

## Implementasi *Fuzzy Inference System* Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* Untuk Optimalisasi Produksi Tahu

Ansar<sup>1</sup>, Rahmat Karim<sup>2✉</sup>, Salim<sup>3</sup>, Elvi Khudriah<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia

<sup>2,3</sup> Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

**Diserahkan** : 11-12-2023

**Direvisi** : 20-12-2023

**Diterima** : 24-12-2023

#### Kata Kunci:

FIS, Metode Mamdani,  
Produksi tahu harian.

#### Keywords :

*FIS, Mamdani method,  
Daily tofu production*

#### Corresponding Author :

Rahmat Karim

Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia  
Jl. Pemuda No. 339, Tahoa, Kec. Kolaka, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara

Email: [rahmatkarim.usn@gmail.com](mailto:rahmatkarim.usn@gmail.com)

### ABSTRAK

Usaha produksi tahu banyak ditemukan di berbagai daerah termasuk di Kabupaten Kolaka. Usaha produksi tahu yang umumnya dalam skala rumah tangga ini biasanya sangat bergantung pada pencapaian target penjualan harian karena tahu memiliki waktu penyimpanan yang terbatas. Untuk menghindari kerugian maka produksi tahu harus dilakukan secara optimal. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan produksi tahu harian melalui implementasi *Fuzzy inference system* yang menggunakan metode Mamdani. Penelitian ini sangat bergantung pada ketersediaan *dataset* yang proses analisisnya dilakukan secara eksperimen numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model dan parameter *fuzzy* yang digunakan dapat mengoptimalkan produksi tahu harian dari bulan Januari - Maret. Klaim ini didukung oleh tingkat akurasi dengan kategori cukup yaitu 77,7% jika menggunakan RMSE, dan kategori yang sangat baik jika menggunakan MPE yaitu 91,01%. Oleh karena itu model *fuzzy inference system* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif bagi usaha industri tahu dalam menentukan produksi tahu harian.

### ABSTRACT

*Tofu production businesses are found in various regions, including Kolaka Regency. Tofu production businesses, which are generally on a household scale, usually depend heavily on achieving daily sales targets because tofu has a limited storage time. To avoid losses, tofu production must be carried out optimally. This research aims to optimize daily tofu production through implementing a Fuzzy inference system using the Mamdani method. This research depends on the availability of a dataset whose analysis process is experimental and numerical. The research results show that the fuzzy model can optimize daily tofu production from January to March. This claim is supported by the level of accuracy in the sufficient category, namely 77.7% when using RMSE, and the very good category when using MPE, namely 91.01%. Therefore, the fuzzy inference system model produced in this research can be used as an alternative for tofu industry businesses in determining daily tofu production.*

## PENDAHULUAN

Usaha produksi tahu merupakan suatu kegiatan ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan tahu sebagai produk akhir (Nurdiana Widjayanti, 2021). Usaha ini dapat dilakukan dalam skala kecil, hingga besar tergantung pada kapasitas produksi dan permintaan pasar. Usaha produksi tahu akan selalu ditemukan di setiap daerah yang memiliki yang jadwal pasar tetap baik harian maupun mingguan. Usaha produksi tahu termasuk usaha yang cukup menjanjikan jika dapat dikelola dengan baik.

Salah satu usaha produksi tahu dalam skala rumah tangga adalah usaha produksi tahu Pratama yang berada di kecamatan Sabilambo, Kab. Kolaka. Usaha produksi tahu ini belum memiliki model produksi harian yang pasti, sehingga tahu diproduksi berdasarkan pengalaman pemilik usaha tahu. Hal ini mengakibatkan usaha produksi tahu Pratama cenderung mengalami kerugian karena tahu yang diproduksi tidak selalu diserap oleh pasar. Tahu juga memiliki masa penyimpanan yang terbatas sehingga kualitas tahu cenderung menurun jika tidak segera diolah. Masalah tidak tercapainya target penjualan pada industri tahu dengan skala rumah tangga merupakan faktor yang cukup sensitif jika dibandingkan dengan faktor peningkatan biaya produksi (Ci & Barokah, 2019). Oleh karena itu, produksi tahu harian harus dilakukan secara optimal sesuai dengan fluktuasi jumlah permintaan dan persediaan.

