

Penerapan Metode *Fuzzy Time Series* dalam Prediksi Produksi Kulit Pie

Fajrul Aulia Yudha^{1*}, Raissa Amanda Putri¹

¹Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

*Email: fayyudha26@gmail.com

Info Artikel

Kata Kunci :

fuzzy time series, prediksi penjualan, kulit pie, peramalan, mape

Keywords :

fuzzy time series, sales forecasting, pie crust, prediction, mape

Tanggal Artikel

Dikirim : 7 November 2024

Direvisi : 16 November 2024

Diterima : 17 November 2024

Abstrak

Prediksi penjualan yang akurat menjadi sangat penting bagi perusahaan untuk merancang strategi produksi dan pemasaran yang efektif. Dengan prediksi yang tepat, perusahaan dapat menyesuaikan kapasitas produksi, mengelola persediaan dengan optimal, dan menyusun strategi promosi yang sesuai dengan kebutuhan pasar. Dalam penelitian ini, metode *Fuzzy Time Series* diterapkan untuk memprediksi penjualan bulanan kulit pie, berdasarkan data historis penjualan yang tersedia. Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data penjualan bulanan, diikuti oleh pembentukan interval *fuzzy* yang mewakili berbagai kategori penjualan. Tahapan selanjutnya adalah fuzzifikasi, yaitu mengubah data asli ke bentuk *fuzzy* agar pola penjualan dapat teridentifikasi dalam tiap interval. Setelah itu, aturan *fuzzy* disusun untuk menentukan hubungan antara periode sebelumnya dan prediksi untuk periode berikutnya. Akhirnya, defuzzifikasi dilakukan untuk mengonversi data *fuzzy* kembali ke bentuk konkret. Berdasarkan hasil penelitian ini, prediksi penjualan bulan berikutnya berada pada kelas *fuzzy* A4 dengan estimasi produksi sebesar 1400 unit dan nilai MAPE sebesar 20,42%. Temuan ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series* merupakan pendekatan yang andal dalam memodelkan data penjualan yang tidak stabil, serta menyediakan informasi berharga bagi manajemen dalam mendukung pengambilan keputusan produksi dan perencanaan bisnis secara keseluruhan. Metode *Fuzzy Time Series* terbukti lebih efektif dibandingkan beberapa metode prediksi lainnya, seperti metode regresi linier atau metode ARIMA, terutama dalam menghadapi data penjualan yang fluktuatif dan memiliki pola yang sulit diprediksi. Keunggulan metode ini terletak pada fleksibilitasnya dalam menangkap ketidakpastian dan variabilitas data, memungkinkan hasil prediksi yang lebih akurat dalam situasi di mana metode konvensional cenderung mengalami keterbatasan.

Abstract

Accurate sales forecasting is crucial for companies to design effective production and marketing strategies. With precise predictions, companies can adjust production capacity, manage inventory optimally, and develop promotional strategies that align with market demands. In this study, the Fuzzy Time Series method was applied to forecast monthly pie crust sales, based on available historical sales data. The research process began with the collection of monthly sales data, followed by the creation of fuzzy intervals representing various sales categories. The next step was fuzzification, which converts the original data into a fuzzy form to identify sales patterns within each interval. Subsequently, fuzzy rules were formulated to determine the relationship between previous periods and predictions for the following period. Finally, defuzzification was carried out to convert the fuzzy data back into a concrete form. Based on the results of this study, the sales forecast for the next month falls within the fuzzy class A4, with an estimated production of 1,400 units and a MAPE value of 20.42%.

These findings demonstrate that the Fuzzy Time Series method is a reliable approach for modeling unstable sales data and provides valuable information for management in supporting production decision-making and overall business planning. The Fuzzy Time Series method has proven to be more effective than other forecasting methods, such as linear regression or ARIMA, particularly when dealing with fluctuating sales data and patterns that are difficult to predict. This method's strength lies in its flexibility to capture uncertainty and data variability, allowing for more accurate forecasts in situations where conventional methods tend to face limitations.

