

Penerapan Metode Logika *Fuzzy Sugeno* untuk Optimasi Stok Sandal

Zahra Salsabila^{1*}, Sriani²

Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia
 *e-mail *Corresponding Author*. zahrasalsa2019@gmail.com

Abstract

Sandal stock management often faces challenges in accurately predicting ending stock, especially when considering fluctuations in sales, purchases and initial stock. Without an optimal system, stock management tends to be inefficient, which can lead to excess or shortage of stock, as well as financial losses. Fuzzification of historical sales data is carried out by changing firm data into fuzzy data using predetermined membership functions. Based on the fuzzy set formed, 27 fuzzy rules were prepared that combine input variables such as initial stock, sales and purchases, which are used in the fuzzy inference process to produce optimal final stock. The main objective of this research is to develop a more accurate ending stock prediction system by considering main variables such as initial stock, sales, purchases and ending stock, which can increase the efficiency of sandal stock management. The results of system testing using the average percentage error (MAPE) showed a value of 26.47%, which shows a fairly good level of accuracy in predicting final stock. Although there is room for improvement, these results show that the Fuzzy Sugeno method can be applied effectively in stock management by considering sales fluctuations.

Keywords: *Fuzzy Logic; Fuzzy Sugeno; Sale; Mean Absolute Percentage Error*

Abstrak

Pengelolaan stok sandal seringkali menghadapi tantangan dalam memprediksi stok akhir dengan akurat, terutama ketika mempertimbangkan fluktuasi penjualan, pembelian, dan stok awal. Tanpa sistem yang optimal, pengelolaan stok cenderung tidak efisien, yang dapat berujung pada kelebihan atau kekurangan stok, serta kerugian finansial. Fuzzifikasi data *historis* penjualan dilakukan dengan mengubah data tegas menjadi data *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan yang sudah ditentukan. Berdasarkan himpunan *fuzzy* yang terbentuk, disusun 27 aturan *fuzzy* yang menggabungkan variabel input seperti stok awal, penjualan, dan pembelian, yang digunakan dalam proses inferensi *fuzzy* untuk menghasilkan stok akhir yang optimal. Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan sistem prediksi stok akhir yang lebih akurat dengan mempertimbangkan variabel-variabel utama seperti stok awal, penjualan, pembelian, dan stok akhir, yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan stok sandal. Hasil pengujian sistem menggunakan rata-rata persentase kesalahan (*Mean Absolute Percentage Error / MAPE*) menunjukkan nilai sebesar 26,47%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi stok akhir. Meskipun ada ruang untuk perbaikan, hasil ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Sugeno* dapat diterapkan secara efektif dalam pengelolaan stok dengan mempertimbangkan fluktuasi penjualan.

Kata kunci: *Logika Fuzzy; Fuzzy Sugeno; Penjualan; Mean Absolute Percentage Error*

1. Pendahuluan

Dalam industri ritel, manajemen stok merupakan aspek krusial yang berdampak langsung pada efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Salah satu produk yang sering dihadapi tantangan dalam pengelolaannya adalah sandal. Kebutuhan stok sandal yang bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti musim, tren mode, dan preferensi pelanggan membuat prediksi dan optimasi stok menjadi kompleks [1]. Sandal Vinci biasanya dibuat dari material berkualitas tinggi seperti kulit asli, kulit sintetis, atau bahan tekstil yang nyaman, dan dikenal dengan desainnya yang elegan dan kualitas material yang baik [2]. Pilihan model yang

ditawarkannya meliputi sandal *slip-on* yang praktis hingga sandal berhak rendah yang cocok untuk acara semi-formal. Perubahan musim sering kali mempengaruhi permintaan sandal, dengan model tertentu yang lebih populer pada musim panas dan yang lain pada musim dingin. Selain itu, tren mode yang terus berubah dapat mempengaruhi preferensi konsumen, yang pada gilirannya mempengaruhi jenis dan jumlah sandal yang harus disediakan oleh toko. Misalnya, tren sandal dengan desain minimalis mungkin mendominasi satu musim, sementara di musim berikutnya, model yang lebih berani dengan aksen khusus mungkin menjadi pilihan utama.

Penelitian ini berfokus pada analisis terhadap produk sandal merek Vinci selama periode satu tahun dengan tujuan mengidentifikasi tren pasar, preferensi konsumen, dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja produk. Faktor lain yang menambah kompleksitas adalah preferensi pelanggan yang beragam. Beberapa pelanggan mungkin lebih memilih sandal yang nyaman dan fungsional, sementara yang lain lebih tertarik pada aspek gaya dan estetika [3]. Variabilitas ini memerlukan pendekatan manajemen stok yang dapat mengakomodasi berbagai selera dan kebutuhan, sekaligus memastikan bahwa persediaan tidak berlebihan atau kekurangan. Ketidakpastian ini menjadikan manajemen stok sandal sebagai tantangan signifikan bagi retailer. Kesalahan dalam peramalan permintaan bisa menyebabkan kelebihan stok yang mengakibatkan biaya penyimpanan yang tinggi atau bahkan kerugian akibat produk yang tidak terjual. Sebaliknya, kekurangan stok dapat menyebabkan hilangnya peluang penjualan dan menurunkan kepuasan pelanggan [4].

