

Penerapan Metode Fuzzy Time Series Untuk Memprediksi Hasil Panen Kopi Pada Dinas Pertanian

Fungki Wahyu[✉], Gunadi Widi Nurcahyo, Syafril Arlis

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Padang, 25221, Indonesia

Fungkiwahyu2@gmail.com

Abstract

Coffee is a plantation crop product that is needed by people all over the world. Indonesia is the fourth largest coffee producer after Brazil, Columbia and Vietnam. Indonesia's coffee production reaches 640 thousand tons per year, and around 71 percent (460 thousand tons) is exported abroad, Indonesia exports coffee to more than 50 countries. There are various types of coffee plants, including robusta, arabica, and liberica coffee. This study aims to predict coffee harvests in the coming period. The method used in this study is Fuzzy Time Series. The selection of the Fuzzy Time Series method is because the coffee harvest data fluctuates according to the Fuzzy principle and time series data which aims to determine patterns and regularities so that they can be used to predict events in the coming period. This method has seven stages, namely, the formation of the universe of discourse, determining the number of classes and interval length, determining the fuzzy set and degree of membership, fuzzification, the formation of fuzzy logic relationships, the formation of fuzzy logic relationship groups, and defuzzification. The dataset processed in this study came from the Kerinci Regency Agriculture Service. The dataset consists of monthly coffee harvest data for the last 5 years, with a total of 60 data. The results of this study can predict coffee harvest results with prediction accuracy calculations using MAPE, the percentage of error value is 9.2%. According to MAPE criteria, a forecast is considered accurate if the error value produced is less than 10%. This study can contribute to helping coffee farmers and other stakeholders in managing coffee production, distribution, and marketing strategies.

Keywords: Coffee, Fuzzy Time Series, Prediction, Time Series, MAPE

Abstrak

Kopi merupakan produk tanaman dibidang perkebunan yang dibutuhkan masyarakat di seluruh dunia. Indonesia merupakan negara sebagai produsen penghasil kopi terbesar keempat setelah Brazil, Columbia dan Vietnam. Produksi kopi Indonesia mencapai 640 ribu ton per tahun, sekitar 71 persen (460 ribu ton) diekspor ke manca negara, Indonesia mengekspor kopi ke lebih dari 50 negara. Jenis tanaman kopi bermacam-macam di antaranya kopi robusta, arabika dan jenis kopi liberika. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi hasil panen kopi pada periode yang akan datang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fuzzy Time Series. Pemilihan metode Fuzzy Time Series dikarenakan data hasil panen kopi yang naik turun sesuai dengan prinsip Fuzzy dan data deret waktu (time series) yang bertujuan untuk menentukan pola dan keteraturan agar dapat digunakan untuk meramalkan kejadian pada periode yang akan datang Metode ini memiliki tujuh tahapan yaitu, pembentukan universe of discourse, menentukan jumlah kelas dan Panjang interval, menentukan himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan, fuzzifikasi, pembentukan fuzzy logic relationship, pembentukan fuzzy logic relationship group, dan defuzzifikasi. Dataset yang diolah dalam penelitian ini bersumber dari dinas pertanian kabupaten kerinci. Dataset terdiri dari data hasil panen kopi perbulan selama 5 tahun terakhir, dengan jumlah data sebanyak 60. Hasil penelitian ini dapat memprediksi hasil panen kopi dengan perhitungan akurasi prediksi menggunakan MAPE didapatkan persentase nilai error 9.2%. sesuai dengan kriteria MAPE, suatu peramalan dianggap akurat jika nilai error yang dihasilkan kurang dari 10%. Penelitian ini dapat berkontribusi untuk membantu para petani kopi dan pemangku kepentingan lainnya dalam mengatur strategi produksi, distribusi dan pemasaran kopi.

Kata kunci: Kopi, Fuzzy Time Series, Prediksi, Time series, MAPE

KomtekInfo is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara sebagai produsen penghasil kopi terbesar ke empat setelah Brazil Columbia dan Vietnam [1]. Dengan demikian, Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar kedua di asia tenggara [2]. Produksi kopi Indonesia mencapai 640 ribu ton per tahun, sekitar 71 persen (460 ribu ton) diekspor ke manca negara [3]. Angka ini jauh di bawah negara-negara terkemuka penghasil kopi

seperti Vietnam, Columbia, dan Brazil [4]. Produksi biji kopi saat ini didominasi oleh dua spesies di seluruh dunia, Kopi jenis Robusta mewakili sekitar 60% produksi kopi global dan jenis kopi yang lain mewakili 40 % sisanya [5]. Indonesia adalah negara agraris dan negara yang salah satunya termasuk dalam wilayah yang beriklim tropis. Oleh karena itu, Indonesia mempunyai potensi yang baik pada sektor pertanian dalam pemenuhan perekonomian negara. Terdapat beberapa subsektor dari sektor pertanian di Indonesia

