

Analisis Persediaan Rumput Laut Basah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani pada Industri Makanan

Fajar Ardian Cahyo Putra¹, Tedjo Sukmono^{2*}

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Mojopahit No.666 B, Sidowayah, Celep, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo
Email: 201020700049@umsida.ac.id, thedjoss@umsida.ac.id

ABSTRAK

Dalam era digital, pengambilan keputusan yang tepat sangat penting, terutama dalam pengelolaan persediaan untuk mendukung produksi dan memenuhi permintaan. Masalah seperti kelebihan (15%) dan kekurangan (4%) persediaan sering terjadi akibat fluktuasi permintaan yang sulit diprediksi. Untuk itu, dibutuhkan sistem pengendalian stok dan metode peramalan yang andal. Penelitian ini menggunakan logika Fuzzy Mamdani untuk mengatasi ketidakpastian dan mengoptimalkan pengelolaan persediaan secara cerdas. Tujuan penelitian adalah menganalisis persediaan bahan baku, risiko kekurangan bahan baku, dan memberikan saran berbasis data untuk manajemen yang lebih efisien. Logika Fuzzy Mamdani dipilih karena kemampuannya mengelola data tidak pasti dan menyerupai cara berpikir manusia, serta menghasilkan sistem kontrol cerdas yang mampu memberikan penilaian akurat dalam kondisi tidak pasti. Himpunan fuzzy terbukti lebih unggul dibandingkan metode konvensional pada sistem tertanam. Berdasarkan penelitian, prediksi persediaan sebesar 524 ton diperoleh untuk produksi 26 ton dan permintaan 28 ton (Oktober), dengan MAPE 41,475% (kategori cukup). Secara metodologis, fuzzy Mamdani efektif menangani ketidakpastian. Secara praktis, metode ini membantu pengambilan keputusan dalam manajemen persediaan. Inferensi berbasis aturan menjadi komponen yang paling berkontribusi dalam menentukan output sistem pendukung keputusan.

Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Pengendalian Persediaan, Industri Makanan, Logika Fuzzy.

ABSTRACT

In the digital era, accurate decision-making is critical, particularly in inventory management to support production and meet market demand. Issues such as overstocking (15%) and understocking (4%) frequently arise due to unpredictable demand fluctuations. Therefore, a reliable stock control system and forecasting method are essential. This study employs the Mamdani Fuzzy Logic approach to address uncertainty and intelligently optimize inventory management. The objective of this research is to analyze raw material inventory, assess the risk of shortages, and provide data-driven recommendations for more efficient management. The Mamdani Fuzzy Logic method was selected for its ability to process uncertain data, emulate human reasoning, and generate an intelligent control system capable of delivering accurate assessments under uncertain conditions. Fuzzy sets have been proven to outperform conventional methods in embedded systems. Based on the research findings, an inventory prediction of 524 tons was obtained for a production volume of 26 tons and demand of 28 tons in October, with a MAPE value of 41.475% (classified as "fair" accuracy). Methodologically, Mamdani fuzzy logic is effective in addressing uncertainty; practically, it supports decision-making in inventory management. Rule-based inference emerged as the most significant component in determining the output of the decision support system.

Keywords: Decision Support System, Inventory Control, Food Industry, Fuzzy Logic.

Pendahuluan

Dalam era digital yang terus berkembang, pengambilan keputusan yang efektif merupakan faktor penting untuk mencapai kesuksesan bagi perusahaan [1]. Terutama dalam konteks persediaan, penetapan jumlah persediaan yang ideal sangat penting untuk memenuhi hasil produksi [2]. Persediaan merujuk pada seluruh barang dan peralatan yang dimiliki oleh perusahaan untuk proses produksi serta keberlanjutan kegiatan di dalam perusahaan [3]. Hal ini dilakukan sesuai dengan permintaan dari konsumen dan berlaku di berbagai sektor industri [4]. Oleh karena itu, diperlukan cara yang tepat untuk mengatasi masalah persediaan tersebut agar dapat meningkatkan hasil produksi yang diinginkan [5].

Kesulitan yang terkait dengan penanganan dan pengelolaan persediaan selama penelitian di perusahaan tersebut menunjukkan adanya kelebihan persediaan (overstock) sebesar 15% serta kekurangan bahan baku (outstock) yang mencapai 4%[6]. Kondisi ini disebabkan karena tidak terpenuhinya bahan baku yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan produksi sebagai respon terhadap permintaan, dan dapat mempengaruhi kapasitas penyimpanan di gudang[7]. Hal ini mengakibatkan kerugian akibat produksi yang berlebihan dan menimbulkan permasalahan bagi perusahaan[8]. Perubahan dalam permintaan yang tidak dapat diprediksi dapat menciptakan suatu keadaan di mana diperlukan metode untuk menentukan besarnya keluaran produk, agar perusahaan dapat mencegah kerugian, serta mengoptimalkan jumlah produksi[9]. Dengan demikian, perusahaan harus mempunyai rencana pengendalian stok yang terencana dan didukung oleh sistem perkiraan permintaan yang tepat. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, membahas tentang masalah ketidakpastian dalam menentukan persediaan[10]. penanganan masalah tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto melalui perangkat lunak Matlab, sehingga diperoleh hasil yang diharapkan dari variabel yang telah diteliti[11].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis persediaan bahan baku dan risiko kekurangan bahan baku, serta memberikan saran berdasarkan data untuk pengelolaan persediaan yang lebih efisien[12]. Dalam penelitian ini logika Fuzzy Mamdani digunakan untuk mengelola data yang tidak pasti, serta terinspirasi oleh cara berpikir manusia[13]. Dan dapat membuka sistem kontrol cerdas yang bisa membuat penilaian yang akurat dalam situasi yang sangat tidak pasti[14]. Himpunan fuzzy memiliki hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode konvensional di sistem tertanam[15]. Logika fuzzy dipilih karena kemampuannya dalam mengelola ketidakpastian saat menentukan prioritas kejadian, sehingga memudahkan dalam proses penerapannya[16].