1. PENDAHULUAN

Dalam lingkungan bisnis yang kompetitif, prediksi penjualan berperan penting dalam mendukung sistem pengambilan keputusan dan merancang strategi pemasaran yang tepat sasaran. Dengan proyeksi penjualan yang akurat, perusahaan dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait pengelolaan persediaan, penyesuaian kapasitas produksi, dan optimalisasi strategi promosi. Prediksi yang tepat memungkinkan perusahaan untuk merespon kebutuhan pasar dengan lebih efisien dan meminimalkan risiko yang timbul dari kelebihan atau kekurangan stok [1].

Dengan prediksi penjualan yang akurat, perusahaan dapat mengelola rantai pasokan secara efektif, menyesuaikan kapasitas produksi sesuai kebutuhan, serta merancang strategi pemasaran yang tepat untuk menjawab permintaan pasar [2]. Perencanaan berbasis prediksi ini memungkinkan perusahaan untuk mengurangi risiko persediaan berlebih atau kekurangan stok, menjaga alur produksi tetap optimal, serta mengatur sumber daya dan biaya secara efisien. Selain itu, kemampuan untuk merespons perubahan permintaan dengan cepat juga memberikan keunggulan kompetitif, membantu perusahaan untuk lebih proaktif dalam menghadapi fluktuasi pasar dan kebutuhan konsumen yang dinamis [3].

Salah satu produk dengan fluktuasi penjualan yang cukup tinggi adalah kulit pie, di mana permintaannya dapat bervariasi secara signifikan bergantung pada faktor musiman, perubahan tren konsumen, serta sejumlah variabel lain yang memengaruhi pola pembelian. Ketidakpastian permintaan ini menciptakan tantangan tersendiri bagi perusahaan dalam meramalkan penjualan secara akurat. Untuk menjaga efisiensi operasional, perusahaan harus mampu mengatasi ketidakstabilan ini agar dapat menyesuaikan kapasitas produksi dan meminimalkan risiko kelebihan atau kekurangan stok, yang keduanya berdampak pada keberlanjutan dan keuntungan bisnis secara keseluruhan [4].

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy Time Series* sebagai pendekatan prediktif yang efektif dalam menangani data yang fluktuatif dan penuh ketidakpastian, yang umum ditemukan dalam penjualan produk makanan. Metode ini dipilih karena kemampuannya untuk menangkap pola-pola kompleks dalam data historis dan menyediakan proyeksi yang lebih realistis. Dengan *Fuzzy Time Series*, perusahaan dapat memahami variabilitas permintaan dengan lebih baik, sehingga dapat membuat keputusan yang lebih informed mengenai produksi dan pemasaran. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi, tetapi juga membantu manajemen dalam merencanakan langkah strategis yang sesuai untuk mengoptimalkan kinerja bisnis di tengah kondisi pasar yang dinamis [5].

Dalam penelitian sebelumnya yang berjudul "Sistem Informasi Peramalan Penjualan Produk Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Berbasis Web," proses perhitungan dilakukan dengan mengukur akurasi peramalan menggunakan Metode *Average Percentage Error* (MAPE). Hasil peramalan untuk bulan Desember tahun 2019 menunjukkan angka penjualan sebesar 13.817 unit, dengan nilai MAPE mencapai 9,46%. Hasil ini menandakan bahwa peramalan yang dilakukan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik [6].

Dalam penelitian lain yang berjudul "Penerapan Metode *Fuzzy Time Series* Chen Orde Tinggi Pada Peramalan Hasil Penjualan (Studi Kasus: KPRI 'Serba Guna' Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar)," ditemukan bahwa nilai akurasi terendah terdapat pada *Fuzzy Time Series* (FTS) Orde Empat, dengan *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 19.333.658.980.372, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 11%, dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 267.749. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa FTS Orde Empat adalah metode paling efektif dalam penelitian ini, karena mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode lain yang diuji [7].

