

Penentuan Kebutuhan Bahan Baku Susu Perah Menggunakan Metode Time Series dan Fuzzy Mamdani pada DaFa Milk

Bayu Kurniawan¹ Selfiana Yusiani² Nayla Fahirana A I³ Uqinu Attaqi⁴ Abdullah Gharibil⁵ Bagas Idris Anandyaguna⁶ Suhendi Irawan⁷

Jurusan Manajemen Industri, Fakultas Sekolah Vokasi, IPB University, Jl. Kumbang No14, RT. 02/RW. 06, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat^{1,2,3,4,5,6,7}

Email: bayubayu23kurniawan@apps.ipb.ac.id² 0706selfiana@apps.ipb.ac.id³ nayla26fahirana@apps.ipb.ac.id³ iamuqinu@apps.ipb.ac.id⁴ ls1tzcrvardifath@apps.ipb.ac.id⁵ anandyagunabagas@apps.ipb.ac.id⁶ suhendiirawan@apps.ipb.ac.id⁷

Abstrak

Ketersediaan susu perah sebagai bahan baku utama berperan penting dalam menjaga kelancaran produksi di UKM DaFa Milk. Penelitian ini bertujuan menentukan kebutuhan optimal susu perah melalui peramalan permintaan yoghurt dan susu pasteurisasi serta pemodelan fuzzy Mamdani. Peramalan dilakukan menggunakan Simple Moving Average (SMA) dua dan empat periode serta Weighted Moving Average (WMA), dengan evaluasi akurasi menggunakan MAPE, MAD, dan MSE. Berdasarkan data Desember 2024–November 2025, SMA empat periode menunjukkan kinerja terbaik dengan MAPE 0,06 untuk yoghurt dan 0,04 untuk susu pasteurisasi. Hasil peramalan Desember 2025, yaitu 4.150 pcs yoghurt dan 5.340 pcs susu pasteurisasi, dijadikan input model fuzzy Mamdani dengan dua variabel input, satu output, fungsi keanggotaan segitiga, dan defuzzifikasi centroid. Model menghasilkan estimasi kebutuhan susu perah sebesar 2.500 liter. Temuan ini memberikan dasar yang lebih sistematis untuk penentuan kebutuhan bahan baku susu perah pada periode berikutnya

Kata Kunci: Peramalan Permintaan, Simple Moving Average, Weighted Moving Average, Fuzzy Mamdani, Susu Perah

Abstract

The availability of dairy milk as the main raw material plays a crucial role in maintaining smooth production at the DaFa Milk SME. This study aims to determine the optimal demand for dairy milk through forecasting demand for yogurt and pasteurized milk and Mamdani fuzzy modeling. Forecasting was performed using two- and four-period Simple Moving Averages (SMA) and Weighted Moving Averages (WMA), with accuracy evaluated using MAPE, MAD, and MSE. Based on data from December 2024–November 2025, the four-period SMA showed the best performance with a MAPE of 0.06 for yogurt and 0.04 for pasteurized milk. The forecast results for December 2025, namely 4,150 pcs of yogurt and 5,340 pcs of pasteurized milk, were used as input to the Mamdani fuzzy model with two input variables, one output, a triangular membership function, and centroid defuzzification. The model produced an estimated dairy milk requirement of 2,500 liters. These findings provide a more systematic basis for determining dairy milk raw material requirements in the following period.

Keywords: Demand Forecasting, Simple Moving Average, Weighted Moving Average, Fuzzy Mamdani, Dairy Milk



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Industri susu di Indonesia hingga saat ini masih menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan nasional. Berdasarkan Outlook Susu 2022 yang diterbitkan Kementerian Pertanian, produksi susu sapi segar nasional pada tahun 2022 hanya mencapai sekitar 926.348 ton dan diproyeksikan meningkat menjadi ±948.435 ton pada tahun 2023. Namun, jumlah tersebut baru mampu memenuhi sekitar 20–22% kebutuhan nasional, sehingga Indonesia masih sangat bergantung pada impor sebagai sumber pemenuhan bahan

baku susu (Kementerian Pertanian RI, 2022). Ketergantungan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kapasitas produksi domestik dan permintaan industri berbasis susu yang terus tumbuh. Data Badan Pusat Statistik (BPS) turut menegaskan bahwa pada tahun 2023, produksi susu segar nasional justru berada pada angka yang lebih rendah, yaitu 837.223 ton, dengan Jawa Barat sebagai salah satu wilayah penghasil utama (BPS, 2023). Kondisi tersebut menandakan bahwa peningkatan produktivitas dan efisiensi pada tingkat peternak maupun unit pengolahan susu skala kecil dan menengah menjadi sangat penting dalam memperkuat struktur ketahanan pangan nasional.

Salah satu unit pengolahan susu lokal yang berperan dalam rantai pasok susu di wilayah Jawa Barat adalah DaFa Milk, unit usaha milik Pesantren Pertanian Darul Falah (PPDF) yang berlokasi di Ciampea, Kabupaten Bogor. PPDF telah mengelola peternakan sapi perah sejak tahun 1970 dan mengembangkan unit pengolahan susu DaFa Milk sejak awal tahun 2000-an. DaFa Milk memproduksi berbagai olahan susu, termasuk susu pasteurisasi dan yogurt, dengan bahan baku utama berupa susu segar dari peternakan internal. Keberadaan DaFa Milk tidak hanya berfungsi sebagai unit ekonomi berbasis pesantren, tetapi juga mendukung pemanfaatan susu lokal dalam skala UMKM. Namun demikian, aktivitas produksi DaFa Milk sempat mengalami kendala akibat fluktuasi permintaan serta ketidakstabilan operasional, salah satunya pada tahun 2020 ketika pasar belum terbentuk secara optimal dan pengelolaan fasilitas peternakan serta ruang produksi belum terkelola secara konsisten. Seiring peningkatan aktivitas pemasaran dan perluasan jaringan distribusi, permintaan produk DaFa Milk menunjukkan tren pertumbuhan, termasuk pengaruh eksternal seperti Program Makan Bergizi Gratis (MBG). Program MBG yang diinisiasi pemerintah bertujuan menyediakan makanan sehat dan bergizi bagi anak usia sekolah dasar hingga sekolah menengah atas (Rahmah et al., 2025). Meski bukan pemasok langsung untuk program tersebut, peningkatan konsumsi susu di masyarakat akibat program ini memberikan dampak tidak langsung pada tingkat permintaan di wilayah sekitar, termasuk pada UMKM pengolah susu seperti DaFa Milk. Fluktuasi permintaan ini menuntut perencanaan produksi yang lebih presisi, terutama dalam menentukan kebutuhan bahan baku susu perah sebagai komponen utama produk olahan.