Untuk menghadapi tantangan ini, diperlukan metode yang lebih canggih dan fleksibel, seperti logika *fuzzy Sugeno*. Pendekatan ini memungkinkan pengelola stok untuk membuat keputusan yang lebih baik dengan mempertimbangkan berbagai faktor dan ketidakpastian yang ada. Dengan menggunakan aturan-aturan *if-then* yang dapat mencakup berbagai skenario, logika *fuzzy Sugeno* dapat membantu dalam menentukan jumlah stok optimal berdasarkan data historis, prediksi tren, dan analisis preferensi pelanggan [5]. Dalam penelitian yang berjudul "Penerapan Metode Logika *Fuzzy sugeno* untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena" yang ditulis oleh [6] membuktikan bahwa metode logika *Fuzzy Sugeno* dapat digunakan secara efisien dalam menentukan pembelian stok dan memperoleh nilai *MAPE* metode *Fuzzy Sugeno* sebesar 10,113%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan manajemen stok sandal di sebuah toko. Melalui penelitian ini, diharapkan toko tersebut dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan stok sandal, sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang optimasi persediaan stok sandal secara umum, khususnya dalam konteks perdagangan dan industri ritel. Dengan menerapkan Metode logika *Fuzzy Sugeno* diharapkan dapat mengatasi masalah fluktuasi permintaan konsumen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diterapkan Metode Logika *Fuzzy Sugeno* untuk menentukan pembelian stok sandal dengan mempertimbangkan data persediaan dan penjualan pada sebuah toko.

2. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang berjudul "Analisis Perbandingan Fuzzy Inference System Metode Mamdani dan Sugeno dalam Optimisasi Produksi Barang" yang ditulis oleh Purba dan Gultom dan diterbitkan di *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*. Pada penelitian ini membahas tentang produksi barang yang menggunakan 2 metode yaitu metode *fuzzy mamdani* dan metode *fuzzy sugeno*. Dalam penelitian ini metode logika *fuzzy sugeno* dapat membantu peramalan dalam optimasi produksi barang. Dan pada penelitian ini logika *fuzzy sugeno* memperoleh *MAPE* sebesar 7,5% [7].

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh [8] yang berjudul " Penerapan Logika *Fuzzy* Metode *Sugeno* Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Ganda Berdasarkan Data Sedia Dan Jumlah Minta (Studi Kasus : Pabrik Roti Ganda Siantar) yang diterbitkan di *Jurnal JPILKOM (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer)*. Pada penelitian ini membahas tentang penerapan logika fuzzy dalam peramalan produksi roti ganda yang hasil perhitungan rata-rata persentase kesalahan dari Logika *Fuzzy* Metode *Sugeno* yang digunakan adalah 13.07835 % sedangkan tingkat kebenaran dari hasil perhitungan tersebut adalah 86.92165%.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [9] yang berjudul " Penerapan Logika *Fuzzy* Dalam Menentukan Jumlah Peserta BPJS Kesehatan Menggunakan *Fuzzy Inference System Sugeno* " yang diterbitkan di *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*. Dalam penelitian ini Metode FIS Sugeno memiliki nilai keakuratan yang mencapai

94,17%, hal ini berarti hasil peramalan yang dilakukan mendekati dengan jumlah kepesertaan sebenarnya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [10] yang berjudul “Penerapan Metode Logika *Fuzzy Sugeno* untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena” yang di terbitkan di jurnal komtekinfo. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa hasil prediksi persediaan stok masker memperoleh *MAPE* sebesar 10,113%.

Tidak seperti penelitian-penelitian tersebut, penelitian yang dilakukan kali ini menggunakan beberapa variabel dalam proses pengolahan datanya, yakni variabel stok awal, variabel pembelian, varian penjualan, dan variabel stok akhir. Yang dimana dari setiap peningkatan atau penurunan data tersebut kan berpengaruh dalam hasil analisis serta pengambilan keputusan pihak toko dalam menyediakan stok selanjutnya. Dan untuk memaksimalkan proses pengujian, penelitian ini menerapkan data yang telah dikumpulkan dalam 3 bulan terakhir sebelum penelitian ini dimulai.

3. Metodologi

Logika *Fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multichannel* atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat biner, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk”, dan lain-lain. Oleh karena itu, semua ini dapat mempunyai nilai keanggotaan 0 atau 1. Akan tetapi, dalam logika *Fuzzy* kemungkinan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [11].

Jika X adalah sebuah koleksi objek-objek yang dinotasikan dengan x , maka himpunan *Fuzzy* \hat{A} dalam X adalah sebuah himpunan pasangan berurutan $\hat{A} = \{x, \mu_{\hat{A}}(x) | x \in X\}$. Notasi $\mu_{\hat{A}}(x)$ disebut fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan x dalam A yang memetakan X ke ruang keanggotaan M yang terletak pada rentang $[0, 1]$, bila M hanya memuat dua titik 0 dan 1, maka A adalah bukan *Fuzzy* dan $\mu_{\hat{A}}(x)$ serupa dengan karakteristik fungsi himpunan non *Fuzzy* [12].

Penalaran dengan metode *Sugeno* hampir sama dengan penalaran *Mamdani*, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *Fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. *Michio Sugeno* mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. *Singleton* adalah sebuah himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. Ada 2 model *Fuzzy* metode *Sugeno* yaitu sebagai berikut:

1) Model *Fuzzy Sugeno* Orde-Nol

Secara umum bentuk model *Fuzzy Sugeno* Orde Nol adalah:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) THEN z = k \dots \dots \dots (1)$$

dengan A_i adalah himpunan *Fuzzy* ke- i sebagai antesenden, dan k adalah suatu konstanta sebagai konsekuen.

2) Model *Fuzzy Sugeno* Orde-Satu

Secara umum bentuk model *Fuzzy Sugeno* Orde-Satu adalah:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) THEN z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \dots \dots \dots (2)$$

dengan A_i adalah himpunan *Fuzzy* ke- i sebagai antesenden, dan p_i adalah suatu konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

3) Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan output adalah sebuah nilai. Untuk aturan IF THEN Fuzzy dalam persamaan

$$RU(k) = \text{IF } x_1 \text{ is } A_{1k} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_{nk} \text{ THEN } y \text{ is } B_k \dots\dots\dots (3)$$

dimana A_{1k} dan B_k berturut-turut adalah himpunan Fuzzy dalam $U_i R$ (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ U dan $y \in V$ berturut-turut adalah variabel input dan output dari sistem Fuzzy.

Defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan Fuzzy B ke dalam $V R$ (yang merupakan output dari inferensi Fuzzy) ke titik tegas $y \in V$. Pada metode Sugeno defuzzification dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Weight Average (WA): } WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: WA = Nilai rata-rata, α_n = nilai predikat aturan ke- n , dan z_n = indeks nilai output (konstanta) ke- n .

Dalam metode Sugeno, setiap aturan fuzzy menghasilkan output yang dapat berupa konstanta atau fungsi linear dari input. Output dari setiap aturan kemudian digabungkan untuk memberikan hasil akhir yang lebih presisi [13]. Rata-rata persentase kesalahan, yang juga dikenal sebagai MAPE (Mean Absolute Percentage Error), adalah ukuran yang digunakan untuk menilai akurasi hasil perkiraan. Akurasi mengukur seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Hasil ramalan dianggap sangat baik jika nilai MAPE kurang dari 10%, cukup baik jika antara 10% dan 20%, dan kurang memuaskan jika lebih dari 50%. Berdasarkan nilai MAPE yang diperoleh, metode dianggap lebih akurat jika persentase MAPE lebih rendah [14].

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - F_i|}{X_i}}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:
 X_i = nilai data asli amatan ke- i
 F_i = nilai ramalah amatan ke- i
 n = banyaknya data

Tabel 1. Tingkat Akurasi Nilai MAPE

Nilai MAPE	Akurasi
< 10%	Sangat Tinggi
10% - 20%	Tinggi
20% - 50%	Cukup
>50%	Rendah

Untuk penelitian ini, diperlukan data mengenai jumlah pembelian stok item sebelumnya, sisa stok item, dan jumlah item yang terjual. Data tersebut dapat diperoleh melalui wawancara dengan pemilik toko. Pengumpulan data ini penting untuk memastikan akurasi dan relevansi analisis yang dilakukan. Peneliti akan melakukan wawancara verbal dengan ibu Fitri selaku pemilik toko sehingga dapat mengumpulkan data mengenai jumlah pembelian stok sandal, sisa stok sandal, dan jumlah sandal yang terjual.

Dalam penelitian ini, MATLAB digunakan untuk membantu menghitung jumlah pembelian stok sandal, terutama pada tahap defuzzifikasi, berdasarkan data sisa stok, penjualan stok, dan penambahan stok. Perhitungan ini akan menentukan jumlah stok sandal yang perlu dibeli, yang kemudian akan dievaluasi untuk memastikan tingkat akurasi yang tinggi. Peneliti akan memastikan bahwa hasil yang diperoleh mencapai akurasi optimal. Di akhir penelitian, diharapkan hasilnya dapat memberikan kontribusi positif bagi toko dengan menyediakan informasi yang akurat dan berguna untuk pengelolaan pembelian stok sandal secara optimal.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan variabel stok awal, penjualan, pembelian, dan stok akhir untuk menganalisis pengelolaan stok secara lebih efektif. Dengan memahami hubungan antara variabel-variabel tersebut, toko bisa melihat pola perubahan stok, apakah sedang naik atau turun. Hasil analisis ini akan membantu toko mengambil keputusan yang lebih tepat dalam manajemen stok sandal, sehingga kebutuhan pelanggan bisa terpenuhi dengan baik. Selain itu, strategi ini juga dapat mengurangi risiko stok yang terlalu banyak atau terlalu sedikit, sehingga operasional toko menjadi lebih efisien.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengolahan data dari sebuah toko. Data tersebut mencakup informasi mengenai stok awal, penjualan, pembelian, dan stok akhir yang diambil dari laporan toko periode Juli 2023 hingga Juni 2024. Dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Stok Sandal 2023-2024

Bulan	Stok Awal (pcs)	Penjualan (pcs)	Pembelian (pcs)	Stok Akhir (pcs)
Juli 2023	10	70	80	20
Agustus 2023	20	90	100	30
September 2024	30	85	90	35

Setiap variabel dalam penelitian ini, yaitu stok awal, penjualan, pembelian, dan stok akhir, akan diolah menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk keempat variabel tersebut terdiri dari tiga kategori utama: Sedikit, Sedang, dan Banyak.

4.1 Variabel Stok Awal

Berdasarkan data stok sandal yang tersedia, diketahui bahwa jumlah stok awal memiliki nilai minimum sebesar 10 pcs dan maksimum mencapai 94 pcs. Pada variabel stok awal, terdapat tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Ketiga himpunan ini dibagi secara proporsional dengan membagi rentang nilai secara merata. Semesta pembicaraan untuk variabel stok awal berada dalam rentang 10 hingga 94. Dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Himpunan variabel Stok Awal

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicara	Domain
Stok Awal	Sedikit		[10 - 52]
	Sedang	10 - 94	[10 52 94]
	Banyak		[52 - 94]

Berdasarkan Tabel 3, data stok awal terkecil dan terbesar selama periode Juli 2023 hingga Juni 2024 digunakan sebagai acuan untuk membentuk fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan ini dirancang berdasarkan representasi pola naik dan turun untuk mencerminkan perubahan nilai stok awal secara bertahap.

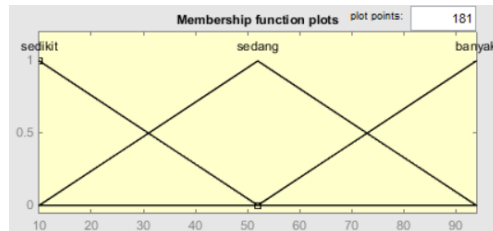
$$\mu_{\text{Sedikit}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 10 \\ \frac{52-x}{52-10}; & 10 \leq x \leq 52; \\ 0; & x \geq 52. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 94 \\ \frac{x-10}{52-10}; & 10 \leq x \leq 52 \\ \frac{94-x}{94-52}; & 52 \leq x \leq 94 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \\ \frac{x-52}{94-52}; & 52 \leq x \leq 94 \\ 1; & x \geq 94 \end{cases}$$

Untuk mengubah data tegas yang diperoleh menjadi data dalam bentuk himpunan *fuzzy*, digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini berfungsi sebagai kurva yang

memetakan setiap titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang berada dalam rentang 0 hingga 1. Dalam penelitian ini, fungsi keanggotaan yang diterapkan adalah fungsi keanggotaan berbentuk segitiga. Berdasarkan domain yang diperoleh dari Tabel 3, fungsi keanggotaan segitiga ini kemudian dibangun untuk variabel "Stok Awal".