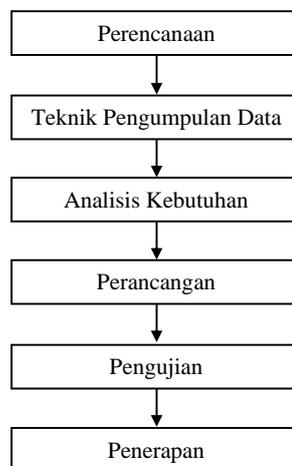
Dalam penelitian lain yang berjudul "Penerapan Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* untuk Memprediksi Penjualan Kelapa," diperoleh hasil bahwa akurasi algoritma yang didasarkan pada *Fuzzy Time Series* rata-rata untuk memprediksi kebutuhan penjualan kelapa menunjukkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 7,82% setelah menguji 12 data dari tahun 2016. Hasil ini termasuk dalam kategori kriteria baik, menunjukkan efektivitas metode tersebut dalam melakukan prediksi [8].

Dalam penelitian sebelumnya yang memprediksi penjualan kelapa, tingkat kesalahan prediksi atau nilai MAPE tercatat sebesar 7,82% dengan pengujian terhadap 12 data pada tahun 2016. Sementara itu, penelitian ini memfokuskan pada prediksi produksi kulit pie, dengan hasil MAPE sebesar 14,75% melalui pengujian pada 13 data penjualan dari tahun 2023 hingga 2024.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penjualan kulit pie bulanan berdasarkan data historis yang tersedia, guna memberikan gambaran bagi manajemen mengenai kebutuhan produksi di bulan mendatang. Dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu perusahaan dalam menyusun keputusan produksi yang lebih tepat dan merancang strategi pemasaran yang lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

Kerangka penelitian adalah suatu konsep atau struktur yang digunakan sebagai dasar dalam merencanakan dan mengorganisasi sebuah penelitian. Kerangka ini berfungsi sebagai panduan yang membantu peneliti dalam menentukan arah, metode, serta langkah-langkah yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian secara sistematis dan terstruktur. Dengan adanya kerangka penelitian, proses penelitian menjadi lebih terarah dan terfokus, sehingga memudahkan peneliti dalam mengembangkan analisis yang komprehensif dan relevan [9], Seperti yang terlihat pada Gambar 1 yang mengilustrasikan alur dari penelitian ini.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

2.1 Perencanaan

Perencanaan penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah dan perumusan tujuan, yang berfokus pada prediksi penjualan kulit pie menggunakan metode *Fuzzy Time Series* untuk meningkatkan akurasi prediksi. Tahap berikutnya adalah studi literatur, di mana penelitian terdahulu ditelaah untuk memahami pendekatan yang telah dilakukan dan menentukan kontribusi baru yang dapat diberikan. Selanjutnya, metode *Fuzzy Time Series* dipilih sebagai pendekatan utama, yang mencakup langkah pembentukan interval *fuzzy*, fuzzifikasi, pembuatan aturan *fuzzy*, hingga defuzzifikasi. Data penjualan bulanan kemudian dikumpulkan dan diolah untuk membentuk pola prediksi, diikuti dengan evaluasi akurasi menggunakan metrik seperti (MAPE) *Mean Absolute Percentage Error* [10], [11].

Fuzzy Time Series (FTS) adalah metode peramalan berbasis deret waktu yang memanfaatkan istilah-istilah linguistik *fuzzy* untuk mengolah data, menjadikannya sebagai pendekatan non-parametrik dalam analisis prediksi. FTS memungkinkan penanganan data yang memiliki unsur ketidakpastian atau fluktuasi tinggi, yang sering kali sulit ditangani oleh metode prediksi konvensional. Dengan menggunakan konsep himpunan fuzzy, FTS dapat mengubah

data historis menjadi bentuk linguistik yang lebih mudah dianalisis dan menghasilkan prediksi yang lebih adaptif terhadap pola data yang kompleks [12].

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Observasi langsung dan wawancara adalah teknik pengumpulan data primer yang efektif. Observasi memungkinkan peneliti mencatat aktivitas atau perilaku langsung dari objek penelitian, seperti pola pembelian konsumen. Sementara itu, wawancara melibatkan tanya jawab langsung dengan responden, baik secara terstruktur maupun fleksibel, untuk mendapatkan data kualitatif yang mendalam tentang persepsi atau opini mereka.

