



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 4 Tahun 2024 Page 4940-4955

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Kajian Fuzzy Metode Mamdani dan Fuzzy Metode Sugeno serta Implementasinya

Firginia Astuti Sihombing

Universitas Sumatera Utara

Email: firginiaastutisihombing@gmail.com

Abstrak

Fuzzy metode Mamdani dan metode Sugeno memiliki tahapan sama dalam penalaran fuzzy, namun berbeda pada proses inferensi dan defuzzifikasi. Fuzzy metode Mamdani menghasilkan output berupa himpunan fuzzy, sementara fuzzy metode Sugeno menghasilkan output berupa konstanta/persamaan linier. Fuzzy metode Mamdani cocok untuk penalaran linguistik dan pengambilan keputusan yang membutuhkan interpretasi linguistik, sedangkan fuzzy metode Sugeno sesuai untuk pemodelan sistem, identifikasi sistem, prediksi, dan kontrol otomatis dengan output numerik. Dari implementasi, jika biaya produksi dinaikkan menjadi Rp 8.500 dan jumlah permintaan 2.500 didapat dengan fuzzy metode Mamdani banyak yang harus diproduksi sebanyak 2.719 menunjukkan jumlah produksi berkurang dan dengan fuzzy metode Sugeno banyak yang harus diproduksi sebanyak 2.861, menunjukkan produksi masih di rentang sedang.

Kata Kunci: *Defuzzikasi, Inferensi Fuzzy, Logika Fuzzy, Mamdani, Sugeno*

Abstract

Fuzzy Mamdani method and Sugeno method have the same stages in fuzzy reasoning, but differ in the inference and defuzzification process. Fuzzy Mamdani method produces output in the form of fuzzy sets, while fuzzy Sugeno method produces output in the form of constants/linear equations. Fuzzy Mamdani method is suitable for linguistic reasoning and decision-making that requires linguistic interpretation, while fuzzy Sugeno method is suitable for system modeling, system identification, prediction, and automatic control with numerical output. From the implementation, if the production cost is increased to Rp 8,500 and the number of requests is 2,500, it is obtained with the Mamdani fuzzy method that many must be produced as many as 2,719, indicating that the amount of production is reduced and with the Sugeno fuzzy method that many must be produced as many as 2,861, indicating that production is still in the medium range.

Keywords: Defuzzification, Fuzzy Inference, Fuzzy Logic, Mamdani, Sugeno

PENDAHULUAN

Himpunan tegas adalah himpunan yang didefinisikan dengan tegas, di mana setiap elemen dalam himpunan semesta dapat ditentukan secara pasti apakah elemen tersebut termasuk dalam himpunan tersebut atau tidak. Dengan kata lain, terdapat batasan yang jelas antara elemen yang merupakan anggota himpunan dan yang bukan. Zadeh menghubungkan konsep logika fuzzy dengan himpunan tegas dengan derajat keanggotaan.

Fuzzy Mamdani dan Sugeno menawarkan pendekatan yang berbeda untuk sistem inferensi logika fuzzy. Metode Mamdani menggunakan aturan fuzzy untuk memetakan variabel input ke variabel output, sehingga memungkinkan aturan linguistik digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Metode Sugeno menawarkan sistem inferensi yang menggabungkan aturan fuzzy dengan fungsi matematika.

Muflihunna (2022) mengkaji tentang bagaimana menggunakan metode fuzzy Mamdani dan Sugeno untuk menghitung jumlah jenang yang diproduksi dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti permintaan, stok, bahan baku, dan variabilitas produksi. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai MAPE untuk produk jenang kombinasi sebesar 7,5% dengan menggunakan metode fuzzy Mamdani dan nilai MAPE untuk produk jenang wijen sebesar 21,7 persen dengan menggunakan metode fuzzy Sugeno.

Dalam penelitiannya (Harliana et al., 2022) menuliskan bahwa pada kasus uji coba prediksi tingkat inflasi di Kota Medan, masing-masing model memiliki tingkat akurasi yang baik karena nilai error yang dihasilkan kurang dari 10%. Hal ini diikuti dengan pengamatan perbedaan tingkat akurasi model inferensi fuzzy Sugeno dan Mamdani sebesar 3,5%, yang

mengindikasikan bahwa hasil perbedaan error yang dihasilkan masing-masing model tidak begitu signifikan.