yaitu subsektor pangan, hortikultura, perkebunan, perikanan, peternakan dan kehutanan [6]. Menurut laporan International Coffee Organization (ICO) Indonesia mengeksport kopi ke lebih dari 50 negara. Areal pengembangan komoditi kopi di Provinsi Jambi dibagi menjadi 2 zona yakni zona barat dan zona timur. Untuk zona barat berada di Kota Sungai Penuh, Kabupaten Kerinci, dan Kabupaten Merangin. Sedangkan zona timur berada di Kabupaten Tanjung Jabung Barat [7]. Jenis tanaman kopi bermacam-macam di antaranya kopi robusta, arabika dan jenis kopi liberika, Perkembangan luas usaha tani di wilayah ini mencapai 3.92 hektar / tahun dengan perkembangan produksi sebesar 142.94 ton[8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dhebys dkk tentang Peramalan Hasil Panen Dan Permintaan Pasar Buah Apel Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* diperoleh rata-rata akurasi dari semua daerah yaitu sebesar 97.13% [9]. Selanjutnya Penelitian oleh Latifudin dkk tentang Peramalan Jumlah Pengunjung Wisatawan Mancanegara Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Di Jawa Timur menggunakan 60 data sampel diperoleh error sebesar 9.636% yang diukur menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) [10]. Menurut Penelitian oleh danung tentang peramalan harga jagung menggunakan metode fuzzy time series dengan atau tanpa menggunakan Markov chain hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah harga akan cenderung berubah dari kisaran Rp/ 4.000-4.400, yang mana tingkat error hanya ada di level 8,23% [11]. Penelitian lainnya oleh Perwira dkk tentang prediksi volume hasil panen pada tanaman garut menggunakan metode fuzzy time series model cheng memperoleh hasil pengujian menggunakan MAPE mendapatkan prosentase sebesar 11,7% yang mengindikasikan bahwa tingkat akurasi menggunakan fuzzy time series dikatakan baik untuk melakukan peramalan [12].

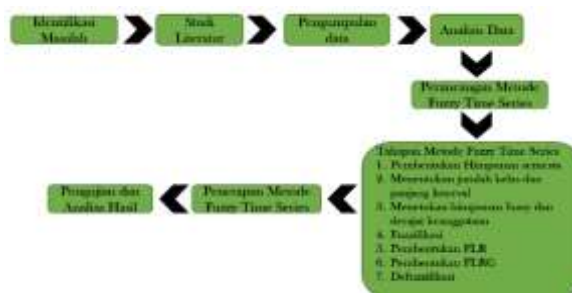
Pendekatan dalam penelitian ini mengutamakan perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap data, yang menunjukkan ke dalam himpunan fuzzy mana data tersebut masuk. Langkah ini merupakan inovasi dalam proses prediksi, memastikan bahwa setiap data dipetakan secara akurat ke dalam himpunan yang tepat. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi prediksi dan memberikan hasil yang lebih andal dibandingkan metode sebelumnya. jika bernilai 0 maka data tersebut sama sekali bukan anggota himpunan fuzzy tertentu, jika nilainya diantara 0 sampai dengan 1 maka data tersebut adalah anggota parsial dari himpunan fuzzy, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan keanggotaan yang lebih kuat dan jika bernilai 1 menunjukkan bahwa data tersebut sepenuhnya merupakan anggota dari himpunan tertentu.

Tujuan penelitian ini difokuskan pada hasil panen kopi di Kabupaten Kerinci karena pentingnya kopi sebagai komoditas perkebunan utama, merupakan andalan utama perekonomian Indonesia karena merupakan

sumber energi devisa negara dan pendapatan petani, menyumbang produksi bahan baku industri, dan membuka lapangan kerja, penciptaan dan pembangunan daerah [13]. Kopi merupakan salah satu produk tanaman di bidang perkebunan yang dibutuhkan oleh masyarakat di seluruh dunia. Metode yang digunakan adalah Metode Fuzzy Time Series diharapkan dapat menghasilkan perkiraan yang lebih akurat, terutama dalam mengantisipasi fluktuasi produksi kopi di masa depan. Konsep *fuzzy* merupakan sebuah konsep yang melibatkan fungsi keanggotaan dalam melakukan perhitungan[14]. Dengan menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai kriteria evaluasi, penelitian ini berusaha untuk mengoptimalkan model sehingga memberikan perkiraan yang semakin mendekati nilai sebenarnya., sehingga dapat dilakukan antisipasi terhadap tingkat produksi kopi di masa depan.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini mengadopsi fuzzy time series untuk memprediksi hasil panen kopi melalui beberapa tahapan penting. Proses dimulai dengan pengolahan data mentah, yang kemudian diikuti oleh fuzzifikasi untuk mengubah data ke dalam bentuk fuzzy. Setelah itu, aturan fuzzy dibentuk berdasarkan pola data untuk mempermudah proses prediksi. Tahap akhir adalah defuzzifikasi, yang mengubah hasil fuzzy kembali ke nilai numerik sebagai prediksi akhir hasil panen kopi, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Gambar 1 menunjukkan kerangka kerja penelitian yang merangkum tahapan-tahapan dalam proses prediksi hasil panen kopi menggunakan fuzzy time series. Setiap tahapan dalam kerangka kerja ini meliputi pengolahan data, fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Penjelasan tersebut menguraikan langkah-langkah sistematis yang diambil untuk memastikan prediksi yang akurat berdasarkan data historis, berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan pada kerangka kerja penelitian.

2.1 Identifikasi Masalah

Tahapan identifikasi masalah adalah langkah awal dalam penelitian yang sangat penting. Pada tahap ini, peneliti meninjau objek yang akan diteliti, mengidentifikasi permasalahan utama yang terkait dengan objek tersebut, serta menentukan ruang lingkup penelitian. Proses ini membantu memastikan bahwa

penelitian fokus pada isu-isu yang relevan dan dapat menghasilkan temuan yang signifikan.

2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan berbagai sumber tertulis yang relevan, seperti buku, jurnal, dan dokumen terkait. Peneliti mencari referensi yang berhubungan dengan data time series, logika fuzzy, dan metode fuzzy time series. Kajian ini kemudian digunakan sebagai landasan teori dan acuan dalam pengembangan penelitian.