2.3 Analisis Kebutuhan

Dalam penelitian ini, data penjualan kulit pie menjadi kebutuhan utama yang harus dipenuhi. Data ini berperan penting sebagai dasar untuk menganalisis pola penjualan serta memprediksi jumlah penjualan di periode mendatang. Proses prediksi akan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, yang membutuhkan data historis penjualan yang akurat dan lengkap untuk menghasilkan hasil yang valid.

2.4 Perancangan

Dalam merancang sistem menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk menghasilkan *output* keputusan yang sesuai dengan perhitungan *Fuzzy*. Diagram alur perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 2 [13].

2.5 Pengujian



Gambar 2. Alur *Fuzzy Time Series*

Pengujian sistem merupakan tahap krusial dalam proses pengembangan yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang berfungsi dengan baik dan memenuhi semua kebutuhan yang telah ditetapkan. Dalam konteks penelitian ini, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi metode *Fuzzy Time Series* dalam memprediksi penjualan kulit pie.

2.6 Penerapan

Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah Python, yang merupakan salah satu bahasa pemrograman yang populer dan banyak digunakan dalam analisis data dan pengembangan sistem [14]. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series* yang diimplementasikan dengan pemrograman Python. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data fluktuatif dan tidak pasti yang sering terdapat dalam penjualan produk. Python, dengan fleksibilitas dan kekuatannya, menyediakan pustaka seperti NumPy dan Pandas yang mendukung analisis data dan pengembangan model prediksi. Dengan demikian, penelitian ini dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat untuk penjualan kulit pie berdasarkan data historis [15]. Interval *fuzzy* dibentuk dengan membagi rentang data menggunakan metode seperti *Equal Width*, sementara aturan *fuzzy* dikembangkan dari pola transisi antar interval melalui fuzzifikasi dan defuzzifikasi. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik seperti MAPE untuk memastikan prediksi akurat terhadap data fluktuatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis data adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mengolah data mentah menjadi informasi yang dapat dipahami, sehingga karakteristik data tersebut dapat diidentifikasi dan dimanfaatkan dalam mencari solusi permasalahan. Tujuan utama dari analisis data ini adalah untuk menemukan pola, tren, dan hubungan penting dalam data yang sedang diteliti. Dalam penelitian ini, variabel utama yang dianalisis adalah data produksi kulit pie, yang diharapkan memberikan wawasan mengenai pola produksi dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik terkait perencanaan dan strategi bisnis.

3.1 Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi kulit pie dari tahun 2023 hingga 2024, dapat dilihat pada Tabel 1. Data ini dipilih untuk mengidentifikasi tren produksi dalam periode tersebut, sehingga hasil analisisnya dapat mendukung prediksi dan perencanaan yang lebih akurat. Dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Kulit Pie

Bulan	Produksi
April 2023	300
Mei 2023	598
Juni 2023	799
Juli 2023	861
Agustus 2023	670
September 2023	1108
Oktober 2023	1579
November 2023	1090
Desember 2023	659
Januari 2024	672
Februari 2024	1195
Maret 2024	1200
April 2024	1220

3.2 Fuzzifikasi

Penelitian ini menggunakan empat interval *fuzzy* untuk mengklasifikasikan data penjualan, yang membantu memprediksi tren penjualan dengan lebih akurat. Pembagian interval ini memungkinkan analisis fluktuasi penjualan secara lebih terstruktur, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih jelas dan bermanfaat untuk pengambilan keputusan strategis perusahaan.

Tabel 2. Interval Fuzzy

<i>Interval</i>	<i>Range</i>
A1	[300 - 600]
A2	[600 - 900]
A3	[900 - 1200]
A4	[1200 - 1600]

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh hasil klasifikasi *fuzzy* yang dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini menunjukkan bagaimana data penjualan yang telah dikelompokkan ke dalam interval *fuzzy* masing-masing, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola penjualan yang terjadi. Dengan menggunakan klasifikasi *fuzzy* tersebut, proses peramalan dapat dilakukan dengan lebih tepat.