Melalui kajian ini, diharapkan dapat memberikan pandangan yang lebih mendalam tentang karakteristik dan potensi penggunaan metode Mamdani dan Sugeno dalam penanganan ketidakpastian, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan sistem berbasis logika fuzzy untuk memberikan keputusan yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang suatu keadaan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan dan hasilnya.

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dari penelitian ini adalah warung kolak Cirasa di Jl. Dr. Mansyur, Medan. Sedangkan objek penelitian ini adalah jumlah kolak yang harus diproduksi berdasarkan biaya produksi permangkuk dan permintaan.

Teknik Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dari warung kolak Cirasa.

Analisis Data

Langkah-langkah dalam menganalisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Mengumpulkan berbagai bahan referensi berupa buku materi yang diperoleh di perpustakaan dan bahan ajar perkuliahan, skripsi, jurnal nasional maupun internasional, artikel dan lain sebagainya yang berkaitan dengan analisa *fuzzy* Mamdani dan Sugeno.

2. Mengkaji Hubungan fuzzy metode Mamdani dan Sugeno

Fuzzy metode Mamdani dan fuzzy metode Sugeno akan dikaji dari persamaan dan perbedaan kedua metode. Mamdani menggunakan fungsi min dan aturan komposisi menggunakan max untuk menghasilkan sebuah himpunan fuzzy yang baru dan menggunakan metode centroid dalam defuzzikasi. Pembentukan himpunan fuzzy pada fuzzy metode Sugeno untuk menentukan semua variable yang terkait dalam

proses yang akan ditentukan.

3. Implementasi

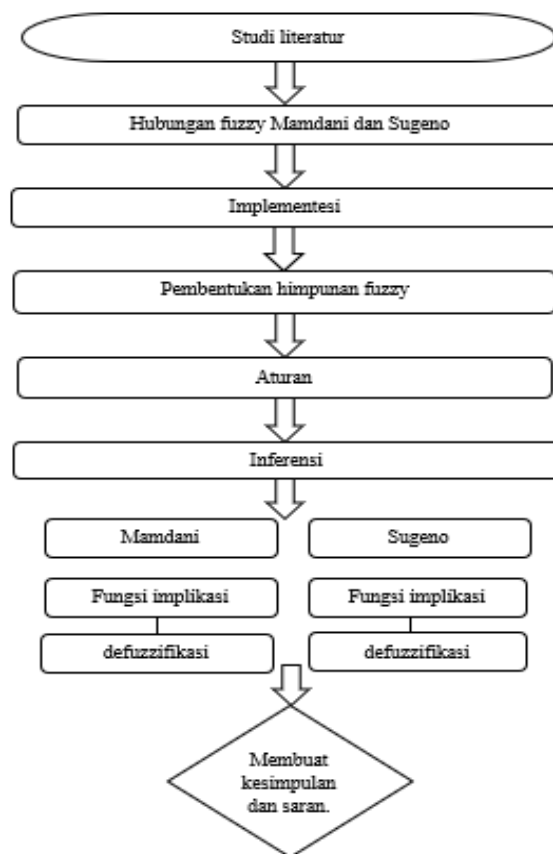
Fuzzy metode Mamdani dan fuzzy metode Sugeno akan diimplementasikan untuk menghitung jumlah produksi berdasarkan biaya produksi dan jumlah permintaan, dilakukan dengan tahapan:

- a. Pembentukan variabel
- b. Membentuk himpunan fuzzy
- c. Membuat aturan fuzzy
- d. Fuzzy metode Mamdani
- e. Fuzzy metode Sugeno

4. Membuat kesimpulan dan saran

Akan ditarik kesimpulan setelah mengkaji fuzzy metode mamdani dan fuzzy metode serta pengimplementasiannya dan kemudian akan dibuat saran.