Salah satu permasalahan utama dalam operasional DaFa Milk adalah belum tersedianya estimasi kebutuhan bahan baku susu perah yang akurat untuk memenuhi permintaan yoghurt dan susu pasteurisasi. Ketidakakuratan ini berpotensi menimbulkan dua risiko operasional: kelebihan stok (*overstock*) yang menyebabkan penurunan kualitas atau kerusakan bahan baku karena sifat susu yang mudah rusak (*perishable*), serta kekurangan stok (*understock*) yang menghambat proses produksi dan mengurangi kemampuan memenuhi permintaan pasar. Dalam konteks UMKM dengan sumber daya terbatas, inefisiensi pada pengelolaan bahan baku dapat berdampak langsung pada biaya operasional dan keberlanjutan usaha. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu memproyeksikan kebutuhan bahan baku secara lebih sistematis dan berbasis data.

Peramalan permintaan (*forecasting*) menjadi salah satu alat penting dalam perencanaan produksi dan pengendalian persediaan. Menurut Lubis et al. (2022), peramalan merupakan proses memprediksi atau mengestimasi suatu kondisi pada masa mendatang berdasarkan data historis, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan. Dalam industri pangan bersifat cepat rusak, termasuk susu dan olahannya, peramalan mempunyai peran vital dalam menentukan jumlah produksi optimal serta mencegah terjadinya pemborosan bahan baku. Untuk kondisi UMKM seperti DaFa Milk yang cenderung memiliki data historis terbatas dan permintaan yang relatif stabil dengan variasi tertentu, metode peramalan berbasis deret waktu sederhana—seperti *Simple Moving Average* (SMA) dan *Weighted Moving Average* (WMA)—sering digunakan karena sifatnya yang mudah diterapkan,

tidak memerlukan asumsi kompleks, dan cukup efektif untuk pola data jangka pendek. Penggunaan SMA dan WMA memungkinkan perusahaan mengidentifikasi pola permintaan bulanan berdasarkan data satu tahun terakhir sehingga dapat menentukan metode terbaik melalui evaluasi akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Deviation* (MAD), dan *Mean Squared Error* (MSE). Hasil peramalan ini kemudian menjadi dasar untuk merencanakan jumlah produksi pada periode selanjutnya. Pada konteks DaFa Milk, dua produk utama yang menjadi fokus adalah yogurt dan susu pasteurisasi. Keduanya menggunakan bahan baku sama, yaitu susu perah, sehingga proyeksi permintaan kedua produk sangat menentukan jumlah bahan baku yang harus dipersiapkan. Ketersediaan data permintaan bulanan selama periode Desember 2024 hingga November 2025 memungkinkan analisis tren permintaan, perhitungan metode *moving average*, serta identifikasi pola kebutuhan bahan baku yang lebih akurat.

Namun demikian, hasil peramalan permintaan saja belum cukup untuk menentukan jumlah kebutuhan bahan baku susu perah secara pasti. Dalam praktik produksi, terdapat variabel lain yang dapat mempengaruhi kebutuhan susu perah, seperti variasi yield proses produksi, potensi loss di tahap pasteurisasi ataupun inokulasi yogurt, penyesuaian formula berdasarkan kondisi bahan baku, serta pertimbangan operasional dari manajer produksi. Faktor-faktor tersebut bersifat tidak pasti dan sulit dimodelkan dengan pendekatan matematis linier. Oleh karena itu, pendekatan logika *fuzzy*, khususnya metode inferensi *Mamdani*, digunakan untuk mengakomodasi ketidakpastian dan penilaian berbasis pengetahuan ahli. Logika *fuzzy* merupakan metode pengambilan keputusan yang memungkinkan suatu nilai berada pada lebih dari satu himpunan keanggotaan secara bersamaan, sehingga membantu memodelkan sistem dengan variabel tidak pasti atau samar (Rizky et al., 2023). Alfaizin et al. (2025) menunjukkan penerapan fuzzy *Mamdani* dalam menganalisis penjualan susu untuk mengantisipasi permintaan fluktuatif, dan hasilnya mampu menghasilkan estimasi yang lebih adaptif terhadap kondisi pasar nyata. Dalam penelitian ini, *fuzzy Mamdani* digunakan untuk mengonversi hasil peramalan permintaan menjadi estimasi kebutuhan susu perah yang ideal, berdasarkan kombinasi dua variabel input (permintaan yogurt dan permintaan susu pasteurisasi), satu variabel output (kebutuhan susu perah), fungsi keanggotaan berbentuk segitiga, serta aturan inferensi yang dibangun dari wawancara dengan pihak produksi DaFa Milk dan rentang nilai hasil peramalan.

Dengan menggabungkan hasil peramalan deret waktu dan pemodelan *fuzzy*, penelitian ini bertujuan menghasilkan estimasi kebutuhan bahan baku susu perah yang lebih terstruktur, realistis, dan sesuai dengan kondisi operasional DaFa Milk. Secara khusus, penelitian ini diarahkan untuk memahami pola permintaan bulanan produk yogurt dan susu pasteurisasi, mengidentifikasi metode peramalan yang memberikan tingkat akurasi terbaik, serta menerapkan model *fuzzy Mamdani* untuk mengonversi hasil peramalan tersebut menjadi estimasi kebutuhan susu perah. Selain itu, penelitian ini juga berupaya menyusun rekomendasi terkait jumlah bahan baku ideal yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan produksi. Melalui pendekatan ini, diharapkan hasil yang diperoleh mampu memberikan kontribusi praktis bagi pengelola DaFa Milk, khususnya dalam meningkatkan ketepatan pengelolaan bahan baku, meminimalkan risiko inefisiensi, dan memperkuat keberlanjutan proses produksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tanggal 20 November 2025 di DaFa Milk, yang berlokasi di Jalan Ciampea, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Kunjungan ini dilakukan untuk mengumpulkan data permintaan produk yogurt dan susu pasteurisasi. Pengumpulan data adalah kumpulan

data yang memungkinkan peneliti untuk membuat kesimpulan dan mengambil tindakan (Zulfirman, 2022). Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan ketersediaan bahan baku mencakup:

1. Wawancara. Pada tanggal 20 November 2025 dilakukan kunjungan ke DaFa Milk untuk melaksanakan proses wawancara. Tujuan dari wawancara ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai permintaan produk dan kebutuhan bahan baku, yang akan menjadi dasar dalam perhitungan *forecasting* serta penyusunan model *fuzzy mamdani*. Wawancara dilakukan langsung dengan penanggung jawab DaFa Milk, dan data yang diperoleh mencakup permintaan, jumlah produksi, serta penggunaan susu perah yang digunakan untuk setiap produk. Data tersebut menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan susu perah untuk setiap jenis produk yang dihasilkan. Perbedaan antara data ini menjadi dasar dalam melakukan perhitungan *forecasting* dan menyusun *fuzzy mamdani*.