Sampai saat ini, kajian yang secara khusus mengaplikasikan logika fuzzy Mamdani dalam pengelolaan stok bahan baku basah pada industri pengolahan rumput laut masih belum ditemukan[17]. Industri ini memiliki karakteristik unik dan tantangan tersendiri dalam manajemen bahan bakunya[18]. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dengan mengembangkan model estimasi stok berbasis logika fuzzy yang ditujukan untuk bahan baku basah, suatu pendekatan yang masih jarang diterapkan dalam konteks industri makanan, khususnya pada subsektor pengolahan rumput laut[19].

Metode Penelitian

Sumber Data

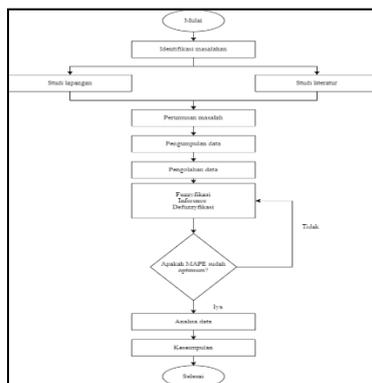
Penelitian ini dilakukan di suatu industri makanan yang bergerak dibidang pengolahan rumput laut di wilayah Pasuruan. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan. Terdapat tiga tahap penelitian yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyelesaian.

Variabel

Beberapa variabel diperlukan untuk mengidentifikasi data yang digunakan dalam perhitungan dan analisis masalah. Beberapa faktor seperti permintaan, persediaan dan produksi dapat mempengaruhi proses produksi[20]. Dalam penelitian ini terdapat dua pengumpulan data yaitu pengumpulan data primer dengan melakukan wawancara pada pihak yang bertanggung jawab langsung dari perusahaan tersebut guna mendapatkan data mengenai data permintaan, data persediaan, serta data produksi[21]. Dan pengumpulan data sekunder yaitu data permintaan, data persediaan, data produksi[22].

Desain Penelitian

Logika fuzzy mamdani digunakan untuk menentukan jumlah persediaan bahan baku. Dalam melakukan kegiatan penelitian, hal penting yang perlu diperhatikan adalah menyusun alur[23]. Pada tahap penyelesaian penelitian terdapat beberapa langkah yang harus diikuti, seperti gambar desain penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Penelitian Logika Fuzzy

Tahapan Serta Alat Analisis Logika Fuzzy Mamdani

A. Fuzzyfikasi

Langkah awal dalam menggunakan metode mamdani yaitu membentuk himpunan fuzzy, dimana nilai-nilai input di ubah menjadi fungsi keanggotaan fuzzy[24]. Dalam penelitian ini, telah diidentifikasi tiga variabel fuzzy yang menjadi fokus utama yaitu:

- Produksi
Terbagi menjadi dua himpunan fuzzy, yakni: BERKURANG, dan BERTAMBAH.
- Permintaan
Terbagi menjadi dua himpunan fuzzy, yakni: SEDIKIT, dan BANYAK.
- Persediaan
Terbagi menjadi dua himpunan fuzzy, yakni: TURUN, dan NAIK.

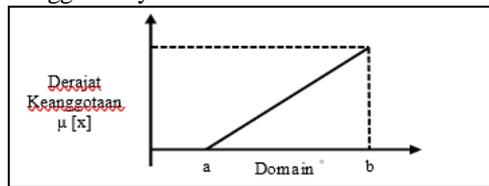
Berikut adalah rumus untuk perhitungan domain:

$$\text{Produksi Berkurang} = \frac{\text{Nilai Minimum Produksi} + \text{Nilai Maksimum Produksi}}{2} \tag{1}$$

$$\text{Permintaan Sedikit} = \frac{\text{Nilai Minimum Produksi} + \text{Nilai Maksimum Produksi}}{2} \tag{2}$$

$$\text{Persediaan Turun} = \frac{\text{Nilai Minimum Produksi} + \text{Nilai Maksimum Produksi}}{2} \tag{3}$$

Representasi linier naik, fungsi keanggotaannya berbentuk:



Gambar 2. Linier Naik

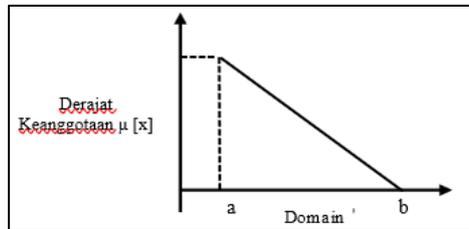
$$\mu [x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \tag{4}$$

Keterangan :

a = nilai terkecil dalam variabel

b = nilai terbesar dalam variabel

x = nilai variable



Gambar 3. Linier Turun

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{x-b}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \tag{5}$$

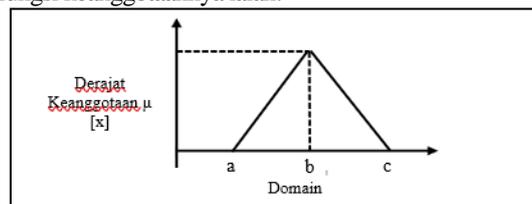
Keterangan :

a = nilai terkecil dalam variabel

b = nilai terbesar dalam variabel

x = nilai variable

Representasi kurva segitiga, fungsi keanggotaannya ialah:



Gambar 4. Kurva Segitiga

$$\text{Segitiga } [x; a, b, c] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq b \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x < c \\ c = x & \end{cases} \quad (6)$$

Keterangan :

