

Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Menentukan Jumlah Produksi Tempe

Arjun Dharma Hutasuhut^{*1}, Dipa Fahrezy Situmorang², Fadli Alfaridz Sinuraya³, Giffari zakka waly⁴,
Sundari Retno Andani

Email: [1arjundarma35@gmail.com](mailto:arjundarma35@gmail.com), [2dipas.situmorang00@gmail.com](mailto:dipas.situmorang00@gmail.com), [3fadlisinuraya12@gmail.com](mailto:fadlisinuraya12@gmail.com),
[3giffarizakkawaly5@gmail.com](mailto:giffarizakkawaly5@gmail.com), [5sundari.ra@amiktunasbangsa.ac.id](mailto:sundari.ra@amiktunasbangsa.ac.id)

Abstrak

Menentukan jumlah produksi tempe yang optimal merupakan tantangan signifikan bagi pelaku UMKM, karena berbagai faktor seperti fluktuasi permintaan pasar, ketersediaan bahan baku, serta kondisi suhu lingkungan yang berubah-ubah sangat mempengaruhi keputusan produksi. Kesalahan dalam penetapan jumlah produksi dapat berakibat pada pemborosan bahan baku, stok berlebih, atau kekurangan pasokan, yang dapat menghambat efisiensi bisnis. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendukung keputusan berbasis metode Fuzzy Mamdani, yang memungkinkan penyesuaian jumlah produksi secara lebih adaptif dan rasional. Sistem ini menggunakan tiga variabel input utama, yaitu permintaan pasar, persediaan kedelai, dan suhu lingkungan, yang masing-masing dikategorikan ke dalam tiga kelas linguistik. Kombinasi ketiga variabel tersebut menghasilkan 27 aturan fuzzy berbasis logika IF-THEN, yang digunakan dalam proses inferensi dengan pendekatan Mamdani. Hasil akhirnya diperoleh melalui metode defuzzifikasi centroid, yang mengubah hasil inferensi fuzzy menjadi keputusan produksi yang dapat diimplementasikan. Sistem ini diimplementasikan menggunakan MATLAB dan diuji melalui data simulasi untuk menilai keakuratan dan efektivitasnya dalam memberikan rekomendasi produksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi jumlah produksi yang sesuai dengan kondisi input yang diberikan. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alat bantu yang fleksibel dan efisien bagi pelaku usaha tempe dalam mengambil keputusan produksi yang lebih optimal serta mengurangi risiko pemborosan atau kekurangan pasokan.

Kata kunci: Fuzzy Mamdani, produksi tempe, sistem pendukung keputusan, UMKM, defuzzifikasi.

Application of Mamdani Fuzzy Method to Determine the Quantity of Tempeh Production

Abstract

Determining the optimal amount of tempeh production is a significant challenge for MSMEs, as various factors such as fluctuations in market demand, availability of raw materials, and changing ambient temperature conditions greatly influence production decisions. Errors in determining production quantities can result in wastage of raw materials, excess stock, or shortage of supply, which can hamper business efficiency. To address these issues, this research aims to design a decision support system based on the Fuzzy Mamdani method, which enables more adaptive and rational adjustment of production quantities. The system uses three main input variables, namely market demand, soybean supply, and ambient temperature, each of which is categorized into three linguistic classes. The combination of the three variables results in 27 IF-THEN logic-based fuzzy rules, which are used in the inference process with the Mamdani approach. The final result is obtained through the centroid defuzzification method, which converts the fuzzy inference result into an implementable production decision. The system is implemented using MATLAB and tested through simulated data to assess its accuracy and effectiveness in providing production recommendations. The test results show that the system is able to produce recommendations for the amount of production in accordance with the given input conditions. Thus, this system can be a helpful tool that can be implemented.

Keywords: Fuzzy Mamdani, tempeh production, decision support system, MSME, defuzzification.