Tabel 3. Hasil Interval Fuzzy

Bulan	Produksi	Interval Fuzzy
April 2023	300	A1
Mei 2023	598	A1
Juni 2023	799	A2
Juli 2023	861	A2
Agustus 2023	670	A1
September 2023	1108	A3
Oktober 2023	1579	A4
November 2023	1090	A3
Desember 2023	659	A1
Januari 2024	672	A1
Februari 2023	1195	A3
Maret 2024	1200	A3

Tabel 3 menunjukkan data produksi kulit pie bulanan yang dikelompokkan ke dalam kategori interval *fuzzy*. Setiap bulan, nilai produksi diklasifikasikan dalam empat kategori interval *fuzzy*: A1 (300–600 unit), A2 (600–900 unit), A3 (900–1200 unit), dan A4 (1200–1600 unit). Klasifikasi ini memudahkan analisis dan peramalan produksi menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, sehingga dapat membantu dalam perencanaan produksi dan pengambilan keputusan yang lebih akurat.

3.3 Penentuan *Rule* (Inferensi)

Rules yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan klasifikasi interval *fuzzy* yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu:

- Jika A_1 pada bulan t , maka A_2 pada bulan $t + 1$
- Jika A_2 pada bulan t , maka A_3 pada bulan $t + 1$
- Jika A_3 pada bulan t , maka A_4 pada bulan $t + 1$
- Jika A_4 pada bulan t , maka A_2 pada bulan $t + 1$

Aturan-aturan ini dirancang untuk menangani pola fluktuatif dalam data penjualan kulit pie, di mana produksi bulan berikutnya tidak selalu mengikuti pola linier yang tetap, tetapi lebih bergantung pada kondisi dan pola produksi bulan sebelumnya. Dengan menggunakan aturan ini, model dapat memprediksi produksi kulit pie dengan lebih akurat, meskipun data penjualan dapat mengalami variasi yang signifikan.

3.4 Defuzzifikasi

Untuk memprediksi nilai bulan April 2024, kita melihat interval *fuzzy* dari bulan Maret 2024, yaitu A_3 . Berdasarkan aturan *fuzzy*, bulan Maret berada di A_3 , dan pola transisi yang umum dari A_3 adalah A_4 .

Untuk prediksi pada A_4 , kita ambil nilai tengah interval A_4 , yaitu :

$$\text{Mean } A_4 = \frac{\text{interval } A_4}{2} = \frac{1200 + 1600}{2} = \frac{2800}{2} = 1400 \text{ Unit}$$

Maka, berdasarkan aturan *fuzzy* yang diterapkan pada data dan perhitungan yang dilakukan, hasil prediksi produksi untuk bulan selanjutnya adalah 1400 unit.

3.5 Pengujian Python

Berikut adalah proses input data dalam Python yang digunakan untuk mengolah dan memprediksi produksi berdasarkan aturan *fuzzy* yang telah ditetapkan.

```
import pandas as pd
import numpy as np

# Langkah 1: Baca data dari file CSV
data = pd.read_csv('datapie1.csv')

# Tampilkan data
print(data)
```

Gambar 3. Data Input

	Bulan	Produksi
0	April 2023	300
1	Mei 2023	598
2	Juni 2023	799
3	Juli 2023	861
4	Agustus 2023	670
5	September 2023	1108
6	Oktober 2023	1579
7	November 2023	1090
8	Desember 2023	659
9	Januari 2024	672
10	Februari 2023	1195
11	Maret 2024	1200

Gambar 4. Data Output

Gambar 3 dan 4 menggambarkan tahapan dalam proses input data *fuzzy* yang akan digunakan untuk analisis dan peramalan. Dan untuk tahap selanjutnya adalah tahap fuzzifikasi.

```
# Fungsi untuk melakukan fuzzifikasi data
def fuzzify(data, intervals):
    fuzzy_values = []
    for value in data:
        fuzzy_value = None
        for idx, (low, high) in enumerate(intervals):
            if low <= value <= high:
                fuzzy_value = idx + 1 # Indeks interval fuzzy
                break
        fuzzy_values.append(fuzzy_value)
    return np.array(fuzzy_values)

# Fuzzifikasi data produksi
fuzzy_data = fuzzify(data['Produksi'].values, intervals)
print("Fuzzifikasi Data: ", fuzzy_data)

Fuzzifikasi Data: [1 1 2 2 2 3 4 3 2 2 3 3]
```