Tabel 1. Kebutuhan Susu Perah per Unit Produk

Produk	Volume/Satuan	Kebutuhan Susu Perah per Produk
Yogurt	180 ml	50% (90 ml)
Susu Pasteurisasi	250 ml	90% (225 ml)

2. Studi Literatur. Pengumpulan data dengan cara mencari informasi dari buku dan jurnal dilakukan sebagai dasar dalam menerapkan metode *forecasting* dan *fuzzy mamdani*. Dalam studi literatur ini, dianalisis beberapa jurnal dan buku yang membahas tentang peramalan permintaan, kebutuhan bahan baku, serta dasar-dasar metode *fuzzy mamdani*. Informasi dari literatur ini membantu memahami berbagai teknik peramalan yang sering digunakan, seperti penggunaan data permintaan masa lalu, serta cara menyusun variabel, aturan, dan fungsi keanggotaan dalam metode *fuzzy mamdani*.

Metode Penyelesaian

Metode *Forecasting* (Peramalan)

Metode *time series* adalah teknik prediksi yang menggunakan elemen waktu sebagai fondasi dalam melakukan peramalan. Berikut adalah yang termasuk dalam metode *time series*:

1. Metode *Simple Moving Average* (SMA). Metode *Simple Moving Average* (SMA) merupakan salah satu teknik peramalan dalam kelompok *moving average* yang menghitung rata-rata permintaan pada beberapa periode terakhir untuk memprediksi nilai pada periode berikutnya (Jannah et al., 2022). Pendekatan ini bekerja dengan asumsi bahwa data masa lalu cukup representatif untuk memproyeksikan kondisi mendatang, serta tidak terdapat pola musiman yang signifikan. Secara operasional, SMA menghitung rata-rata dari sejumlah periode pengamatan (n) tanpa membedakan tingkat kepentingannya setiap periode memiliki bobot yang sama. Metode ini dianggap efisien karena proses perhitungannya sederhana, namun tetap mampu memberikan gambaran awal mengenai tren permintaan. Rumus dasar metode *Simple Moving Average* adalah:

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_2 + \dots X_T}{T}$$

Keterangan :

F_{t+1} = nilai ramalan untuk periode berikutnya, yaitu periode $t + 1$. X_t = data aktual atau nilai sebenarnya pada periode t .

T = jumlah periode yang digunakan dasdlam perhitungan *moving average* atau rata-rata bergerak.

2. Metode Weighted Moving Average (WMA). Berbeda dengan SMA, metode *Weighted Moving Average* (WMA) memberikan bobot yang berbeda pada setiap data historis. Periode yang lebih dekat dengan waktu peramalan biasanya diberi bobot lebih besar karena dianggap memiliki pengaruh lebih kuat terhadap nilai di masa depan (Roziqin & Rochmoeljati, 2025). Dengan demikian, WMA lebih sensitif terhadap perubahan pola data dibanding SMA. Pada penelitian ini digunakan bobot bertingkat, yaitu:

W1 = 0,5, W2 = 0,3 W3 = 0,2

dengan bobot terbesar diberikan pada periode terbaru (W1). Rumus dasar perhitungan metode

Weighted Moving Average adalah:

$$WMA = \frac{\sum (\text{bobot untuk periode } n) \times (\text{permintaan dalam periode } n)}{\sum \text{bobot}}$$

Fuzzy Mamdani

Metode mamdani juga dikenal dengan nama metode *MaxMin*. Berikut beberapa langkah yang diperlukan untuk mendapatkan hasil output (Arifin et al., 2015):

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*. Di tahap ini, setiap variabel input maupun output dibagi menjadi beberapa himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi Fungsi Implikasi. Fungsi implikasi yang digunakan dalam metode mamdani adalah *Min*.
3. Komposisi Aturan. Sistem aturan terdiri dari beberapa aturan yang saling berkaitan. Dari gabungan aturan tersebut, dapat memperoleh hasil inferensi. Ada tiga cara yang bisa digunakan dalam sistem inferensi *fuzzy*, yaitu metode *Max*, *Additive*, dan *Probabilistic OR*.
4. Penegasan (*Defuzzifikasi*). Dalam proses *defuzzifikasi*, hasil dari aturan yang diatur dalam bentuk himpunan *fuzzy* diubah menjadi nilai yang pasti atau *crisp*. Ada 5 cara *defuzzifikasi* yang digunakan dalam metode Mamdani, yaitu *centroid of area*, *bisector*, *mean of maximum*, *largest of maximum*, dan *smallest of maximum*.

Akurasi Peramalan

Akurasi model dievaluasi dengan menggunakan indikator seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Deviation* (MAD), dan *Mean Square Error* (MSE). Selanjutnya, hasil peramalan dibandingkan untuk memilih metode yang paling efektif (Roziqin & Rochmoeljati, 2025):

1. Mean Square Error (MSE). MSE adalah salah satu teknik yang diterapkan untuk menilai kinerja suatu metode peramalan atau prediksi, di mana metode ini menghitung selisih kuadrat rata-rata antara nilai yang diprediksi dengan nilai yang diamati. Rumus menghitung MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum |Y_t - F_t|^2}{n}$$

2. Mean Absolute Deviation (MAD). MAD digunakan untuk menilai sejauh mana keakuratan prediksi atau ramalan yang dihasilkan, dengan menghitung nilai absolut dari setiap kesalahan secara rata-rata. Ini merupakan ukuran awal dari kesalahan peramalan secara keseluruhan pada suatu model. Berikut adalah rumus untuk menghitung MAD:

$$MAD = \frac{|Y_t - F_t|}{n}$$

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE adalah indikator yang mengukur kesalahan relatif dengan menunjukkan persentase perbedaan antara hasil peramalan dan permintaan aktual dalam periode tertentu, yang memberikan informasi tentang apakah kesalahan peramalan tersebut lebih tinggi atau lebih rendah dari yang seharusnya. Rumus untuk menghitung MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \times \frac{|Y_t - F_t|}{Y_t}$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Data yang diambil berupa data permintaan yogurt dan susu pasteurisasi selama 12 bulan, dari periode Desember 2024 sampai November 2025.