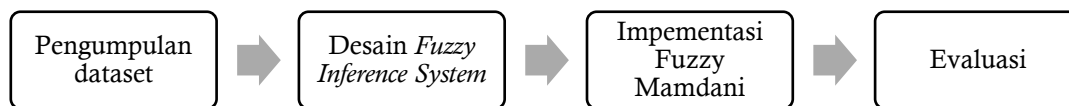
Optimalisasi produksi tahu harian termasuk masalah yang menantang karena adanya ketidakpastian dalam jumlah permintaan dan persediaan tahu. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan suatu kerangka kerja matematika yang dapat mengatasi masalah ketidakpastian dan ketidaktepatan melalui pemanfaatan derajat keanggotaan diantara 0 dan 1 dalam pengambilan keputusan (Yulmaini, 2018). Salah satu metode yang mengimplementasikan logika *fuzzy* adalah *fuzzy inference system* (FIS) yaitu suatu sistem perhitungan yang menggunakan logika *fuzzy* untuk memetakan variabel input menjadi variabel output yang diharapkan.

*Fuzzy inference system* telah diterapkan di berbagai bidang misalnya sistem kontrol, pengenalan pola, sistem pakar, pemrosesan citra dan peramalan atau prediksi. Pada sistem kontrol, logika *fuzzy* berperan dalam menciptakan alat pengatur suhu ruangan yang dapat bekerja secara efisien sehingga dapat mengurangi konsumsi energi (Zhao & Shan, 2020)(Belman-Flores et al., 2022). Sementara pada pengenalan pola, logika *fuzzy* digunakan untuk mengidentifikasi pola dari data yang tidak pasti misalnya pergerakan saham di perdagangan *online* (Janková & Dostál, 2020)(Davies et al., 2022). Selain itu juga terdapat metode lain yang menggunakan logika *fuzzy* selain FIS yang dapat diterapkan pada masalah sistem rekomendasi dalam *e-commerce* (Aprilia, 2023)

Dalam menerapkan FIS untuk masalah produksi tahu, umumnya dipilih salah satu dari tiga metode yang tersedia yaitu Metode Tsukamoto (Aprilia, 2023), Mamdani (Panigoro et al., 2021) atau Sugeno (Nurdini et al., 2019). Ketiga metode tersebut dibedakan atas konsekuensi aturan *Fuzzy*, Agregasi dan prosedur *Defuzzifikasi*. Meskipun penelitian terkait produksi tahu telah banyak dilakukan, akan tetapi setiap permasalahan memiliki karakteristik masing-masing. Karakteristik yang berbeda, mensyaratkan parameter *fuzzy* yang berbeda juga. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menemukan model produksi tahu harian yang optimal dengan pendekatan *fuzzy inference system* tipe Mamdani pada *dataset* produksi tahu harian yang telah dicatat oleh usaha produksi tahu Pramata dari bulan Januari – Maret 2022.

## METODE PENELITIAN

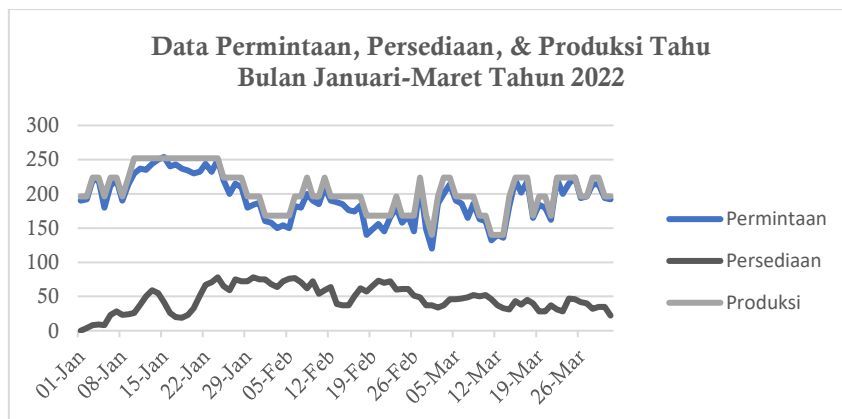
Penelitian ini masuk dalam bidang kajian *soft computing* yang dilakukan dengan pendekatan eksperimental numerik. Penelitian ini bergantung pada *dataset* yang diperoleh dari Industri tahu yang ada di kelurahan Sabilambo Kabupaten Kolaka. Secara lebih rinci tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Tahapan penelitian

### Dataset

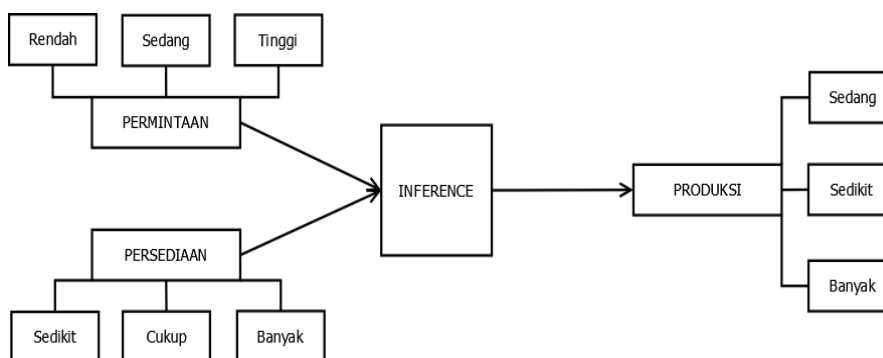
Penelitian ini menggunakan *dataset* yang diperoleh dari industri tahu di Kelurahan Sabilambo, Kabupaten Kolaka. Dataset yang dikumpulkan adalah data permintaan, persediaan dan produksi tahu harian dari bulan januari – maret tahun 2022. Data harian tahu pada gambar 2 adalah dalam bentuk kantong dimana satu kantong berisi 20 potong tahu.