1. PENDAHULUAN

Produksi tempe sebagai bagian dari sektor pangan tradisional Indonesia memainkan peran penting dalam mendukung perekonomian masyarakat, terutama di kalangan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Selain sebagai makanan pokok yang bergizi, tempe juga memiliki nilai ekonomi yang signifikan karena proses produksinya yang relatif sederhana dan bahan bakunya yang mudah diperoleh, yaitu kedelai. Dalam praktiknya, para pelaku usaha tempe menghadapi tantangan utama dalam menentukan jumlah produksi harian yang tepat. Keputusan produksi sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama, yakni permintaan pasar yang fluktuatif dan ketersediaan bahan baku yang terbatas [1]. Ketidaktepatan dalam menetapkan jumlah produksi dapat mengakibatkan pemborosan bahan baku, kelebihan stok yang tidak terjual, atau bahkan kekurangan produk yang berdampak pada hilangnya peluang keuntungan.

Penentuan jumlah produksi yang masih banyak dilakukan secara manual atau berdasarkan intuisi menimbulkan masalah lain, yaitu kurangnya akurasi dan konsistensi dalam pengambilan keputusan. Pendekatan ini tidak cukup adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan bisnis dan pasar. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem Pendukung keputusan yang mampu mengakomodasi ketidakpastian dan kompleksitas variabel yang terlibat, seperti permintaan dan persediaan bahan baku [2]. Logika *fuzzy*, khususnya metode *Fuzzy Mamdani*, menjadi salah satu pendekatan yang relevan dalam konteks ini. *Fuzzy Mamdani* memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih realistis dengan memanfaatkan nilai linguistik dan menghasilkan keluaran berupa angka pasti (*crisp value*), sehingga lebih mudah diterjemahkan dalam konteks operasional.

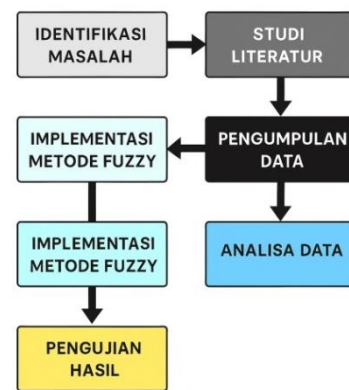
Sejumlah studi sebelumnya telah mengkaji penerapan logika *fuzzy* dalam sistem produksi. Pada penelitian (Yulia Retno dkk, 2021) metode *Fuzzy Mamdani* berhasil memprediksi produksi garam nasional sebesar 1.400.000 ton per tahun dengan mempertimbangkan curah hujan, luas lahan, dan kebutuhan garam. Ketiga variabel ini menjelaskan 53% variasi produksi, menunjukkan efektivitas pendekatan ini dalam pengambilan keputusan produksi [3]. Selanjutnya, pada penelitian (Ahmad Nasrul dkk, 2023) menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dengan input PM2.5 dan PM10, sistem berhasil memprediksi kualitas udara dengan akurasi sebesar 82,5%. Hasil ini membuktikan bahwa pendekatan *fuzzy* mampu menangani ketidakpastian dalam data lingkungan dan layak digunakan dalam sistem monitoring kualitas udara [4]. Sementara itu, penelitian dari (Rizqi Naufal dkk, 2024) Metode *Fuzzy Mamdani* digunakan untuk memprediksi jumlah produksi rokok klobot dengan

mempertimbangkan dua variabel *input*, yaitu penjualan dan persediaan. Sistem menghasilkan prediksi produksi sebesar 4870 stang dengan tingkat akurasi 73,17%. Meskipun termasuk dalam kategori "cukup", metode ini terbukti efektif dalam mendukung keputusan produksi di tengah ketidakpastian permintaan dan stok [5].

Penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan studi mengenai penerapan *Fuzzy Mamdani* pada simulasi produksi tempe. Urgensi ini muncul dari kebutuhan akan sistem bantu keputusan adaptif dalam sektor pangan lokal, mengingat produksi tempe sangat dipengaruhi musim, harga bahan baku, dan permintaan pasar yang dinamis. Dengan merancang model *Fuzzy Mamdani* berbasis simulasi, penelitian ini akan memanfaatkan variabel permintaan pasar dan persediaan kedelai sebagai masukan untuk menentukan jumlah produksi optimal. Selain itu, akurasi model dalam merekomendasikan produksi sesuai kondisi simulasi juga akan dievaluasi. Kontribusi diharapkan berupa solusi praktis bagi UMKM tempe untuk strategi produksi yang lebih efisien, akurat, dan responsif terhadap pasar.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian terapan kuantitatif ini bertujuan merancang dan mengembangkan model sistem pendukung keputusan *Fuzzy Mamdani*. Model ini akan mengoptimalkan jumlah produksi tempe berdasarkan permintaan pasar, ketersediaan bahan baku dan pengaruh lingkungan. disimulasikan untuk merepresentasikan kondisi riil pelaku usaha kecil.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Produksi tempe di Indonesia masih sering ditentukan secara manual, mengakibatkan ketidakakuratan dan inefisiensi dalam menghadapi fluktuasi permintaan serta keterbatasan bahan baku, berujung pada pemborosan atau kekurangan produk. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendukung keputusan yang dapat mengatasi ketidakpastian ini. Meskipun metode *Fuzzy Mamdani* terbukti efektif di berbagai sektor seperti produksi garam dan kualitas

udara, penerapannya untuk penentuan jumlah produksi tempe masih minim penelitian spesifik.

2.2. Studi Literatur

Dilakukan untuk membangun dasar teori yang kuat tentang logika *fuzzy* dan metode *Fuzzy Mamdani*. Kami meninjau jurnal ilmiah, buku, dan penelitian sebelumnya yang relevan dengan sistem pengambilan keputusan berbasis *fuzzy*, terutama yang berkaitan dengan perencanaan produksi dan manajemen permintaan.

2.3 Pengumpulan Data

Data penelitian ini diperoleh melalui simulasi skenario produksi tempe yang mempertimbangkan variasi permintaan, persediaan kedelai, dan jumlah produksi tempe. Nilai variabel ditentukan secara rasional dari literatur dan pengamatan, lalu digunakan sebagai input sistem *Fuzzy Mamdani* untuk menentukan jumlah produksi yang optimal.

2.4 Analisa Data

Pada tahap ini, seluruh data hasil simulasi dianalisis dan diklasifikasikan menggunakan *Microsoft Excel* untuk memudahkan proses pengolahan data lebih lanjut. Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan dalam sistem *Fuzzy Mamdani* sebagai berikut:

- Fuzzifikasi: Merupakan proses konversi data numerik (*crisp*) ke dalam derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy [6]. Derajat keanggotaan ini menggambarkan sejauh mana suatu nilai *input*, seperti jumlah permintaan atau stok kedelai, termasuk dalam kategori linguistik seperti “rendah”, “sedang”, atau “tinggi”.
- Penyusunan Basis Aturan (*Rule Base*): Pada tahap ini dibentuk aturan-aturan berbasis logika *IF-THEN* yang menghubungkan variabel input (permintaan, persediaan, suhu) dengan output (jumlah produksi) [7]. Contohnya: *IF* permintaan tinggi *AND* stok banyak *THEN* produksi meningkat. Inferensi Fuzzy: Merupakan proses mengevaluasi semua aturan yang telah disusun. Dalam metode Mamdani, digunakan operasi logika *AND* (*minimum*) dan *OR* (*maximum*) untuk menggabungkan hasil evaluasi jika beberapa aturan memberikan kesimpulan yang sama.
- Defuzzifikasi: hasil inferensi *fuzzy* diubah menjadi nilai numerik yang jelas. Metode *Centroid* (*Center of Gravity*) digunakan untuk menghitung rata-rata tertimbang, menghasilkan rekomendasi jumlah produksi tempe optimal yang siap diaplikasikan [8]. Adapun rumus persamaan 1.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \mu(z_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(z_i)} \quad (1)$$

Keterangan:

z_i = nilai crisp ke- i

$\mu(z_i)$ = derajat keanggotaan dari z_i

n = jumlah nilai output yang dipertimbangkan

2.5. Penyusunan Model Fuzzy Mamdani

Setelah permasalahan dikenali dan data dianalisis, tahap berikutnya adalah merancang sistem yang mencakup perancangan komponen *input*, proses, dan *output*. Sistem yang telah dirancang tersebut kemudian diuji dan dihitung menggunakan perangkat lunak *MATLAB* [9].