Tabel 2. Data Permintaan Yogurt dan Susu Periode Desember 2024 - November 2025

Periode	Permintaan Yogurt	Permintaan Susu
Desember	4100	5200
Januari	4300	5600
Februari	3950	5300
Maret	4500	5800
April	4200	5400
Mei	4050	5250
Juni	4400	5750
Juli	3895	5600
Agustus	4600	5300
September	4180	5450
Oktober	3900	5600
November	3920	5010

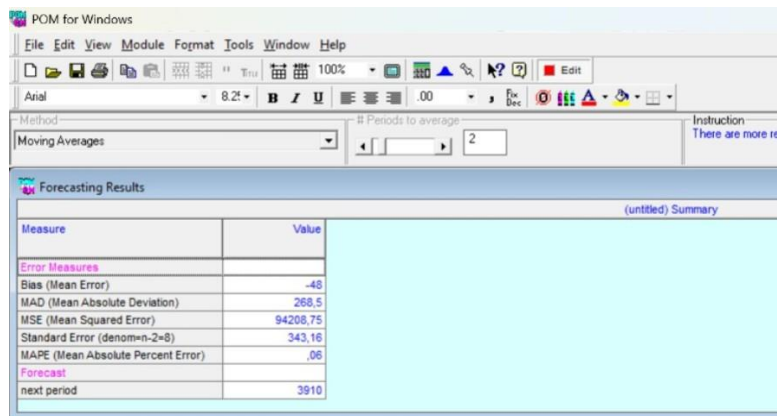
Perhitungan data dengan POM-QM

Data yang telah didapat, dipindahkan ke dalam aplikasi POM-QM, lalu diolah dengan metode yang dipilih yaitu, Simple Moving Average dan Weighted Moving Average dengan periode dan bobot yang berada, pengerjaan sebagai berikut:

Pengolahan Data Permintaan Yogurt Menggunakan Software POM-QM

a. *Simple Moving Average* n=2

Pada pengolahan data permintaan yogurt menggunakan metode *Simple Moving Average* n=2, dengan menggunakan data permintaan 12 bulan, pada bulan Desember 2024 - September 2025. hasil dari perhitungan metode *simple moving average* n=2 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



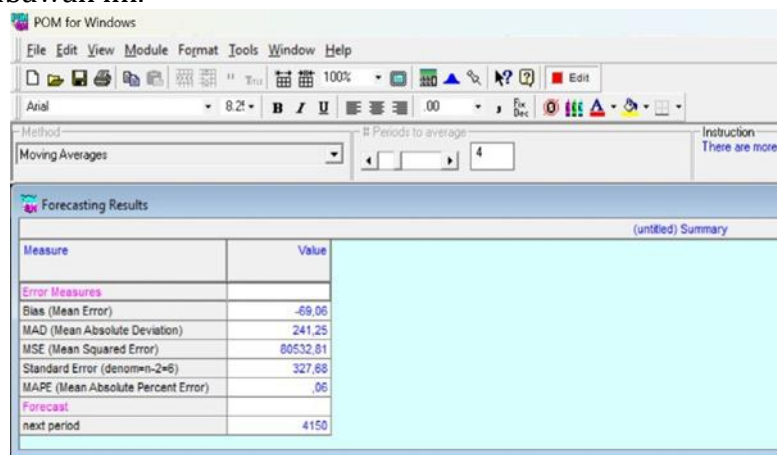
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-48
MAD (Mean Absolute Deviation)	268,5
MSE (Mean Squared Error)	94208,75
Standard Error (denom=n-2=8)	343,16
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	,06
Forecast	
next period	3910

Gambar 1. Hasil Peramalan Permintaan Yogurt Menggunakan Metode Simple Moving Average $n=2$

Hasil peramalan permintaan yogurt menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=2$ pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 3910 pcs, dengan nilai *mean error* -48, nilai *mean absolute deviation* 268,5 *mean square error* 94208,75, *standard error* 343,16, dan *mean absolute percent error* 0,06

b. Simple Moving Average $n=4$

Pengolahan data permintaan yogurt selanjutnya menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=4$, menggunakan data permintaan pada Desember 2024 - September 2025. hasil peramalan permintaan menggunakan metode *simple moving average* $n=4$ dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



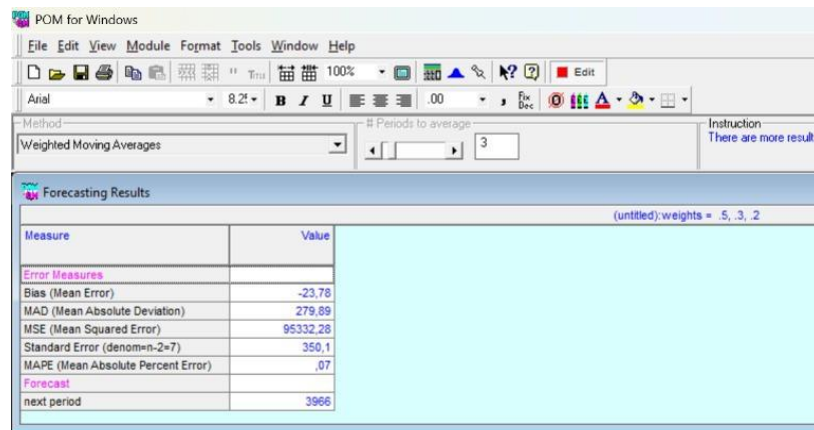
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-69,06
MAD (Mean Absolute Deviation)	241,25
MSE (Mean Squared Error)	80532,81
Standard Error (denom=n-2=6)	327,68
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	,06
Forecast	
next period	4150

Gambar 2. Hasil Peramalan Permintaan Yogurt Menggunakan Metode Simple Moving Average $n=4$

Hasil peramalan permintaan yogurt menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=4$ pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 4150 pcs, dengan nilai *mean error* -69,06,, nilai *mean absolute deviation* 241,29, *mean square error* 80532,81, *standard error* 327,68, dan *mean absolute percent error* 0,06.

c. Weighted Moving Average $W1 = 0,5$, $W2 = 0,3$ $W3 = 0,2$

Metode *Weighted Moving Average* (WMA) memberikan bobot yang berbeda pada setiap data historis. Periode yang lebih dekat dengan waktu peramalan biasanya diberi bobot lebih besar karena dianggap memiliki pengaruh lebih kuat terhadap nilai di masa depan. Pada metode *Weighted Moving Average* ini memberikan bobot $W1=0,5$ $W2=0,3$ $W3=0,2$.