Gambar 2. Jumlah Data permintaan, persediaan dan produksi tahu harian dari bulan Januari – Maret tahun 2020

### Desain Fuzzy Inference System

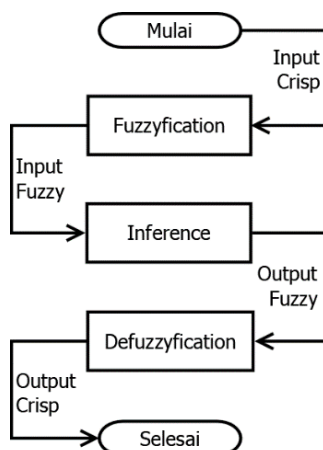
Untuk melakukan optimalisasi produksi tahu dengan pendekatan logika *fuzzy* maka diperlukan desain *Fuzzy inference system* (FIS). Desain FIS pada penelitian ini disesuaikan dengan permasalahan yang ada yaitu variabel produksi tahu bergantung pada variabel permintaan dan jumlah persediaan tahu di gudang penyimpanan. Dalam memilih himpunan *fuzzy* yang mendeskripsikan setiap variabel *fuzzy*, dilakukan berdasarkan studi literatur dan pendapat ahli. Variabel permintaan pada penelitian ini dideskripsikan oleh himpunan *fuzzy* rendah, sedang dan tinggi. Variabel persediaan dideskripsikan oleh himpunan *fuzzy* sedikit, cukup dan banyak. Variabel produksi dideskripsikan oleh himpunan *fuzzy* sedang, sedikit dan banyak. Secara lebih detail, desain FIS dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Desain fuzzy inference system untuk optimalisasi produksi tahu

### Tahapan Fuzzy Inference System

*Fuzzy inference system* adalah proses yang merumuskan pemetaan dari input yang diberikan ke output yang diharapkan menggunakan logika *fuzzy*. Secara umum tahapan dalam FIS Mamdani dideskripsikan oleh gambar berikut:



**Gambar 4. Tahapan Fuzzy Inference System**

Berdasarkan gambar 4 dapat diketahui bahwa ada 3 tahapan dalam *Fuzzy Inference System* yaitu *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification*. Pada tahap *fuzzification*, input yang masih dalam bentuk *crisp* diubah ke dalam bentuk inputan *fuzzy*. Pada tahap *inference*, dilakukan penalaran yang berbasis aturan sehingga output *fuzzy* diperoleh berdasarkan inputan *fuzzy*. Output *fuzzy* harus diubah ke dalam bentuk output *crisp* melalui tahapan *defuzzification* sehingga proses pemataan dari input ke output yang diharapkan dapat tercapai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Parameter Fuzzy Inference System

Keakuratan dalam menentukan produksi tahu yang menggunakan pendekatan *fuzzy inference system* sangat dipengaruhi oleh parameter *fuzzy*. Parameter ini sangat sensitif sehingga untuk data yang sama dengan parameter yang berbeda dapat menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda pula. Parameter tersebut diantaranya adalah penentuan himpunan *fuzzy* yang mendeskripsikan setiap variabel *fuzzy*, penentuan domain & fungsi keanggotaan yang merepresentasikan setiap himpunan *fuzzy* dan penentuan aturan yang digunakan pada saat *inference*. Secara detail, parameter yang digunakan untuk mengoptimalkan produksi tahu dengan pendekatan *fuzzy inference system* pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1, 2 dan 3 berikut.

**Tabel 1. Parameter himpunan fuzzy untuk variabel permintaan**

| Variabel   | Himpunan | Domain    | Fungsi Keanggotaan | Parameter          |
|------------|----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Permintaan | Rendah   | 0 – 250   | Trapesium          | 0; 0; 100; 250     |
|            | Sedang   | 140 – 370 | Segitiga           | 140; 250; 370      |
|            | Tinggi   | 250 – 500 | Trapesium          | 250; 400; 500; 500 |

Berdasarkan tabel 1, maka fungsi keanggotaan untuk variabel permintaan direpresentasikan oleh persamaan (1a-1c) berikut.