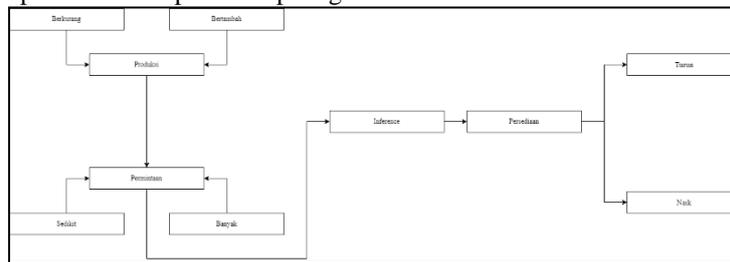
a = nilai terkecil dalam variabel

b = nilai terbesar dalam variabel

x = nilai variabel

B. Inferensi

Langkah selanjutnya setelah proses fuzzifikasi adalah merumuskan aturan atau perintah fuzzy. Proses ini melibatkan kombinasi dari setiap himpunan variabel input[25]. Dalam penelitian ini, variabel permintaan digambarkan oleh himpunan fuzzy yang dibagi menjadi dua himpunan fuzzy sedikit, dan banyak. Sementara itu, variabel persediaan diklasifikasikan menjadi himpunan fuzzy turun, dan naik[26]. Untuk variabel produksi, kita menggunakan himpunan fuzzy yang terdiri dari berkurang dan bertambah. Secara lebih rinci, desain fuzzy Inference System (FIS) dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Inference

C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah atau mengembalikan hasil fuzzy menjadi nilai crisp dengan merujuk pada fungsi keanggotaan yang telah ditentukan[27]. Dalam proses defuzzifikasi, input yang digunakan adalah himpunan fuzzy yang dihasilkan dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan hasilnya adalah nilai yang berada dalam lingkup himpunan fuzzy tersebut[28]. Para peneliti menggunakan metode centroid area, yang dilakukan dengan membagi luas momen dengan luas keseluruhan area[7]. Defuzzifikasi digunakan untuk memperoleh keluaran logika yang jelas (crisp) sebagai hasil dari proses fuzzy[15]. Dalam metode mamdani untuk proses defuzzifikasi atau penegasan, terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan. Namun dalam penelitian ini metode yang diterapkan adalah metode centroid. Pemilihan metode logika fuzzy Mamdani dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristiknya yang sesuai untuk pengambilan keputusan berbasis linguistik dan penalaran manusia. Mamdani juga lebih mudah dipahami karena menggunakan aturan IF-THEN yang menyerupai logika manusia dalam menyusun keputusan. Hal ini menjadikannya cocok untuk diterapkan pada sistem pengendalian persediaan bahan baku yang memiliki variabel tidak pasti, seperti produksi dan permintaan.

Dalam proses defuzzifikasi, digunakan metode centroid (titik pusat area) karena metode ini menghasilkan nilai crisp yang mewakili keseimbangan distribusi himpunan fuzzy secara menyeluruh. Defuzzifikasi sendiri adalah proses untuk mengubah hasil fuzzy menjadi keluaran numerik yang jelas (crisp) dengan merujuk pada fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Inputnya berupa himpunan fuzzy hasil komposisi aturan fuzzy, sementara output-nya adalah nilai tunggal yang berada dalam rentang semesta pembicaraan fuzzy tersebut. Metode centroid dipilih karena paling umum digunakan dalam implementasi fuzzy Mamdani, serta menghasilkan keputusan yang stabil dan representatif secara matematis dengan cara membagi momen luas dengan total luas area kurva keanggotaan fuzzy. Oleh karena itu, kombinasi logika fuzzy Mamdani dengan defuzzifikasi centroid memberikan landasan yang kuat baik secara teoritis maupun praktis dalam sistem pengambilan keputusan persediaan bahan baku rumput laut basah ini.

$$Z^* = \frac{\int_a^b z \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz}$$

Keterangan:

Z^* = nilai hasil defuzzifikasi

Z = nilai output pada aturan ke- i

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan nilai output pada aturan ke- i

Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan serangkaian wawancara dengan pihak penanggung jawab dalam persediaan bahan baku di sebuah perusahaan yang beroperasi di sektor industri makanan. dimana bahan baku utama menggunakan rumput laut yang masih dalam keadaan basah, kemudian di keringkan dan di proses hingga menjadi bubuk tepung.

Berikut merupakan data produksi, permintaan, dan persediaan di tahun 2022-2023 pada perusahaan makanan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Inventory pada Tahun 2022-2023

Bulan	Produksi (Bubuk Tepung/Ton)	Permintaan (Ton)	Persediaan (Rumput Laut Basah/Ton)
Oktober 2022	26	28	300
November 2022	28	27	310
Desember 2022	30	32	310
Januari 2023	27	28	330
Februari 2023	28	29	320
Maret 2023	26	29	330
April 2023	30	31	320
Mei 2023	38	35	410
Juni 2023	32	30	400
Juli 2023	30	31	320
Agustus 2023	29	32	330
September 2023	28	30	330
TOTAL	352	362	4010

Pengolahan Data

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Terdapat tiga variabel fuzzy yang dimodelkan, yaitu variabel produksi, permintaan, dan persediaan. Setiap variabel tersebut memiliki dua himpunan fuzzy yang berbeda. Selanjutnya, kita akan mendefinisikan ruang lingkup pembicaraan untuk setiap variabel fuzzy beserta domain dari himpunan fuzzy yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Ruang Pembicara

Fungsi	Variabel	Ruang Pembicara	Nama Himpunan Fuzzy	Kisaran data Produksi
Input	Produksi	26-38 (Bubuk Tepung/Ton)	Berkurang	26-32
			Bertambah	32-38
	Permintaan	27-35 (Ton)	Sedikit	27-31
			Banyak	31-35
Output	Persediaan	300-410 (Rumput laut basah/ton)	Turun	300-355
			Naik	355-410

Perhitungan *Domain*:

1. Variabel Produksi

$$\begin{aligned} \text{Produksi Berkurang} &= \frac{26+38}{2} \\ &= 32 \text{ ton bubuk tepung} \end{aligned}$$

2. Variabel Permintaan

$$\begin{aligned} \text{Permintaan Sedikit} &= \frac{27+35}{2} \\ &= 31 \text{ ton} \end{aligned}$$

