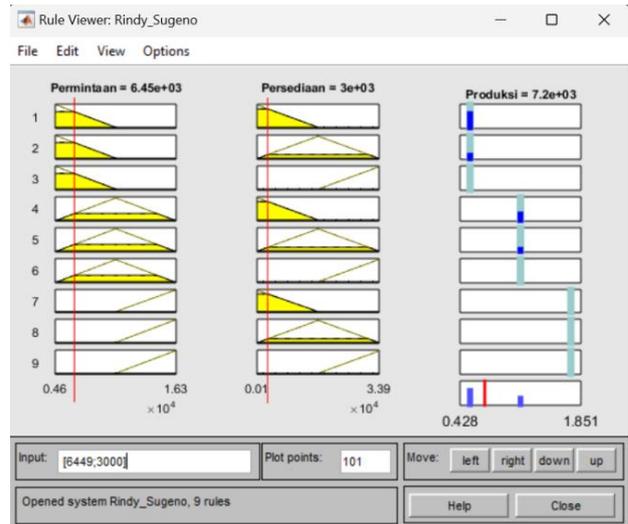
$$\mu_{banyak}(z) = \begin{cases} 0 & , z \leq 11394 \\ \frac{z - 11394}{17323 - 11394} & 11394 \leq z \leq 17323 \\ 1 & , z \geq 17323 \end{cases}$$

## B. Pembentukan Aturan Fuzzy

Pada tahap ini, nilai keanggotaan himpunan Permintaan, Persediaan, dan Produksi dicari menggunakan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy berdasarkan data. Pembentukan aturan fuzzy, dari dua variabel input dan satu variabel output yang telah didefinisikan dengan melakukan analisa data terhadap batas setiap himpunan fuzzy yang terdapat dalam setiap variabelnya, maka terdapat 9 aturan fuzzy yang akan dipakai dalam sistem ini dengan aturan IF Permintaan IS... AND Persediaan IS... THEN Produksi IS..., hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



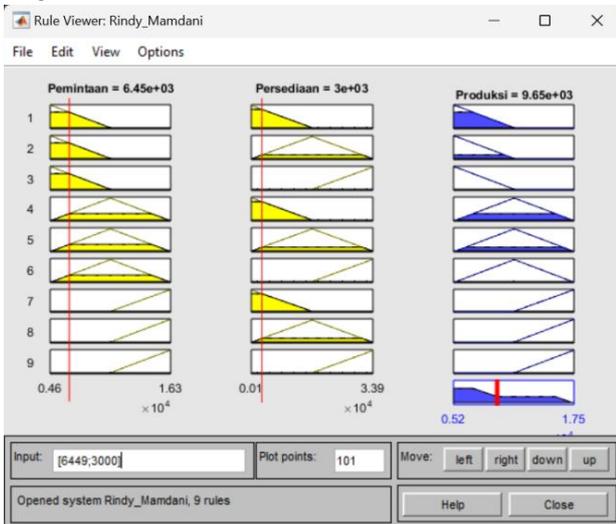
Gambar 5. Aturan Fuzzy



Gambar 7. Hasil Output berdasarkan Aturan Fuzzy Metode Sugeno

### C. Defuzzyfikasi

Pada tahap ini diperoleh hasil *output* berdasarkan Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Dapat dilihat pada Gambar 6 dapat dilihat hasil *output* pada Metode Mamdani dan Sugeno.



Gambar 6. Hasil Output berdasarkan Aturan Fuzzy Metode Mamdani

Pada Gambar 6. dan Gambar 7. Dapat dilihat bahwa didapat hasil *output* dari jumlah produksi batu pecah pada metode Mamdani sebesar  $9650 \text{ m}^3$  dan metode Sugeno sebesar  $7200 \text{ m}^3$ .