Gambar 3. Hasil Peramalan Permintaan Yogurt Menggunakan Metode *Weighted Moving Average* $W_1 = 0,5$, $W_2 = 0,3$ $W_3 = 0,2$

Hasil peramalan permintaan yogurt menggunakan metode *Weighted Moving Average* $W_1 = 0,5$, $W_2 = 0,3$ $W_3 = 0,2$ pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 3966 pcs, dengan nilai *mean error* -23,78, nilai *mean absolute deviation* 279,89, *mean square error* 95332,28, *standard error* 350,1, dan *mean absolute percent error* 0,07.

d. Akurasi Peramalan

Berdasarkan *output* hasil perhitungan peramalan menggunakan masing-masing ketiga metode peramalan yang telah dilakukan, didapatkan nilai kesalahan (*error*). Selanjutnya dilakukan pemilihan metode peramalan yang telah dilakukan dengan membandingkan nilai *error* nilai *error* yang diambil adalah nilai *mean absolute percent error*, dimana nilai *error* terkecil adalah metode peramalan yang akan dipilih sebagai metode terbaik untuk mendekati aktual permintaan di periode berikutnya yaitu Desember 2025. Berikut merupakan tabel perbandingan nilai *error* :

Tabel 3. Hasil Peramalan Permintaan Produk Yogurt

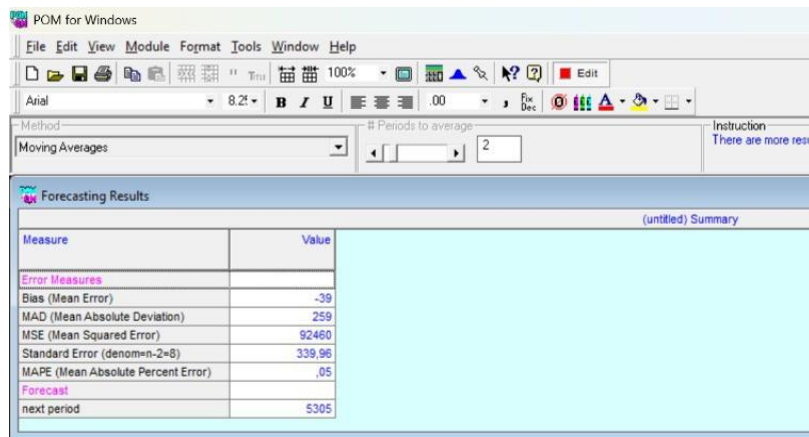
Metode Peramalan	Hasil Peramalan	MSE	MAD	MAPE
<i>Simple Moving Average</i> $n=2$	3910	94208,75	268,5	0,06
<i>Simple Moving Average</i> $n=4$	4150	80532,81	241,29	0,06
<i>Weighted Moving Average</i>	3966	95332,28	279,89	0,07

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan nilai *error* terkecil adalah menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=4$ dengan nilai MAPE 0,06 dan hasil peramalan yogurt periode berikutnya pada bulan Desember 2025 adalah 4150 pcs.

Pengolahan Data Permintaan Susu Menggunakan Software POM-QM

a. *Simple Moving Average* $n=2$

Pada pengolahan data permintaan susu menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=2$, dengan menggunakan data permintaan 12 bulan. Pada bulan Desember 2024 - September 2025. hasil dari peramalan permintaan susu menggunakan metode *simple moving average* $n=2$ dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



POM for Windows

File Edit View Module Format Tools Window Help

Method: Moving Averages # Periods to average: 2

Instruction: There are more results

Forecasting Results (untitled) Summary

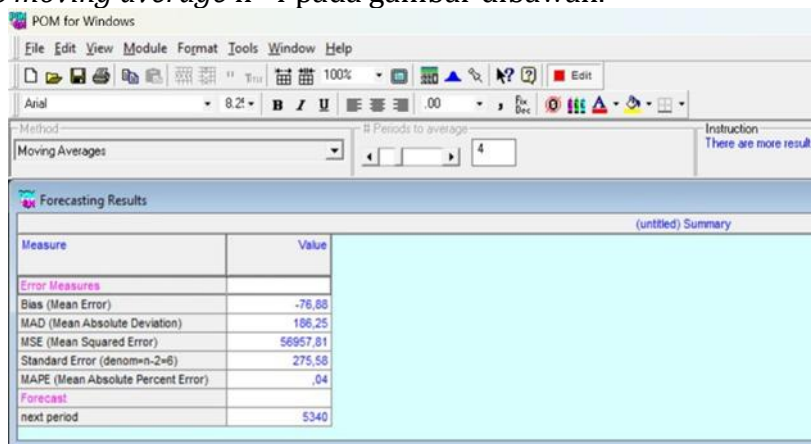
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-39
MAD (Mean Absolute Deviation)	259
MSE (Mean Squared Error)	92460
Standard Error (denom=n-2=8)	339,96
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	,05
Forecast	
next period	5305

Gambar 4. Hasil Peramalan Permintaan Susu Menggunakan Metode Simple Moving Average n=2

Hasil peramalan permintaan susu menggunakan metode *Simple Moving Average* n=2 pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 5305 pcs, dengan nilai *mean error* -39, nilai *mean absolute deviation* 259 *mean square error* 92460, *standard error* 339,96, dan *mean absolute percent error* 0,05.

b. Simple Moving Average n=4

Pengolahan data selanjutnya peramalan permintaan susu menggunakan metode *Simple Moving Average* n=4, menggunakan data permintaan pada Desember 2024 - September 2025. Dapat dilihat hasil peramalan permintaan produk susu menggunakan metode *simple moving average* n=4 pada gambar dibawah.