Ilustrasi Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Logika fuzzy adalah suatu metode untuk mengatasi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan dengan memperluas logika biner konvensional (0 dan 1) menjadi logika yang memungkinkan nilai antara 0 dan 1. Pada logika biner, suatu pernyataan bisa benar atau salah. Namun, dalam logika fuzzy suatu pernyataan bisa memiliki derajat keanggotaan yang berbeda-beda. Misalnya, jika dikatakan jumlah produksi "bertambah", tingkat keanggotaan variabel dalam himpunan "bertambah" bernilai 0.7, artinya jumlah produksi cukup tinggi, tapi tidak sepenuhnya bertambah.

Hubungan Fuzzy Metode Mamdani dan Sugeno

Tabel 1. Persamaan Fuzzy Metode Mamdani dan Sugeno

Aspek	Mamdani dan Sugeno
Logika fuzzy	Menggunakan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dengan aturan fuzzy.
Fuzzifikasi	Mengubah input numerik menjadi himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan. input diwakili oleh fungsi keanggotaan fuzzy yang menentukan derajat keanggotaan setiap input pada setiap himpunan fuzzy.
Basis aturan	Menggunakan aturan berbasis IF-THEN yang mendefinisikan bagaimana input fuzzy dihubungkan dengan output fuzzy.

Tabel 2. Perbedaan *Fuzzy* Metode Mamdani dan Sugeno

Aspek	Mamdani	Sugeno
Nama pencipta	Fuzzy metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975	Fuzzy metode Sugeno dikembangkan oleh Takagi-Sugeno-Kang pada tahun 1985
Aturan	Aturan yang dibentuk akan dihitung alpha predikat menggunakan fungsi implikasi MIN dan menentukan alpha predikat tertinggi dengan fungsi MAX dari fungsi MIN. Hasil dari tiap aturan adalah himpunan fuzzy.	Dari tiap aturan yang ditentukan, dihitung nilai z berdasarkan konsekuen setiap aturan. Hasil dari tiap aturan adalah nilai numerik.
Defuzzikasi	Hasil dari tiap aturan fuzzy berupa himpunan diubah menjadi nilai <i>crisp</i> menggunakan metode defuzzifikasi dengan centroid.	Nilai <i>output</i> dapat ditentukan secara langsung berdasarkan fungsi matematis.

Implementasi

Tabel 3. Data Biaya Produksi

Biaya Produksi	Harga
Minimum	Rp. 6.000
Rata-rata	Rp. 8.000
Maksimum	Rp. 10.000

Data permintaan diberikan dalam jumlah harian dimana data akan dikalikan dengan tujuh hari untuk mendapatkan data mingguannya, data ditunjukkan Tabel 4

Tabel 4. Data Permintaan

Permintaan	Jumlah perhari (mangkuk)	Jumlah perminggu (mangkuk)
Minimum	200	1.400
Rata-rata	400	2.800
Maksimum	600	4.200

Untuk data produksi diberikan dalam jumlah harian dimana data akan dikalikan dengan tujuh hari untuk mendapatkan data mingguannya, data ditunjukkan Tabel 5

Tabel 5. Data Produksi

Produksi	Jumlah perhari (mangkuk)	Jumlah perminggu (mangkuk)
Minimum	300	2.100
Rata-rata	500	3.500
Maksimum	700	4.900

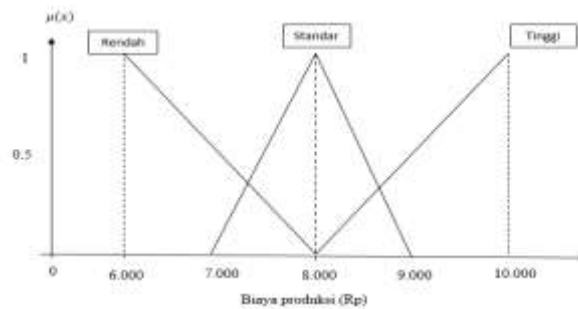
Berdasarkan data yang diberikan pada tabel 3 hingga tabel 5, akan dihitung jumlah kolak yang harus diproduksi jika biaya untuk memproduksi kolak dinaikkan menjadi Rp 8.500,- dan permintaan 2.500 mangkuk perminggunya. Untuk mendapatkan jumlah produksi kolak perminggunya dapat dilakukan dengan langkah berikut:

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Dalam pembentukan himpunan fuzzy, ditentukan terlebih dahulu variabel input dan outputnya. Variabel input dibagi menjadi dua yaitu variabel biaya produksi dengan himpunan fuzzy RENDAH, STANDAR, dan TINGGI dan permintaan barang dengan himpunan fuzzy TURUN, NORMAL dan NAIK. Serta satu variabel *output*, yaitu variabel produksi dengan himpunan fuzzy BERKURANG, NORMAL, dan BERTAMBAH.

a. Himpunan Fuzzy Biaya Produksi

Untuk merepresentasikan variabel biaya produksi digunakan bentuk kurva linear turun untuk himpunan fuzzy RENDAH, kurva linear naik untuk himpunan fuzzy TINGGI dan bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy STANDAR, representasi variabel biaya produksi ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Representasi Variabel Produksi

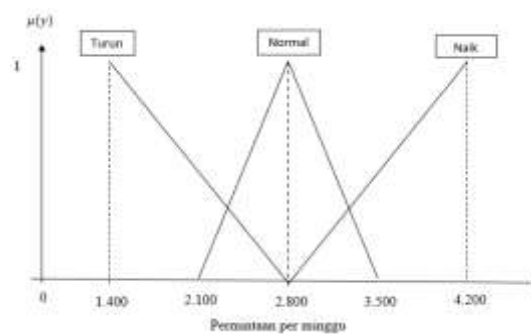
$$\mu_{Rendah} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 6.000 \\ \frac{8.000 - x}{8.000 - 6.000} & ; 6.000 < x \leq 8.000 \\ 0 & ; x > 8.000 \end{cases}$$

$$\mu_{Standar} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 7.000 \text{ atau } x > 9.000 \\ \frac{x - 7.000}{8.000 - 7.000} & ; 7.000 < x \leq 8.000 \\ \frac{9.000 - x}{9.000 - 8.000} & ; 8.000 < x \leq 9.000 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 8.000 \\ \frac{x - 8.000}{10.000 - 8.000} & ; 8.000 \leq x < 10.000 \\ 1 & ; x > 10.000 \end{cases}$$

b. Himpunan Fuzzy Permintaan

Untuk merepresentasikan variabel permintaan digunakan bentuk kurva linear turun untuk himpunan fuzzy TURUN, kurva linear naik untuk himpunan fuzzy NAIK dan bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy NORMAL, representasi variabel permintaan ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Representasi Variabel Permintaan

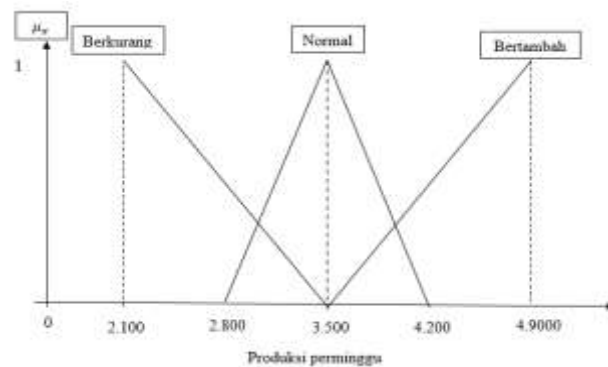
$$\mu_{Turun} = \begin{cases} 1 & ; y \leq 1.400 \\ \frac{2.800 - y}{2.800 - 1.400} & ; 1.400 < y \leq 2.800 \\ 0 & ; y > 2.800 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & ; y \leq 2.100 \text{ atau } y > 3.500 \\ \frac{y - 2.100}{2.800 - 2.100} & ; 2.100 \leq y < 2.800 \\ \frac{3.500 - y}{3.500 - 2.800} & ; 2.800 < y \leq 3.500 \end{cases}$$

$$\mu_{Naik} = \begin{cases} 0 & ; y \leq 2.800 \\ \frac{y - 2.800}{4.200 - 2.800} & ; 2.800 < y \leq 4.200 \\ 1 & ; y > 4.200 \end{cases}$$

