



# Penerapan Logika Fuzzy Metode Mamdani dalam Memprediksi Hasil Produksi Beras di Indonesia Tahun (2024)

M. Syarif Hikmatulloh<sup>1\*</sup>, Rani Rizka Ramdani<sup>1</sup>, Cicilia Novelin Ompusunggu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

msyarif.2023@student.uny.ac.id

## Abstract

Rice production is one of the main indicators of national food security, especially in Indonesia. Accurate rice production forecasts are essential to support strategic planning and decision-making in the agricultural sector. This study aims to apply fuzzy logic using the Mamdani method to forecast rice production in 2024. This method was chosen for its ability to handle the uncertainty and complexity of data that often occurs in agricultural systems. The variables used include harvest area, productivity, rainfall, and average temperature. The data analyzed is historical data from several previous years, which is then processed using a fuzzy inference system. The prediction process was carried out in several stages, namely fuzzification, rule formation, inference, and defuzzification. The results of the study indicate that the Mamdani fuzzy logic model predicts rice production in 2024 to be 27,100,000 tons; it is hoped that this model will provide predictions that closely align with historical data and trends, with a relatively small margin of error. Thus, this method can be a reliable and adaptive tool in supporting future rice production planning and policy.

**Keywords:** Fuzzy Logic; Mamdani Method; Rice Production Prediction; Fuzzy Inference System; Indonesian Agriculture

## Abstrak

Hasil produksi beras merupakan salah satu indikator utama dalam ketahanan pangan nasional, khususnya di Indonesia. Prediksi hasil produksi beras yang akurat sangat penting untuk mendukung perencanaan strategis dan pengambilan keputusan dalam sektor pertanian. Kajian ini bertujuan untuk menerapkan logika fuzzy menggunakan metode Mamdani dalam memprediksi hasil produksi beras pada tahun 2024. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan kompleksitas data yang sering terjadi dalam sistem pertanian. Variabel yang digunakan meliputi luas panen, produktivitas, curah hujan, dan suhu rata-rata. Data yang dianalisis merupakan data historis dari beberapa tahun sebelumnya yang kemudian diolah menggunakan sistem inferensi fuzzy. Proses prediksi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan, inferensi, dan defuzzifikasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa model logika fuzzy Mamdani memberikan hasil bahwa prediksi produksi beras pada tahun 2024 sebesar 27.100.000 ton, dengan harapan model logika fuzzy Mamdani ini mampu memberikan prediksi yang mendekati data historis dan tren, dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil. Dengan demikian, metode ini dapat menjadi alat bantu yang andal dan adaptif dalam mendukung perencanaan serta kebijakan produksi beras di masa mendatang.

**Kata Kunci:** Logika Fuzzy; Metode Mamdani; Prediksi Produksi Beras; Sistem Inferensi Fuzzy; Pertanian Indonesia

## 1. (PENDAHULUAN)

Indonesia adalah negara yang terkenal dengan sektor pertaniannya, dengan beras sebagai batu kunci dari lanskap ini (Erlin et al. 2024). Beras merupakan salah satu elemen penting yang selalu hadir dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia. Salah satu hasil produksi terbesar dari pertanian Indonesia adalah padi yang diolah atau diproses menjadi beras (Pratomo, 2014). Beras yang diolah menjadi nasi merupakan makanan pokok utama bagi masyarakat Indonesia. Karena pentingnya, pemerintah berupaya keras untuk mencukupi kebutuhan beras supaya tidak terjadi kelangkaan maupun lonjakan harga. Seiring dengan pertumbuhan populasi, kebutuhan beras setiap tahun terus-menerus meningkat.

Autonomi pangan beras, yaitu kemampuan untuk memenuhi kebutuhan beras secara mandiri, menjadi target utama (KBBI, 2018). Namun, sejak tahun 1984, Indonesia belum berhasil mencapai autonomi pangan beras kembali. Kesenjangan antara permintaan yang tinggi dan hasil produksi yang tidak mencukupi memaksa pemerintah untuk mengimpor beras dari negara seperti Filipina dan Thailand. Ada berbagai komponen yang menghambat terwujudnya kemandirian dalam hasil produksi beras di Indonesia, antara lain buruknya infrastruktur pertanian, tindakan atau strategi pemerintah yang kurang optimal, keterbatasan lahan untuk pembukaan sawah baru, serta minimnya tenaga kerja (Indra, 2016). Kondisi ini sangat disayangkan, melihat Indonesia memiliki wilayah tropis yang sangat luas dan SDM yang melimpah. Pemerintah akan terus berupaya menemukan penyelesaian untuk mengatasi masalah tersebut guna mencapai autonomi pangan beras dan meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia.

