



## Prediksi Produksi Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berdasarkan Permintaan Mingguan dan Stok Bahan Baku

Rahmadani Fitri Panjaitan<sup>1\*</sup>, Riky Wirayuda<sup>2</sup>, Khairul Shaleh<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Universitas Asahan, Indonesia

Email: [rdfitripanjaitan@gmail.com](mailto:rdfitripanjaitan@gmail.com)<sup>1</sup>, [rikywirayuda@gmail.com](mailto:rikywirayuda@gmail.com)<sup>2</sup>

\*Penulis korespondensi: [rdfitripanjaitan@gmail.com](mailto:rdfitripanjaitan@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract.** Production quantity planning is a crucial component in the bottled water industry (AMDK) to ensure that consumer demand is met efficiently. Inaccuracies in determining the amount of production can lead to overproduction and supply shortages, which ultimately leads to increased operational costs and decreased customer satisfaction. This study applies the Sugeno fuzzy logic method to predict the amount of production based on two main variables, namely weekly demand and raw material stock. The analysis stages include the fuzzification process, the preparation of the rule base, inference using the zero-order Sugeno method, and defuzzification using the Weighted Average (WA) method. The data used is synthetic data that represents the operational conditions of the medium-scale bottled water industry. The results show that the Sugeno fuzzy system is able to produce production predictions that are adaptive and responsive to fluctuations in demand and stock availability. This model provides consistent and stable output, so it can help companies in determining the optimal production amount. These findings confirm that Sugeno's fuzzy approach can be an effective decision support tool in bottled water production management, especially in the face of uncertainty and variability in market demand.

**Keywords:** Bottled Water Production; Fuzzy Logic; Raw Material Stock; Request; Suggest

**Abstrak.** Perencanaan jumlah produksi merupakan komponen krusial dalam industri air minum dalam kemasan (AMDK) untuk memastikan terpenuhinya permintaan konsumen secara efisien. Ketidaktepatan dalam menentukan jumlah produksi dapat menimbulkan kelebihan produksi maupun kekurangan pasokan, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan biaya operasional serta penurunan kepuasan pelanggan. Penelitian ini menerapkan metode logika fuzzy Sugeno untuk memprediksi jumlah produksi berdasarkan dua variabel utama, yaitu permintaan mingguan dan stok bahan baku. Tahapan analisis meliputi proses fuzzifikasi, penyusunan rule base, inferensi menggunakan metode Sugeno orde nol, serta defuzzifikasi dengan metode Weighted Average (WA). Data yang digunakan merupakan data sintesis yang merepresentasikan kondisi operasional industri AMDK berskala menengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem fuzzy Sugeno mampu menghasilkan prediksi produksi yang adaptif dan responsif terhadap fluktuasi permintaan serta ketersediaan stok. Model ini memberikan keluaran yang konsisten dan stabil, sehingga dapat membantu perusahaan dalam menentukan jumlah produksi yang optimal. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan fuzzy Sugeno dapat menjadi alat pendukung keputusan yang efektif dalam manajemen produksi AMDK, terutama dalam menghadapi ketidakpastian dan variabilitas permintaan pasar.

**Kata kunci:** Logika Fuzzy; Permintaan; Produksi AMDK; Stok Bahan Baku; Sugeno

### 1. PENDAHULUAN

Industri air minum dalam kemasan (AMDK) merupakan salah satu sektor yang memiliki tingkat permintaan tinggi dan fluktuatif. Permintaan mingguan dapat berubah-ubah akibat faktor cuaca, pola konsumsi masyarakat, kegiatan publik, serta permintaan distributor yang tidak stabil. Di sisi lain, proses produksi sangat dipengaruhi oleh stok bahan baku seperti botol plastik, cup, galon, dan air baku yang harus tersedia dalam jumlah cukup.

Apabila jumlah produksi lebih rendah daripada permintaan, maka perusahaan akan mengalami kekurangan pasokan yang dapat berakibat pada kehilangan peluang penjualan. Sebaliknya, produksi yang berlebihan menyebabkan penumpukan produk di gudang dan

meningkatkan biaya penyimpanan. Oleh sebab itu, perusahaan membutuhkan suatu metode yang dapat membantu menentukan jumlah produksi secara optimal berdasarkan kondisi permintaan dan ketersediaan bahan baku.