c. Himpunan Fuzzy Produksi

Untuk merepresentasikan variabel produksi digunakan bentuk kurva linear turun untuk himpunan fuzzy BERKURANG, kurva linear naik untuk himpunan fuzzy BERTAMBAH dan bentuk kurva segitiga untuk himpunan fuzzy SEDANG, representasi variabel produksi ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Representasi Variabel Produksi

$$\mu_{Berkurang} = \begin{cases} 1 & ; z \leq 2.100 \\ \frac{3.500 - z}{3.500 - 2.100} & ; 2.100 < z \leq 3.500 \\ 0 & ; z > 3.500 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & ; z \leq 2.800 \text{ atau } z > 4.200 \\ \frac{z - 2.800}{3.500 - 2.800} & ; 2.800 < z \leq 3.500 \\ \frac{4.200 - z}{4.200 - 3.500} & ; 3.500 < z \leq 4.200 \end{cases}$$

$$\mu_{Bertambah} = \begin{cases} 0 & ; z \leq 3.500 \\ \frac{z - 3.500}{4.900 - 3.500} & ; 3.500 < z \leq 4.900 \\ 1 & ; z > 4.900 \end{cases}$$

2. Aturan

Dengan dua variabel input yaitu variabel biaya produksi dan variabel permintaan yang didefinisikan masing-masing oleh tiga himpunan, dan satu variabel output yaitu variabel produksi yang didefinisikan oleh tiga himpunan, maka akan dibuat aturan-aturan yang ditunjukkan pada tabel 6

Tabel 6. Aturan

R1	IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG
R2	IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG
R3	IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG
R4	IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG
R5	IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG
R6	IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG
R7	IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH
R8	IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH
R9	IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH

3. Inferensi

Berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah dibuat diatas maka akan dihitung variabel yangterkait dalam proses yang akan ditentukan nilai keanggotaan dan fungsi fuzzifikasi yang sesuai :

a. Biaya produksi

$$\begin{aligned}\mu_{Rendah}(8.500) &= 0 \\ \mu_{Standar}(8.500) &= \frac{9.000 - 8.500}{9.000 - 8.000} = 0,5 \\ \mu_{Tinggi}(8.500) &= \frac{9.000 - 8.000}{10.000 - 8.000} = 0,5\end{aligned}$$

b. Permintaan

$$\begin{aligned}\mu_{Turun}(2.500) &= \frac{2.800 - 2.500}{2.800 - 1.400} = 0,42 \\ \mu_{Normal}(2.500) &= \frac{2.500 - 2.100}{2.800 - 2.100} = 0,57 \\ \mu_{Naik}(2.500) &= 0\end{aligned}$$

Metode Mamdani

[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0,42) \\ &= 0\end{aligned}$$

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,42) \\ &= 0,42\end{aligned}$$

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_3 &= \mu_{\text{biaya produksi TINGGI}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,42) \\ &= 0,42\end{aligned}$$

[R4] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_4 &= \mu_{\text{biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan SEDANG}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0,57) \\ &= 0\end{aligned}$$

[R5] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_5 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NORMAL}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,57) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

[R6] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_6 &= \mu_{\text{biaya produksi TINGGI}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NORMAL}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,57) \\ &= 0,5\end{aligned}$$

[R7] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_7 &= \mu_{\text{Biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

[R8] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_8 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R9] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_9 &= \mu_{\text{Biaya produksi TINGGI}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0,5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Fuzzy Mamdani menggunakan komposisi aturan min dan max. Fungsi min digunakan untuk menghitung minimum dari setiap aturan terhadap setiap *output* dan fungsi max untuk mencari alpha predikat tertinggi dari fungsi minimum yang telah didapat. Dari setiap aturan didapat 3 output yaitu BERKURANG, SEDANG, dan TINGGI, maka akan dibentuk himpunan dengan fungsi max :

a. Output BERKURANG:

Output BERKURANG didefinisikan aturan [R1], [R2], dan [R3] dengan fungsi MIN (0; 0.42; 0.42) dan nilai MAX dari output berkurang adalah 0.42 maka nilai z dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 0,42 &= \frac{3.500 - z}{3.500 - 2.100} \\ z &= 3.500 - (0,42 \times 1.400) \\ z &= 2.912 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\mu_{\text{Berkurang}} = \begin{cases} 0,42 & ; z \leq 2.912 \\ \frac{3.500 - z}{3.500 - 2.100} & ; 2.912 \leq z \leq 3.500 \\ 0 & ; z \geq 3.500 \end{cases}$$

b. Output SEDANG:

Output SEDANG didefinisikan aturan [R4], [R5], dan [R6] dengan fungsi MIN (0; 0.5; 0.5) dan nilai MAX dari output sedang adalah 0,5, maka nilai z dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 0,5 &= \frac{z - 2.800}{3.500 - 2.800} \\ z &= (0,5 \times 700) + 2.800 \\ z &= 3.150 \end{aligned}$$

atau

$$0,5 = \frac{4.200 - z}{4.200 - 3.500}$$

$$z = 4.200 - (0,5 \times 700)$$

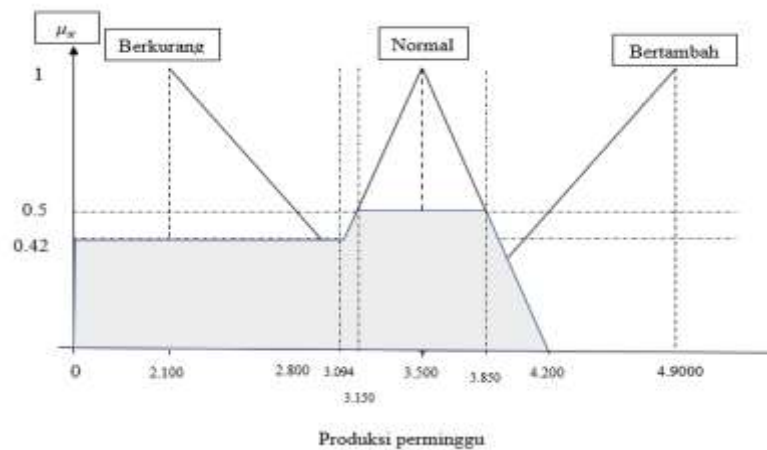
$$z = 3.850$$

Maka himpunan untuk aturan ke-2:

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & ; \quad z \leq 2.800 \text{ atau } z \geq 4.200 \\ \frac{z - 2.800}{3.500 - 2.800} & ; \quad 2.800 \leq z \leq 3.150 \\ 1 & ; \quad 3.150 \leq z \leq 3.850 \\ \frac{4.200 - z}{4.200 - 3.500} & ; \quad 3.850 \leq z \leq 4.200 \end{cases}$$

c. Output BERTAMBAH:

Output BERTAMBAH didefinisikan aturan [R7], [R8], dan [R9] dengan fungsi MIN (0; 0; 0). Tidak ada daerah implikasi untuk output BERTAMBAH. Sehingga dengan menggabungkan himpunan dari setiap output dapat digambarkan seperti gambar berikut:



Gambar 4. inferensi Mamdani

Titik potong terjadi saat $\mu_{produksi\ berkurang}[z] = \mu_{produksi\ sedang}[z] = 0,42$, maka nilai z dihitung:

$$0,42 = \frac{z - 2.800}{3.500 - 2.800}$$

$$z = (0,42 \times 700) + 2.800$$

$$z = 3.094$$

Gambar 4 menunjukkan daerah implikasi berada pada himpunan berkurang dan normal. Maka fungsi himpunan baru:

$$\mu_z = \begin{cases} 0,42 & ; z \leq 3.094 \\ \frac{z - 2.800}{4.200 - 2.800} & ; 3.094 \leq z \leq 3.150 \\ 0,5 & ; 3.150 \leq z \leq 3.850 \\ \frac{3.500 - z}{3.500 - 2.100} & ; 3.850 \leq z \leq 4.200 \\ 0 & ; z \geq 4.200 \end{cases}$$

Dengan himpunan baru μ akan bernilai 0,42 jika produksi z lebih kecil sama dengan 3.094. μ akan bernilai diantara 0,42 dan 0,5 jika produksi z lebih besar 3.094 lebih kecil sama dengan 3.150. μ akan bernilai diantara 0,5 jika produksi z lebih besar 3.150 lebih kecil sama dengan 3.850. μ akan bernilai diantara 0,42 dan 0 jika produksi z lebih besar 3.850 lebih kecil sama dengan 4.200. μ akan bernilai 0 jika produksi z lebih besar dari 4.200.