2.6. Penerapan Pendekatan Fuzzy

Pada tahap ini, sistem diimplementasikan menggunakan perangkat lunak *MATLAB*. Metode *fuzzy* diterapkan untuk menentukan jumlah produksi tempe [10], dengan menjalankan sistem yang telah dirancang sebelumnya guna memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan analisis.

2.7. Analisis Hasil Output

Pada tahap ini, hasil analisis data yang telah dikumpulkan dan diolah akan diuji menggunakan tools *MATLAB*. Pengujian dilakukan untuk menghasilkan solusi dalam menentukan jumlah produksi tempe secara optimal. Penentuan ini menjadi fokus utama dari penelitian sebagai bagian dari penerapan metode *Fuzzy Mamdani* dalam sistem pengambilan keputusan produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil perancangan dan implementasi metode *Fuzzy Mamdani* untuk menentukan jumlah produksi tempe. Proses meliputi input data, inferensi *fuzzy*, hingga *output* sistem, yang kemudian dianalisis untuk mengevaluasi relevansi keputusan terhadap kondisi simulasi.

3.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini mengandalkan studi literatur dan simulasi kondisi produksi tempe UMKM untuk menyusun datanya. Tiga variabel input utama permintaan, persediaan, dan suhu dikelompokkan secara linguistik. Dari kombinasi variabel-variabel ini, dibuatlah 27 aturan *IF-THEN* yang bertujuan untuk menentukan jumlah produksi tempe sebagai hasilnya.

3.2. Analisis dan Perancangan

Untuk metode *Fuzzy Mamdani*, sistemnya dibangun dengan menetapkan variabel *input* (seperti permintaan pasar, persediaan kedelai, dan suhu lingkungan) untuk membuat aturan *IF-THEN*. Aturan ini akan menghubungkan input ke *output* (jumlah produksi tempe), yang kemudian digunakan untuk menentukan besaran produksi yang sesuai berdasarkan simulasi kondisi.

3.3. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

Variabel *input* (permintaan, persediaan, suhu) diklasifikasikan ke dalam kategori linguistik (rendah, sedang, tinggi) sebagai langkah awal untuk mempermudah proses fuzzifikasi.

Tabel 1. Himpunan Fuzzy

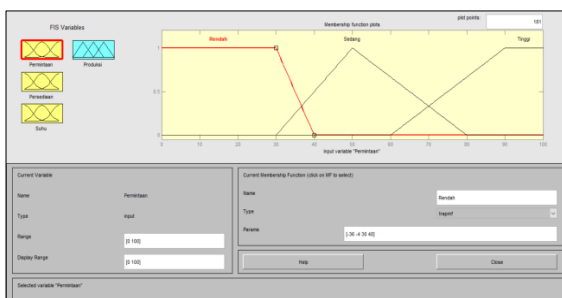
Fungsi	Variabel	Semesta Pembicara	Himpunan	Domain
Input	Permintaan Pasar	[0 100]	Rendah	[0 40]
			Sedang	[30 80]
			Tinggi	[70 100]
Input	Persediaan Stok	[0 100]	Sedikit	[0 40]
			Cukup	[30 70]
			Banyak	[60 100]
Output	Pengaruh Suhu	[0 35]	Dingin	[20 26]
			Normal	[25 30]
			Panas	[29 35]
Output	Jumlah Produksi	[0 100]	Kurang	[0 40]
			Sedang	[30 70]
			Banyak	[60 100]

Pada tabel 1. setiap variabel dalam sistem ini, meliputi *input* seperti permintaan pasar (rendah [0-40], sedang [30-80], tinggi [70-100]), persediaan kedelai (sedikit [0-40], cukup [30-70], banyak [60-100]), dan suhu lingkungan (dingin [20-26], normal [25-30], panas [29-35]), serta output yaitu jumlah produksi tempe (kurang [0-40], sedang [30-70], banyak [60-100]), diklasifikasikan ke dalam himpunan *fuzzy* untuk memudahkan proses fuzzifikasi.