POM for Windows

File Edit View Module Format Tools Window Help

Method: Moving Averages # Periods to average: 4

Instruction: There are more results

Forecasting Results (untitled) Summary

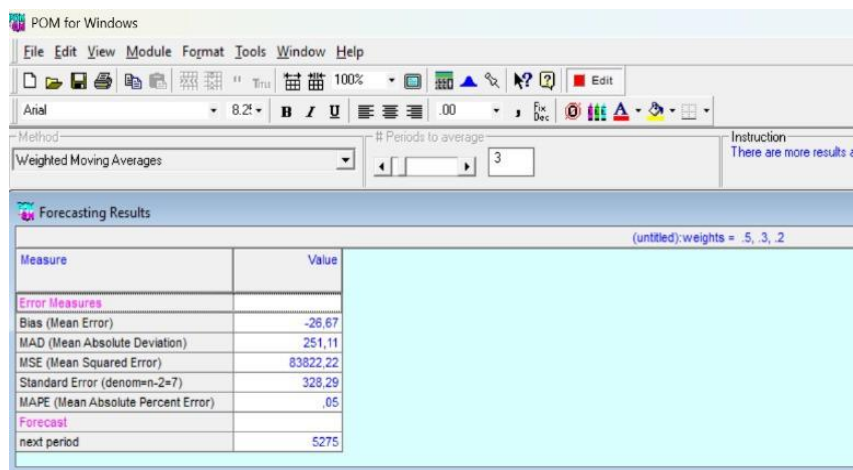
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-76,88
MAD (Mean Absolute Deviation)	186,25
MSE (Mean Squared Error)	56957,81
Standard Error (denom=n-2=6)	275,58
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	,04
Forecast	
next period	5340

Gambar 5. Hasil Peramalan Permintaan Susu Menggunakan Metode Simple Moving Average n=4

Hasil peramalan permintaan susu menggunakan metode *Simple Moving Average* n=4 pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 5340 pcs, dengan nilai *mean error* -76,88, nilai *mean absolute deviation* 186,25 *mean square error* 56957,81, *standard error* 275,58, dan *mean absolute percent error* 0,04.

c. Weighted Moving Average W1 = 0,5, W2 = 0,3 W3 = 0,2

Metode *Weighted Moving Average* (WMA) memberikan bobot yang berbeda pada setiap data historis. Periode yang lebih dekat dengan waktu peramalan biasanya diberi bobot lebih besar karena dianggap memiliki pengaruh lebih kuat terhadap nilai di masa depan. Pada metode *Weighted Moving Average* ini memberikan bobot W1=0,5 W2=0,3 W3=0,2.



Gambar 6. Hasil Peramalan Permintaan Susu Menggunakan Metode *Weighted Moving Average* $W_1 = 0,5$, $W_2 = 0,3$ $W_3 = 0,2$

Hasil peramalan permintaan yogurt menggunakan metode *Weighted Moving Average* $W_1 = 0,5$, $W_2 = 0,3$ $W_3 = 0,2$ pada periode berikutnya Desember 2025 adalah 5275 pcs, dengan nilai *mean error* -26,67, nilai *mean absolute deviation* 251,11, *mean square error* 83822,22, *standard error* 328,29, dan *mean absolute percent error* 0,05.

d. Akurasi Peramalan

Berdasarkan *output* hasil perhitungan peramalan menggunakan masing-masing ketiga metode peramalan yang telah dilakukan, didapatkan nilai kesalahan (*error*). Selanjutnya dilakukan pemilihan metode peramalan yang telah dilakukan dengan membandingkan nilai *error* nilai *error* yang diambil adalah nilai *mean absolute percent error*, dimana nilai *error* terkecil adalah metode peramalan yang akan dipilih sebagai metode terbaik untuk mendekati aktual permintaan di periode berikutnya yaitu Desember 2025. Berikut merupakan tabel perbandingan nilai *error* :

Tabel 4. Hasil Peramalan Permintaan Produk Susu

Metode Peramalan	Hasil Peramalan	MSE	MAD	MAPE
<i>Simple Moving Average</i> $n=2$	5305	92460	259	0,05
<i>Simple Moving Average</i> $n=4$	5340	56957,81	168,25	0,04
<i>Weighted Moving Average</i>	5275	83822,22	251,11	0,5

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan nilai *error* terkecil adalah menggunakan metode *Simple Moving Average* $n=4$ dengan nilai MAPE 0,04 dan hasil peramalan susu periode berikutnya pada bulan Desember 2025 adalah 5340 pcs.

Pembentukan Model Fuzzy Mamdani

Penentuan Kategori Fuzzy dan Fungsi Keanggotaan

Tahap awal dalam pemodelan fuzzy Mamdani adalah menetapkan variabel input dan output yang digunakan. Penelitian ini menggunakan dua variabel input, yaitu permintaan yoghurt dan permintaan susu pasteurisasi, serta satu variabel output, yaitu kebutuhan bahan baku susu perah. Penetapan rentang untuk setiap variabel dilakukan berdasarkan hasil peramalan permintaan serta perhitungan konversi penggunaan bahan baku pada periode penelitian. Rentang tersebut menjadi dasar dalam pembentukan kategori linguistik dan fungsi keanggotaan.

Tabel 5. Rentang Variabel Input dan Output

Fungsi	Variable	Rentang
Input	Permintaan yoghurt	1400 - 4200 Pcs/bulan
	Permintaan susu pasteurisasi	1800 - 5500 Pcs/bulan
Output	Kebutuhan bahan baku susu perah	930 - 2820 Liter/bulan

Setiap variabel kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Kategori ini digunakan untuk menggambarkan kondisi variabel secara kualitatif sehingga dapat diproses dalam sistem fuzzy. Pembagian domain untuk setiap kategori ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 6. Domain Kategori Fuzzy

Fungsi	Variable	Himpunan	Rentang	Domain
Input	Permintaan yoghurt	Rendah	1.400 – 2.500	[1400, 1850, 2500]
		Sedang	2.300 – 3.300	[2300, 2750, 3300]
		Tinggi	3.200 – 4.200	[3200, 3700, 4200]
	Permintaan susu pasteurisasi	Rendah	1.800 – 3.200	[1800, 2400, 3200]
		Sedang	3.000 – 4.400	[3000, 3650, 4400]
		Tinggi	4.300 – 5.500	[4300, 4900, 5500]
Output	Kebutuhan susu perah	Rendah	930 – 1.650	[930, 1215, 1650]
		Sedang	1.500 – 2.200	[1500, 1850, 2300]
		Tinggi	2.200 – 2.800	[2200, 2500, 2800]

Untuk merepresentasikan ketiga kategori tersebut, digunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (triangular). Fungsi ini bekerja dengan memanfaatkan tiga titik penanda yang menunjukkan awal, puncak, dan akhir rentang suatu kategori. Pendekatan ini memungkinkan nilai pada setiap variabel dikenali secara bertahap sebagai bagian dari satu atau lebih kategori. Dengan demikian, model dapat menangkap variasi kondisi yang mungkin terjadi di lapangan, terutama ketika nilai permintaan berada di area peralihan. Fungsi keanggotaan yang telah dibentuk tersebut kemudian digunakan dalam proses inferensi fuzzy untuk menentukan kebutuhan bahan baku susu perah berdasarkan kondisi permintaan pada setiap periode. Pendekatan ini memberikan dasar yang sistematis bagi model dalam menghasilkan keluaran yang selaras dengan pola permintaan yang diperoleh dari hasil peramalan.