2.3 Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Kerinci, mencakup hasil panen selama 5 tahun dari periode 2019 hingga 2023. Data tersebut berfungsi sebagai dasar untuk analisis dan prediksi menggunakan metode Fuzzy Time Series. Melalui data ini, penelitian bertujuan untuk menghasilkan peramalan yang akurat terkait hasil panen kopi di wilayah Kabupaten Kerinci

2.4 Analisa Data

Pada tahap ini, semua data yang telah dikumpulkan akan dianalisis secara mendalam. Hasil analisis kemudian diklasifikasi menggunakan Microsoft Excel untuk mempermudah pengolahan data selanjutnya. Penggunaan Excel membantu memastikan proses klasifikasi berjalan efisien dan mendukung analisis lebih lanjut dalam penelitian.

2.5 Perancangan Metode Fuzzy Time Series

Metode Time Series adalah alat yang digunakan untuk memprediksi kondisi masa depan berdasarkan data dari masa lampau. Dengan menganalisis pola yang terjadi pada periode waktu tertentu, model ini mencoba memahami tren dan pola historis. Data masa lalu kemudian digunakan sebagai dasar untuk membuat prediksi mengenai kondisi di masa yang akan datang[15]

2.6 Tahapan Fuzzy Time Series

Dalam perhitungan menggunakan fuzzy time series, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan. Tahapan pertama adalah pengumpulan dan pemrosesan data, diikuti oleh fuzzifikasi untuk mengubah data menjadi bentuk fuzzy. Selanjutnya, pembentukan aturan fuzzy dan defuzzifikasi dilakukan untuk menghasilkan prediksi yang akurat berdasarkan data historis.

a. Pembentukan himpunan semesta

Pembentukan himpunan semesta dalam fuzzy time series melibatkan identifikasi dan pengelompokan data ke dalam interval-interval fuzzy yang relevan. Proses ini dimulai dengan menentukan batas bawah dan batas atas untuk setiap interval fuzzy, kemudian mengklasifikasikan data ke dalam interval tersebut berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Himpunan

semesta ini kemudian digunakan untuk membentuk aturan fuzzy dan melakukan peramalan berdasarkan pola yang teridentifikasi dalam data, dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$U=[Min,Max] \quad (1)$$

U merujuk pada himpunan semesta yang mencakup seluruh rentang nilai data. Nilai Min adalah nilai terkecil dalam data, sedangkan Max adalah nilai terbesar. Rentang antara min dan max digunakan untuk membentuk interval fuzzy dan menentukan batasan dalam himpunan semesta.

b. Menentukan jumlah kelas dan Panjang interval

Menentukan jumlah kelas melibatkan pembagian rentang data ke dalam sejumlah interval yang akan digunakan untuk analisis fuzzy time series. Panjang interval dihitung dengan membagi selisih antara nilai maksimum dan minimum data dengan jumlah kelas yang ditentukan. Proses ini bertujuan untuk mengelompokkan data dengan cara yang memungkinkan pembuatan aturan fuzzy yang efektif dan akurat, menggunakan Persamaan 2.

$$K = 1 + 3,332 \times \log(n) \quad 2$$

K adalah jumlah kelas yang ditetapkan, sedangkan n adalah jumlah data yang tersedia, yang membagi rentang antara nilai maksimum dan nilai minimum dengan jumlah kelas. Dengan cara ini, setiap interval memiliki lebar yang konsisten, memfasilitasi pengelompokan data dalam analisis fuzzy time series. Kemudian mencari Panjang interval menggunakan Persamaan 3

$$I = \frac{dmax-dmin}{K} \quad (3)$$

I merepresentasikan lebar interval yang digunakan dalam analisis. $Dmax$ adalah nilai data terbesar, sedangkan $Dmin$ adalah nilai data terkecil. K menunjukkan jumlah kelas yang akan digunakan untuk membagi data ke dalam interval-interval tertentu

c. Menentukan himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan

Keanggotaan Fuzzy dapat dinotasikan dengan u_1, u_2, \dots, u_n . maka suatu himpunan fuzzy A_i dari U dengan derajat keanggotaan dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$A_i = \frac{\mu A_1(u_1)}{u_1} + \frac{\mu A_i(u_2)}{u_2} \dots + \frac{\mu A_i(u_n)}{u_n} \quad (4)$$

μA_i merujuk pada derajat keanggotaan dari nilai u_i terhadap himpunan fuzzy A_i , dengan $\mu A_i(u_i)$ berada dalam rentang $[0,1]$. Nilai $\mu A_i(u_i)$ menggambarkan sejauh mana u_i termasuk dalam A_i , dan $1 \leq i \leq p$ menunjukkan indeks interval. Derajat keanggotaan ini disajikan dalam persamaan yang menjelaskan hubungannya dengan data dan himpunan fuzzy yang bersangkutan, dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$U_{A_n}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq \text{batas bawah} \\ \frac{x - \text{batas bawah}}{\text{batas atas} - \text{batas bawah}} & \text{if } \text{batas bawah} < x < \text{batas atas} \\ 0 & \text{if } x \geq \text{batas atas} \end{cases} \quad (5)$$

Berdasarkan Persamaan 5 dapat diartikan untuk menghitung derajat keanggotaan $U_{A_n}(x)$. Hasil dari persamaan ini akan berada dalam rentang antara 0 dan 1, menggambarkan sejauh mana nilai xxx berada dalam interval fuzzy yang ditentukan. Dengan demikian, derajat keanggotaan menunjukkan proporsi xxx di antara batas bawah dan batas atas interval.

d. Menentukan Fuzzifikasi

Menentukan fuzzifikasi untuk interval $A1, A2, A3, \dots, An$ dari data historis melibatkan penetapan derajat keanggotaan untuk setiap nilai dalam data. Misalnya, jika data historis memiliki nilai keanggotaan $u1$, maka fuzzifikasi dilakukan dengan mengalokasikan $u1$ ke interval fuzzy yang sesuai berdasarkan tingkat keanggotaan tersebut. Proses ini memastikan bahwa setiap nilai historis diklasifikasikan dengan tepat dalam himpunan fuzzy yang relevan, sesuai dengan derajat keanggotaannya, menggunakan Persamaan 6.