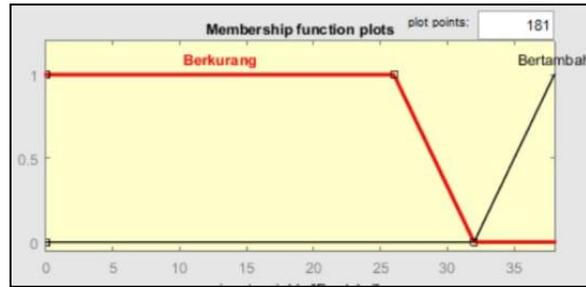
3. Variabel Persediaan

$$\begin{aligned} \text{Persediaan Turun} &= \frac{300+410}{2} \\ &= 355 \text{ ton rumput laut basah} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy dari setiap variabel fuzzy yang dapat dilihat dibawah ini.

a. Produksi

Berdasarkan data produksi (x) memiliki nilai paling banyak sebesar 38 ton di bulan Mei dan paling sedikit sebesar 26 ton di bulan Oktober dan Maret, Maka fungsi keanggotaan dirumuskan :



Gambar 6. Grafik Produksi

$$\mu_{\text{Berkurang}} [x] = \begin{cases} \frac{38-x}{38-26}; & 26 < x < 38 \\ 0; & x \geq 38 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Bertambah}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 26 \\ \frac{x-26}{38-26}; & 26 < x < 38 \\ 1; & x \geq 38 \end{cases}$$

Apabila produksi mencapai 27, maka derajat keanggotaan pada setiap himpunan *fuzzy* adalah:

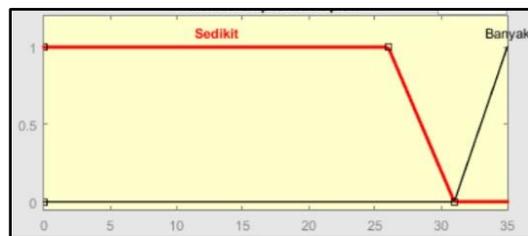
- Himpunan *fuzzy* Berkurang, :

$$\mu_{\text{Produksi Berkurang}} [27] = \frac{38-27}{38-26} = \frac{11}{12} = 0,916$$
- Himpunan *fuzzy* Bertambah

$$\mu_{\text{Produksi Bertambah}} [27] = \frac{27-26}{38-26} = \frac{1}{12} = 0,083$$

b. Permintaan

Berdasarkan data permintaan (x) memiliki nilai paling banyak sebesar 35 ton di bulan Mei dan paling sedikit sebesar 27 ton di bulan November, Maka fungsi keanggotaan dirumuskan :



Gambar 7. Grafik Permintaan

$$\mu_{\text{Sedikit}} [y] = \begin{cases} \frac{35-y}{35-27}; & 27 < y < 35 \\ 0; & y \geq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Banyak}} [y] = \begin{cases} 0; & y \leq 27 \\ \frac{y-27}{35-27}; & 27 < y < 35 \\ 1; & y \geq 35 \end{cases}$$

Apabila persediaan mencapai 28 ton, maka derajat keanggotaan pada setiap himpunan *fuzzy* adalah:

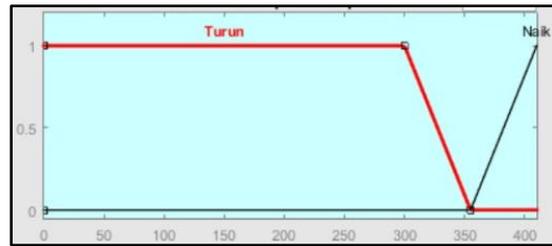
- Himpunan *fuzzy* Sedikit,

$$\mu_{\text{Permintaan Sedikit}} = \frac{35-28}{35-27} = \frac{7}{8} = 0,875$$
- Himpunan *fuzzy* Banyak,

$$\mu_{\text{Permintaan Banyak}} = \frac{28-27}{35-27} = \frac{1}{8} = 0,125$$

c. Persediaan

Berdasarkan data persediaan (x) memiliki nilai paling naik sebesar 410 ton di bulan Mei dan paling turun sebesar 300 ton di bulan Oktober, Maka fungsi keanggotaan dirumuskan :



Gambar 8. Grafik Persediaan

$$\mu_{Turun} [x] = \begin{cases} \frac{410 - x}{410 - 300}; & 300 < x < 410 \\ 0; & x \geq 410 \\ 0; & x \leq 300 \end{cases}$$

$$\mu_{Naik} [x] = \begin{cases} \frac{410 - x}{410 - 300}; & 300 < x < 410 \\ 1; & x \geq 410 \\ 0; & x \leq 300 \end{cases}$$

2. Inference

Pada tahap inferensi, berarti mengintegrasikan atau mengkombinasikan aturan-aturan yang terdapat dalam data dengan memanfaatkan aturan fuzzy. Aturan penalaran fuzzy dapat dibentuk berdasarkan informasi yang tersedia, sebagaimana disajikan dalam table 3.

Tabel 3. Rule Inference Fuzzy

Aturan	Produksi	Permintaan	Fungsi Implikasi	Persediaan
R1	Berkurang	Sedikit	⇒	Turun
R2	Berkurang	Banyak	⇒	Turun
R3	Berkurang	Sedikit	⇒	Naik
R4	Bertambah	Banyak	⇒	Naik

Aturan-aturan ini diambil berdasarkan pendapat beberapa jurnal ilmiah, Aturan (rule) dalam logika fuzzy ditentukan berdasarkan keputusan dari sejumlah ahli dan dipilih sesuai dengan keadaan yang akan terjadi dalam situasi mendatang.