Gambar 5. Fuzzifikasi Data

Gambar 5 merupakan tahapan fuzzifikasi, di mana data produksi yang diperoleh akan diubah ke dalam bentuk *fuzzy* sesuai dengan interval yang telah ditentukan. Fuzzifikasi ini memungkinkan data yang bersifat numerik dan pasti menjadi representasi fuzzy yang lebih fleksibel, sehingga hubungan antar data dan pola pergerakan penjualan dapat teridentifikasi dengan lebih baik. Proses ini merupakan langkah awal dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi produksi bulan berikutnya.

```
# Fungsi untuk membuat aturan fuzzy
def create_fuzzy_rules(fuzzy_data):
    rules = []
    for i in range(len(fuzzy_data) - 1):
        rule = (fuzzy_data[i], fuzzy_data[i+1]) # Aturan dari bulan i ke i+1
        rules.append(rule)
    return rules

# Membuat aturan fuzzy
rules = create_fuzzy_rules(fuzzy_data)
print("Aturan Fuzzy: ", rules)

# Fungsi untuk memprediksi bulan berikutnya
def predict_next_month(fuzzy_data, rules):
    last_fuzzy_value = fuzzy_data[-1] # Nilai fuzzy bulan terakhir
    predicted_fuzzy_value = None

    # Cari aturan yang cocok dengan nilai fuzzy bulan terakhir
    for rule in rules:
        if rule[0] == last_fuzzy_value:
            predicted_fuzzy_value = rule[1]
            break

    # Jika tidak ada aturan yang cocok, gunakan prediksi default
    if predicted_fuzzy_value is None:
        if last_fuzzy_value == 1:
            predicted_fuzzy_value = 2
        elif last_fuzzy_value == 2:
            predicted_fuzzy_value = 3
        elif last_fuzzy_value == 3:
            predicted_fuzzy_value = 4
        else:
            predicted_fuzzy_value = 2

    return predicted_fuzzy_value

predicted_fuzzy = predict_next_month(fuzzy_data, rules)
print(f"Prediksi nilai fuzzy bulan berikutnya: A{predicted_fuzzy}")

Aturan Fuzzy: [(1, 1), (1, 2), (2, 2), (2, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 3), (3, 2), (2, 2), (2, 3), (3, 3)]
Prediksi nilai fuzzy bulan berikutnya: A4
```

Gambar 6. Proses Inferensi

Gambar 6 merupakan tahap inferensi, di mana aturan *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan prediksi berdasarkan nilai *fuzzy* yang diperoleh pada tahap fuzzifikasi. Proses ini menerjemahkan data *fuzzy* menggunakan aturan-aturan yang ada untuk memprediksi nilai pada bulan berikutnya, dengan mempertimbangkan pola-pola dalam data historis.

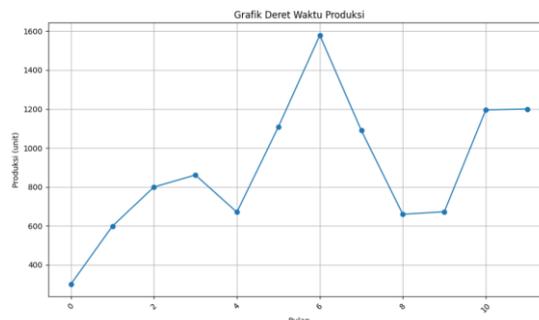
```
# Fungsi untuk melakukan defuzzifikasi
def defuzzify(predicted_fuzzy, intervals):
    low, high = intervals[predicted_fuzzy - 1] # Ambil interval fuzzy yang terprediksi
    return (low + high) / 2 # Rata-rata dari interval fuzzy sebagai hasil defuzzifikasi

predicted_value = defuzzify(predicted_fuzzy, intervals)
print(f"Prediksi produksi bulan berikutnya: {predicted_value:.2f} unit")

Prediksi produksi bulan berikutnya: 1400.00 unit
```