$$u1 = A1, u2 = A2, \dots, un = An \quad (6)$$

e. Menentukan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

Fuzzy Logic Relationship merupakan sebuah hubungan antar data yang telah melalui tahap Fuzzifikasi pada data historis. Dua Fuzzifikasi yang berurutan $Ai(t-1)$ dan $Aj(t)$ dapat dijadikan kedalam sebuah Fuzzy Logic Relationship dengan notasi $Ai \rightarrow Aj$ dimana Ai merupakan Current State atau Left Hand Side (LHS) dan Aj merupakan next state atau Right Hand Side (RHS).

f. Menentukan Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Pembentukan Fuzzy Logic Relationship Group berdasarkan pada Fuzzy Logic Relationship yang telah terbentuk sebelumnya. Semua Fuzzy Logic Relationship yang memiliki current state atau Left Hand Side yang sama akan digabung menjadi satu Fuzzy Logic Relationship Group yang sama.

g. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk menghitung nilai peramalan berdasarkan hasil fuzzifikasi dari setiap Left Hand Side dalam grup yang telah ditentukan. Proses ini bertujuan untuk mengonversi data fuzzy menjadi nilai numerik yang dapat digunakan dalam prediksi. Hasil defuzzifikasi memberikan nilai konkret yang merepresentasikan hasil akhir dari analisis fuzzy, disajikan pada Persamaan 7

$$F(t) = \frac{m1 + m2 + \dots + mn}{n} \quad (7)$$

$F(t)$ adalah fungsi yang menggambarkan nilai pada waktu tertentu. Nilai $m1, m2, \dots, mn$ adalah nilai-nilai

individu yang diukur atau diprediksi pada berbagai titik waktu. Sedangkan n adalah jumlah total nilai yang digunakan dalam analisis untuk menghitung fungsi $F(t)$.

2.7 Penerapan metode fuzzy time series

Proses implementasi dilakukan menggunakan aplikasi RStudio untuk menganalisis data hasil panen kopi. Aplikasi ini menghasilkan grafik yang menunjukkan fluktuasi tingkat tinggi dan rendah hasil panen. Grafik tersebut membantu dalam visualisasi dan pemahaman pola serta tren dalam data hasil panen kopi.

2.8 Pengujian dan Analisa Hasil

Hasil prediksi yang diperoleh akan diuji menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengevaluasi akurasi. Analisis ini bertujuan untuk menilai kinerja model prediksi dan efektivitas metode yang digunakan dalam penelitian. Selain itu, MAPE digunakan untuk memberikan indikasi seberapa besar kesalahan prediksi dibandingkan dengan nilai aktual, menggunakan Persamaan 8.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Error Absolute Percentage \quad (8)$$

Dimana, N adalah jumlah total data yang digunakan dalam evaluasi. Sedangkan t merujuk pada periode tertentu dalam data yang sedang dianalisis. Persamaan MAPE menghitung rata-rata persentase kesalahan absolut antara prediksi dan nilai aktual untuk periode tersebut, membantu menilai akurasi model.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Metode Fuzzy Time Series

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan fuzzy time series untuk memprediksi hasil panen kopi dari tahun 2019 sampai dengan 2023. Proses dimulai dengan pengumpulan dan pemrosesan data historis, diikuti dengan fuzzifikasi dan klasifikasi data ke dalam interval fuzzy yang relevan. Langkah terakhir adalah menghasilkan prediksi berdasarkan aturan fuzzy dan hasil analisis data.

a. Pembentukan Himpunan Semesta

Pada langkah ini himpunan semesta dibentuk dengan lambang U dengan definisi $[Dmin; Dmax]$, dengan $Dmin$ merupakan nilai minimum dan $Dmax$ merupakan nilai maksimum, data minimum yang digunakan pada data historis hasil panen di Kabupaten Kerinci sebesar 263,00 Ton dan data maksimum sebesar 547,00 Ton. Sehingga himpunan semesta yang dihasilkan yaitu:

$$U = [Dmin; Dmax] = [263; 547]$$

Rentang himpunan semesta, yang berkisar dari 263 hingga 547, mendefinisikan batasan nilai yang akan digunakan dalam analisis fuzzy. Rentang ini mencakup seluruh nilai yang mungkin muncul dalam data. Dengan

menentukan batasan ini, interval fuzzy dapat dibentuk dan diterapkan untuk mengelompokkan data secara efektif.

b. Menentukan Jumlah Kelas dan Panjang Interval

Untuk membentuk interval fuzzy, langkah pertama adalah menentukan jumlah kelas interval yang diperlukan dan panjang intervalnya. Setelah jumlah kelas dan panjang interval ditentukan, interval-interval dapat dibentuk sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan. Proses ini memastikan bahwa data dapat diklasifikasikan dengan tepat ke dalam interval yang relevan untuk analisis fuzzy.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Interval} &= 1 + 3,322 \log(n) \\ &= 1 + 3,322 \log(60) \\ &= 6,867 \approx 7 \end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk menentukan panjang interval, digunakan data minimum sebesar 263,00 ton dan data maksimum sebesar 547,00 ton, dengan jumlah kelas interval sebanyak 7 kelas. Panjang interval dihitung dengan membagi rentang data (selisih antara maksimum dan minimum) dengan jumlah kelas. Berikut adalah perhitungan panjang interval berdasarkan data dan jumlah kelas yang telah ditentukan.

$$\begin{aligned} \text{Panjang interval (l)} &= \left[\frac{D_{max} - D_{min}}{\text{jumlah interval}} \right) \\ &= \left(\frac{547 - 263}{7} \right) \\ &= 40.571 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan jumlah kelas interval sebesar 7 dan panjang interval antara batas bawah dan batas atas adalah sebesar 40.571 maka menghasilkan u_1 sampai u_7 yang merupakan interval-interval dari himpunan semesta (U) dengan nilai tengah (m) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik Tengah Interval