A. Penentuan Derajat Keanggotaan

Perhitungan tingkat keanggotaan didasarkan pada atribut yang ditentukan pada dua variabel sebelumnya untuk menentukan pengoptimalan persediaan mulai dari Oktober hingga September 2023.

a). Penentuan Derajat Keanggotaan pada Variabel Produksi (BERKURANG - BERTAMBAH)

Jika diketahui pada bulan Januari terdapat produksi sebanyak 26 ton, maka:

$$\mu[x]_{BERKURANG} = \frac{\text{Produksi Maksimum} - \text{Produksi Per Bulan}}{\text{Produksi Maksimum} - \text{Produksi Minimum}}$$

$$\mu[x]_{BERKURANG}(26) = \frac{38 - 26}{38 - 26} = 1$$

$$\mu[x]_{BERTAMBAH} = \frac{\text{Produksi Per Bulan} - \text{Produksi Minimum}}{\text{Produksi Maksimum} - \text{Produksi Minimum}}$$

$$\mu[x]_{BERTAMBAH}(38) = \frac{26 - 26}{38 - 26} = 0$$

Tabel 4. Derajat Keanggotaan Variabel Produksi

Bulan	Produksi (Bubuk tepung/ton)	μ (Rata-Rata) BERKURANG	$\mu[x]$ (Rata-Rata) BERTAMBAH
Oktober	26	1,000	0,000
November	28	0,800	0,167
Desember	30	0,667	0,333

Januari	27	0,917	0,083
Februari	28	0,833	0,167
Maret	26	1,000	0,000
April	30	0,667	0,333
Mei	38	0,000	1,000
Juni	32	0,500	0,500
Juli	30	0,667	0,333
Agustus	29	0,750	0,250
September	28	0,833	0,167

Dalam variabel produksi ditemukan bahwa nilai terendah terjadi pada bulan Oktober dan Maret sebesar 26 ton, sementara nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei dengan jumlah 38 ton. Oleh karena itu, dalam perhitungan derajat keanggotaan pada kurva berkurang nilai domain dimulai dari sisi kiri, yang menunjukkan keanggotaan tinggi hingga keanggotaan yang lebih rendah. Dengan demikian pada bulan Oktober dan Maret menghasilkan nilai keanggotaan sebesar 1, sedangkan pada bulan Mei menghasilkan nilai keanggotaan sebesar 0. Dalam kurva bertambah yang merupakan kebalikan dari kurva berkurang, nilai domain dimulai dari sisi kanan atau dari tingkat keanggotaan rendah ke tinggi. Dengan demikian nilai 1 terdapat pada bulan Mei, sementara nilai 0 terdapat pada bulan Maret dan Oktober.

b). Penentuan derajat keanggotaan pada variabel permintaan (SEDIKIT-BANYAK)

jika diketahui pada bulan Oktober terdapat permintaan sebanyak 28 ton , maka:

$$\mu[x]SEDIKIT = \frac{\text{Permintaan Maksimum}-\text{Permintaan Per Bulan}}{\text{Permintaan Maksimum}-\text{Permintaan Minimum}}$$

$$\mu[x]SEDIKIT(26) = \frac{35-28}{35-27} = 0,875$$

$$\mu[x]BANYAK = \frac{\text{Permintaan Per Bulan}-\text{Permintaan Minimum}}{\text{Permintaan Maksimum}-\text{Permintaan Minimum}}$$

$$\mu[x]BANYAK(28) = \frac{28-27}{35-27} = 0,125$$

Tabel 5. Derajat Keanggotaan Variabel Permintaan

Bulan	Permintaan (Ton)	μ (Rata-Rata) Sedikit	μ [X] (Rata-Rata) Banyak
Oktober	28	0,875	0,125
November	27	1,000	0,000
Desember	32	0,375	0,625
Januari	28	0,875	0,125
Februari	29	0,750	0,250
Maret	29	0,750	0,250
April	31	0,500	0,500
Mei	35	0,000	1,000
Juni	30	0,625	0,375
Juli	31	0,500	0,500
Agustus	32	0,375	0,625
September	30	0,625	0,375

Dalam variabel permintaan ditemukan bahwa nilai terendah terjadi pada bulan November sebesar 27 ton, sementara nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei dengan jumlah 35 ton. Oleh karena itu, dalam perhitungan derajat keanggotaan pada kurva sedikit nilai domain dimulai dari sisi kiri, yang menunjukkan keanggotaan tinggi hingga keanggotaan yang lebih rendah. Dengan demikian pada bulan November menghasilkan nilai keanggotaan sebesar 0, sedangkan pada bulan Mei menghasilkan nilai keanggotaan sebesar 1. Dalam kurva banyak yang merupakan kebalikan dari kurva sedikit, nilai domain dimulai dari sisi kanan atau dari tingkat keanggotaan rendah ke tinggi. Dengan demikian nilai 1 terdapat pada bulan Mei, sementara nilai 0 terdapat pada bulan November.

c). Menghitung Predikat Aturan dan Nilai Z

Langkah selanjutnya setelah melakukan inferensi adalah menggunakan metode MIN dengan cara mengambil nilai minimum sesuai aturan (*rule*) yang telah dibuat. Dengan tujuan untuk memodifikasi operator OP (gabungan). Berikut perhitungan aturan dan nilai z.

R[1] IF Produksi Berkurang AND Permintaan Sedikit THEN Persediaan Turun
 $\text{MIN}(\mu_{\text{Produksi Berkurang}}, \mu_{\text{Permintaan Sedikit}}[28])$

$$= \text{MIN}(1 : 0,875)$$

$$= 0,875$$

Substitusi ke Rumus Himpunan Persediaan Turun

$$\mu_{\text{Persediaan Bertambah}} [z] = \frac{(410-z)}{(410-300)}$$

$$= 410-(410-300)*0,875 = 110$$

$$= 313,750$$

R[2] IF Produksi Berkurang AND Permintaan Banyak THEN Persediaan Turun
 $\text{MIN}(\mu_{\text{Produksi Berkurang}}[26], \mu_{\text{Permintaan Banyak}}[28])$

$$= \text{MIN}(1 : 0,125)$$

$$= 0,125$$

Substitusi ke Rumus Himpunan Persediaan Turun

$$\mu_{\text{Persediaan Bertambah}} [z] = \frac{(410-z)}{(410-300)}$$

$$= 410-(410-300)*0,125$$

$$= 396,250$$

R[3] IF Produksi Berkurang AND Permintaan Sedikit THEN Persediaan Naik
 $\text{MIN}(\mu_{\text{Produksi Berkurang}}[26], \mu_{\text{Permintaan Sedikit}}[28])$