Memprediksi hasil produksi beras di Indonesia merupakan hal yang penting karena Indonesia menghadapi beberapa tantangan. Tantangan-tantangan tersebut antara lain pola cuaca yang tidak dapat diprediksi dan perubahan iklim, lahan lahan yang terbatas, tingkat kelembapan yang bervariasi, dan kebutuhan untuk menyeimbangkan hasil produksi dengan keberlanjutan (Ikhwal et al. 2022). Prediksi yang akurat dapat membantu petani merencanakan kegiatan mereka dan mengurangi risiko ekonomi (Smerbeck & Thompson, 2023). Selain itu, prediksi yang dapat diandalkan dapat membantu pemerintah dan para pemangku kepentingan dalam melakukan intervensi tepat waktu untuk mengendalikan fluktuasi harga, yang sangat penting bagi kesejahteraan petani dan konsumen (Purohit et al. 2021). Selain itu, prediksi hasil produksi beras yang akurat sangat penting untuk memastikan ketersediaan beras yang cukup, yang sangat penting untuk ketahanan pangan nasional, mencegah kelaparan dan malnutrisi, dan menjaga stabilitas social (Mishra, 2021).

Oleh karena itu, pemerintah perlu mengevaluasi dan merefleksikan setiap tindakan atau strategi yang diambil untuk memastikan keberhasilan program autonomi pangan beras. Keberhasilan akan tindakan atau strategi itu tentunya akan berdampak pada

peningkatan hasil produksi beras yang terjadi. Mengingat hasil produksi beras adalah aspek yang penuh dengan ketidakpastian, salah satu penyelesaian yang dapat diterapkan untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan metode Logika Fuzzy Mamdani. Logika fuzzy digunakan di berbagai industri (Talan & Kalinkara, 2022). Logika fuzzy dan himpunan fuzzy adalah alat yang efektif untuk memodelkan masalah matematika yang kompleks dengan parameter yang menunjukkan ketidakpastian (Kumar et al. 2016). Adapun beberapa komponen yang sangat perlu diperhatikan dalam memprediksi jumlah hasil produksi beras di Indonesia yaitu curah hujan, luas panen dan pupuk subsidi nasional. Ketiga komponen ini merupakan variabel input yang akan digunakan dalam memprediksi variabel output yaitu hasil produksi beras nasional.

Kajian ini memiliki peran penting dalam memprediksi keberlanjutan pencapaian target autonomi pangan beras pada tahun 2024. Diharapkan hasil kajian ini mampu memberikan pemahaman terkait dengan factor apa saja yang memengaruhi peningkatan hasil produksi beras domestik, sehingga dapat membantu merumuskan strategi alternatif tindakan atau strategi untuk mendukung tercapainya autonomi pangan beras pada tahun tersebut (Pratomo, 2014). Adapun rumusan masalah dalam kajian ini adalah bagaimana penerapan logika fuzzy dengan metode Mamdani dapat membantu memprediksi jumlah hasil produksi beras di Indonesia pada tahun 2024, agar pemerintah dapat menyusun tindakan atau strategi yang mendukung keberhasilan program autonomi pangan beras.

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditetapkan maka tujuan dari kajian ini adalah untuk memahami penerapan logika fuzzy dengan metode Mamdani dalam memprediksi hasil hasil produksi beras di Indonesia pada tahun 2024. Kajian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain: (1) Menyediakan wawasan tentang langkah-langkah dalam memprediksi jumlah hasil produksi beras menggunakan metode logika fuzzy Mamdani, dan (2) Memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak yang terkait dalam merumuskan tindakan atau strategi untuk mendukung tercapainya autonomi pangan beras.

Logika fuzzy sebagai sebuah konsep pertama kali dicetuskan oleh L.A. Zadeh pada tahun 1965 dalam karyanya yang berjudul Fuzzy Himpunan (Sari, 2018). Filosofi yang mendasari logika fuzzy didasarkan pada asumsi bahwa suatu situasi dapat memiliki nilai kontinu antara benar dan salah (Çitçi & Kezer, 2024). Pada himpunan klasik, nilai keanggotaan hanya memiliki dua kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Sebaliknya, dalam himpunan fuzzy, nilai keanggotaan berada dalam rentang antara 0 hingga 1. Metode ini berasal dari generalisasi logika klasik yang memiliki dua derajat keanggotaan, yaitu 0 dan 1 (Pamuji, 2017). Pada prinsipnya himpunan fuzzy adalah perluasan atau generalisasi dari himpunan klasik, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu atau variabel kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota (Sari, 2018). Logika fuzzy menggeneralisasi logika dua nilai klasik dengan mengijinkan nilai