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Titik Tengah (m)
U_1	263.00	303.57	$m_1 = 283.2857$
U_2	303.57	344.14	$m_2 = 323.8571$
U_3	344.14	384.71	$m_3 = 364.4286$
U_4	384.71	425.29	$m_4 = 405.0000$
U_5	425.29	465.86	$m_5 = 445.5714$
U_6	465.86	506.43	$m_6 = 486.1429$
U_7	506.43	547.00	$m_7 = 526.7143$

Tabel di atas menunjukkan pembagian himpunan fuzzy menjadi 7 kelas dengan interval yang sama. Setiap kelas diidentifikasi dengan interval yang seragam, dan nilai titik tengah masing-masing interval disajikan dalam tabel. Informasi ini digunakan untuk mempermudah klasifikasi data ke dalam interval fuzzy yang sesuai.

c. Menentukan Himpunan Fuzzy dan Derajat Keanggotaan

Himpunan Fuzzy (Fuzzy Set) A_i ditentukan sebanyak interval yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sebanyak 7 kelas interval. Pembentukan himpunan Fuzzy (Fuzzy Set) variabel jumlah hasil panen kopi berdasarkan definisi setiap himpunan Fuzzy (Fuzzy Set), Nilai linguistik sendiri dapat diartikan sebagai penamaan dari sebuah group yang dapat mewakili keadaan/kondisi tertentu dengan bahasa alami seperti rendah, sedang dan tinggi, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Himpunan Fuzzy dan Nilai Linguistik

Interval	Batas Bawah	Batas Atas	Titik Tengah (m)	Nilai Linguistik
U_1	263.00	303.57	$m_1 = 283.2857$	Sangat Rendah
U_2	303.57	344.14	$m_2 = 323.8571$	Rendah
U_3	344.14	384.71	$m_3 = 364.4286$	Cukup Rendah
U_4	384.71	425.29	$m_4 = 405.0000$	Sedang
U_5	425.29	465.86	$m_5 = 445.5714$	Cukup Tinggi
U_6	465.86	506.43	$m_6 = 486.1429$	Tinggi
U_7	506.43	547.00	$m_7 = 526.7143$	Sangat Tinggi

Selanjutnya adalah perhitungan derajat keanggotaan pada setiap data yang menentukan suatu data masuk ke dalam himpunan yang mana, hasil yang didapatkan

merupakan angka yang berada diantara 0 dan 1, hasil perhitungan derajat keanggotaan pada setiap data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Derajat Keanggotaan

Bulan	Tahun	Nilai	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Januari	2019	314.00	0	0.257	0	0	0	0	0
Februari		390.00	0	0	0	0.130	0	0	0
Maret		331.00	0	0	0.676	0	0	0	0
April		263.00	1	0	0	0	0	0	0
Mei		412.00	0	0	0	0.672	0	0	0
Juni		382.00	0	0	0.933	0	0	0	0
Juli		309.00	0	0.133	0	0	0	0	0
Agustus		324.00	0	0.503	0	0	0	0	0

Bulan	Tahun	Nilai	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
September		343.00	0	0,971	0	0	0	0	0
Oktober		367.00	0	0	0,563	0	0	0	0
November		403.00	0	0	0	0,450	0	0	0
Desember		394.00	0	0	0	0,228	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Januari		519.00	0	0	0	0	0	0	0,309
Februari		547.00	0	0	0	0	0	0	1
Maret		522.00	0	0	0	0	0	0	0,383
April		498.00	0	0	0	0	0	0,792	0
Mei		491.00	0	0	0	0	0	0,619	0
Juni	2023	521.00	0	0	0	0	0	0	0,359
Juli		506.00	0	0	0	0	0	0,989	0
Agustus		463.00	0	0	0	0	0,929	0	0
September		484.00	0	0	0	0	0	0,447	0
Oktober		509.00	0	0	0	0	0	0	0,063
November		495.00	0	0	0	0	0	0,718	0
Desember		534.00	0	0	0	0	0	0,679	0

Tabel 3 menampilkan perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap data aktual, dengan nilai yang berada di antara 0 dan 1. Nilai-nilai ini menunjukkan sejauh mana data tersebut masuk ke dalam interval fuzzy yang ditentukan. Proses ini penting untuk fuzzifikasi, karena membantu dalam mengklasifikasikan data ke dalam interval fuzzy yang sesuai berdasarkan derajat keanggotaannya.

d. Fuzzifikasi

Tahap selanjutnya adalah melakukan Fuzzifikasi berdasarkan interval efektif yang diperoleh dapat ditentukan nilai linguistik sesuai dengan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil Fuzzifikasi data hasil panen kopi yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Fuzzifikasi

No	Tahun	Bulan	Hasil Panen (Ton)	Fuzzifikasi
1		Januari	314.00	A2
2		Februari	390.00	A4
3		Maret	331.00	A2
4		April	263.00	A1
5		Mei	412.00	A4
6	2019	Juni	382.00	A3
7		Juli	309.00	A2
8		Agustus	324.00	A2
9		September	343.00	A2
10		Oktober	367.00	A3
11		November	403.00	A4
12		Desember	394.00	A4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
49		Januari	519.00	A7
50		Februari	547.00	A7
51		Maret	522.00	A7
52	2023	April	498.00	A6
53		Mei	491.00	A6
54		Juni	521.00	A7
55		Juli	506.00	A6
56		Agustus	463.00	A5

No	Tahun	Bulan	Hasil Panen (Ton)	Fuzzifikasi
57		September	484.00	A6
58		Oktober	509.00	A7
59		November	495.00	A6
60		Desember	534.00	A7