$$= \text{MIN}(1 : 0,875)$$

$$= 0,875$$

Substitusi ke Rumus Himpunan Persediaan Naik

$$\mu_{\text{Persediaan Bertambah}} [z] = \frac{(z-300)}{(410-300)}$$

$$= 0,875*(410-300)+300$$

$$= 396,250$$

R[4] IF Produksi Bertambah AND Permintaan Banyak THEN Persediaan Naik
 $\text{MIN}(\mu_{\text{Produksi Bertambah}}[26], \mu_{\text{Permintaan Banyak}}[28])$

$$= \text{MIN}(0 : 0,125)$$

$$= 0$$

Substitusi ke Rumus Himpunan Persediaan Naik

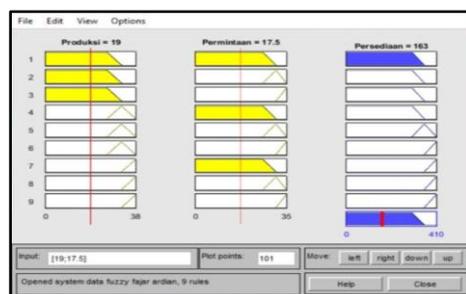
$$\mu_{\text{Persediaan Bertambah}} [z] = \frac{(z-300)}{(410-300)}$$

$$= 0*(410-300)+300$$

$$= 300$$

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi, yang sering disebut sebagai penegasan, adalah tahap terakhir dalam proses penghitungan logika fuzzy. Proses ini dilakukan dengan cara menentukan nilai rata-rata dari setiap masukan dan keluaran yang telah dihitung sebelumnya. Untuk menentukan nilai yang jelas, langkah yang diambil adalah membagi area menjadi tiga bagian yang masing-masing memiliki luas A1, A2, dan A3, serta menghitung momen untuk nilai keanggotaan masing-masing yang dinamakan M1, M2, dan M3.



Gambar 9. Defuzzifikasi

Perhitungan nilai t:

$$\frac{t_1-300}{410-300} = 0,125$$

$$t_1 = (0,125 * 110) + 300 = 313,750$$

$$\frac{t_2 - 300}{410 - 300} = 0,916$$

$$t_2 = (0,916 * 110) + 300 = 400,760$$

Perhitungan daerah hasil:

$$\mu_{PD}[z] = \left\{ \begin{array}{ll} 0; & z \leq 300 \\ \frac{z-300}{410-300}; & 300 < z < 313,750 \\ 0,125; & 313,750 < z < 400,760 \\ \frac{410-z}{410-400,76}; & 400,76 < z < 410 \\ 0,916; & z \geq 410 \end{array} \right\}$$

Menghitung luas momen:

$$M1 = \int_0^{313,750} (0,125) z dz$$

$$= \frac{(1.575.025)}{256}$$

$$= 6.152,441$$

$$M2 = \int_{313,750}^{400,760} \frac{z-110}{410-110} z dz$$

$$= \frac{(23.222.267.708.101)}{900.000.000}$$

$$= 25.802,520$$

$$M3 = \int_{400,760}^{410} (0,916) z dz$$

$$= \frac{(1.072.209.831)}{3.12.500}$$

$$= 3.431,071$$

Menghitung luas area setiap daerah:

$$A1 = 110 \times (0,125)$$

$$= 13,750$$

$$A2 = \frac{(0,916+0,125) \times (400,76-313,75)}{2}$$

$$= \frac{90,577}{2}$$

$$= 45,288$$

$$A3 = 0,916 \times (410 - 400,76) = 8,482$$

Menghitung *Centroid Of Area*

$$ZCOA = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3}$$

$$ZCOA = \frac{6.152,441 + 25.802,520 + 3.431,071}{13,750 + 45,288 + 8,482}$$

$$ZCOA = \frac{35.386,032}{67,520}$$

$$ZCOA = 524,082$$

Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan jumlah persediaan bahan baku yang optimal pada perusahaan makanan. Prediksi persediaan bahan baku yang efisien dicapai dengan menerapkan metode logika fuzzy mamdani dalam perhitungan persediaan. Penelitian ini mengutamakan penerapan logika fuzzy yang memiliki kemampuan untuk memberikan kontribusi signifikan dalam menyelesaikan masalah yang bersifat tidak jelas atau tidak pasti.

Setelah melakukan pengujian sampel dengan target produksi 26 dan permintaan 28, jumlah ideal persediaan bahan baku rumput laut yang dihitung menggunakan metode fuzzy Mamdani adalah sekitar 524,082, yang dapat dibulatkan menjadi 524 ton rumput laut basah. Sebagai tambahan, beberapa percobaan lainnya juga dilakukan dengan menggunakan data dari perusahaan makanan menggunakan software matlab 2015a terlihat pada tabel 6

Persamaan matematik harus diberi nomor secara berurutan dan dimulai dengan (1) sampai akhir makalah termasuk appendix. Penomoran ini harus diawali dan diakhiri dengan kurung buka dan kurung tutup dan rata kanan. Tambahkan satu garis kosong di atas dan di bawah persamaan. Ukuran pada persamaan adalah Full 11pt, Subscript/superscript 8 pt, Sub-Subscript/superscript 6pt, Symbol 12 pt, Sup-symbol 10 pt. Sisipkan (*insert*) equation untuk menuliskan persamaan matematika dengan *style math*.

Tabel 6. Pengujian Sampel

NO	<i>Input</i>		<i>Output</i>
	Produksi (Bubuk tepung/ton)	Pemintaan (ton)	Hasil Logika Fuzzy Persediaan (Rumput Laut Basah/ton)
1	26	28	168
2	28	27	167
3	30	32	173
4	27	28	168
5	28	29	171
6	26	29	171
7	30	31	205
8	38	35	393
9	32	30	205
10	30	31	205
11	29	32	173
12	28	30	174

Contoh hasil dari perhitungan pada bulan Oktober menggunakan perangkat lunak MATLAB 2015a yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 10. Hasil Defuzzyfikasi

Untuk menilai keakuratan metode dalam mengukur hasil produksi, perhitungan menggunakan MAPE dapat dilakukan untuk menunjukkan seberapa besar kesalahan prediksi dibandingkan dengan nilai yang sebenarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah agar metode mean absolute percentage error (MAPE) dapat digunakan oleh masyarakat umum, karena metode ini sangat mudah dipahami dan diterapkan untuk memperkirakan tingkat akurasi dalam peramalan. Nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan lebih akurat. MAPE menggunakan nilai hasil prediksi untuk menilai akurasi ramalan. Dalam perhitungan MAPE, terdapat kisaran yang digunakan sebagai tolok ukur untuk menilai suatu prediksi. Berikut kriteria nilai MAPE dirinci dalam tabel 7.