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 100 \\ (250 - x)/150 & ; 100 \leq x \leq 250 \\ 0 & ; x \geq 140 \end{cases} \quad (1a)$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 100 \text{ atau } x \geq 370 \\ (x - 140)/110 & ; 140 \leq x \leq 250 \\ (370 - x)/120 & ; 250 \leq x < 370 \end{cases} \quad (1b)$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 250 \\ (x - 250)/150 & ; 250 \leq x \leq 400 \\ 1 & ; x \geq 400 \end{cases} \quad (1c)$$

**Tabel 2. Parameter himpunan fuzzy untuk variabel persediaan**

| Variabel   | Himpunan | Domain   | Fungsi Keanggotaan | Parameter         |
|------------|----------|----------|--------------------|-------------------|
| Persediaan | Sedikit  | -10 – 60 | Trapezium          | -10; -10; 15; 60  |
|            | Cukup    | 30 – 90  | Segitiga           | 30; 60; 90        |
|            | Sedang   | 60 – 200 | Trapezium          | 60; 100; 200; 200 |

Berdasarkan tabel 2 dan 3, maka fungsi keanggotaan untuk variabel persediaan dan produksi direpresentasikan oleh persamaan (2a-2c) dan (3a-3c) berikut.

$$\mu_{Sedikit}(y) = \begin{cases} 1 & ; y \leq 15 \\ (60 - y)/45 & ; 15 \leq y \leq 60 \\ 0 & ; y \geq 60 \end{cases} \quad (2a)$$

$$\mu_{Cukup}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 30 \text{ atau } y \geq 90 \\ (y - 30)/30 & ; 30 \leq y \leq 60 \\ (90 - y)/30 & ; 60 \leq y < 90 \end{cases} \quad (2b)$$

$$\mu_{Sedang}(y) = \begin{cases} 0 & ; y \leq 60 \\ (y - 60)/40 & ; 60 \leq y \leq 100 \\ 1 & ; y \geq 100 \end{cases} \quad (2c)$$

**Tabel 3. Parameter himpunan fuzzy untuk variabel produksi**

| Variabel | Himpunan | Domain    | Fungsi Keanggotaan | Parameter          |
|----------|----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Produksi | Sedikit  | 0 – 250   | Trapezium          | 0; 0; 140; 250     |
|          | Sedang   | 150 – 400 | Segitiga           | 150; 275; 400      |
|          | Banyak   | 300 – 520 | Trapezium          | 300; 420; 520; 520 |

$$\mu_{Sedikit}(z) = \begin{cases} 1 & ; z \leq 140 \\ \frac{(250 - z)}{110} & ; 140 < z < 250 \\ 0 & ; z \geq 250 \end{cases} \quad (3a)$$

$$\mu_{Sedang}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 150 \text{ atau } z \geq 400 \\ \frac{(z - 150)}{125} & ; 150 < z < 275 \\ \frac{(400 - z)}{125} & ; 275 \leq z < 400 \end{cases} \quad (3b)$$

$$\mu_{Banyak}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 300 \\ \frac{(z - 300)}{120} & ; 300 < z < 420 \\ 1 & ; z \geq 420 \end{cases} \quad (3c)$$

Penentuan output *fuzzy* pada tahap penalaran, sangat bergantung pada aturan yang digunakan. Oleh karena itu, 9 aturan yang tersedia pada penelitian ini disesuaikan dengan banyaknya himpunan *fuzzy* yang melekat pada setiap variabel. Selain itu juga, aturan ini telah mempertimbangkan pendapat ahli dan hasil temuan dalam studi literatur. Secara lebih detail, pilihan aturan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Aturan yang tersedia dalam penentuan jumlah produksi**

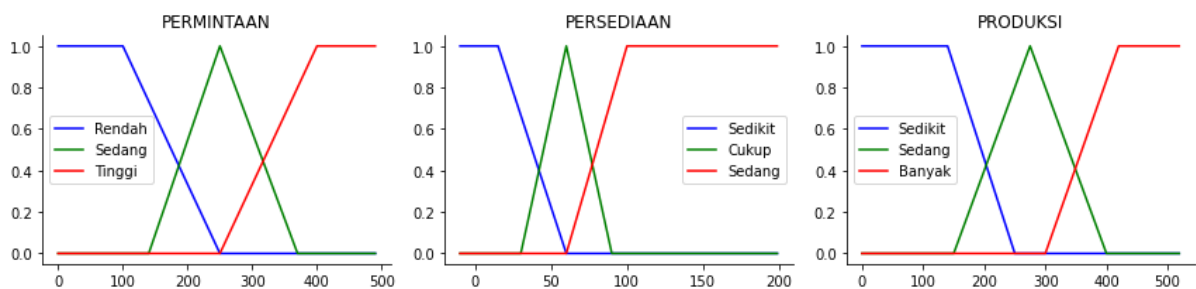
| Variabel | Sedikit | Cukup   | Sedang  |
|----------|---------|---------|---------|
| Rendah   | Sedikit | Sedikit | Sedikit |
| Sedang   | Sedang  | Sedang  | Sedikit |
| Tinggi   | Banyak  | Banyak  | Banyak  |

## Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Untuk Optimalisasi Produksi Tahu

Untuk melihat bagaimana *Fuzzy inference system* dapat menentukan jumlah tahu yang harus diproduksi berdasarkan inputan yang diterima berikut disajikan proses perhitungan secara manual berdasarkan dataset tanggal 11 februari 2022 yaitu permintaan sebesar 210 kantong dan persediaan sebanyak 59 kantong

### 1. Tahap *Fuzzification*

Pada tahap ini, inputan  $x = 210$  dan  $y = 59$  yang masih berbentuk inputan *crisp* diubah ke dalam bentuk inputan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan variabel  $x$  pada persamaan (1a-1c), variabel  $y$  pada persamaan (2a-2c) dan variabel  $z$  pada persamaan (3a-3c), dapat direpresentasikan dalam bentuk fungsi pemetaan seperti pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Plot fungsi keanggotaan variabel permintaan ( $x$ ), persediaan ( $y$ ) & produksi ( $z$ )

Berdasarkan gambar 5 di atas,  $x = 210$  berada pada himpunan *fuzzy* rendah, dan himpunan *fuzzy* sedang. Dengan menggunakan persamaan (1a) dan (1b) maka derajat keanggotaan  $\mu_{Rendah}(x = 210)$  adalah 0,267 dan  $\mu_{Sedang}(x = 210)$  adalah 0,636. Begitupun dengan  $y = 59$  berada pada himpunan *fuzzy* sedikit, dan himpunan *fuzzy* cukup. Dengan menggunakan persamaan (2a) dan (2b) maka derajat keanggotaan  $\mu_{Sedikit}(y = 59)$  adalah 0,022 dan  $\mu_{Cukup}(y = 59)$  adalah 0,967.

### 2. Tahap *inference*

Tahap inferensi adalah tahap penalaran dimana inputan *fuzzy* diubah ke dalam output *fuzzy*. Ada dua sub tahapan dalam *inference* yaitu fungsi implikasi dan fungsi komposisi. Fungsi implikasi bertujuan untuk mengambil kesimpulan yang berasal dari inputan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi Min. Sementara pada fungsi komposisi adalah suatu tahapan yang menyimpulkan secara keseluruhan atas output dari fungsi implikasi. Pada fungsi komposisi digunakan fungsi max.

#### - Fungsi implikasi

Berdasarkan hasil pada tahap *fuzzification* maka terpilih 4 aturan yang mengacu pada tabel 4 yaitu R1, R2, R4 dan R5.

[R1] IF Permintaan = Rendah AND Persediaan = Sedikit THEN Produksi = Sedikit

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_1 &= \mu_{Rendah}(x = 210) \cap \mu_{Sedikit}(y = 59) \\ &= \min(0,267 ; 0,022) = 0,022\end{aligned}$$

[R2] IF Permintaan = Rendah AND Persediaan = Cukup THEN Produksi = Sedikit

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_2 &= \mu_{Rendah}(x = 210) \cap \mu_{Cukup}(y = 59) \\ &= \min(0,267 ; 0,967) = 0,267\end{aligned}$$

[R4] IF Permintaan = Sedang AND Persediaan = Sedikit THAN Produksi = Sedang

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_3 &= \mu_{Sedang}(x = 210) \cap \mu_{Sedikit}(y = 59) \\ &= \min(0,636 ; 0,022) = 0,022\end{aligned}$$

[R5] IF Permintaan = Sedang AND Persediaan = Cukup THAN Produksi = Sedang

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_4 &= \mu_{Sedang}(x = 210) \cap \mu_{Cukup}(y = 59) \\ &= \min(0,636 ; 0,967) = 0,636\end{aligned}$$

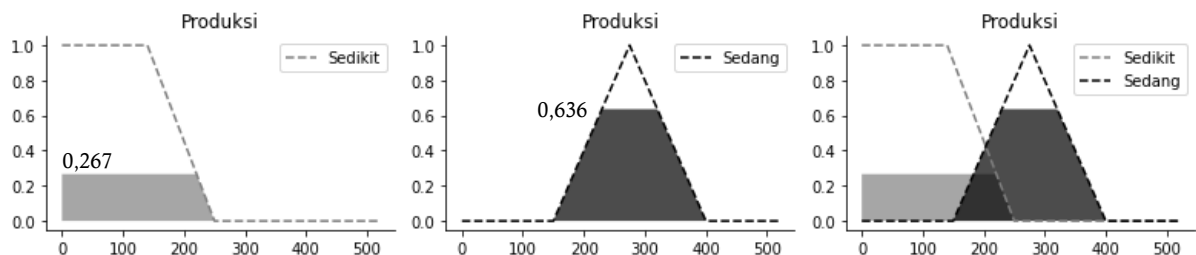
- Fungsi komposisi

Berdasarkan fungsi implikasi diperoleh dua output *fuzzy* yaitu produksi sedikit dan produksi sedang. Baik produksi sedikit maupun sedang keduanya memiliki dua  $\alpha - predikat$ , sehingga hasil fungsi komposisinya adalah sebagai berikut.