Tabel 4 menunjukkan hasil fuzzifikasi dari setiap data yang telah dianalisis. Setiap data diubah menjadi representasi fuzzy, mengelompokkannya ke dalam interval fuzzy yang sesuai. Fuzzifikasi ini memungkinkan data diolah lebih lanjut dalam model fuzzy time series untuk prediksi

e. Pembentukan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

Setelah dilakukan Fuzzifikasi terhadap data historis dan didapatkan nilai keanggotaan untuk tiap-tiap data, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi relasi orde-pertama dari variasi Fuzzy. Proses ini dilakukan dengan menghubungkan jenis himpunan pada bulan/waktu pertama ke himpunan bulan/waktu kedua, dari himpunan bulan kedua ke himpunan bulan ketiga, dan seterusnya secara berurutan. Menentukan FLR dengan memperhatikan Fuzzy A_i dari bulan ke bulan untuk $1 \leq i \leq 7$. FLR dapat ditulis $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i adalah himpunan sisi kiri atau pengamatan sebelumnya ($F(t - 1)$) dan A_j adalah himpunan sisi kanan atau pengamatan sesudah data sebelumnya ($F(t)$) pada data time series. Berikut merupakan hasil FLR jumlah Produksi Kopi, Hasil dari identifikasi dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Fuzzy Logic Relationship

No	Tahun	Bulan	Fuzzy Logic Relationship (FLR)
1		Januari	NA \rightarrow A2
2	2019	Februari	A2 \rightarrow A4
3		Maret	A4 \rightarrow A2
4		April	A2 \rightarrow A1

5	Mei	A1	→	A4
6	Juni	A4	→	A3
7	Juli	A3	→	A2
8	Agustus	A2	→	A2
9	September	A2	→	A2
10	Oktober	A2	→	A3
11	November	A3	→	A4
12	Desember	A4	→	A4
⋮	⋮	⋮		⋮
49	Januari	A3	→	A7
50	Februari	A7	→	A7
51	Maret	A7	→	A7
52	April	A7	→	A6
53	Mei	A6	→	A6
54	2023 Juni	A6	→	A7
55	Juli	A7	→	A6
56	Agustus	A6	→	A5
57	September	A5	→	A6
58	Oktober	A6	→	A7
59	November	A7	→	A6
60	Desember	A6	→	A7

Tabel 5 menampilkan relasi logika fuzzy yang terdiri dari dua bagian, yaitu sisi kiri dan sisi kanan. Sisi kiri merepresentasikan keadaan sebelumnya, sementara sisi kanan menunjukkan prediksi keadaan di masa depan. Relasi ini digunakan untuk menghubungkan data historis dengan proyeksi masa depan dalam analisis fuzzy time series.

f. Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Berdasarkan hasil Fuzzy Logic Relations (FLR) dapat dibentuk Fuzzy Logic Relations Group (FLRG) dengan cara mengelompokkan setiap FLR yang memiliki sisi kiri ($F(t - 1)$) yang sama. Berikut merupakan hasil pengelompokan atau FLRG yang didapatkan berdasarkan hasil FLR. Menetapkan kelompok hubungan Fuzzy Logic, Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) dengan menentukan Left-hand Side (LHS) dan Right-hand Side (RHS) dari Fuzzy Set yang sudah ditentukan sebelumnya dan membuat daftar Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG). Proses ini

mengelompokkan himpunan-himpunan yang saling terhubung dengan melihat urutan dari A1 sampai A7, penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Grup 1	A1 → A4
Grup 2	A2 → A1, A2, A3, A4
Grup 3	A3 → A2, A3, A4, A7
Grup 4	A4 → A2, A3, A4, A5, A6
Grup 5	A5 → A2, A3, A5, A6, A7
Grup 6	A6 → A3, A5, A6, A7
Grup 7	A7 → A5, A6, A7

Berdasarkan Tabel 6. ini berarti bahwa berdasarkan data historis atau aturan Fuzzy yang telah ditetapkan, setiap grup memiliki nilai awal dan beberapa kemungkinan hasil prediksi di masa depan yang berbeda. Tabel ini menunjukkan bagaimana nilai-nilai fuzzy dalam data historis dikelompokkan dan bagaimana prediksi masa depan dapat dibuat berdasarkan hubungan logis yang ditemukan di dalam data tersebut

g. Defuzzifikasi

Proses Defuzzifikasi merupakan proses perhitungan dari hasil output peramalan untuk kemudian dihitung sehingga mendapatkan hasil dengan bilangan crisp. Setelah didapatkan hasil Defuzzifikasi yang berupa hasil dari bilangan crisp, kemudian ditambahkan dengan data aktual jumlah hasil panen kopi pada satu bulan sebelumnya sehingga mendapatkan hasil peramalan. Setelah Fuzzy Logic Relations Group (FLRG) didapatkan, maka selanjutnya dilakukan proses Defuzzifikasi serta dilakukan perhitungan nilai peramalan menggunakan Fuzzy Time Series, hasil perhitungan defuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Defuzzifikasi

Grup	FLRG	Rumus Peramalan (F(t))	Defuzzifikasi
1	A1 → A4	$\frac{m1}{1}$	405.0000
2	A2 → A1, A2, A3, A4	$\frac{m1 + m2 + m3 + m4}{4}$	344.1429
3	A3 → A2, A3, A4, A7	$\frac{m2 + m3 + m4 + m7}{4}$	405.0000
4	A4 → A2, A3, A4, A5, A6	$\frac{m2 + m3 + m4 + m5 + m6}{5}$	405.0000
5	A5 → A2, A3, A5, A6, A7	$\frac{m2 + m3 + m5 + m6 + m7}{5}$	429.3428
6	A6 → A3, A5, A6, A7	$\frac{m3 + m5 + m6 + m7}{4}$	455.7142
7	A7 → A5, A6, A7	$\frac{m5 + m6 + m7}{3}$	486.1428