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Stok Awal

Gambar 3 menunjukkan fungsi keanggotaan yang digunakan untuk variabel Stok Awal. Fungsi keanggotaan ini menggambarkan bagaimana setiap nilai stok awal dipetakan ke dalam tingkat keanggotaan *fuzzy* berdasarkan kategori yang telah ditentukan, seperti Sedikit, Sedang, dan Banyak.

4.2 Variabel Penjualan

Berdasarkan data stok sandal yang tersedia, diketahui bahwa jumlah Penjualan memiliki nilai minimum sebesar 60 pcs dan maksimum mencapai 502 pcs. Pada variabel penjualan, terdapat tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Ketiga himpunan ini dibagi secara proporsional dengan membagi rentang nilai secara merata. Semesta pembicaraan untuk variabel penjualan berada dalam rentang 60 hingga 502. Dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Himpunan Variabel Penjualan

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicara	Domain
Penjualan	Sedikit		[60 - 281]
	Sedang	60 – 502	[60 281 502]
	Banyak		[281 - 502]

Berdasarkan Tabel 4, data Penjualan terkecil dan terbesar selama periode Juli 2023 hingga Juni 2024 digunakan sebagai acuan untuk membentuk fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan ini dirancang berdasarkan representasi pola naik dan turun untuk mencerminkan perubahan nilai penjualan secara bertahap.

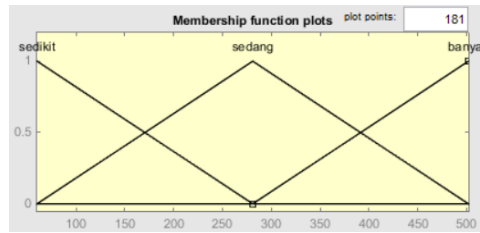
$$\mu_{Sedikit}[x_2] = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \\ \frac{281 - x}{281 - 60}; & 60 \leq x \leq 281; \\ 0; & x \geq 281. \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}[x_2] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \text{ atau } x \geq 502 \\ \frac{x - 60}{281 - 60}; & 60 \leq x \leq 281 \\ \frac{502 - x}{502 - 281}; & 281 \leq x \leq 502 \end{cases}$$

$$\mu_{Banyak}[x_2] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \\ \frac{x - 281}{502 - 281}; & 281 \leq x \leq 502 \\ 1; & x \geq 502 \end{cases}$$

Untuk mengubah data tegas yang diperoleh menjadi data dalam bentuk himpunan *fuzzy*, digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini berfungsi sebagai kurva yang memetakan setiap titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang berada dalam rentang 0 hingga 1. Dalam penelitian ini, fungsi keanggotaan yang diterapkan adalah fungsi keanggotaan

berbentuk segitiga. Berdasarkan domain yang diperoleh dari Tabel 4, fungsi keanggotaan segitiga ini kemudian dibangun untuk variabel "Penjualan".



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Penjualan

Gambar 4 menunjukkan fungsi keanggotaan yang digunakan untuk variabel Penjualan. Fungsi keanggotaan ini menggambarkan bagaimana setiap nilai penjualan dipetakan ke dalam tingkat keanggotaan *fuzzy* berdasarkan kategori yang telah ditentukan, seperti Sedikit, Sedang, dan Banyak.

4.3 Variabel Pembelian

Berdasarkan data stok sandal yang tersedia, diketahui bahwa jumlah Pembelian memiliki nilai minimum sebesar 40 pcs dan maksimum mencapai 500 pcs. Pada variabel pembelian, terdapat tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Ketiga himpunan ini dibagi secara proporsional dengan membagi rentang nilai secara merata. Semesta pembicaraan untuk variabel pembelian berada dalam rentang 40 hingga 500. Dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Himpunan Variabel Pembelian

Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Semesta Pembicara	Domain
Pembelian	Sedikit		[40 - 270]
	Sedang	40 – 500	[40 270 500]
	Banyak		[270 - 500]

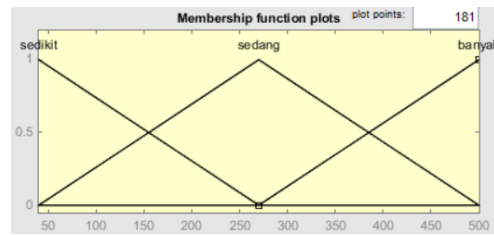
Berdasarkan Tabel 5, data Pembelian terkecil dan terbesar selama periode Juli 2023 hingga Juni 2024 digunakan sebagai acuan untuk membentuk fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan ini dirancang berdasarkan representasi pola naik dan turun untuk mencerminkan perubahan nilai penjualan secara bertahap.

$$\mu_{\text{Sedikit}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{270 - x}{270 - 40}; & 40 \leq x \leq 270; \\ 0; & x \geq 270. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 500 \\ \frac{x - 40}{270 - 40}; & 40 \leq x \leq 270 \\ \frac{500 - x}{500 - 270}; & 270 \leq x \leq 500 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \\ \frac{x - 270}{500 - 270}; & 270 \leq x \leq 500 \\ 1; & x \geq 500 \end{cases}$$

Untuk mengubah data tegas yang diperoleh menjadi data dalam bentuk himpunan *fuzzy*, digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini berfungsi sebagai kurva yang memetakan setiap titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang berada dalam rentang 0 hingga 1. Dalam penelitian ini, fungsi keanggotaan yang diterapkan adalah fungsi keanggotaan berbentuk segitiga. Berdasarkan domain yang diperoleh dari Tabel 5, fungsi keanggotaan segitiga ini kemudian dibangun untuk variabel "Pembelian".