Selanjutnya kami melakukan perhitungan variabel *Input* dan *Output* dengan menggunakan Matlab yang berupa;

a) Permintaan Pasar (x)

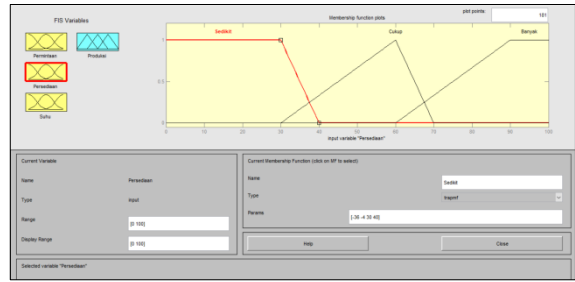
Pada gambar 2. menampilkan bagaimana fungsi keanggotaan dimodelkan untuk variabel input "Permintaan" dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel ini dibagi menjadi tiga kategori linguistik: "Rendah," "Sedang," dan "Tinggi," dengan rentang nilai dari 0 hingga 100. Untuk menunjukkan tingkat permintaan secara bertahap berdasarkan nilai *input*, digunakan fungsi keanggotaan berbentuk trapesium dan segitiga.



Gambar 2. Variabel *Input* Permintaan pasar

b) Persediaan Stok (y)

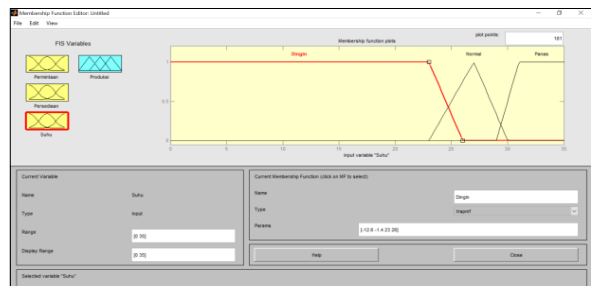
Pada gambar 3. terlihat pemodelan fungsi keanggotaan untuk variabel *input* "Persediaan" dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel ini dikelompokkan menjadi tiga kategori linguistik: Sedikit, Cukup, dan Banyak, dengan rentang nilai dari 0 hingga 100. Untuk merepresentasikan tingkat kepastian setiap kategori, digunakan bentuk fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium.



Gambar 3. Variabel *Input* Persediaan Stok

c) Pengaruh Suhu (z)

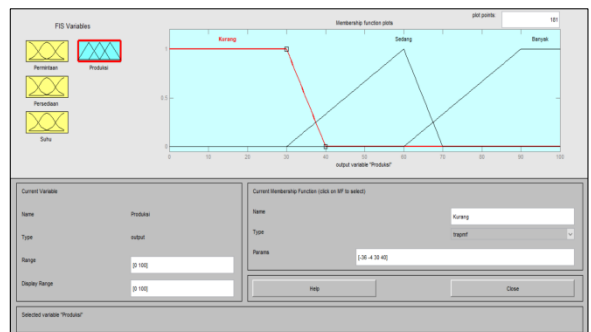
Gambar 4. menunjukkan pemodelan fungsi keanggotaan untuk variabel input "Suhu" dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel ini dikategorikan secara linguistik menjadi "Dingin," "Normal," dan "Panas," dengan rentang nilai dari 0 hingga 35. Fungsi keanggotaan yang digunakan berbentuk trapesium dan segitiga untuk merepresentasikan tingkat suhu secara bertahap berdasarkan nilai *input*.