Sedangkan, pada Metode Tsukamoto defuzzyfikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata terpusat.

$$Z = \frac{\sum_i^n aizi}{\sum_i^n ai}$$

$$Z = \frac{0,71 \times 7185,12 + 0,16 \times 10445,52 + 0,29 \times 7185,12 + 0,16 \times 6414,48}{0,71 + 0,16 + 0,29 + 0,16}$$

$$= \frac{5101,4352 + 1671,2832 + 2083,6848 + 1026,3168}{1,32}$$

$$= \frac{9882,72}{1,32} = 7487 \text{ m}^3$$

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan Metode Fuzzy Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Output* Produksi Batu Pecah Berdasarkan Metode *Fuzzy* Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

Produksi	Mamdani	Sugeno	Tsukamoto
6963	9650	7200	7487
5466	8950	6510	7090
9204	10900	9100	8917
6308	11400	11000	9481
16000	14400	16800	15663
11376	11400	11200	11003
8459	11100	9910	9686
13855	11400	11800	10796
10816	11400	11000	9425
17323	10600	8490	8468
13760	11400	11600	10057
10645	11000	9590	9508
10438	11700	13200	10367
14964	10200	7920	7954
11101	14700	17100	13875
14372	10900	9110	8911
11901	9020	6310	7851
7866	10500	8400	8430
7790	15500	17300	17323
9505	7600	5470	8430
9047	11300	10800	9600
9818	11700	13200	10463
10170	10900	9350	8853
9097	11500	12400	9757

#### D. Menentukan MAPE

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan penerapan logika *fuzzy* Metode *Fuzzy* Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto maka didapat hasil berupa jumlah produksi batu pecah pada PT. Abdi Sarana Nusa, Kabupaten Seram Bagian Timur. Setelah itu mencari persentase rata-rata atau *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Metode Mamdani

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \times 100 \right|}{n}$$

$$= \frac{6,80}{24} \times 100\% = 28,34\%$$

Dengan tingkat kebenaran :

$$100\% - 28,34\% = 71,66\%$$

b. Metode Sugeno

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \times 100 \right|}{n}$$

$$= \frac{6,96}{24} \times 100\% = 28,98\%$$

Dengan tingkat kebenaran :

$$100\% - 28,98\% = 71,02\%$$

c. Metode Tsukamoto

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \times 100 \right|}{n}$$

$$= \frac{5,52}{24} \times 100\% = 23,02\%$$

Dengan tingkat kebenaran :

$$100\% - 23,02\% = 76,98\%$$

## PENUTUP

### SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada hasil produksi batu pecah diperoleh berdasarkan *rule* yang sudah ditetapkan, dan kemudian untuk hasil produksi pada masing-masing metode disandingkan dengan hasil aktualnya untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil produksi yang diperoleh berdasarkan data permintaan, persediaan dan produksi yaitu pada rentang waktu Januari 2021 sampai dengan Desember 2022.
2. Dan pada *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) diperoleh MAPE untuk metode Mamdani sebesar 28,34% , dan metode Sugeno sebesar 28,98% , serta untuk metode Tsukamoto sebesar 23,02% . Dengan masing-masing tingkat kebenarannya yaitu metode Mamdani sebesar 71,66%, metode Sugeno 71,02%, serta metode Tsukamoto sebesar 76,98% yang berarti kemampuan model peramalan layak (cukup baik). Sehingga dari hasil tersebut dapat