Penentuan Kategori Fuzzy dan Fungsi Keanggotaan

Aturan fuzzy disusun untuk menghubungkan kondisi permintaan yoghurt dan permintaan susu pasteurisasi dengan tingkat kebutuhan bahan baku susu perah. Aturan ini dirumuskan dalam bentuk pernyataan “jika-maka” sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem. Setiap kombinasi kondisi input menghasilkan satu keluaran yang sesuai dengan kecenderungan kebutuhan bahan baku pada proses produksi. Pada penelitian ini aturan ditetapkan dengan mempertimbangkan pola operasional: permintaan yang rendah cenderung menurunkan kebutuhan bahan baku, permintaan sedang menggambarkan kondisi produksi normal, sedangkan permintaan tinggi mendorong kebutuhan bahan baku pada tingkat yang lebih besar. Struktur aturan lengkap ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 7. Fuzzy Rule Base

Permintaan yoghurt	Permintaan susu pasteurisasi	Kebutuhan susu perah
Rendah	Rendah	Rendah
Rendah	Sedang	Sedang
Rendah	Tinggi	Tinggi
Sedang	Rendah	Sedang

Sedang	Sedang	Sedang
Sedang	Tinggi	Tinggi
Tinggi	Rendah	Tinggi
Tinggi	Sedang	Tinggi
Tinggi	Tinggi	Tinggi

Aturan tersebut mencerminkan hubungan logis yang umum terjadi dalam perencanaan bahan baku. Ketika kedua permintaan berada pada tingkat rendah, kebutuhan bahan baku juga berada pada kategori rendah. Sebaliknya, permintaan yang tinggi pada salah satu atau kedua produk menghasilkan kebutuhan bahan baku pada kategori tinggi. Kondisi sedang menggambarkan keadaan produksi yang stabil, sehingga kebutuhan bahan baku berada pada tingkat menengah. Aturan-aturan ini menjadi dasar proses inferensi pada sistem fuzzy Mamdani dan memastikan bahwa respons sistem sesuai dengan pola permintaan aktual.

Inferensi dan Defuzzifikasi

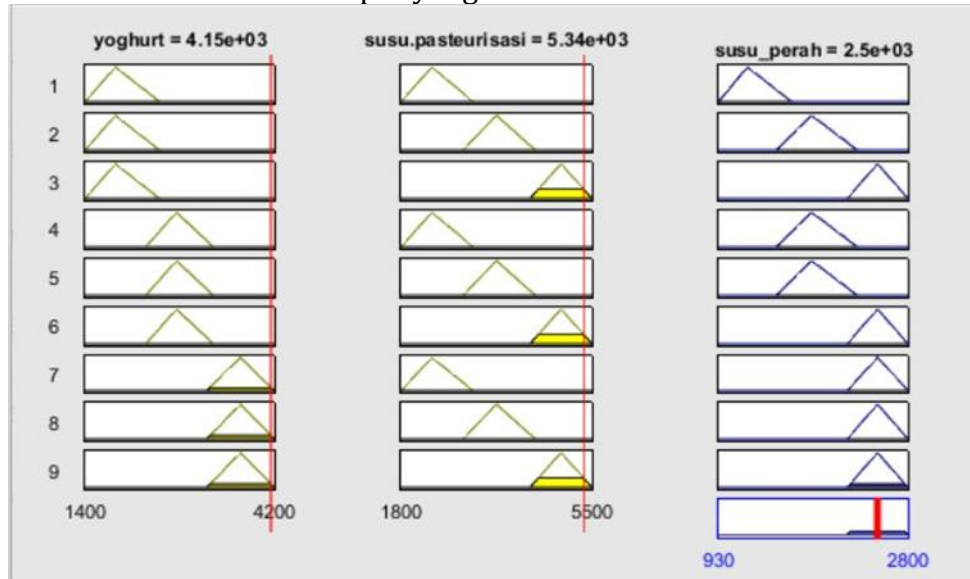
Tahap ini menjelaskan bagaimana nilai input yang telah diperoleh dari proses peramalan diproses oleh sistem fuzzy untuk menghasilkan estimasi kebutuhan bahan baku susu perah. Dua nilai input yang digunakan adalah hasil peramalan permintaan yoghurt sebesar 4.150 pcs dan permintaan susu pasteurisasi sebesar 5.340 pcs pada periode Desember 2025. Kedua nilai tersebut kemudian dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan masing-masing variabel untuk menentukan kategori fuzzy yang sesuai. Berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan sebelumnya, nilai permintaan yoghurt sebesar 4.150 pcs berada pada kategori Tinggi, sedangkan nilai permintaan susu pasteurisasi sebesar 5.340 pcs juga termasuk dalam kategori Tinggi. Kedua kategori ini menjadi dasar aktivasi aturan pada sistem inferensi. Proses inferensi Mamdani dilakukan dengan mengevaluasi seluruh aturan pada basis aturan. Pada kondisi input *Tinggi-Tinggi*, aturan yang aktif adalah aturan yang menghasilkan keluaran berupa kategori Tinggi pada variabel kebutuhan susu perah. Sistem kemudian menggabungkan seluruh keluaran fuzzy yang terbentuk dan melakukan proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid, sehingga menghasilkan nilai crisp. Hasil perhitungan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 8. Hasil Defuzzifikasi Kebutuhan Susu Perah

Permintaan yoghurt	Permintaan susu pasteurisasi	Kategori aktivasi	Kebutuhan susu perah
4150 Pcs	5340 Pcs	Tinggi - Tinggi	2500 L