Selanjutnya dapat dihitung defuzzikasi dengan metode centroid.

$$Z = \frac{\int \mu(z).z dz}{\int \mu(z) dz}$$

$$= \frac{\int_0^{3.094} 0,42 z dz + \int_{3.094}^{3.150} \frac{z-2.800}{4.200-2.800} z dz + \int_{3.150}^{3.850} 0,5 z dz + \int_{3.850}^{4.200} \frac{3.500-z}{3.500-2.100} z dz}{\int_0^{3.094} 0,42 dz + \int_{3.094}^{3.150} \frac{z-2.800}{4.200-2.800} dz + \int_{3.150}^{3.850} 0,5 dz + \int_{3.850}^{4.200} \frac{3.500-z}{3.500-2.100} dz}$$

$$Z = 2.719$$

Dengan inferensi Mamdani, jika biaya produksi menjadi Rp 8.500,- dan jumlah permintaan 2.500 maka kolak yang harus diproduksi setiap minggunya sebanyak 2.719 mangkuk atau 388 mangkuk perharinya.

Metode Sugeno

Inferensi metode Sugeno perlu menentukan bobot atau konstanta yang menghubungkan nilai-nilai keanggotaan variabel masukan dengan nilai output. Dengan bobot dapat dihitung nilai output berdasarkan aturan yang diberikan dan derajat keanggotaan variabel input.

[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 42) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Nilai $z_1 = 2.100$

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,42) \end{aligned}$$

$$= 0,42$$

$$\text{Nilai } z_2 = 2.100$$

$$\begin{aligned} \text{[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi BERKURANG} \\ \alpha - \text{predikat}_3 &= \mu_{\text{biaya produksi TINGGI}}[8.500] \cap \mu_{\text{permintaan TURUN}}[2.500] \\ &= \min(0,5; 0,42) \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_3 = 2.100$$

$$\begin{aligned} \text{[R4] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG} \\ \alpha - \text{predikat}_4 &= \mu_{\text{biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan SEDANG}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0,57) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_6 = 3.500$$

$$\begin{aligned} \text{[R5] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG} \\ \alpha - \text{predikat}_5 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NORMAL}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,57) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_6 = 3.500$$

$$\begin{aligned} \text{[R6] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NORMAL THEN Produksi SEDANG} \\ \alpha - \text{predikat}_6 &= \mu_{\text{biaya produksi TINGGI}}[8.500] \\ & \quad \cap \mu_{\text{Permintaan NORMAL}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0,57) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_6 = 3.500$$

$$\begin{aligned} \text{[R7] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH} \\ \alpha - \text{predikat}_7 &= \mu_{\text{Biaya produksi RENDAH}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_7 = 4.900$$

$$\begin{aligned} \text{[R8] IF Biaya Produksi STANDAR And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH} \\ \alpha - \text{predikat}_8 &= \mu_{\text{biaya produksi STANDAR}}[8.500] \\ & \quad \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0,5 ; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } z_8 = 4.900$$

[R9] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan NAIK THEN Produksi BERTAMBAH

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat}_9 &= \mu_{\text{Biaya produksi TINGGI}}[8.500] \cap \mu_{\text{Permintaan NAIK}}[2.500] \\ &= \min(0 ; 0,5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Nilai $z_9 = 4.900$

Selanjutnya tahap defuzzikasi dengan mencari nilai rata-ratanya dengan rumus (19):

$$\begin{aligned} Z &= \frac{(\alpha - x_1 * z_1) + (\alpha - x_2 * z_2) + \dots + (\alpha - x_n * z_n)}{(\alpha - x_1) + (\alpha - x_2) + \dots + (\alpha - x_n)} \\ Z &= \frac{(0 * 2.100) + (0,42 * 2.100) + (0,42 * 2.100) + (0 * 3.500) + (0,5 * 3.500) + (0,5 * 3.500) + (0 * 4.900) + (0 * 4.900) + (0 * 4.900)}{0 + 0,42 + 0,42 + 0 + 0,5 + 0,5 + 0 + 0 + 0} \\ Z &= 2.861 \end{aligned}$$

Dengan inferensi metode Sugeno, jika biaya produksi menjadi Rp 8.500,- dan jumlah permintaan 2.500 maka kolak yang harus diproduksi setiap minggunya sebanyak 2.861 mangkuk atau 409 mangkuk perharinya.