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Pembelian

Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan yang digunakan untuk variabel Penjualan. Fungsi keanggotaan ini menggambarkan bagaimana setiap nilai penjualan dipetakan ke dalam tingkat keanggotaan *fuzzy* berdasarkan kategori yang telah ditentukan, seperti Sedikit, Sedang, dan Banyak.

4.4 Variabel Stok Akhir

Berdasarkan data stok sandal yang tersedia, diketahui bahwa jumlah Stok Akhir memiliki nilai minimum sebesar 20 pcs dan maksimum mencapai 94 pcs. Pada variabel Stok Akhir, terdapat tiga himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Sedang, dan Banyak. Ketiga himpunan ini dibagi secara proporsional dengan membagi rentang nilai secara merata. Semesta pembicaraan untuk variabel pembelian berada dalam rentang 20 hingga 94. Dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Himpunan Variabel Stok Akhir

Variabel Output	Himpunan Fuzzy	Nilai
Stok akhir	Sedikit	20
	Sedang	57
	Banyak	94

4.5 Perhitungan Fuzzy Sugeno

Berdasarkan bentuk umum dari aturan dasar *fuzzy Sugeno* dan jumlah himpunan *fuzzy* yang ada pada setiap variabel input, terdapat kemungkinan untuk membentuk 27 aturan *fuzzy* yang berbeda. Setiap aturan ini menggambarkan berbagai kombinasi kondisi dari *variabel input* yang dapat menghasilkan *output* tertentu. Rincian lengkap mengenai aturan-aturan *fuzzy* ini dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Aturan Fuzzy

No	Variabel			
	Input		Output	
	Stok Awal (x1)	Penjualan (x2)	Pembelian (x3)	Stok Akhir
1	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Sedikit
2	Sedikit	Sedikit	Sedang	Sedang
3	Sedikit	Sedikit	Banyak	Banyak
4	Sedikit	Sedang	Sedikit	Sedikit
...
27	Banyak	Banyak	Banyak	Banyak

Dalam logika *fuzzy*, aturan linguistik digunakan untuk menentukan tindakan yang tepat berdasarkan nilai input yang diberikan. Langkah pertama dalam membangun aturan *fuzzy* adalah mentransformasikan data tegas (*crisp*) menjadi himpunan *fuzzy*. Setelah itu, dilakukan perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap variabel, di mana hanya derajat keanggotaan dengan nilai tidak nol yang akan dipertimbangkan. Sebagai contoh perhitungan, derajat keanggotaan akan dihitung menggunakan data Stok Awal, Penjualan, Pembelian, dan Stok Akhir untuk periode Juli 2023 hingga September 2023. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan data untuk bulan Juli 2023. Tabel tersebut berisi informasi yang relevan mengenai variabel-variabel

yang digunakan, seperti Stok Awal, Penjualan, Pembelian, dan Stok Akhir. Data ini akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut dalam penerapan logika *fuzzy*, khususnya dalam menghitung derajat keanggotaan dan membangun aturan *fuzzy* yang sesuai.

Tabel 8. Data Bulan Juli 2023

Bulan	Stok Awal (pcs)	Penjualan (pcs)	Pembelian (pcs)	Stok Akhir (pcs)
Juli 2023	10	70	80	20

a. Stok Awal

Fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{\text{Sedikit}}[x_1] = \begin{cases} 1; & x \leq 10 \\ \frac{52-x}{52-10}; & 10 \leq x \leq 52; \\ 0; & x \geq 52. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[x_1] = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 94 \\ \frac{x-10}{52-10}; & 10 \leq x \leq 52 \\ \frac{94-x}{94-52}; & 52 \leq x \leq 94 \end{cases}$$

Berapa nilai μ (derajat keanggotaan) ketika Stok Awal adalah 10 pcs?

$$\mu_{\text{Sedikit}}[10] = 1$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[10] = 0$$

b. Penjualan

Fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{\text{Sedikit}}[x_2] = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \\ \frac{281-x}{281-60}; & 60 \leq x \leq 281; \\ 0; & x \geq 281. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[x_2] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \text{ atau } x \geq 502 \\ \frac{x-60}{281-60}; & 60 \leq x \leq 281 \\ \frac{502-x}{502-281}; & 281 \leq x \leq 502 \end{cases}$$

Berapa nilai μ (derajat keanggotaan) ketika Penjualan adalah 70 pcs?

$$\mu_{\text{Sedikit}}[70] = \frac{281-70}{281-60} = \frac{211}{221} = 0,954751131$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[70] = \frac{70-60}{281-60} = \frac{10}{221} = 0,045248869$$

c. Pembelian

Fungsi keanggotaan yang digunakan:

$$\mu_{\text{Sedikit}}[x_3] = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{270-x}{270-40}; & 40 \leq x \leq 270; \\ 0; & x \geq 270. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[x_3] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 500 \\ \frac{x-40}{270-40}; & 40 \leq x \leq 270 \\ \frac{500-x}{500-270}; & 270 \leq x \leq 500 \end{cases}$$

Berapa nilai μ (derajat keanggotaan) ketika Pembelian adalah 80 pcs?

$$\mu_{\text{Sedikit}}[80] = \frac{270 - 80}{270 - 40} = \frac{190}{230} = 0,826086957$$

$$\mu_{\text{Sedang}}[80] = \frac{80 - 40}{270 - 40} = \frac{40}{230} = 0,173913043$$