Logika fuzzy merupakan salah satu pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian dan perubahan yang bersifat gradual. Dengan menggunakan aturan-aturan linguistik, logika fuzzy dapat memodelkan hubungan antara permintaan, stok bahan baku, dan jumlah produksi secara fleksibel. Metode Sugeno dipilih karena menghasilkan output berupa konstanta, sehingga perhitungan lebih sederhana dan mudah diimplementasikan pada sistem produksi.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode fuzzy Sugeno dalam memprediksi jumlah produksi AMDK berdasarkan data permintaan mingguan dan stok bahan baku. Hasilnya diharapkan dapat membantu perusahaan dalam membuat keputusan produksi yang lebih akurat dan efisien.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan pengembangan dari teori himpunan klasik yang memperbolehkan nilai keanggotaan berada pada interval kontinu  $[0,1]$ . Bila pada logika biner suatu elemen hanya memiliki dua kemungkinan keanggotaan, yakni 0 atau 1, maka dalam logika fuzzy tingkat keanggotaan dinyatakan dengan suatu fungsi:

$$\mu A(x) : X \rightarrow [0,1]$$

Logika fuzzy digunakan untuk merepresentasikan konsep-konsep linguistik seperti *rendah*, *sedang*, atau *tinggi*, yang tidak memiliki batas tegas. Dalam sistem produksi AMDK, variabel seperti permintaan mingguan dan stok bahan baku umumnya tidak bersifat pasti sehingga memerlukan pemodelan fuzzy untuk menggambarkan keadaan sebenarnya.

### Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy A dalam semesta pembicaraan X didefinisikan sebagai:

$$A = \{ (x, \mu A(x)) \mid x \in X \}$$

Dengan  $\mu A(x)$  menyatakan derajat keanggotaan elemen  $x$ .

Secara umum, bentuk fungsi keanggotaan yang sering digunakan meliputi:

a. Fungsi Linear Naik:

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

b. Fungsi Linear Turun:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \end{cases}$$

c. Fungsi Trapesium (Trapmf):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \end{cases}$$

### Sistem Inferensi Fuzzy Sugeno

Sistem inferensi fuzzy Sugeno merupakan metode penalaran yang menggunakan aturan IF–THEN dengan output berupa konstanta atau fungsi linear. Bentuk umum aturan Sugeno orde nol adalah:

$$\text{IF } x \text{ is } A_i \text{ AND } y \text{ is } B_j \text{ THEN } z = kij$$

dengan:

- $A_i$  = himpunan fuzzy pada variabel permintaan
- $B_j$  = himpunan fuzzy pada variabel stok
- $kij$  = nilai konstan yang menjadi output aturan

Derajat aktivasi (firing strength) aturan ke- $ij$  dihitung:

$$\alpha_{ij} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_j}(y))$$

Metode Sugeno dipilih karena memiliki kompleksitas komputasi rendah dan sesuai untuk pengambilan keputusan produksi.

### Defuzzifikasi dengan Weighted Average

Karena metode Sugeno memiliki output berupa nilai konstan, proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan teknik *Weighted Average* sebagai berikut:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot k_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$$

di mana:

- $Z$  = hasil prediksi produksi
- $\alpha_i$  = nilai aktivasi aturan ke- $i$
- $k_i$  = output konstan aturan ke- $i$

Metode ini memastikan bahwa aturan dengan tingkat aktivasi terbesar memberikan pengaruh paling kuat terhadap keputusan akhir.

### **Fungsi Keanggotaan pada Penelitian AMDK**

Dalam konteks penelitian ini, variabel fuzzy yang digunakan meliputi:

- a. Permintaan mingguan (karton/minggu)
  - 1) Rendah
  - 2) Sedang
  - 3) Tinggi
- b. Stok bahan baku (unit)
  - 1) Sedikit
  - 2) Cukup
  - 3) Banyak
- c. Produksi (karton/minggu)
  - 1) Rendah
  - 2) Sedang
  - 3) Tinggi

Masing-masing variabel dimodelkan dengan fungsi keanggotaan yang memiliki parameter numerik jelas sesuai rentang data yang digunakan.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua variabel input, yaitu permintaan mingguan dan jumlah stok bahan baku yang tersedia pada periode yang sama. Kedua variabel tersebut dijadikan dasar dalam menentukan besaran produksi air minum dalam kemasan menggunakan metode fuzzy Sugeno. Sampel data selama delapan minggu ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Permintaan dan Stok Bahan Baku.