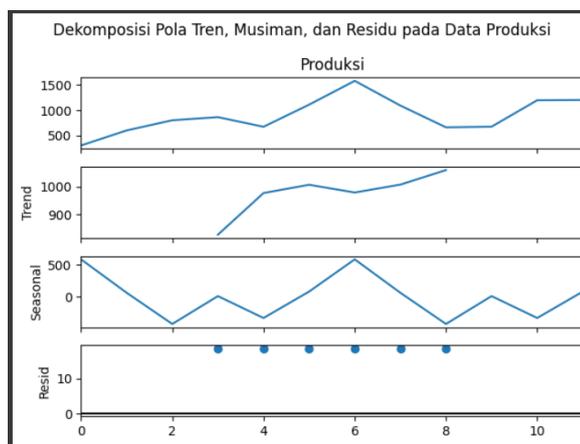
Gambar 7. Defuzzifikasi

Gambar 7 merupakan tahap defuzzifikasi, di mana hasil dari inferensi yang berbentuk *fuzzy* dikonversi kembali menjadi nilai konkret atau nilai prediksi yang dapat digunakan. Pada tahap ini, prediksi bulan berikutnya dihitung berdasarkan hasil inferensi dan diterjemahkan ke dalam angka yang lebih jelas, sehingga memberikan hasil yang dapat langsung diterapkan dalam perencanaan produksi atau keputusan bisnis.



Gambar 8. Grafik Deret Waktu Produksi

Pada gambar 8 Grafik deret waktu menunjukkan pola fluktuasi produksi kulit pie dari bulan ke bulan, membantu mengidentifikasi tren dan pola yang menjadi dasar untuk prediksi di masa depan. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode lain seperti regresi linier atau ARIMA, metode *Fuzzy Time Series* menunjukkan keunggulan dalam menangani data fluktuatif dan tidak pasti, terutama dengan MAPE sebesar 20,42%. Nilai ini menunjukkan tingkat kesalahan prediksi sekitar 20%, yang masih dapat diterima dalam konteks industri makanan, mengingat fluktuasi produksi sering dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti permintaan musiman, bahan baku, dan kondisi pasar. Dengan MAPE tersebut, prediksi dianggap cukup andal untuk mendukung pengambilan keputusan strategis, seperti perencanaan produksi dan pengelolaan stok.



Gambar 9. Pola Tren

Dekomposisi data produksi memisahkan komponen-komponen utama yang membentuk data, yaitu tren, musiman, dan residu. Gambar 9 menunjukkan bahwa produksi cenderung meningkat dalam jangka panjang (tren), dengan fluktuasi musiman yang jelas, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti permintaan musiman dan kondisi lingkungan. Residu menunjukkan fluktuasi acak yang belum dapat dijelaskan oleh tren dan musiman.

Kesimpulannya, produksi dipengaruhi oleh tren jangka panjang, pola musiman yang berulang, dan faktor acak yang menyebabkan variasi tambahan.

```
# Menghitung MAPE
actual_values = data["Produksi"].to_list()

fuzzy_predictions = fuzzy_data

predicted_values = [intervals[fuzzy - 1] for fuzzy in fuzzy_predictions]

# Fungsi menghitung MAPE
def calculate_mape(actual, predicted):
    errors = [abs(a - p) / a * 100 for a, p in zip(actual, predicted) if a != 0]
    mape = sum(errors) / len(errors) if errors else 0
    return mape

# Hasil MAPE
mape = calculate_mape(actual_values, [p[0] for p in predicted_values])

mape = float(mape)

print(f"Mean Absolute Percentage Error (MAPE): {mape:.2f}%")
Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 20.42%
```