Berdasarkan perhitungan pada proses fuzzyfikasi, didapatkan nilai

1. Stok Awal ($X_1 = 10$) : $\mu_{\text{Sedikit}} = 1$ dan $\mu_{\text{Sedang}} = 0$
2. Penjualan ($X_2 = 70$) : $\mu_{\text{Sedikit}} = 0,954751131$ dan $\mu_{\text{Sedang}} = 0,045248869$
3. Pembelian ($X_3 = 80$) : $\mu_{\text{Sedikit}} = 0,826086957$ dan $\mu_{\text{Sedang}} = 0,173913043$

Dari total 27 aturan *fuzzy* yang dirumuskan, terdapat 8 aturan yang memenuhi kondisi berdasarkan nilai input yang diberikan. Aturan-aturan ini dipilih karena memiliki derajat keanggotaan yang tidak nol, yang berarti mereka relevan untuk menghasilkan output. Pemenuhan aturan ini menjadi langkah penting dalam proses inferensi *fuzzy*, di mana hanya aturan-aturan yang valid yang akan digunakan untuk menentukan hasil akhir sistem.

Tabel 9. Aturan *Fuzzy* bulan Juli 2023

Rules	Stok Awal	Penjualan	Pembelian	Stok Akhir
1	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Sedikit
2	Sedikit	Sedikit	Sedang	Sedang
4	Sedikit	Sedang	Sedikit	Sedikit
...
14	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

Untuk menentukan nilai α -predikat, variabel linguistik digabungkan menggunakan operator AND. Selanjutnya, nilai MIN (terkecil) diambil dari setiap aturan yang dihasilkan dari proses *fuzzyfikasi*.

$$\alpha - [\text{Rules 1}] = \min(\mu_{\text{Sedikit}}[10], \mu_{\text{Sedikit}}[70], \mu_{\text{Sedikit}}[80]) = \min(1; 0,954751131 ; 0,826086957) = 0,826086957$$

$$\alpha - [\text{Rules 2}] = \min(\mu_{\text{Sedikit}}[10], \mu_{\text{Sedikit}}[70], \mu_{\text{Sedang}}[80]) = \min(1; 0,954751131 ; 0,173913043) = 0,173913043$$

$$\alpha - [\text{Rules 4}] = \min(\mu_{\text{Sedikit}}[10], \mu_{\text{Sedang}}[70], \mu_{\text{Sedikit}}[80]) = \min(1; 0,045248869; 0,826086957) = 0,045248869$$

$$\alpha - [\text{Rules 5}] = \min(\mu_{\text{Sedikit}}[10], \mu_{\text{Sedang}}[70], \mu_{\text{Sedang}}[80]) = \min(1; 0,045248869; 0,173913043) = 0,045248869$$

$$\alpha - [\text{Rules 10}] = \min(\mu_{\text{Sedang}}[10], \mu_{\text{Sedikit}}[70], \mu_{\text{Sedikit}}[80]) = \min(0; 0,954751131 ; 0,826086957) = 0$$

$$\alpha - [\text{Rules 11}] = \min(\mu_{\text{Sedang}}[10], \mu_{\text{Sedikit}}[70], \mu_{\text{Sedang}}[80]) = \min(0; 0,954751131 ; 0,173913043) = 0$$

$$\alpha - [\text{Rules 13}] = \min(\mu_{\text{Sedang}}[10], \mu_{\text{Sedang}}[70], \mu_{\text{Sedikit}}[80]) = \min(0; 0,045248869; 0,826086957) = 0$$

$$\alpha - [\text{Rules 14}] = \min(\mu_{\text{Sedang}}[10], \mu_{\text{Sedang}}[70], \mu_{\text{Sedang}}[80]) = \min(0; 0,045248869; 0,173913043) = 0$$

Dalam proses ini, hanya predikat dengan nilai tidak nol yang digunakan untuk melanjutkan perhitungan. Berdasarkan analisis, terdapat 4 predikat yang memenuhi kriteria tersebut, yaitu dari aturan (*rules*) ke-1, ke-2, ke-4, dan ke-5. Predikat-predikat ini menjadi dasar dalam proses inferensi *fuzzy* untuk menghasilkan *output* akhir. Berikut adalah tabel yang menampilkan rincian predikat yang relevan.

Tabel 10. Alpha Predikat bulan Juli 2023

Rules	Alpha predikat	zn
1	0,826086957	20
2	0,173913043	57
4	0,045248869	20
5	0,045248869	20

Setelah nilai *alpha-predikat* (α) dan z_n (nilai *output fuzzy*) diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung hasil akhir menggunakan metode *Weight Average* (WA) menggunakan rumus berikut.

$$WA = \frac{a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + \dots + a_nz_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}$$

Maka perhitungannya defuzzyfikasinya seperti berikut:

$$WA = \frac{0,826086957(20) + 0,173913043(57) + 0,045248869(20) + 0,045248869(20)}{0,826086957 + 0,173913043 + 0,045248869 + 0,045248869}$$

$$WA = \frac{16,52173914 + 9,913043451 + 0,90497738 + 0,90497738}{1,090497738}$$

$$WA = \frac{28,24473735}{1,090497738} = 25,90077573$$

Perhitungan dengan menggunakan persamaan yang sama juga dilakukan pada data bulan Agustus dan September 2023.

4.6 Rata-Rata Persentase Kesalahan (MAPE)

Berikut ini adalah perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi hasil prediksi stok akhir berdasarkan data aktual dan hasil perhitungan stok akhir menggunakan metode **fuzzy Sugeno**. MAPE memberikan gambaran tentang tingkat kesalahan prediksi dalam bentuk persentase, yang memudahkan analisis efektivitas metode yang diterapkan. Dengan menghitung MAPE, dapat diukur seberapa baik model *fuzzy Sugeno* dalam memprediksi stok akhir secara konsisten dan akurat. Berikut adalah rincian perhitungan MAPE berdasarkan data yang tersedia.