kebenaran dari sebuah proposisi untuk menjadi angka dalam interval  $[0,1]$ . Generalisasi ini memungkinkan kita untuk melakukan penalaran perkiraan, yaitu menyimpulkan kesimpulan yang tidak pasti (proposisi fuzzy) dari kumpulan premis-premis yang tidak pasti (proposisi fuzzy) (Wang, 1997). Contohnya pada proposisi tentang masa depan yang berpotensi benar atau berpotensi salah. Tentu saja, cepat atau lambat masa depan menjadi masa kini dan proposisi tentang peristiwa sekarang-sekarang akan memperoleh nilai-nilai kebenaran. Tetapi banyak proposisi dengan nilai kebenaran yang tidak pasti tidak dapat diselesaikan dengan mudah nilai kebenarannya (Klir, 1997).

Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang merepresentasikan pemetaan dari titik-titik data input ke nilai keanggotaan yang berada dalam rentang 0 hingga 1. Salah satu cara agar mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan menentukan fungsi keanggotaannya. Berbagai jenis fungsi dapat digunakan, seperti representasi linier, kurva segitiga, kurva trapezium, kurva berbentuk bahu, kurva-S, dan kurva berbentuk lonceng (Sari, 2018).

Dengan  $x$  dan  $y$  adalah nilai tunggal,  $A$  dan  $B$  adalah himpunan fuzzy. proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai output (Wang, 1997). Proposisi atau aturan ini dapat digeneralisasi dengan menggunakan operator fuzzy, seperti:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1)^\circ(x_2 \text{ is } A_2)^\circ(x_3 \text{ is } A_3)^\circ \dots (x_n \text{ is } A_n) THEN y \text{ is } B$$

dengan  $^\circ$  merupakan operator (misal: OR dan AND).

Metode Mamdani merupakan salah satu jenis inferensi fuzzy yang mana himpunan fuzzy yang dihasilkan dari setiap aturan digabungkan dengan menggunakan operator agregasi dan menghasilkan suatu himpunan fuzzy yang kemudian didefuzzifikasi untuk menghasilkan suatu keluaran tertentu dari suatu system (Mada et al. 2022). Metode Mamdani biasanya dikenal sebagai metode MaxMin. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Pamuji, 2017). Untuk memperoleh hasil atau output, diperlukan 4 tahapan:

1. Fuzzifikasi, dalam fuzzifikasi, input numerik dan variabel output dikonversi menjadi istilah linguistik atau kata sifat dan derajat yang sesuai dari satu atau beberapa fungsi keanggotaan ditentukan (Altunkaynak and Özger, 2005). Pada Metode Mamdani, pembentukan himpunan fuzzy, baik untuk variabel input maupun output, dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy (Sari, 2018).
2. Pembentukan aturan fuzzy terdiri dari  $N$  aturan (Soriano, 2009). Aturan ini didasarkan dengan mengombinasikan pada tiap kategori variable. Setiap aturan atau proposisi fuzzy berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang dipakai pada fungsi implikasi biasanya berbentuk "Jika... Maka...",

di mana bagian "Jika" adalah premis (kondisi) yang mengandung satu atau lebih variabel input, sedangkan bagian "Maka" adalah kesimpulan yang mengandung variabel output. Secara matematis, bentuk umum aturan logika fuzzy dapat dituliskan sebagai berikut:

*Jika  $x$  adalah  $A$  maka  $y$  adalah  $B$*

Proses ini bertujuan untuk membentuk aturan-aturan fuzzy sebagai bentuk menyatakan hubungan antara variabel input dan output (Septiyani & Agoestanto, 2023).