Gambar 10. MAPE

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series* dapat digunakan untuk memprediksi data penjualan kulit pie dengan hasil yang cukup memadai, meskipun terdapat tingkat kesalahan prediksi. Berdasarkan hasil analisis, nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 20,42% menunjukkan bahwa metode ini memberikan prediksi yang relatif akurat, namun dengan tingkat ketidakpastian yang masih perlu diperhatikan. Dengan MAPE di bawah 25%, metode *Fuzzy Time Series* masih berada dalam kategori "baik" untuk kasus data penjualan yang fluktuatif dan mengandung ketidakpastian. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan *Fuzzy Time Series* memiliki potensi untuk memberikan informasi yang berguna bagi perencanaan produksi dan pemasaran, meskipun untuk hasil yang lebih presisi, penyempurnaan interval atau metode prediksi lain dapat dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Zufria, N. Fadhillah, U. Islam, and N. Sumatera, "Prediksi Penjualan Ikan Dengan Fuzzy Time Series," vol. 4307, no. August, pp. 1097–1102, 2024.
- [2] Benny, "Analisis Manajemen Operasional Pada Pt. Indofood," *J. Mirai Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 357–378, 2023.
- [3] S. Listyaning Pangestu *et al.*, "Model Lee Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Penjualan Obat Antibiotik," *J. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 4, no. 2, 2024.
- [4] A. T. Wahyudi, I. Giyanti, and B. V. Kritiana, "Studi Penentuan Jumlah Produksi Botol Kemasan Minuman Yang Optimal Dengan Fuzzy Time Series Markov Chain Dan Fuzzy Inference System," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, p. 99, 2023, doi: 10.24853/jisi.10.2.99-110.
- [5] F. A. Damayanti and L. Nurhayati, "Implementasi Metode Fuzzy Time Series dalam Peramalan Penjualan Produk Unggulan Perusahaan," *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 7, no. 1, pp. 176–185, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i1.21249.
- [6] L. Yusuf, C. Mashuri, and T. Z. Vitadiar, "Sistem Informasi Peramalan Penjualan Produk Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Berbasis WEB," *UNHASHY*, no. December, pp. 1–6, 2021.
- [7] N. M. Arfiana, E. Alisah, and D. Ismiarti, "Penerapan Metode Fuzzy Time Series Chen Orde Tinggi Pada Peramalan Hasil Penjualan (Studi Kasus: KPRI 'Serba Guna' Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar)," *J. Ris. Mhs. Mat.*, vol. 1, no. 6, pp. 273–282, 2022, doi: 10.18860/jrmm.v1i6.14561.
- [8] Retno Tri Vlandari, S. Siswanti, and D. Tri Laksono, "Penerapan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based untuk Memprediksi Penjualan Kelapa," *Indones. J. Math. Nat. Sci. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 130–135, 2020, doi: 10.35719/mass.v1i2.31.
- [9] M. A. Baihaqi and Sriani, "Penerapan Metode Logika Fuzzy Sugeno untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena," *J. KomtekInfo*, vol. 10, pp. 141–149, 2023, doi: 10.35134/komtekinfo.v10i4.455.
- [10] A. A. Indroyono, A. D. Churniawan, and V. Nurcahyawati, "Penentuan Jumlah Pengadaan Stok Bahan Baku dengan Metode Fuzzy Sugeno pada UMKM XYZ," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 8, no. 1, p. 182, 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i1.1158.
- [11] Y. Ardi, S. Effendi, and E. B. Nababan, "Mamdani and Sugeno Fuzzy Performance Analysis on Rainfall

- Prediction,” *Randwick Int. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 176–192, 2021, doi: 10.47175/rissj.v2i2.240.
- [12] M. R. R. Isworo, M. F. Aldama, P. D. Agnesya, and A. Puspita, “Penerapan Fuzzy Logic Menggunakan Metode Sugeno Dan Tsukamoto Untuk Mengontrol Suhu AC,” vol. 3, pp. 117–121, 2023.
- [13] A. I. Hamdani, Y. Agus Pranoto, and N. Vendyansyah, “Penerapan Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web Pada Cv.AGVA Kota Pasuruan,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, 2020, doi: 10.36040/jati.v4i1.2433.
- [14] M. R. S. Alfarizi, M. Z. Al-farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, and M. Elgar, “Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman untuk Machine Learning dan Deep Learning,” *Karya Ilm. Mhs. Bertauhid (KARIMAH TAUHID)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [15] Nurul Ikrima, Agus Indra Jaya, Abdul Mahatir Najar, and Hajar, “Prediksi Tingkat Inflasi Di Indonesia Menggunakan Metode Average Based Fuzzy Time Series,” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 20, no. 2, pp. 154–164, 2023, doi: 10.22487/2540766x.2023.v20.i2.16582.