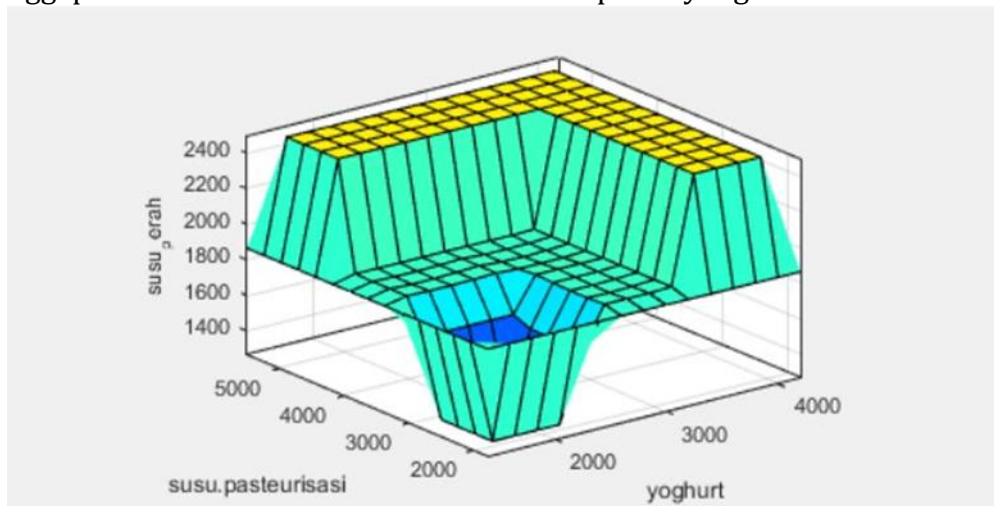
Berdasarkan hasil peramalan untuk periode Desember 2025, nilai permintaan yoghurt sebesar 4.150 pcs dan permintaan susu pasteurisasi sebesar 5.340 pcs digunakan sebagai input ke dalam sistem fuzzy. Kedua nilai tersebut berada pada kategori *tinggi* sesuai fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan, sehingga aturan yang aktif cenderung mengarahkan keluaran pada kebutuhan bahan baku yang juga berada pada tingkat tinggi. Proses inferensi Mamdani menghasilkan himpunan fuzzy keluaran yang kemudian dikonversi menjadi nilai crisp melalui metode defuzzifikasi *centroid*. Dari proses tersebut diperoleh nilai kebutuhan bahan baku susu perah sebesar 2.500 liter per bulan. Nilai ini menjadi estimasi yang direkomendasikan untuk perencanaan pengadaan dan pengaturan kapasitas produksi pada periode terkait. Selain perhitungan numerik, proses inferensi dapat dilihat melalui tampilan *Rule Viewer* pada aplikasi MATLAB. Rule Viewer menunjukkan posisi keanggotaan masing-masing input, aturan yang aktif, serta nilai keluaran yang terbentuk sebelum proses

defuzzifikasi. Visualisasi ini membantu memperjelas bagaimana sistem fuzzy menghasilkan keputusan berdasarkan kombinasi input yang diberikan.



Gambar 7. Rule Viewer

Selanjutnya, hubungan antara kedua variabel input dan satu variabel output divisualisasikan menggunakan *surface viewer*. Grafik permukaan ini menunjukkan pola interaksi antara permintaan yoghurt, permintaan susu pasteurisasi, dan kebutuhan susu perah. Visualisasi tersebut memperlihatkan bahwa semakin tinggi kedua jenis permintaan, semakin tinggi pula nilai kebutuhan bahan baku susu perah yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 8. Surface Viewer

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kebutuhan bahan baku susu perah dapat ditentukan secara lebih akurat melalui integrasi metode peramalan deret waktu dan fuzzy Mamdani. Dari tiga metode yang diuji, Simple Moving Average periode empat memberikan akurasi terbaik dengan nilai MAPE 0,06 untuk yogurt dan 0,04 untuk susu pasteurisasi, sehingga hasil peramalannya dijadikan dasar input pada model fuzzy. Sistem fuzzy Mamdani yang dibangun—menggunakan dua variabel input, satu variabel output, fungsi keanggotaan segitiga, serta aturan inferensi berbasis kondisi produksi—mampu mengonversi hasil peramalan menjadi estimasi kebutuhan bahan baku yang lebih adaptif terhadap fluktuasi

permintaan. Melalui proses defuzzifikasi centroid, diperoleh estimasi kebutuhan susu perah sebesar 2.500 liter untuk Desember 2025. Pendekatan gabungan ini memberikan dasar yang lebih terstruktur dalam pengambilan keputusan pengadaan bahan baku di DaFa Milk, meskipun hasilnya tetap dipengaruhi keterbatasan data historis dan kemungkinan adanya pola musiman yang belum sepenuhnya tertangkap oleh model.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaizin, S. M., Savitri, P., Agustin, D., Muntafa, Y., Industri, J. M., & Vokasi, F. S. (2025). *Analisis Prediksi Penjualan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani dan POM-QM : Studi Kasus pada CV Mamifood Sukses Abadi*. 3.
- Arifin, S., Muslim, M. A., & Sugiman. (2015). *Implementasi Logika Fuzzy Mamdani untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir di Semarang Utara*. 2(2), 179–192.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Produksi Susu Segar Menurut Provinsi (ton)*. Diakses pada 23 September 2025 <https://indonesiabaik.id/infografis/penghasil-susu-segardi-indonesia>
- Jannah, T. M., Latipah, & Muchayan, A. (2022). *Decision Support System Forecasting Penjualan Menggunakan Metode Simple Moving Average*. 11, 214–222.
- Lubis, M. H., Tanjung, A. A., Martina, D., Informasi, T., Pendidikan, D., & Sumatera, P. (2022). 1*, 2, 3 1. 2(2).
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian. (2022). *Outlook susu*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Rahmah, H. A., Anggraini, A., Nilasari, Y. P., & Putri, E. (2025). *Analisis Efektivitas Program Makan Bergizi Gratis Di Sekolah Dasar Indonesia Tahun 2025*. 2(2), 2855–2866.
- Rizky, M., Nugroho, T., & Winanjaya, R. (2023). *Implementasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Menangani Ketersediaan Kamar Pada Tahun 2022 di Hotel Inna Parapat Implementation of the Mamdani Fuzzy Method in Handling Room Availability in 2022 at Hotel Inna Parapat*. 2(2). <https://doi.org/10.55123/jomlai.v2i2.2368>
- Roziqin, M. Z., & Rochmoeljati, R. (2025). *Analisis Peramalan Permintaan Consumable Material Pada Divisi Rekayasa Umum PT XYZ dengan Metode Time Series Menggunakan Software POM-QM*. X(1).
- Zulfirman, R. (2022). *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Implemetasi Metode Outdoor Learning Dalam*. 3(2), 147–153.