3. Inferensi atau komposisi aturan fuzzy berbeda dari penalaran monoton (Sari, 2018). Dalam sistem yang terdiri dari beberapa aturan, inferensi diperoleh melalui kumpulan dan korelasi antar aturan. Proses inferensi ini melibatkan penggabungan berbagai aturan berdasarkan data yang tersedia. Sebelum melakukan inferensi fuzzy terlebih dahulu melakukan aplikasi fungsi implikasi pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Sistem inferensi fuzzy (FIS) dapat digunakan dalam berbagai aplikasi kontrol industri dan komersial yang memerlukan analisis informasi yang tidak pasti dan tidak tepat (Horiuchi, et al. 1993). Informasi dari variabel yang diukur dan pengetahuan ahli diimplementasikan ke dalam FIS dengan metode Mamdani melalui struktur aturan berbasis fuzzy (Kumar et al. 2016). Terdapat 3 metode yang digunakan untuk melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu max, additive dan probabilistic OR.
4. Dufuzzyfikasi

Input dari proses defuzzyfikasi yaitu himpunan fuzzy yang didapatkan dari komposisi beberapa aturan fuzzy, sementara output yang dihasilkan berupa suatu bilangan crisp (tegas) pada domain himpunan fuzzy tersebut. Dengan demikian, jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam rentang tertentu, maka harus dapat ditentukan suatu nilai crisp yang spesifik sebagai output (Sari, 2018).

Kajian ini menggunakan Metode Centroid (Composite Moment) yang juga dikenal sebagai Center of Area (Center of Gravity). Dalam metode ini, penyelesaian crisp didapatkan dengan cara menentukan titik pusat dari area yang terbentuk oleh himpunan fuzzy. Sedemikian sehingga, nilai crisp yang dihasilkan adalah titik di mana berat rata-rata dari area di bawah kurva himpunan fuzzy berada, sehingga mencerminkan representasi nilai yang paling mewakili keseluruhan himpunan fuzzy.

## 2. (METODE PENELITIAN)

Kajian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu verifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, dan penentuan jumlah hasil produksi beras. Dalam tahapan

identifikasi masalah, kajian ini difokuskan pada prediksi jumlah hasil produksi beras dengan menggunakan metode Logika Fuzzy Mamdani. Karena memungkinkan representasi dan interpretasi yang disederhanakan dari aturan fuzzy, metode inferensi fuzzy Mamdani adalah metodologi fuzzy yang paling umum diterapkan (Turkdogan-Aydinol & Yetilmezsoy, 2010). Sistem fuzzy umum pada dasarnya memiliki empat komponen: fungsi keanggotaan (fuzzifikasi), basis aturan fuzzy, system inferensi, defuzzifikasi, dan output fuzzy.

### 3. (HASIL DAN PEMBAHASAN)

Data yang pakai pada kajian ini didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) (Badan Pusat Statistika, 2023), untuk periode tahun 2013-2023, dengan mengambil data curah hujan, luas panen dan jumlah pupuk subsidi yang dibutuhkan dari tahun 2013-2023 sebagaimana disajikan pada Tabal 1 berikut:

Tahun	Curah Hujan (mm/tahun)	Luas Panen (Ha/Juta)	Pupuk Subsidi (ton/juta/tahun)
2013	2.900	13,83	9,40
2014	2.300	13,80	9,11
2015	2.100	14,12	9,39
2016	3.100	15,16	9,29
2017	2.800	15,80	9,60
2018	3.000	11,38	7,66
2019	2.400	10,68	7,21
2020	3.000	10,66	7,95
2021	2.800	10,40	7,59
2022	2.800	10,45	7,32
2023	1.600	10,21	9,01

**Table 1.** Data Input Hasil produksi Beras

#### 1. Pembentukan himpunan fuzzy (fuzzifikasi)

Pembentukan himpunan fuzzy adalah langkah pertama yang dilakukan saat menggunakan metode Mamdani (Sari, 2018). Ada tiga variabel input yang akan

dimodelkan, yaitu curah hujan terdiri dari 3 himpunan fuzzy; rendah, sedang, dan tinggi. Luas panen terdiri dari 3 himpunan fuzzy; kecil, sedang dan luas. Sedangkan pupuk subsidi Nasional terdiri dari 3 himpunan fuzzy yaitu; sedikit, sedang, dan banyak. Selain itu output juga dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy yaitu; rendah, sedang, dan tinggi.

a. Input curah hujan

Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Interval
[0-3.500]	Rendah	0-2.100
	Sedang	1.800-2.700
	Tinggi	2.500-3.500

**Table 2.** Penentuan Interval dan Semesta Pembicara

Fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu_{Rendah}(x_1) = \begin{cases} 1, & x \leq 1.400 \\ \frac{2.100 - x}{2.100 - 1.400}, & 1.400 < x \leq 2.100 \\ 0, & x > 2.100 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 1.800, \quad x > 2.700 \\ \frac{x - 1.800}{2.500 - 1.800}, & 1.800 < x \leq 2.500 \\ \frac{2.700 - x}{2.700 - 2.500}, & 2.500 < x \leq 2.700 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 2.500 \\ \frac{x - 2.500}{2.500 - 2.700}, & 2.500 < x \leq 2.900 \\ 1, & x > 2.900 \end{cases}$$