<b>Minggu</b>	<b>Permintaan (karton)</b>	<b>Stok (unit)</b>
1	2800	2100
2	3200	2600
3	3500	3000
4	4100	3400
5	4600	3600
6	5200	3700
7	5800	3900
8	6000	4000

Data pada tabel tersebut menjadi dasar untuk menghitung proses fuzzifikasi, inferensi, hingga defuzzifikasi, sehingga diperoleh nilai prediksi produksi untuk setiap minggu pengamatan.

### Proses Perhitungan Logika Fuzzy Metode Sugeno

Metode Sugeno digunakan untuk menentukan estimasi produksi berdasarkan dua variabel input. Proses perhitungan dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi. Semua proses dihitung secara numerik menggunakan parameter fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan pada Bab sebelumnya.

#### *Fungsi Keanggotaan Variabel Permintaan*

Variabel permintaan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi. Masing-masing himpunan direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan linier sebagai berikut.

a. Permintaan Rendah

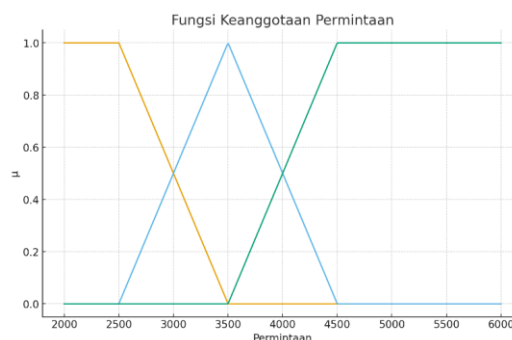
$$\mu_R(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2500; \\ \frac{3500 - x}{1000}, & 2500 < x < 3500; \\ 0, & x \geq 3500. \end{cases}$$

b. Permintaan Sedang

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 2500 \text{ atau } x \geq 4500; \\ \frac{x - 2500}{1000}, & 2500 < x < 3500; \\ \frac{4500 - x}{1000}, & 3500 < x < 4500. \end{cases}$$

c. Permintaan Tinggi

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 3500; \\ \frac{x - 3500}{1000}, & 3500 < x < 4500; \\ 1, & x \geq 4500. \end{cases}$$



**Gambar 1.** Fungsi keanggotaan permintaan.

### Fungsi Keanggotaan Variabel Stok Bahan Baku

Variabel stok juga dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu Sedikit, Cukup, dan Banyak.

a. Stok Sedikit

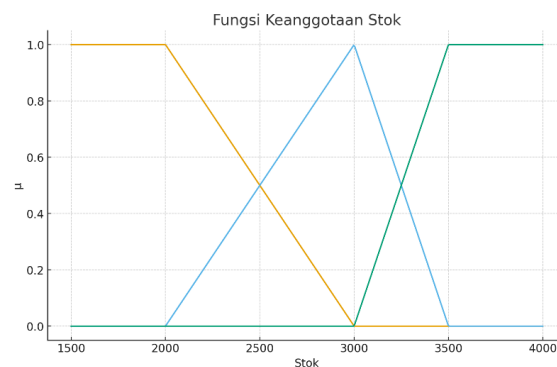
$$\mu_{sd}(y) = \begin{cases} 1, & y \leq 2000; \\ \frac{3000 - y}{1000}, & 2000 < y < 3000; \\ 0, & y \geq 3000. \end{cases}$$

b. Stok Cukup

$$\mu_C(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 2000 \text{ atau } y \geq 3500; \\ \frac{y - 2000}{1000}, & 2000 < y < 3000; \\ \frac{3500 - y}{500}, & 3000 < y < 3500. \end{cases}$$

c. Stok Banyak

$$\mu_B(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 3000; \\ \frac{y - 3000}{500}, & 3000 < y < 3500; \\ 1, & y \geq 3500. \end{cases}$$



**Gambar 2.** Fungsi keanggotaan permintaan.

### Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dilakukan dengan memasukkan nilai permintaan dan stok ke dalam setiap fungsi keanggotaan. Proses ini menghasilkan tingkat keanggotaan ( $\mu$ ) untuk masing-masing himpunan fuzzy. Proses fuzzifikasi ditunjukkan pada minggu ke-2 (permintaan = 3200; stok = 2600).