Tabel 11. Perhitungan MAPE

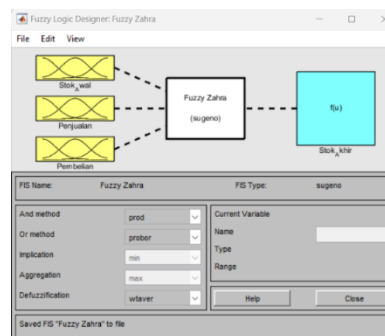
Bulan	Actual (Xi)	Fuzzy Sugeno (Fi)	Xi-Fi	Xi-Fi	Xi-Fi/Xi
Juli 2023	20	26,14	-6,14	6,14	0,307
Agustus 2023	30	34,28	-4,28	4,28	0,142666667
September 2024	35	39,8	-4,8	4,8	0,137142857
...
Juni 2024	54	57	-3	3	0,055555556
					3,176248442

$$MAPE = \frac{3,176248442}{12} \times 100\%$$

$$MAPE = 0,26468737 \times 100\% = 26,47\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh adalah sebesar 26,47%. Pada Tabel 2.1, nilai ini termasuk dalam kategori cukup. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *fuzzy Sugeno* memiliki tingkat akurasi yang cukup dalam memprediksi stok akhir. Dengan nilai MAPE tersebut, tingkat keberhasilan metode ini dapat dihitung sebagai 100% - 26,47%, yaitu sebesar 73,53%. Tingkat keberhasilan ini mengindikasikan bahwa model memiliki potensi yang baik, karena hal tersebut selaras dengan hasil MAPE yang tergolong dalam kategori cukup (Tabel 1). Namun nilai akurasi ini masih dapat ditingkatkan dengan pengoptimalan lebih lanjut pada aturan *fuzzy* atau parameter yang digunakan untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi.

4.7 Pembahasan



Gambar 5. Logika *Fuzzy Sugeno*

Gambar 5 menunjukkan tiga input *fuzzy* yang digunakan dalam sistem, serta satu output yang dihasilkan. Input-input tersebut merepresentasikan variabel-variabel yang dianalisis, seperti Stok Awal, Penjualan, dan Pembelian, yang kemudian diolah melalui aturan *fuzzy* untuk menghasilkan *output* berupa Stok Akhir. Visualisasi ini memberikan gambaran tentang struktur sistem *fuzzy* yang digunakan, termasuk hubungan antara *input* dan *output*, serta bagaimana aturan-aturan *fuzzy* diterapkan dalam proses inferensi. Dengan representasi ini, proses pengolahan data oleh sistem *fuzzy* dapat dipahami dengan lebih mudah dan jelas.

Setiap kurva pada grafik merepresentasikan tingkat keanggotaan suatu nilai penjualan terhadap masing-masing kategori. Visualisasi ini membantu dalam memahami distribusi nilai pembelian dan bagaimana variabel ini berkontribusi dalam proses inferensi *fuzzy* untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat.

Visualisasi dalam Matlab ini mempermudah pemahaman bagaimana logika *fuzzy* diterapkan dalam proses inferensi, memastikan bahwa setiap kemungkinan kondisi input dapat diakomodasi dengan aturan yang sesuai. Hal ini juga menunjukkan fleksibilitas metode Sugeno dalam menangani berbagai situasi dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Model yang dibuat menggunakan metode logika *fuzzy Sugeno* memiliki beberapa keunggulan, diantaranya *fuzzy Sugeno* bergantung pada aturan-aturan logika *fuzzy* yang disusun secara manual. Hal ini memungkinkan interpretasi yang lebih jelas serta pemahaman yang mendalam mengenai bagaimana variabel input memengaruhi output yang dihasilkan. Dengan struktur ini, model dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam pengambilan keputusan, karena pengguna dapat melacak dan memahami proses inferensi yang terjadi di dalam sistem.

Metode *fuzzy Sugeno* mampu mengintegrasikan berbagai jenis data, baik numerik maupun linguistik. Misalnya, variabel seperti "banyak," "sedang," dan "sedikit" dapat digunakan bersama data kuantitatif untuk menciptakan analisis yang lebih mendalam. Fleksibilitas ini menjadikan model lebih adaptif terhadap berbagai jenis data yang kompleks, memungkinkan penerapannya pada skenario yang lebih luas [16].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Friska yang berjudul "Penerapan Logika *Fuzzy* Metode *Sugeno* Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Ganda Berdasarkan Data Sedia Dan Jumlah Minta (Studi Kasus: Pabrik Roti Ganda Siantar)" yang diterbitkan di Jurnal JPILKOM (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer). Pada penelitian ini membahas tentang penerapan logika *fuzzy* dalam peramalan produksi roti ganda yang hasil perhitungan rata-rata persentase kesalahan dari Logika *Fuzzy* Metode *Sugeno* yang digunakan adalah 13.07835 % sedangkan tingkat kebenaran dari hasil perhitungan tersebut adalah 86.92165% [8].

Model yang dibuat menggunakan metode logika *fuzzy Sugeno* juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap data *historis* dalam proses pengambilan keputusan terkait stok sandal. Ketergantungan ini menjadi kelemahan ketika terjadi perubahan mendadak dalam permintaan atau situasi pasar, seperti adanya tren baru, fluktuasi musiman, atau gangguan tak terduga lainnya. Dalam kondisi tersebut, sistem mungkin tidak dapat merespons secara cepat dan akurat karena kurangnya mekanisme adaptif terhadap data yang belum pernah terjadi sebelumnya. Hal ini dapat menyebabkan prediksi stok yang kurang sesuai dengan kebutuhan pasar aktual.

Penentuan fungsi keanggotaan yang sesuai untuk setiap variabel dalam sistem *fuzzy Sugeno* merupakan tugas yang menantang dan memerlukan perhatian khusus. Proses ini membutuhkan pengetahuan mendalam tentang data historis, karakteristik bisnis, serta keahlian

dalam merancang fungsi keanggotaan yang mencerminkan kondisi nyata. Jika sistem melibatkan lebih dari tiga fungsi keanggotaan untuk setiap variabel, kompleksitasnya akan meningkat secara signifikan. Kesalahan dalam mendefinisikan fungsi keanggotaan dapat menyebabkan sistem menghasilkan analisis yang tidak akurat, yang pada akhirnya dapat memengaruhi efektivitas dalam pengelolaan stok.