Untuk grafik dari fungsi keanggotaan diatas sebagai berikut:



**Gambar 1.** Grafik Fungsi Keanggotaan Input Curah Hujan

b. Luas Panen

Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Interval
[0-20]	Kecil	0-11
	Sedang	7-15
	Luas	13-20

**Table 3.** Penentuan Interval dan Semesta Pembicara

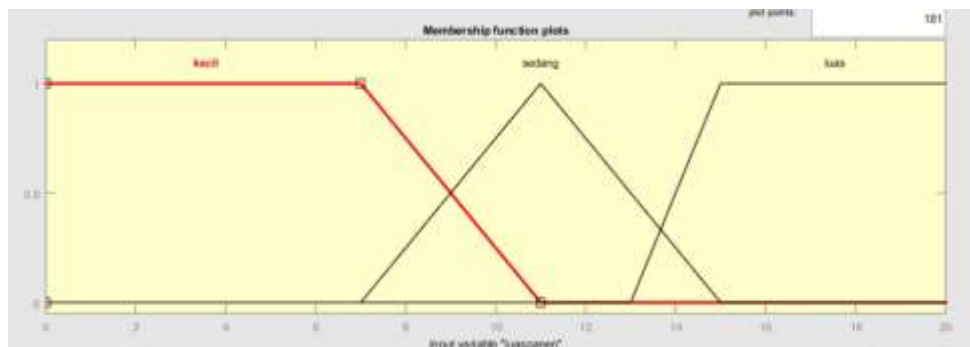
Fungsi keanggotaannya sebagai berikut

$$\mu_{Kecil}(x_1) = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{11-x}{11-7}, & 7 < x \leq 11 \\ 0, & x > 11 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 7, x > 15 \\ \frac{x-7}{11-7}, & 7 < x \leq 11 \\ \frac{15-x}{15-11}, & 11 < x \leq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{luas}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 13 \\ \frac{x-13}{15-13}, & 13 < x \leq 15 \\ 1, & x > 15 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya sebagai berikut



**Gambar 2.** Grafik Fungsi Keanggotaan Input Luas Panen

c. Pupuk Subsidi Nasional

Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Interval
[0-20]	Sedikit	0-6
	Sedang	4-9
	Banyak	7-14

**Table 4.** Penentuan Interval dan Semesta Pembicara

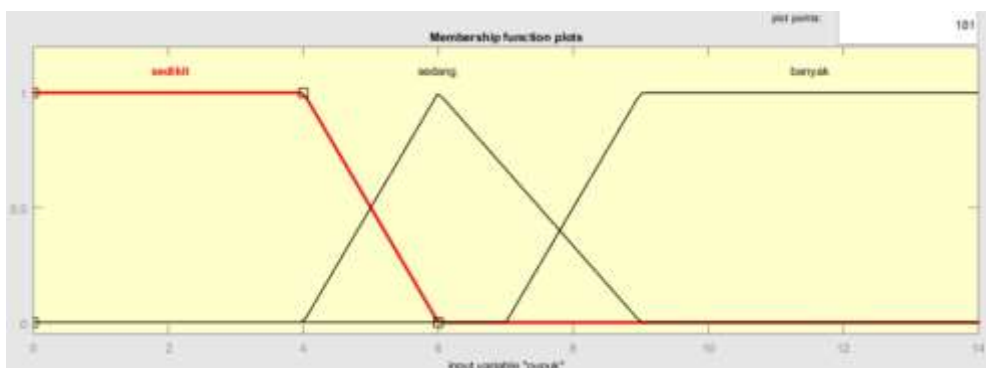
Fungsi keanggotaannya sebagai berikut

$$\mu_{Sedikit}(x_1) = \begin{cases} 1, & x \leq 4 \\ \frac{5-x}{5-4}, & 4 < x \leq 6 \\ 0, & x > 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 4, x > 9 \\ \frac{x-4}{5-4}, & 4 < x \leq 6 \\ \frac{9-x}{9-5}, & 6 < x \leq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{Banyak}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{9-7}, & 7 < x \leq 9 \\ 1, & x > 9 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya sebagai berikut:



**Gambar 3.** Grafik fungsi keanggotaan input luas panen

d. Hasil produksi Beras

Semesta Pembicaraan	Himpunan Fuzzy	Interval
[0-20]	Rendah	0-38
	Sedang	27-47
	Tinggi	35-55