$$\mu_R(x) = \frac{3500 - x}{1000}$$

a. Perhitungan untuk Permintaan ( $x = 3200$ ):

$$\begin{aligned}\mu_R(3200) &= \frac{3500 - 3200}{1000} = 0.3 \\ \mu_S(3200) &= \frac{3200 - 2500}{1000} = 0.7 \\ \mu_T(3200) &= 0\end{aligned}$$

b. Perhitungan untuk Stok ( $y = 2600$ ):

$$\begin{aligned}\mu_{Sd}(2600) &= \frac{3000 - 2600}{1000} = 0.4 \\ \mu_C(2600) &= \frac{2600 - 2000}{1000} = 0.6 \\ \mu_B(2600) &= 0\end{aligned}$$

**Tabel 3.** Hasil fuzzifikasi untuk seluruh minggu.

Mg	Permintaan	Stok	$\mu_{P\_Rendah}$	$\mu_{P\_Sedang}$	$\mu_{P\_Tinggi}$	$\mu_{S\_Sedikit}$	$\mu_{S\_Cukup}$	$\mu_{S\_Banyak}$
1	2800	2100	0.7	0.3	0.0	0.9	1.0	0.0
2	3200	2600	0.3	0.7	0.0	0.4	0.6	0.0
3	3500	3000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
4	4100	3400	0.0	0.4	0.6	0.0	0.2	0.8
5	4600	3600	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
6	5200	3700	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
7	5800	3900	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
8	6000	4000	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0

Berdasarkan hasil fuzzifikasi pada Tabel 3.2, terlihat bahwa setiap nilai permintaan dan stok berhasil dikonversi menjadi derajat keanggotaan sesuai dengan karakteristik masing-masing himpunan fuzzy. Pada minggu awal, nilai permintaan cenderung memiliki keanggotaan lebih besar pada kategori Rendah dan Sedang, sedangkan pada minggu ke-5 hingga minggu ke-8 nilai permintaan sepenuhnya berada pada kategori Tinggi. Hal serupa juga terjadi pada variabel stok yang bergerak dari kategori Sedikit menuju Banyak seiring meningkatnya nilai input. Hasil fuzzifikasi ini menjadi dasar untuk proses inferensi, karena derajat keanggotaan inilah yang menentukan nilai aktivasi aturan ( $\alpha$ ) pada tahap berikutnya.

#### ***Evaluasi Aturan (Inferensi)***

Aturan fuzzy disusun dalam sembilan kombinasi ( $3 \times 3$ ). Nilai aktivasi aturan dihitung menggunakan operator MIN:

$$\alpha_i = \min(\mu_{Permintaan}, \mu_{Stok})$$

Berikut merupakan proses inferensi untuk data minggu ke-2:

a. R1: Rendah AND Sedikit

$$\alpha_1 = \min(0.3, 0.4) = 0.3 \quad \alpha_1 = \min(0.3, 0.4) = 0.3$$

b. R2: Rendah AND Cukup

$$\alpha_2 = \min(0.3, 0.6) = 0.3 \quad \alpha_2 = \min(0.3, 0.6) = 0.3$$

c. R4: Sedang AND Sedikit

$$\alpha_4 = \min(0.7, 0.4) = 0.4 \quad \alpha_4 = \min(0.7, 0.4) = 0.4$$

d. R5: Sedang AND Cukup

$$\alpha_5 = \min(0.7, 0.6) = 0.6 \quad \alpha_5 = \min(0.7, 0.6) = 0.6$$

Nilai konsekuen Sugeno yang digunakan adalah nilai konstan:

a. Rendah → 3000

b. Sedang → 4500

c. Tinggi → 6500

### Defuzzifikasi

Metode defuzzifikasi menggunakan Weighted Average, dengan rumus:

$$Y = \frac{\sum(\alpha_i \cdot z_i)}{\sum \alpha_i}$$

Perhitungan berikut menunjukkan proses inferensi pada minggu ke-2:

$$Y = \frac{(0.3 \times 3000) + (0.3 \times 3000) + (0.4 \times 3000) + (0.6 \times 4500)}{0.3 + 0.3 + 0.4 + 0.6}$$