Tabel 7. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
< 10%	Sangat Baik
10% – 20%	Baik
20% – 50%	Cukup
> 50%	Buruk

Perbandingan pada persediaan bahan baku rumput laut yang sebelum dan sesudah di fuzzy logic mamdani dan hasil nilai MAPE dapat dirinci pada tabel 8.

Tabel 8. Kriteria Nilai MAPE

Bulan	Persediaan (A1)	Fuzzy (F1)	Error (A1- F1)	$\frac{ (A1 - F1) }{A1}$
Oktober	300	168	132	0.440
November	310	167	143	0.461
Desember	310	173	137	0.442

Januari	330	168	162	0,491
Februari	320	171	149	0.466
Maret	330	171	159	0.482
April	320	205	115	0.359
Mei	410	393	17	0.041
Juni	400	205	195	0.487
Juli	320	205	115	0.359
Agustus	330	173	157	0.476
September	330	174	156	0.473
Total				4,977

Perhitungan MAPE:

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \sum_{i=0}^n \left| \frac{(A1-F1)}{A1} \right| \times 100\% \\ &= \frac{4,977}{12} \times 100\% \\ &= 41,475\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan MAPE tersebut memiliki nilai kesalahan sebesar 41,475% hasil tersebut termasuk dalam kriteria cukup. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa metode ini dapat efektif digunakan untuk melakukan pengendalian persediaan bahan baku pada perusahaan makanan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis pengendalian persediaan rumput laut basah dengan menggunakan metode logika fuzzy Mamdani, dapat disimpulkan bahwa pendekatan ini mampu memberikan prediksi jumlah persediaan yang cukup akurat dan aplikatif. Berdasarkan uji coba data bulan Oktober, dengan produksi sebesar 26 ton bubuk tepung dan permintaan sebesar 28 ton, sistem fuzzy menghasilkan estimasi kebutuhan persediaan rumput laut basah sebesar 524,082 ton, yang dibulatkan menjadi 524 ton. Apabila diasumsikan bahwa proses pengolahan menghasilkan bubuk tepung sebesar 20–25% dari berat bahan baku rumput laut basah, maka jumlah yang diprediksi tersebut tergolong sesuai dengan kebutuhan produksi aktual. Meskipun hasil evaluasi akurasi menggunakan metode MAPE menunjukkan nilai kesalahan sebesar 41,475% (kategori “cukup”), hasil ini tetap dapat diterima dalam konteks pengambilan keputusan pada sistem yang mengandung ketidakpastian atau ketidaktepatan data. Secara metodologis, penelitian ini memberikan kontribusi penting melalui penerapan logika fuzzy Mamdani sebagai pendekatan alternatif dalam pengendalian persediaan, yang terbukti mampu menangani kondisi data yang tidak pasti secara fleksibel. Secara praktis, metode ini dapat dijadikan sebagai alat bantu manajemen persediaan bahan baku rumput laut basah di perusahaan makanan, guna meningkatkan efisiensi produksi, menghindari overstock maupun outstock, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif. Selain itu, hasil penelitian ini juga mencakup perbaikan pada tata letak sistem pengambilan keputusan berbasis fuzzy, termasuk penyesuaian fungsi keanggotaan, penambahan aturan inferensi yang relevan, dan penyusunan ulang distribusi nilai α -cut yang lebih representatif. Dari keseluruhan metode yang digunakan, tahap inferensi fuzzy berbasis aturan (rule-based inference) terbukti memberikan kontribusi paling signifikan dalam menentukan output prediksi sistem, karena secara langsung menghubungkan kondisi produksi dan permintaan dengan hasil akhir berupa jumlah persediaan. Dengan demikian, metode logika fuzzy Mamdani terbukti efektif, fleksibel, dan layak direkomendasikan untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan persediaan bahan baku pada industri makanan berbasis rumput laut.

Daftar Pustaka

- [1] 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.
- [2] Herdy Alfiansyah, Zeny Fatimah Hunusalela, and Theresia Evy Yulianty Nadeak, “Pengoptimalan Persediaan Bahan Baku Natur E DN Revitalizing dengan Metode Fuzzy Mamdani dan Algoritma Within Wagner pada PT Darya Varia Laboratoria,” *J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 2, pp. 152–158, 2023, doi: 10.25105/jti.v13i2.17557.
- [3] J. A. P. de Oliveira, P. Wanke, J. Antunes, and Y. Tan, “Unveiling the impact of information vagueness on carbon emission inventories using fuzzy sets,” *Energy Econ.*, vol. 148, no. March 2024, p. 108672, 2025, doi: 10.1016/j.eneco.2025.108672.