**Table 1.** Penentuan Interval dan Semesta Pembicara

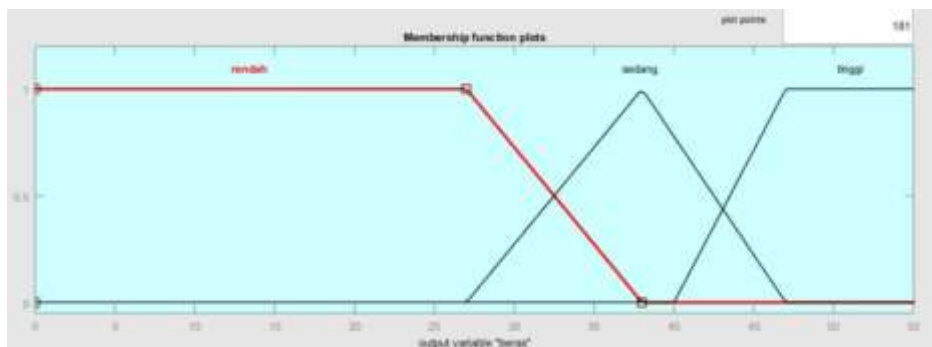
Fungsi keanggotaannya sebagai berikut

$$\mu_{rendah}(x_1) = \begin{cases} 1, & x \leq 27 \\ \frac{38 - x}{38 - 27}, & 27 < x \leq 38 \\ 0, & x > 38 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 27, x > 47 \\ \frac{x - 27}{38 - 27}, & 27 < x \leq 38 \\ \frac{47 - x}{47 - 38}, & 38 < x \leq 47 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi}(x_1) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \\ \frac{x - 40}{47 - 40}, & 40 < x \leq 47 \\ 1, & x > 47 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaannya sebagai berikut



**Gambar 4.** Grafik Fungsi Keanggotaan Input Luas Panen

## 2. Aturan dasar fuzzy

Proses ini dilakukan dengan menggunakan implikasi "MIN", yang berarti mencari nilai terkecil dari setiap  $\mu$  kategori variabel pada masing-masing aturan. Berdasarkan hal itu maka didapatkan aturan dasar fuzzy sebanyak 27 aturan.

Misalkan pemerintah Indonesia dalam memprediksi hasil produksi beras ditahun 2024 menggunakan data pada tahun 2023. Diketahui curah hujan = 1.600 mm, luas panen = 10.210.000 Ha, dan pupuk subsidi sebanyak = 9.010.000 ton. Mencari derajat keanggotaan nilai tiap variable input dalam setiap himpunan.

### a. Curah hujan

$$\mu(1.600)rendah = 0,71$$

$$\mu(1.600)sedang = 0$$

$$\mu(1.600)tinggi = 0$$

### b. Luas panen

$$\mu(10.210.000)kecil = 0,25$$

$$\mu(10.210.000)sedang = 0,75$$

$$\mu(10.210.000)luas = 0$$

### c. Pupuk subsidi

$$\mu(9.010.000)sedikit = 0$$

$$\mu(9.010.000)sedang = 0$$

$$\mu(9.010.000)banyak = 1$$

## 3. Komposisi aturan

Dalam kasus ini menggunakan Mamdani max-min. Kesimpulan yang dihasilkan diperoleh dari kesimpulan aturan fuzzy individu, dan kesimpulan secara keseluruhan didapat dengan menggabungkan semua kesimpulan individu tersebut. Kesimpulan secara keseluruhan adalah simpulan 1.600; 10.210.000; 9.010.000

$$\mu_{rendah} = \min[\mu_{rendah}; \mu_{kecil}; \mu_{banyak}]$$

$$\mu_{sedang} = \min[0,71; 0,25; 1]$$

$$\mu_{sedang} = 0,25$$

$$\mu_{sedang} = \min[\mu_{rendah}; \mu_{sedang}; \mu_{banyak}]$$

$$\mu_{sedang} = \min[0,71; 0,75; 1]$$

$$\mu_{sedang} = 0,71$$

Metode yang diterapkan dalam melakukan komposisi antar semua aturan adalah metode max. Komposisi aturan ini, adalah kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil tingkat keanggotaan maksimum dari setiap output yang dihasilkan oleh fungsi implikasi, lalu menggabungkan semua kesimpulan dari masing-masing aturan [15]. Sehingga menghasilkan daerah penyelesaian yang bersifat fuzzy seperti berikut:

$$\mu_d(x) = \max[0,25; 0,71]$$

$$\mu_d(x) = 0,71$$

Diperoleh fungsi keanggotaan daerah penyelesaian sebagai berikut:

$$\mu_{daerah\ solusi}(x) = \begin{cases} 0,25 & x \leq 29,75 \\ \frac{x-27}{11}, & 29,75 < x \leq 34,81 \\ 0,25 & 34,81 < x \leq 40,61 \\ \frac{47-x}{47-35}, & 40,61 < x \leq 47 \end{cases}$$