$$Y = \frac{900 + 900 + 1200 + 2700}{1.6} = \frac{5700}{1.6} = 3562.5$$

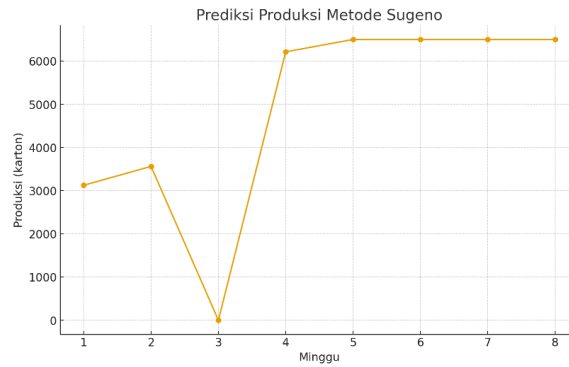
Hasil defuzzifikasi pada minggu ke-2 menghasilkan estimasi produksi sebesar 3562 karton.

### Hasil Prediksi Produksi

Ringkasan hasil prediksi produksi menggunakan metode Sugeno untuk seluruh minggu ditampilkan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** Hasil Perhitungan Prediksi Produksi.

Minggu	Prediksi Produksi (karton)
1	3125.00.00
2	3562.50.00
3	4500.00.00
4	6214.29.00
5	6500.00.00
6	6500.00.00
7	6500.00.00
8	6500.00.00



**Gambar 3.** Prediksi produksi metode sugeno.

### Pembahasan

Hasil perhitungan menggunakan metode Fuzzy Sugeno pada delapan minggu pengamatan menunjukkan bahwa nilai produksi yang direkomendasikan sistem bergerak selaras dengan pola perubahan permintaan dan stok bahan baku. Pada minggu-minggu awal, nilai permintaan berada pada rentang rendah hingga sedang, sehingga sistem menghasilkan nilai produksi yang relatif kecil. Hal ini terlihat pada minggu ke-1 dan ke-2, di mana output defuzzifikasi berada pada kisaran 3100–3600 karton. Nilai tersebut mencerminkan respons sistem terhadap kondisi permintaan yang belum terlalu tinggi, sementara stok bahan baku juga masih berada pada kategori sedikit hingga cukup.

Seiring meningkatnya permintaan dan ketersediaan stok pada minggu ke-4 dan seterusnya, derajat keanggotaan untuk kategori Permintaan Tinggi dan Stok Banyak mendominasi. Kombinasi tersebut menyebabkan aktivasi aturan bergerak menuju konsekuen dengan nilai tertinggi, yaitu 6500. Hal ini tampak jelas pada minggu ke-5 hingga minggu ke-8, di mana hasil prediksi stabil pada 6500 karton. Pola ini menunjukkan bahwa sistem fuzzy mampu menangkap kecenderungan kenaikan permintaan dan menyesuaikan rekomendasi produksi secara proporsional.

Selain itu, hasil inferensi juga memperlihatkan bahwa transisi antar minggu berlangsung secara halus, tanpa perubahan ekstrem yang tidak sesuai dengan kondisi input. Karakteristik ini merupakan salah satu keunggulan metode Fuzzy Sugeno, karena sistem mampu menghasilkan output yang konsisten meskipun terdapat variasi nilai input. Dengan demikian, model yang digunakan mampu menggambarkan perilaku produksi AMDK secara realistis dan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah produksi mingguan.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian mengenai prediksi produksi air minum dalam kemasan menggunakan metode logika fuzzy Sugeno, dapat disimpulkan bahwa pendekatan ini memberikan hasil estimasi produksi yang konsisten dan adaptif terhadap perubahan permintaan serta ketersediaan stok bahan baku. Sistem fuzzy mampu menghasilkan output yang proporsional, di mana peningkatan permintaan dan ketersediaan stok akan langsung berdampak pada tingginya nilai produksi yang direkomendasikan. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan, di mana minggu-minggu dengan permintaan dan stok tinggi menghasilkan prediksi produksi pada level maksimal, sedangkan minggu-minggu dengan nilai input lebih rendah menghasilkan prediksi yang lebih moderat. Secara keseluruhan, metode Sugeno terbukti dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang efektif dalam perencanaan produksi karena mampu mengakomodasi ketidakpastian dan menyediakan rekomendasi yang lebih fleksibel dibandingkan perhitungan konvensional.

##### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan dan penerapan lebih lanjut. Pertama, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan variabel lain seperti kapasitas mesin, jam kerja, atau lead time bahan baku sehingga model prediksi menjadi lebih komprehensif. Selain itu, metode fuzzy dapat dibandingkan dengan pendekatan prediktif lainnya, seperti regresi atau jaringan saraf tiruan, untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai tingkat akurasi sistem. Implementasi sistem dalam bentuk aplikasi berbasis web atau mobile juga disarankan agar perusahaan dapat mengakses hasil perhitungan secara lebih cepat dan efisien. Dengan pengembangan berkelanjutan, sistem prediksi berbasis fuzzy ini diharapkan mampu menjadi bagian dari proses perencanaan produksi yang terintegrasi dan berkelanjutan.

#### **DAFTAR REFERENSI**

- Alavi, S. M., & Abdullah, L. (2021). A hybrid fuzzy inference system for demand forecasting in manufacturing industries. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 2571–2583.
- Arifin, M., & Prasetyo, D. (2020). Implementasi metode fuzzy Sugeno untuk peramalan produksi barang pada industri makanan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 8(1), 45–52.

- Budiyanto, A., & Nurhayati, I. (2022). Optimization of beverage production planning using fuzzy logic approach. *International Journal of Industrial Operations Research*, 9(3), 112–120.
- Dewi, R., & Kurniawan, A. (2021). Fuzzy Sugeno model for predicting consumer goods demand. *Journal of Applied Data Analysis*, 4(2), 88–97.
- Ghazali, R., & Hussain, K. (2020). Soft computing-based decision support system for production planning. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 345–354.
- Hidayat, T., & Siregar, H. (2022). Penerapan logika fuzzy untuk estimasi kapasitas produksi pada industri air minum. *Jurnal Sistem Cerdas*, 5(1), 25–33.
- Ismail, R., & Omar, S. (2023). Fuzzy inference system for adaptive supply chain decision-making. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2023, 1–12.
- Khan, M. A., & Yousaf, M. (2021). Application of Sugeno fuzzy models in industrial production prediction. *IEEE Access*, 9, 112055–112065.
- Mahyuddin, M., & Satria, Y. (2020). Peramalan stok bahan baku menggunakan metode fuzzy logic. *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 14(2), 75–82.
- Ningsih, L., & Ramadhan, F. (2021). Sistem pendukung keputusan produksi menggunakan fuzzy inference system. *Jurnal Riset Informatika*, 3(1), 56–65.
- Park, S., & Kim, Y. (2022). Fuzzy-based predictive model for beverage production control. *International Journal of Production Research*, 60(19), 5981–5995.
- Putra, A., & Santoso, B. (2023). Fuzzy Sugeno approach for predicting manufacturing output. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(1), 121–135.
- Rachman, D., & Irwanto, F. (2020). Implementasi fuzzy untuk estimasi permintaan pasar. *Jurnal Sains Komputer & Informatika*, 7(2), 140–149.
- Rahmawati, E., & Lestari, S. (2022). A fuzzy-based model for optimizing raw material usage in production. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 15(2), 189–199.
- Sari, A., & Yuliana, F. (2023). Penerapan fuzzy Sugeno untuk estimasi produksi dan distribusi barang konsumsi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sains*, 10(4), 512–520.
- Setiawan, B., & Hendra, P. (2021). Model fuzzy untuk perencanaan produksi pada industri minuman. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 17(2), 201–210.
- Shah, A., & Gupta, R. (2022). Industrial production forecasting using fuzzy-based decision support systems. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 15(3), 1250–1261.
- Sinaga, M., & Tarigan, A. (2020). Prediksi permintaan AMDK menggunakan metode fuzzy. *Jurnal Teknologi Industri*, 9(3), 78–86.
- Wijaya, R., & Manurung, H. (2021). Sistem inferensi fuzzy untuk peramalan produksi barang. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 33–42.
- Yusuf, K., & Prakoso, R. (2023). Adaptive Sugeno fuzzy model for manufacturing production prediction. *Expert Systems with Applications*, 222, 119889.