5. Simpulan

Proses *fuzzifikasi* merupakan tahap awal dalam penerapan sistem logika *fuzzy* yang bertujuan mengubah data tegas (*crisp*) menjadi data *fuzzy*. Dalam penelitian ini, data stok sandal selama periode Juli 2023 hingga Juni 2024 telah difuzzifikasi dengan mempertimbangkan variabel-variabel utama, yaitu stok awal, penjualan, pembelian, dan stok akhir. Berdasarkan himpunan *fuzzy* yang dibangun, disusun 27 aturan *fuzzy* yang mencakup berbagai kombinasi kondisi variabel input seperti stok awal, penjualan, dan pembelian. Aturan-aturan ini digunakan dalam proses *inferensi fuzzy* untuk menghasilkan stok akhir yang optimal, memungkinkan model memberikan keputusan yang akurat dan fleksibel sesuai data yang tersedia. Dari hasil pengujian rata-rata persentase kesalahan, diperoleh nilai *MAPE* sebesar 26,47%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Hasil ini membuktikan bahwa sistem yang diterapkan memiliki kemampuan yang memadai dalam memprediksi stok akhir dan dapat digunakan sebagai alat untuk mengoptimalkan pengelolaan stok sandal secara efisien. Meskipun ada ruang untuk perbaikan, sistem ini sudah memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi optimasi stok yang dapat dilakukan berdasarkan data historis yang ada.

Daftar Referensi

- [1] S. Fadila, "Aplikasi Ricezzy Untuk Menghitung Irigasi Tanaman Padi Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *JEKIN - J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2022, doi: 10.58794/jekin.v2i1.88.
- [2] A. H. Agustin, G. K. Gandhiadi, and T. B. Oka, "Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Harga Jual Sepeda Motor Bekas," *E-J. Mat.*, vol. 5, no. 4, p. 176-188, Nov. 2016, doi: 10.24843/MTK.2016.v05.i04.p138.
- [3] A. Zalukhu, S. Purba, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart", *Jurnal Teknologi, Informasi dan Industri*, vol. 4, no. 1, pp. 121-134, 2023.
- [4] Ansar, R. Karim, Salim, and E. Khudriah, "Implementasi Fuzzy Inference System Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Optimalisasi Produksi Tahu," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 276–285, Dec. 2023, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3650.
- [5] S. Saifulloh and N. I. F. Nisa, "Penerapan Metode K-Means dan Fuzzy Sugeno dalam Pemetaan Tingkat Produksi Masker Kain di Masa Pandemi," *EXPERT J. Manaj. Sist. Inf. Dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 01-12, Jun. 2021, doi: 10.36448/expert.v11i1.1972.
- [6] Muhammad Alwi Baihaqi and Sriani, "Penerapan Metode Logika Fuzzy Sugeno untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena," *J. KomtekInfo*, vol. 10, no. 4, pp. 141–149, 2023, doi: 10.35134/komtekinfo.v10i4.455.
- [7] T. M. Purba and P. Gultom, "Analisis Perbandingan Fuzzy Inference System Metode Mamdani dan Sugeno dalam Optimisasi Produksi Barang," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 4076–4088, 2024.
- [8] M. Efriska, I. nadika Rati, T. fatika sar Siregar, and S. R. Andani, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Ganda Berdasarkan Data Sedia Dan Jumlah Minta (Studi Kasus : Pabrik Roti Ganda Siantar)," *J. JPILKOM*, vol. 2, no. 2, pp. 3025–6887, 2024.
- [9] R. Bakri, A. N. Rahma, I. Suryani, and Y. Sari, "Penerapan Logika Fuzzy Dalam Menentukan Jumlah Peserta Bpjs Kesehatan Menggunakan Fuzzy Inference System Sugeno," *J. Lebesgue J. Ilm. Pendidik. Mat. Mat. Dan Stat.*, vol. 1, no. 3, pp. 182–192, Dec. 2020, doi: 10.46306/lb.v1i3.38.
- [10] Muhammad Alwi Baihaqi and Sriani, "Penerapan Metode Logika Fuzzy Sugeno untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena," *J. KomtekInfo*, vol. 10, no. 4, pp. 141–149, 2023, doi: 10.35134/komtekinfo.v10i4.455.
- [11] D. Rifai and F. Fitriyadi, "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno dalam Keputusan Jumlah Produksi Berbasis Website," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 102–109, Jul. 2023, doi: 10.56211/helloworld.v2i2.297.

- [12] D. L. Rahakbauw, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus: Pabrik Roti Sarinda Ambon)", *BAREKANG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 9, no. 2, pp. 121-134, 2020, <https://doi.org/10.30598/barekengvol9iss2pp121-134>
- [13] D. Rifai and F. Fitriyadi, "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno dalam Keputusan Jumlah Produksi Berbasis Website," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 102–109, 2023, doi: 10.56211/helloworld.v2i2.297.
- [14] D. P. P. Astuti and Mashuri, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor," *UNNES J. Math.*, vol. 1, no. 2252, pp. 75–84, 2020.
- [15] R. Rahmawati, A. N. Rahma, and H. Hernita, "Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Jumlah Pembiayaan Rahn Berdasarkan Jumlah Nasabah Dan Harga Emas," *MAp Math. Appl. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 40–49, Dec. 2020, doi: 10.15548/map.v2i2.2263.
- [16] C. A. Oktavia and R. Maulidi, "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Reward Pada Game Edukasi Aku Bisa," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 17, no. 2, p. 117, Aug. 2019, doi: 10.12962/j24068535.v17i2.a825.