disimpulkan bahwa metode Tsukamoto lebih baik di mana persentase *error* yang didapat lebih kecil dibandingkan dengan metode Mamdani dan Sugeno, hal ini berarti perusahaan PT. Abdi Sarana Nusa, Kabupaten Seram Bagian Timur bisa menggunakan metode Tsukamoto untuk perencanaan produksi yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, F. A., & Marpaung, F. (2022). Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani Dan Sugeno Dalam Penentuan Jumlah Pemasukan Beras Optimum Pada Perum Bulog Divisi Regional. *Karismatika*, 8(1), 37–51.
- Athiyah, U., Handayani, A. P., Aldean, M. Y., Putra, N. P., & Ramadhani, R. (2021). Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya. *Journal of Dinda: Data Science, Information Technology, and Data Analytics*, 1(2), 73–76. <https://doi.org/10.20895/dinda.v1i2.201>
- 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.
- Indonesia, U., Prabowo, D. P., Ilmu, F., Budaya, P., Studi, P., & Perpustakaan, I. (2009). *SKRIPSI Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar*. 1–124.
- Kamsyakawuni, A., Riski, A., & Khumairoh, A. B. (2022). Application Fuzzy Mamdani To Determine the Ripeness Level of Crystal Guava Fruit. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 16(3), 1087–1096. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss3pp1087-1096>
- Much Junaidi, Eko Setiawan, A. W. F. (2005). *Penentuan Jumlah Produksi Dengan Aplikasi Fuzzy – Mamdani*. 95–104. <http://eprints.ums.ac.id/198/1/JTI-0402-06-OK.pdf>.
- Muflihunna, K., & Mashuri, M. (2022). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Metode Fuzzy Sugeno dalam Penentuan Jumlah Produksi. *Unnes Journal of Mathematics*, 11(1), 27–37. <https://doi.org/10.15294/ujm.v11i1.50060>
- Nisa, A. K., Abdy, M., & Zaki, A. (2020). Penerapan Fuzzy Logic untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik dalam Pengoptimalan Gizi. *Journal of Mathematics Computations and Statistics*, 3(1), 51. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v3i1.19902>
- Nurhidayah, N., Lesnussa, Y. A., & Leleury, Z. A. (2022). Fuzzy Logic Application on Employee Achievement Assessment (Case Study: Education Quality Assurance Institute of Maluku Province). *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 16(3), 877–886. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss3pp877-886>
- Putri, I. K. (2019). Aplikasi Metode Fuzzy Min-Max (Mamdani) Dalam Menentukan Jumlah Produksi Perusahaan. *Jurnal Ilmiah d'Computare*, 9, 30–38. <http://www.journal.uncp.ac.id/index.php/computare/article/view/1463%0Ahttps://www.journal.uncp.ac.id/index.php/computare/article/viewFile/1463/1279>
- Rahakbauw, D. L. (2015a). Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan ( Studi Kasus : Pabrik Roti Sarinda Ambon ). *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 9(2), 121–134. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/article/view/289/249>
- Rahakbauw, D. L. (2015b). Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 9(2), 121–134. <https://doi.org/10.30598/barekengvol9iss2pp121-134>
- Rahmawati, R., Nurjannah, N., Rahma, A. N., & Zukrianto, Z. (2021). Penerapan Fuzzy Inference System Sugeno Dalam Menentukan Penyaluran Pembiayaan Rahn. *Math Educa Journal*, 5(2), 175–182. <https://doi.org/10.15548/mej.v5i2.2547>
- Rahmawati, R., Rahma, A. N., & Hernita, H. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Jumlah Pembiayaan Rahn Berdasarkan Jumlah Nasabah Dan Harga Emas. *MAP (Mathematics and Applications) Journal*, 2(2), 40–49. <https://doi.org/10.15548/map.v2i2.2263>
- Saelan, A. (2009). Logika Fuzzy. *Makalah If2091 Struktur Diskrit Tahun 2009*, 1(13508029), 1–5.
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). Logika Fuzzy Dengan Matlab. In *Jayapangus Press*.
- Shoniya, A., & Jazuli, A. (2019). Penentuan Jumlah Produksi Pakaian Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Studi Kasus Konveksi Nisa. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 4(1), 54. <https://doi.org/10.29100/jupi.v4i1.1068>
- Simanullang, A., & Sinaga, M. S. (2017). Menentukan Jumlah Produksi Berdasarkan Permintaan dan Persediaan dengan Logika Fuzzy Menggunakan Metode Mamdani. *Semnastika Unimed*. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/26529%0Ahttp://digilib.unimed.ac.id/26529/2/Fulltext.pdf>
- Su, F. U. Z. Z. Y., Pada, G. E. N. O., & Xyz, P. T. (2013). *PERBANDINGAN PRODUKSI KOPI OPTIMUM ANTARA METODE F U ZZY – M A M D A N I DENGAN F U ZZY – S U G E N O PADA PT XYZ Rianto Samosir, Iryanto, Rosman Siregar*. 1(6), 517–527.
- SUARDIKA, K. W., GANDHIADI, G. K., & HARINI, L. P. I. (2018). PERBANDINGAN METODE TSUKAMOTO, METODE MAMDANI DAN

METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN PRODUKSI DUDA (Studi Kasus: CV. Dewi Bulan). *E-Jurnal Matematika*, 7(2), 180. <https://doi.org/10.24843/mtk.2018.v07.i02.p201>

Wardani, A. R., Nasution, Y. N., & Amijaya, F. D. T. (2017). Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di PT. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 12(2), 94. <https://doi.org/10.30872/jim.v12i2.651>