$$\mu_{sf}(z) = \max(\mu_{Sedikit}(z) ; \mu_{Sedikit}(z)) = \max(0,022 ; 0,267) = 0,267$$

$$\mu_{sf}(z) = \max(\mu_{Sedang}(z) ; \mu_{Sedang}(z)) = \max(0,022 ; 0,636) = 0,636$$

Berdasarkan hasil fungsi komposisi dapat diketahui bahwa output *fuzzy* pada variabel produksi berada pada himpunan fuzzy sedikit dengan derajat keanggotaan = 0,267 dan himpunan *fuzzy* sedang dengan derajat keanggotaan = 0,636. Secara visual, hasil fungsi komposisi dideskripsikan oleh gambar 6 berikut.



Gambar 6. Plot area solusi pada variabel produksi (z) hasil fungsi komposisi

Untuk mendukung tujuan *defuzzification* maka fungsi keanggotaan variabel produksi hasil fungsi komposisi harus dicari. Dengan menggunakan persamaan (3b) maka nilai z pada saat  $\mu_{Sedang}(z) = 0,267$  yaitu:

$$z = (0,26 \times 125) + 150 = 33,375 + 150 = 183,375.$$

Selain itu juga masih terdapat dua titik yang harus dicari pada saat  $\mu_{Sedang}(z) = 0,636$ . Dengan menggunakan persamaan (3b) maka kedua titik tersebut yaitu:

$$z = (0,636 \times 125) + 150 = 79,5 + 150 = 229,5.$$

$$z = 400 - (0,636 \times 125) = 400 - 79,5 = 320,5.$$

Berdasarkan titik-titik perpotongan yang ditemukan pada daerah solusi (output *fuzzy*), maka fungsi keanggotaan untuk variabel produksi hasil fungsi komposisi direpresentasikan oleh persamaan 4 berikut.

$$z = \begin{cases} 0,267 & ; z \leq 183,375 \\ \frac{(z - 150)}{125} & ; 183,375 < z < 229,5 \\ 0,636 & ; 229,5 \leq z \leq 320,5 \\ \frac{(400 - z)}{125} & ; 320,5 < z \leq 400 \end{cases} \quad (4)$$

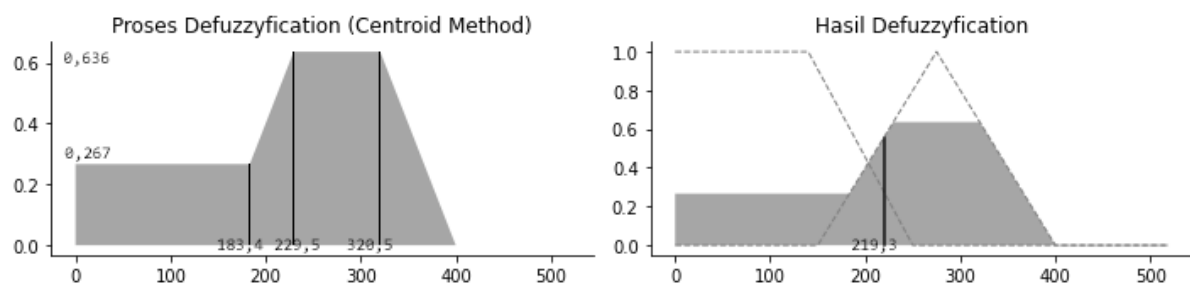
### 3. Tahap *defuzzification*

Tahap akhir dari *fuzzy inference system* dengan metode *Fuzzy Mamdani* adalah proses *defuzzification*. Pada tahap ini output *fuzzy* yang diperoleh dari proses *inference* diubah ke dalam bentuk *crisp*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai *crisp* adalah metode centroid yang direpresentasikan oleh persamaan 5 berikut.

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z) z dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad (5)$$

dimana  $z^*$  menyatakan titik pusat daerah fuzzy,  $\mu(z)$  adalah derajat keanggotaan dan  $\int_z \mu(z) z dz$  adalah momen untuk semua daerah solusi yang diperoleh pada fungsi komposisi.