Gambar 4. Variabel *Input* Pengaruh Suhu

d) Jumlah Produksi (a)

Pada gambar 5. ini menunjukkan bagaimana fungsi keanggotaan dimodelkan untuk variabel *output* "Produksi" dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel ini terbagi menjadi tiga kategori linguistik: "Kurang," "Sedang," dan "Banyak," dengan rentang nilai dari 0 hingga 100. Fungsi keanggotaan berbentuk trapesium dan segitiga digunakan untuk menampilkan tingkat produksi secara bertahap berdasarkan nilai *input*.



Gambar 5. Variabel *Output* Jumlah Produksi

3.4. Menentukan rule

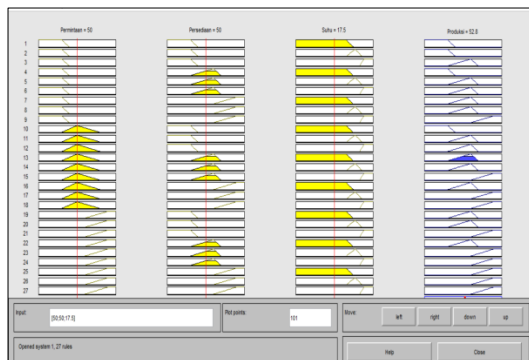
Tabel 2. Aturan Logika Fuzzy yang Digunakan

Rule	If	Then
R1	If (Permintaan is Rendah) and (Persediaan is Sedikit) and (Suhu is Dingin)	Then (Produksi is Kurang)
R2	If (Permintaan is Rendah) and (Persediaan is Sedikit) and (Suhu is Normal)	Then (Produksi is Kurang)
R3	If (Permintaan is Rendah) and (Persediaan is Sedikit) and (Suhu is Panas)	Then (Produksi is Sedang)
R4	If (Permintaan is Rendah) and (Persediaan is Cukup) and (Suhu is Dingin)	Then (Produksi is Kurang)
R5	If (Permintaan is Rendah) and (Persediaan is Cukup) and (Suhu is Normal)	Then (Produksi is Sedang)
....
R27	If (Permintaan is Tinggi) and (Persediaan is Banyak) and (Suhu is Panas)	Then (Produksi is Banyak)

Pada Tabel 2. berisi 27 aturan *fuzzy* yang terbentuk dari kombinasi tiga variabel input: permintaan, persediaan, dan suhu. Setiap kombinasi tersebut akan menentukan keputusan jumlah produksi tempe (kurang, sedang, atau banyak) sesuai dengan kondisi yang disimulasikan.

3.5. Defuzzifikasi

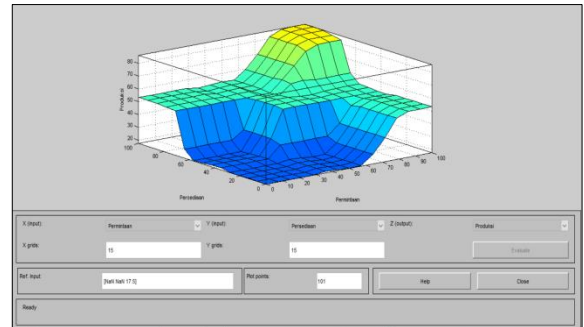
Setelah output berupa himpunan *fuzzy* diperoleh dari proses inferensi, langkah berikutnya adalah defuzzifikasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengonversi *output fuzzy* tersebut menjadi nilai tunggal dan konkret (*crisp value*) yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait jumlah produksi tempe.



Gambar 6. Hasil Defuzzifikasi

Gambar 6. di atas merupakan tampilan *Rule Viewer* pada sistem logika *fuzzy* Mamdani yang menunjukkan proses inferensi berdasarkan tiga input, yaitu nilai permintaan sebesar 50, persediaan

sebesar 50, dan suhu sebesar 17.5. Dari kombinasi ketiga input tersebut, beberapa aturan aktif (ditandai dengan warna kuning), dan menghasilkan output berupa nilai produksi sebesar 52.8. Nilai ini mencerminkan hasil defuzzifikasi dari berbagai aturan yang bekerja, yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan jumlah produksi tempe secara optimal sesuai kondisi yang diberikan.