- [4] S. Sukardi, A. Prasetyo, and A. Nugroho, "Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time and Motion Study pada Industri Makanan Ringan," *J. Tek. Ind.*, vol. 21, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [5] I. Dwi Antoni and Y. Findawati, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Tsukamoto," *Smatika J.*, vol. 14, no. 01, pp. 61–70, 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1168.
- [6] A. Saputra, S. Rahayu, and H. Windyatri, "Analisis Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Surface Mount Technology (SMT) Melalui Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus : PT . Sharp Elektronik Indonesia) Pendahuluan Metode Penelitian," vol. 4, no. 3, pp. 537–547, 2025.
- [7] S. Agrawal, B. K. Patle, and S. Sanap, "Navigation control of unmanned aerial vehicles in dynamic collaborative indoor environment using probability fuzzy logic approach," *Cogn. Robot.*, vol. 5, no. March, pp. 86–113, 2025, doi: 10.1016/j.cogr.2025.02.002.
- [8] M. Esmaeili, A. Anjomshoae, N. Shahsavari-Pour, P. Srisurin, and R. Banomyong, "An optimization similarity fuzzy inference method for traffic signal control at an isolated intersection," *Multimodal Transp.*, vol. 4, no. 4, p. 100234, 2025, doi: 10.1016/j.multra.2025.100234.
- [9] H. C. Alam and N. Baldah, "Evaluasi Strategi Pengendalian Persediaan Buah Menggunakan Min-Max dan SWOT Analysis," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 457–465, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i2.678.
- [10] M. Rofih, S. Rahayu, and T. N. Wiyatno, "Postural Risk Analysis Based on Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Method for Manual Handling Workers in the Food Industry," vol. 4, no. 3, pp. 652–660, 2025.
- [11] V. Kumara and E. Ganesan, "A novel approach to wastewater treatment control: a self-organizing fuzzy sliding mode controller," *IAES Int. J. Artif. Intell.*, vol. 13, no. 3, pp. 2796–2807, 2024, doi: 10.11591/ijai.v13.i3.pp2796-2807.
- [12] Fauzan Ahmad, N. Syauqi B N, D. Kurniawan, and T. A. Pamungkas, "Analisis Pemilihan Supplier Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) pada Industri Ritel Sepatu," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. I, pp. 45–51, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i1.469.
- [13] R. K. Pratama, A. A. Karim, and C. D. P. Hertadi, "Perencanaan Stok Pengaman dan Titik Pemesanan Ulang dengan Metode Time Series pada Perusahaan Furniture Di Kalimantan," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 3, pp. 200–211, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i3.256.
- [14] Wahyu Syaputra, N. Fakhri G, S. R. Ardian, and A. J. Nugroho, "Integrasi Metode FMEA Dan FTA Dalam Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Bengkel Bubut," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. I, pp. 47–56, 2024, doi: 10.55826/tmit.v3i1.254.
- [15] E. Bottani, M. Di Nardo, L. Monferdini, and T. Murino, "Mapping LARGS criteria and relationships for supplier selection using a fuzzy hybrid approach," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 206, no. May, 2025, doi: 10.1016/j.cie.2025.111252.
- [16] S. Sarbaini, D. Yanti, and Nazaruddin, "Prediksi Harga Beras Belida Di Kota Pekanbaru Menggunakan Fuzzy Time Series Cheng," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 3, pp. 234–241, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i3.183.
- [17] J. Khan *et al.*, "Optimizing alpha–beta filter for enhanced predictions accuracy in industrial applications using Mamdani fuzzy inference system," *Alexandria Eng. J.*, vol. 119, no. February, pp. 598–608, 2025, doi: 10.1016/j.aej.2025.01.116.
- [18] K. Pujaru, S. Adak, T. K. Kar, S. Patra, and S. Jana, "A Mamdani fuzzy inference system with trapezoidal membership functions for investigating fishery production," *Decis. Anal. J.*, vol. 11, no. May, p. 100481, 2024, doi: 10.1016/j.dajour.2024.100481.
- [19] E. Khalil and M. Akter, "Prediction of seam strength of cotton canvas fabric using fuzzy logic," *Results Control Optim.*, vol. 17, no. October, p. 100502, 2024, doi: 10.1016/j.rico.2024.100502.
- [20] M. R. Lumban Batu, "Analisis Pengendalian Stock Untuk Menentukan Efektivitas Biaya Menggunakan Metode Aktual, Eoq, Poq, Dan Min-Max," *Primanomics J. Ekon. Bisnis*, vol. 21, no. 1, pp. 102–111, 2023, doi: 10.31253/pe.v21i1.1766.
- [21] W. Kim, J. Lee, J. Shim, S. Cho, and H. Cho, "Fuzzy logic-based filtering for defect detection in automated X-ray inspection during the production of lithium-ion battery pouch cells," *Nucl. Eng. Technol.*, vol. 57, no. 10, p. 103739, 2025, doi: 10.1016/j.net.2025.103739.
- [22] C. Napole, O. Barambones, M. Derbeli, and I. Calvo, "Design and experimental validation of a piezoelectric actuator tracking control based on fuzzy logic and neural compensation," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 464, p. 108449, 2023, doi: 10.1016/j.fss.2022.12.005.
- [23] O. G. L. Vivian, O. G. L. Alessandra, C. B. N. Esther, L. R. Danny, and S. Q. J. Jesús, "Prioritization of Incident Management Process using ITIL-Fuzzy for Informatics Development

- Sector of Private Universities,” *Int. J. Fuzzy Log. Intell. Syst.*, vol. 25, no. 1, pp. 37–54, 2025, doi: 10.5391/IJFIS.2025.25.1.37.
- [24] A. Kareem and V. Kumara, “A Novel Fuzzy Logic Based Operating System Scheduling Scheme,” *Int. J. Fuzzy Log. Intell. Syst.*, vol. 24, no. 1, pp. 30–42, 2024, doi: 10.5391/IJFIS.2024.24.1.30.
- [25] A. Saelan, “Logika Fuzzy,” *Makal. If2091 Strukt. Disk. Tahun 2009*, vol. 1, no. 13508029, pp. 1–5, 2009.
- [26] M. K. Timur, “Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto,” *Jiko (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 7, no. 1, pp. 23–29, 2023.
- [27] J. Huang, M. Abadi, and J. Yeow, “Policy framework for facilitating reverse logistics in circular construction: an integrated Fuzzy-DEMATEL and system dynamics approach,” *Waste Manag.*, vol. 204, no. April, p. 114963, 2025, doi: 10.1016/j.wasman.2025.114963.
- [28] N. Gupta, P. Garg, and N. Ahuja, “An integrated pythagorean fuzzy delphi-AHP-CoCoSo approach for exploring barriers and mitigation strategies for sustainable supply chain in the food industry,” *Supply Chain Anal.*, vol. 10, no. August 2024, p. 100105, 2025, doi: 10.1016/j.sca.2025.100105.