Untuk memperoleh nilai  $z^*$  dengan metode centroid, daerah produksi hasil fungsi komposisi dibagi menjadi 4 bagian dengan luas dan momen masing-masing sesuai dengan fungsi keanggotaan pada persamaan 4. Secara lebih detail dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Proses dan hasil *defuzzification* dengan metode centroid

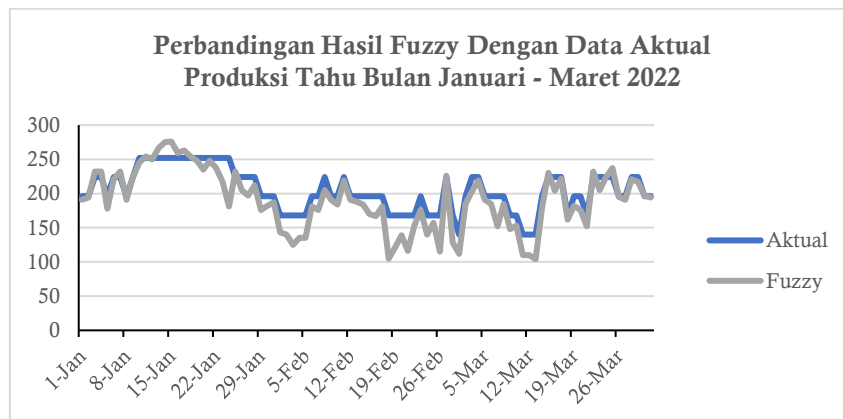
Dengan menggunakan persamaan (5), maka tahu yang harus diproduksi saat permintaan  $x = 210$  dan dan persediaan  $y = 59$  yaitu:

$$\begin{aligned} z^* &= \frac{\int_0^{183,375} 0,267z dz + \int_{183,375}^{229,5} \frac{(z-150)}{125} z dz + \int_{229,5}^{320,5} 0,636z dz + \int_{320,5}^{400} \frac{(z-150)}{125} z dz}{\int_0^{183,375} 0,267 dz + \int_{183,375}^{229,5} \frac{(z-150)}{125} dz + \int_{229,5}^{320,5} 0,636 dz + \int_{320,5}^{400} \frac{(z-150)}{125} dz} \\ &= \frac{4.4489,1 + 4.363,57 + 15.915,9 + 8.772,51}{48,96 + 20,83 + 57,88 + 25,28} = \frac{33.541,08}{152,94} = 219,3037 \approx 219 \text{ kantong} \end{aligned}$$

### Evaluasi

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan alternatif bagi pengusaha tahu dalam menentukan keputusan terkait jumlah tahu yang harus diproduksi berdasarkan dinamika pasar yang ditentukan oleh variabel permintaan dan persediaan. Untuk itu telah dihasilkan parameter-parameter yang mendukung dilakukannya proses *Fuzzy inference system* dengan menggunakan metode Mamdani. Pada bagian implementasi telah dijelaskan secara detail proses perhitungan jumlah produksi harian berdasarkan salah satu data dalam *dataset*. Hasil perhitungan manual metode Mamdani sama dengan hasil perhitungan menggunakan bahasa pemrograman *python* yang dapat dilihat pada gambar 6 bagian kanan.

Untuk mengevaluasi model *fuzzy inference system* yang dihasilkan dalam penelitian ini, maka model tersebut dievaluasi terhadap *dataset* (Gambar 2) produksi harian tahu dari bulan Januari – Maret 2022. Hasil evaluasi secara detail dideskripsikan oleh gambar 7 berikut.



**Gambar 7. Perbandingan data produksi tahu harian hasil *fuzzy inference system* dengan data aktual dari bulan Januari – Maret tahun 2022**

Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa secara bentuk grafik, produksi tahu harian hasil FIS dengan metode mamdani dapat mengikuti bentuk grafik data aktual. Akan tetapi terdapat beberapa yang mengalami *overfitting* pada hari tertentu. Hal ini divalidasi oleh hasil pengukuran akurasi yang menggunakan metode RMSE, MPE dan MAPE secara berturut-turut yaitu 77,7%; 91,01% dan 99,9%. Perbedaan akurasi dalam penelitian ini disebabkan oleh cara pandang setiap metode dalam mengukur akurasi. Akurasi RMSE berada dikategori cukup karena RMSE lebih peka terhadap *outlier* dimana setiap kesalahan dikuadratkan sebelum dihitung rata-rata dan akar kuadratnya. Sementara MPE dan MAE memberikan akurasi dengan kategori sangat baik karena keduanya lebih toleran terhadap *outlier* dimana setiap kesalahan dihitung secara proporsional terhadap nilai sebenarnya (Chai & Draxler, 2014).