SIMPULAN

1. Fuzzy metode Mamdani dan fuzzy metode Sugeno merupakan bagian dari sistem inferensi fuzzy yang bertujuan untuk menangani ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan. Baik fuzzy metode Mamdani maupun fuzzy metode Sugeno menggunakan himpunan fuzzy dan aturan berbasis IF-THEN untuk memodelkan hubungan antara input dan output. Keduanya memiliki tahapan yang serupa dalam proses inferensi fuzzy, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi.
2. Fuzzy metode Mamdani menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy untuk output dan memerlukan proses defuzzifikasi untuk menghasilkan output yang tegas, sementara fuzzy metode Sugeno menggunakan fungsi linear atau konstanta dan langsung menghasilkan output tegas dari fungsi outputnya.
3. Dari implementasi jika biaya produksi dinaikkan menjadi Rp 8.500 dan jumlah permintaan 2.500 mangkuk perminggunya, diperoleh:
 - a. Fuzzy metode Mamdani menghasilkan banyak mangkuk kolak yang harus diproduksi sebanyak 2.719 mangkuk menunjukkan bahwa produksi berkurang
 - b. Fuzzy metode Sugeno menghasilkan banyak mangkuk kolak yang harus diproduksi sebanyak 2.861 menunjukkan bahwa produksi sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Batra, G., & Trivedi, M. (2013). A Fuzzy Approach for Software Effort Estimation. *International Journal on Cybernetics & Informatics*, 2(1), 9–15. <https://doi.org/10.5121/ijci.2013.2102>
- Gandhi, P., Nagaraj, & Padi, N. N. (2016). Bibliography Review on Fuzzy Inference Model. *IJRAET*, 142.
- Harliana, P., Mardiana, M., & Nainggolan, Y. A. (2022). Analisa Perbandingan Tingkat Akurasi dalam Memprediksi Laju Inflasi Kota Medan Menggunakan Model Fuzzy Inference System Sugeno dan Mamdani. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 1(3), 145–152. <https://doi.org/10.56211/helloworld.v1i3.130>
- Haryanto, E. V., & Nasari, F. (2015). *Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Tingginya Pemakaian Listrik (Studi Kasus Kelurahan Abc)*. 6–8.
- Irfan, M., Ayuningtias, L. P., & Jumadi, J. (2018). Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung). *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA*, 10(1), 9–16. <https://doi.org/10.15408/jti.v10i1.6810>
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box MATLAB*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Muflihunna, K. (2022). Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Metode Fuzzy Sugeno dalam Penentuan Jumlah Produksi. In *UJM* (Vol. 11, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- Perwira, Y., Kartika Lubis, R., & Pelita Nusantara, S. (2021). <http://infor.seaninstitute.org/index.php/infokum/index> INFOKUM is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0) Application Of Fuzzy Logic In The Measurement System Of Student Satisfaction Level Towards Lecturers Based On Comparative Analysis Of Fuzzy Inference Systems Mamdani, Sugeno, And Tsukamoto Methods. *JURNAL INFOKUM*, 10(1). <http://infor.seaninstitute.org/index.php/infokum/index>
- Purnomo, & Sri, K. (2010). *Logika Fuzzy*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Saleh, A. (2015). *Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Tingkat Kebisingan Lalu Lintas*. 6–8.
- Warmansyah, J., & Hilpiah, D. (n.d.). *Penerapan metode fuzzy sugeno untuk prediksi persediaan bahan baku*. <https://doi.org/10.36350/jbs.v9i2>
- Zadeh, L. A. (1988, April). Fuzzy Logic. *IEEE*, hal. 83.