Berdasarkan tabel 7, dapat dilihat bahwa nilai defuzzifikasi yang didapatkan pada setiap grup akan menjadi nilai prediksi, sebagai contoh pada Grup 2 yang

memiliki nilai A2, nilai A2 memiliki beberapa kemungkinan hasil prediksi di masa depan, yaitu A1, A2, A3, dan A4. Dengan kata lain, jika data saat ini

berada dalam Grup A2, prediksi masa depan bisa jatuh ke salah satu dari empat nilai ini hasil prediksi dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Prediksi

Periode	Hasil Panen	Fuzzifikasi	Nilai FLRG	Ramalan
Jan19	314.00	A2	344.1429	NA
Feb19	390.00	A4	405.00	344.1429
Mar19	331.00	A2	344.1429	405.0000
Apr19	263.00	A1	405.00	344.1429
Mei19	412.00	A4	405.00	405.0000
Jun19	382.00	A3	405.00	405.0000
Jul19	309.00	A2	344.1429	405.0000
Agu19	324.00	A2	344.1429	344.1429
Sep19	343.00	A2	344.1429	344.1429
Okt19	367.00	A3	405.00	344.1429
Nov19	403.00	A4	405.00	405.0000
Des19	394.00	A4	405.00	405.0000
:	:	:	:	:
Jan23	519.00	A7	486.1429	405.0000
Feb23	547.00	A7	486.1429	486.1429
Mar23	522.00	A7	486.1429	486.1429
Apr23	498.00	A6	455.7143	486.1429
Mei23	491.00	A6	455.7143	455.7143
Jun 23	521.00	A7	486.1429	455.7143
Jul23	506.00	A6	455.7143	486.1429
Agu23	463.00	A5	429.3429	455.7143
Sep23	484.00	A6	455.7143	429.3429
Okt23	509.00	A7	486.1429	455.7143
Nov23	495.00	A6	455.7143	486.1429
Des23	534.00	A7	486.1429	455.7143
Hasil Prediksi Bulan Januari 2024				486.1429

Berdasarkan Tabel 8, Proses perhitungan prediksi pada fuzzy time series dimulai dengan menghitung FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*). Nilai FLRG dari bulan sebelumnya digunakan sebagai dasar untuk meramalkan nilai pada bulan berikutnya. Prediksi ini didasarkan pada relasi logika fuzzy yang telah terbentuk dari data historis

3.2 Perhitungan akurasi menggunakan MAPE

Perhitungan akurasi dalam memperkirakan produksi kopi di Kabupaten kerinci dilakukan dengan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode yang dibagi dengan

nilai observasi yang nyata. MAPE berguna untuk mengukur besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai asli. Nilai MAPE yang semakin kecil maka semakin akurat teknik peramalan tersebut dan sebaliknya. Langkah pertama dalam menghitung MAPE adalah menghitung nilai Error Absolute, Langkah berikutnya yaitu menghitung nilai absolute percentage Error (APE), APE merupakan salah satu ukuran kesalahan dalam prediksi atau peramalan yang menunjukkan seberapa besar kesalahan prediksi dalam bentuk persentase relatif terhadap nilai aktual hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Error Absolute dan Percentage Error

Periode	Data Aktual	Data Hasil Prediksi	AE	APE
Jan19	314.00	NA	-	-
Feb19	390.00	344.1429	45.8571	11.758%

Periode	Data Aktual	Data Hasil Prediksi	AE	APE
Mar19	331.00	405.0000	-74.0000	22.356%
Apr19	263.00	344.1429	-81.1429	30.853%
Mei19	412.00	405.0000	7.0000	1.699%
Jun19	382.00	405.0000	-23.0000	6.021%
Jul19	309.00	405.0000	-96.0000	31.068%
Agu19	324.00	344.1429	-20.1429	6.217%
Sep19	343.00	344.1429	-1.1429	0.333%
Okt19	367.00	344.1429	22.8571	6.228%
Nov19	403.00	405.0000	-2.0000	0.496%
Des19	394.00	405.0000	-11.0000	2.792%
:	:	:	:	:
Jan23	519.00	405.0000	114.0000	21.965%
Feb23	547.00	486.1429	60.8571	11.126%
Mar23	522.00	486.1429	35.8571	6.869%
Apr23	498.00	486.1429	11.8571	2.381%
Mei23	491.00	455.7143	35.2857	7.186%
Jun23	521.00	455.7143	65.2857	12.531%
Jul23	506.00	486.1429	19.8571	3.924%
Agu23	463.00	455.7143	7.2857	1.574%
Sep23	484.00	429.3429	54.6571	11.293%
Okt23	509.00	455.7143	53.2857	10.469%
Nov23	495.00	486.1429	8.8571	1.789%
Des23	534.00	455.7143	78.2857	14.660%

Langkah selanjutnya yaitu menghitung rata-rata dari setiap perhitungan *Absolute Percentage Error* yaitu dengan membagi total APE pada tabel 9 yaitu 557.316% dibagi dengan total data yaitu 60.

$$MAPE = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} Error\ Absolute\ Percentage$$

$$MAPE = \frac{557.316\%}{60}$$

$$MAPE = 9.288603 \%$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan MAPE, diperoleh rata-rata error sebesar 9,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa prediksi dengan metode fuzzy time series memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Karena nilai error berada di bawah 10%, metode ini dianggap efektif dan andal untuk meramalkan data. Tingkat kesalahan yang rendah ini menegaskan bahwa prediksi yang dihasilkan mendekati nilai aktual, menjadikan fuzzy time series sebagai metode yang valid untuk analisis in

4. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode Fuzzy Time Series untuk memprediksi hasil panen kopi di Kabupaten Kerinci menunjukkan hasil peramalan yang sangat baik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap 60 data yang tersedia, diperoleh Error Absolute Percentage 557,316% kemudian dibagi dengan total data yaitu 60 maka didapatkan hasil rata-rata error sebesar

9,2%. Menurut kriteria MAPE, suatu peramalan dianggap akurat jika nilai error yang dihasilkan kurang dari 10%. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Time Series yang diterapkan mampu menghasilkan peramalan yang sangat baik atau akurat. Tingkat error yang rendah ini mencerminkan kemampuan model untuk menangkap pola dan tren data dengan baik, sehingga prediksi yang dihasilkan mendekati nilai aktual. Hal ini sangat penting dalam konteks perencanaan dan pengambilan keputusan terkait hasil panen kopi, karena prediksi yang akurat dapat membantu para petani dan pemangku kepentingan lainnya dalam mengatur strategi produksi, distribusi, dan pemasaran kopi di Kabupaten Kerinci. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan efektivitas dan keandalan metode Fuzzy Time Series dalam melakukan peramalan hasil panen, khususnya pada komoditas kopi di Kabupaten Kerinci.

Daftar Rujukan

- [1] Ramadhani, D. P. (2023). Potensi Komoditas Kopi Indonesia Pada Pasar Asean Dengan Malaysia Sebagai Negara Tujuan Ekspor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(21), 197-205. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10075024>
- [2] Paramita, A. D., & Fitrianto, A. R. (2024). Analisis Daya Saing Kopi Indonesia Dan Vietnam Di Pasar ASEAN. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 8(3), 930-939. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2024.008.03.9>
- [3] Fajar, A., Fariyanti, A., & Priatna, W. B. (2023). Status Keberlanjutan Perkebunan Kopi Bersertifikasi CAFE Practices. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian*

- Agribusiness*), 11(1),
doi: <https://doi.org/10.29244/jai.2023.11.1.1-1>
- [4] Tran, H., Nathan, S., Ilmma, A., Burkiewicz, M., & Wisana, D. G. K. (2021). Identifying limiting factors for feasible productivity improvement for smallholder farmers in coffee sector in Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*, 5(2)
DOI: <https://doi.org/10.13057/asianjagric/g050202>
- [5] Maulani, R. D., & Wahyuningsih, D. (2021). Analisis ekspor kopi Indonesia pada pasar internasional. *Jurnal Pamator: Jurnal Ilmiah Universitas Trunojoyo*, 14(1), 27-33.
<https://doi.org/10.21107/pamator.v14i1.8692>
- [6] Azahra, N., Alifia, S. C., Andyka, N. P., Wijayanto, S., & Fathoni, M. Y. (2022). Peramalan Jumlah Produksi Tebu Menggunakan Metode Time Series Model Moving Averages. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), 840-845. DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4388>
- [7] Mulyani, M. (2020). Analisis Preferensi Konsumen terhadap Kopi Lokal di Kota Jambi. *JAS (Jurnal Agri Sains)*, 4(2), 117-122. Vol. 4 No. 2, Desember (2020) <http://ojs.umbungo.ac.id/index.php/JAS/index>
- [8] Soeswanto, B., Yusuf, Y., Sihombing, R. P., Suryadi, J., Luviana, A., Asyari, R. A. A., & Adhitasari, A. (2023). Signifikansi Kadar Kafein pada Kopi Kerinci Robusta dalam Berbagai Interval Waktu. *Eksergi*, 20(3), 168-171. DOI: <https://doi.org/10.31315/e.v20i3.10353>
- [9] Sari, F., Mahmud, S. F., & Faisal, R. (2023). Sistem Optimalisasi Pengadaan Alat Kesehatan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 7(4), 1766-1774. DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/mib.v7i4.6405>
- [10] Suryani, D., & Wakhidah, R. (2022). Peramalan Jumlah Pengunjung Wisatawan Mancanegara Menggunakan Metode Fuzzy Time Series DI Jawa Timur. *Jurnal Informatika Polinema*, 8(2), 43-48. DOI: <https://doi.org/10.33795/jip.v8i2.525>
- [11] Suryani, D., & Wakhidah, R. (2022). Peramalan Jumlah Pengunjung Wisatawan Mancanegara Menggunakan Metode Fuzzy Time Series DI Jawa Timur. *Jurnal Informatika Polinema*, 8(2), 43-48.
- [12] Adli, D. N. (2021). Prediksi Harga Jagung Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Dengan Atau Tanpa Menggunakan Markov Chain. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 4(1), 49-54. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jnt.2021.004.01.6>
- [13] Perwira, R. I., Yudhiantoro, D., & Wahyurini, E. (2020). Fuzzy Time Series Model Cheng Untuk Meramalkan Volume Hasil Panen Pada Tanaman Garut. *Telematika: Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 17(1), 11-17. DOI: <https://doi.org/10.31315/telematika.v17i1.3400>
- [14] Kaidoa, B., Takashino, N., & Fuyuki, K. (2021). Challenges of Arabica coffee marketing: A case study in Kerinci regency, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 11(1), 53-62. DOI: <https://53-62.10.18488/journal.ajard.2021.111.53.62>
- [15] Baihaqi, M. A. (2023). Penerapan Metode Logika Fuzzy Sugeno untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena. *Jurnal KomtekInfo*, 141-149. DOI: <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v10i4.455>
- [16] Selasakmida, A. D., Tamo, T., & Wuryandari, T. (2021). Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing Holt Dan Fuzzy Time Series Chen Untuk Peramalan Harga Paladium. *Jurnal Gaussian*, 10(3), 325-336. DOI: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.10.3.325-336>