Gambar 7. Tampilan grafik permukaan berdasarkan variabel Gambar di atas menunjukkan visualisasi hubungan antara permintaan dan persediaan terhadap jumlah produksi tempe. Warna kuning menandakan produksi tinggi saat permintaan dan persediaan juga tinggi, sedangkan warna biru menunjukkan produksi rendah saat kedua input bernilai rendah. Grafik ini membuktikan bahwa sistem *fuzzy* mampu merespons perubahan input secara logis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* terbukti efektif dalam menentukan jumlah produksi tempe. Model ini menggunakan tiga variabel *input* permintaan pasar, persediaan kedelai, dan suhu lingkungan yang dikombinasikan menjadi 27 aturan *fuzzy*. Sistem yang dihasilkan mampu memberikan keputusan produksi yang adaptif sesuai kondisi yang disimulasikan. Melalui proses defuzzifikasi, *output* berupa nilai produksi yang konkret diperoleh, menjadikannya dasar pengambilan keputusan yang praktis bagi pelaku UMKM. Singkatnya, model ini menawarkan solusi perencanaan produksi tempe yang fleksibel, akurat, dan mudah diterapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] R. M. D. R. indah. M.Rizal, “Analisis Peramalan Produksi Menggunakan Trend Moment Pada Kilang Padi Do’a Ibu Diperlak Kecamatan Peureulak,” *J. Samudra Ekon.*, vol. 5, no. 2, pp. 161–168, 2021.

[2] A. T. Hidayat, A.Nugroho, “Sistem Pendukung keputusan Penentuan Status Gizi Balita Menggunakan Metode Logika Fuzzy (Studi Kasus Dinas Kesehatan Kota

- Bontang),” *Juernal Sains dan Sist. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 11–17, 2024.
- [3] Y. R. Sari, “Penerapan Logika Fuzzy Metode Mamdani dalam Menyelesaikan Masalah Produksi Garam Nasional,” *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 1, pp. 341–356, 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i1.647.
- [4] A. N. Qorib, A. Putri, B. Saraswati, A. L. Devani, and A. P. Sari, “Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA) Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani,” *Semin. Nas. Inform. Bela Negara*, vol. 3, pp. 113–116, 2023.
- [5] R. N. Al-Faruq and H. Hindarto, “Prediksi Produksi Rokok Klobot Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani,” *Indones. J. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 2, p. 14, 2024, doi: 10.47134/ijat.v1i2.3052.
- [6] I. R. Dhani, “Simulasi Logika Fuzzy Percepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *SinarFe7 Semin. Nas. Fortei Reg. 7*, vol. 4, no. 1, pp. 112–117, 2021, [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/34>
- [7] A. Suherman and D. Widyaningrum, “Implementasi Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Internet of Things Budidaya Tanaman Bayam,” *Smatika J.*, vol. 14, no. 01, pp. 195–204, 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1332.
- [8] I. M. S. B. Sasomo, T. Nusantara, “Aplikasi Fuzzy Inference System pada Seleksi Penerimaan Santri Baru MI Kota Madiun,” *Wacana Akad. Maj. Ilm. Kependidikan*, vol. 9, no. Mi, pp. 34–48, 2025.
- [9] S. Yahya, A. Rafi, A. L. Tahtawi, and S. W. Jadmiko, “MPPT Fuzzy Logic dengan Pengendali PI pada Generator Sinkron Magnet Permanen untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Pikohidro,” *J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 1, pp. 146–161, 2022.
- [10] D. Upuy, “Implementasi Fuzzy Sugeno untuk menentukan Jumlah Produksi Tahu,” *urnal Teknol. Inf. dan Terap. Vol.*, vol. 10, no. 2, pp. 91–94, 2023.