Masalah utama dalam *fuzzy inference system* adalah terletak pada penentuan parameter, seperti jumlah himpunan *fuzzy* yang mewakili parameter, domain himpunan *fuzzy*, pemilihan fungsi keanggotaan dan penentuan aturan. Penggunaan parameter yang kurang tepat dapat mempengaruhi tingkat akurasi. Hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh (Surohadi et al., 2023) yang tingkat akurasi dengan menggunakan MAPE sebesar 32,16%. Begitupun dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rahakbauw et al., 2019), dimana tingkat akurasinya dengan menggunakan metode MPE sebesar 87,8%. Dengan demikian, tingkat akurasi yang diperoleh dalam penelitian ini cukup dapat mengoptimalkan dataset produksi tahu karena baik metode MPE maupun MAPE keduanya menunjukkan akurasi di atas 90%. Akan tetapi model *fuzzy* dalam penelitian ini tetap menyediakan ruang untuk evaluasi karena tingkat akurasi dengan menggunakan metode RMSE hanya sebesar 77,7%. Oleh karena pemanfaatan *neural* dan *evolutionary computing* dapat menjadi pilihan dalam mengoptimalkan parameter-parameter *fuzzy* yang sangat sensitif.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

*Fuzzy inference system* (FIS) dengan metode mamdani dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ketidakpastian seperti produksi tahu harian di kelurahan Sabilambo. Akan tetapi pendekatan penyelesaian masalah dengan menggunakan FIS sangat sensitif sehingga diperlukan parameter yang tepat untuk dapat mengoptimalkan produksi tahu harian. Penelitian ini telah menghasilkan parameter *fuzzy* yang dapat mengoptimalkan *dataset* produksi tahu harian di kelurahan Sabilambo dari bulan Januari-Maret 2023. Tingkat akurasi yang diberikan oleh *model fuzzy* pada penelitian ini berada dikategori cukup (77,7%) jika menggunakan RMSE dan sangat baik yaitu 91,01% jika menggunakan MPE. Oleh karena itu model *fuzzy* yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam menentukan keputusan bagi usaha produksi tahu.

### Saran

Model *fuzzy* yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat digunakan dalam penelitian terapan yang berkaitan dengan estimasi produksi tahu harian. Selain itu juga, akurasi pada penelitian ini dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan setiap parameter fuzzy yang digunakan.

## REFERENSI

- Aprilia, R. (2023). Pemilihan Pembelanjaan Online Dengan Metode Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 14–20. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i1.1848>
- Belman-Flores, J. M., Rodríguez-Valderrama, D. A., Ledesma, S., García-Pabón, J. J., Hernández, D., & Pardo-Cely, D. M. (2022). A Review on Applications of Fuzzy Logic Control for Refrigeration Systems. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/app12031302>
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Ci, M., & Barokah, U. (2019). Analisis Usaha Industri Tahu Skala Rumah Tangga. *Journal of Agricultural Socioeconomics and Business*, 02(02), 10–20. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/agriecobis/ar>
- Davies, I. N., Ene, D., Cookey, I. B., & Lenu, G. F. (2022). Implementation of a Type-2 Fuzzy Logic Based Prediction System for the Nigerian Stock Exchange. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, VII(1), 16–23.
- Janková, Z., & Dostál, P. (2020). Prediction of European Stock Indexes Using Neuro-fuzzy Technique. *Trends Economics and Management*, 14(35), 45. <https://doi.org/10.13164/trends.2020.35.45>
- Nurdiana Widjayanti, F. (2021). Analisis Keuntungan dan Kelayakan Usaha Produksi Tahu di Desa Tamanan Kecamatan Tamanan Kabupaten Bondowoso. *Surya Agitama*, 10(1), 51–66.
- Nurdini, S., Nurcahyo, G. W., & Santony, J. (2019). Analisis Perkiraan Jumlah Produksi Tahu Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 1(3), 18–23. <https://doi.org/10.35134/jsisfotek.v1i3.4>
- Panigoro, S., Dalai, H., & Yunus, W. (2021). Prediksi Jumlah Produksi Tahu Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Nasional CosPhi*, 5(2), 2597–9329.
- Rahakbauw, D. L., Rianekuay, F. J., & Lesnussa, Y. A. (2019). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Ptp Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia). *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 16(1), 51–59. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764>
- Surohadi, M., Hindarto, H., & Setiawan, H. (2023). Prediksi Produksi Dompok Kulit Sintetis Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*, 9(2), 207–214.
- Yulmaini. (2018). *Logika Fuzzy: Studi Kasus & Penyelesaian Menggunakan Microsoft Excel & Matlab* (R. Indra (ed.); I). ANDI.
- Zhao, J., & Shan, Y. (2020). A Fuzzy Control Strategy Using the Load Forecast for Air Conditioning System. In *Energies* (Vol. 13, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/en13030530>