#### 4. Defuzifikasi

Proses terakhir dalam menentukan hasil produksi beras yaitu defuzzyfikasi, yang juga dikenal sebagai tahap penegasan, yaitu untuk mengubah dari himpunan fuzzy menjadi bilangan real. Input dari proses defuzzyfikasi ini adalah himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sementara output yang dihasilkan berupa bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut [15]. Metode defuzzyfikasi yang digunakan untuk menentukan hasil produksi beras nasional adalah metode centroid, seperti berikut:

$$M_1 = \int_0^{29,75} 0,25 x dx = 110,63281$$

$$A_1 = \int_0^{29,75} 0,25 dx = 7,4375$$

$$M_2 = \int_{29,75}^{34,81} \frac{x-27}{11} x dx = 79,38314$$

$$A_2 = \int_{29,75}^{34,81} \frac{x-27}{11} dx = 2,4288$$

$$M_3 = \int_{34,81}^{40,61} 0,71 x dx = 155,28978$$

$$A_3 = \int_{34,81}^{40,61} 0,71 dx = 4,118$$

$$M_4 = \int_{40,61}^{47} \frac{47 - x}{9} x dx = 96,95355$$

$$A_4 = \int_{40,61}^{47} \frac{47 - x}{9} dx = 2,2684$$

Metode Centeroid:

$$z = \frac{\int_a^b x \mu_{Daerah\ solusi}(z) dx}{\int_a^b \mu_{Daerah\ solusi}(z) dx} = \frac{M_{Total}}{A_{Total}}$$

$$z = \frac{442,2563}{16,2527}$$

$$z = 27,2114$$

Jadi dari hasil perhitungan didapatkan prediksi jumlah hasil produksi beras di Indonesia tahun 2024 yaitu 27,2114 atau sebesar 27.211.400 ton.



**Gambar 5.** Hasil perhitungan menggunakan MatLab

Penentuan factor yang mempengaruhi hasil produksi pada penelitian ini terdiri dari luas panen, curah hujan, dan jumlah pupuk subsidi. Beberapa factor ini tentunya dapat mempengaruhi hasil produksi beras di Indonesia. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Khasanah & Gunanto, (2024) yang mengatakan bahwa luas panen menjadi salah satu factor dalam mempengaruhi hasil produksi beras.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa hasil produksi beras di Indonesia pada tahun 2024 adalah 27,1 atau sebanyak 27.100.000 ton, yang dihitung menggunakan bantuan aplikasi MatLab. Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa baik menggunakan perhitungan manual maupun menggunakan bantuan aplikasi MatLab diperoleh hasil yang sama, sehingga bisa dikatakan bahwa hasil yang didapatkan untuk prediksi hasil produksi beras ditahun 2024 bisa diterima keabsahannya.

#### 4. (SIMPULAN)

Berdasarkan kajian yang dilakukan mengenai penerapan logika fuzzy dengan metode Mamdani dalam memprediksi hasil produksi beras pada tahun 2024 di Indonesia, diperoleh kesimpulan bahwa hasil produksi beras di Indonesia pada tahun tersebut diperkirakan mencapai 27.000.000 ton. Angka ini menunjukkan adanya penurunan dibandingkan hasil produksi tahun sebelumnya, yaitu 31.100.000 ton pada tahun 2023. Oleh karena itu, diharapkan pihak terkait dapat mengambil tindakan atau strategi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan konsumsi beras nasional sekaligus mendukung upaya peningkatan hasil produksi beras di masa mendatang.

#### 5. (REFERENSI)

- Altunkaynak, A., & Özger, M. (2005). Fuzzy logic modeling of the dissolved oxygen fluctuations in Golden Horn. *Ecological Modelling*, *189*, 436–446.
- Badan Pusat Statistik. (n.d.). *Badan Pusat Statistik*. <https://www.bps.go.id>
- Çitçi, A., & Kezer, F. (2024). Scoring open-ended items using the fuzzy TOPSIS method and comparing it with traditional approaches. *International Journal of Assessment Tools in Education*, *11*(2), 406–423. <https://doi.org/10.21449/ijate.1373629>
- Erlin, E., Yunianta, A., Wulandhari, L. A., Desnelita, Y., Nasution, N., & Junadhi. (2024). Enhancing rice production prediction in Indonesia using advanced machine learning models. *IEEE Access*, *12*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024>
- Horiuchi, J. I., Kamasawa, M., Miyakawa, H., & Kishimoto, M. (1993). Phase control of fed-batch culture for  $\alpha$ -amylase production based on culture phase identification using fuzzy inference. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, *76*, 207–212.
- Ikhwal, M. F., Nur, S., Darmansyah, D., Hamdan, A. M., Ersa, N. S., Aida, N., Yusra, A., & Satria, A. (2022). A review of climate change studies on paddy agriculture in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1116*(1), 012052.
- Indra. (2016). Penerapan logika fuzzy untuk menentukan jumlah hasil produksi beras berdasarkan data persediaan dan jumlah permintaan (Studi kasus UD Siregar Wonomulyo). *JTRISTE*, *3*(2), 87–98.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. (2018). <https://www.kamusbesar.com>
- Khasanah, N. N., & Gunanto, E. Y. A. (2024). Pengaruh luas panen padi, produktivitas lahan, pertumbuhan harga beras dan jumlah penduduk terhadap ketersediaan beras Indonesia tahun 1990–2022. *Diponegoro Journal of Economics*, *13*(2), 67–79.
- Klir, G. J., St. Clair, U., & Yuan, B. (1997). *Fuzzy set theory: Foundations and applications*. Prentice-Hall International.
- Kumar, K., Deep, S., Suthar, S., Dastidar, M. G., & Sreekrishnan, T. R. (2016). Application of fuzzy inference system (FIS) coupled with Mamdani's method in modelling and optimization of process parameters for biotreatment of real textile wastewater. *Desalination and Water Treatment*, *57*, 9690–9697. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1042062>
- Mada, G. S., Dethan, N. K. F., & Maharani, A. E. S. H. (2022). Defuzzification methods comparison of Mamdani fuzzy inference system in predicting tofu production. *Jurnal Varian*, *5*(2), 137–148.

- Mishra, P. (2021). Forecasting of rice production using the meteorological factor in major states in India and its role in food security. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 14(1).
- Pamuji, A. (2017). Fuzzy logic inference system for determining the quality assessment of student's learning ICT. *Scientific Journal of Informatics*, 4(1), 57–63.
- Pratomo, H. B. (2014, February 2). 5 penyebab autonomi pangan sulit terwujud. *Merdeka Online*. <http://www.m.merdeka.com>
- Purohit, S. K., Panigrahi, S., Sethy, P. K., & Behera, S. K. (2021). Time series forecasting of price of agricultural products using hybrid methods. *Applied Artificial Intelligence*, 35(15), 1388–1406.
- Sari, Y. R. (2018). Aplikasi logika fuzzy metode Mamdani dalam menentukan hasil produksi beras tahun 2018 di Indonesia. Dalam *Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK (Sistem Informasi dan Teknologi)*. <http://seminar.iaii.or.id>
- Septiyani, N., & Agoestanto, A. (2023). Penerapan logika fuzzy Mamdani pada prakiraan cuaca harian di Kabupaten Cilacap. *Prisma*, 6, 786–795.
- Smerbeck, B., & Thompson, B. (2023, November 21). How accurate is The Old Farmer's Almanac's weather forecast? *Almanac*. <https://www.almanac.com/how-accurate-old-farmers-almanacs-weather-forecast>
- Soriano, J. J. (2009). Proposal of a minimal expression for nonlinear fuzzy approximation for the vapor liquid equilibrium (VLE) of the ethanol-water system at 560 mm Hg using defuzzification based on Boolean relations (DBR) and singleton model. Dalam *Proceedings of the 28th North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference (NAFIPS 2009)*.
- Talan, T., & Kalinkara, Y. (2022). Mapping fuzzy logic in learning environments. Dalam *Proceedings of the International Conference on Studies in Education and Social Sciences (ICSES)* (pp. 687–692).
- Turkdogan-Aydinol, F. I., & Yetilmezsoy, K. (2010). A fuzzy-logic-based model to predict biogas and methane production rates in a pilot-scale mesophilic UASB reactor treating molasses wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 182, 460–471.
- Wang, L. (1997). *A course in fuzzy systems and control*. Prentice-Hall International.