

## **Perbandingan Kinerja ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi Factor pada Peramalan Data Nilai Tukar USD**

**Rania Hana Tsabita<sup>\*1</sup> Ronny Susetyoko<sup>2</sup> Edi Satriyanto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Sains Data Terapan, Departemen Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, email: hanayassar0204@gmail.com

<sup>2</sup> Program Studi Sains Data Terapan, Departemen Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, email: rony@pens.ac.id

<sup>3</sup> Program Studi Sains Data Terapan, Departemen Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, email: edi@pens.ac.id

\*Corresponding Author: hanayassar0204@gmail.com

---

### **Abstrak**

Sustainable Development Goals (SDGs) bertujuan mendorong pertumbuhan ekonomi inklusif, dengan SDG 8 berfokus pada pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi. Peramalan indikator ekonomi seperti nilai tukar, inflasi, dan ekspor migas sangat penting untuk perencanaan kebijakan guna mencapai tujuan ini. Penelitian ini membandingkan kinerja metode ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi Factor dalam meramalkan nilai tukar USD. ARIMAX menggabungkan variabel eksogen seperti inflasi dan ekspor migas, sedangkan Fuzzy Time Series Multi Factor mengintegrasikan logika fuzzy dengan berbagai faktor ekonomi untuk menangkap hubungan kompleks. Tahap pra-pemrosesan data meliputi penanganan missing value dan outlier, dilanjutkan dengan uji kestasioneran menggunakan Autocorrelation Function (ACF), Partial Autocorrelation Function (PACF), Augmented Dickey-Fuller (ADF), dan Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). Analisis Data Eksploratif (EDA) mengidentifikasi korelasi signifikan, terutama antara ekspor migas dan inflasi. Peramalan dilakukan pada enam variasi panjang data (30 hingga 60 bulan), dengan kinerja model dievaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ARIMAX with Dummy menghasilkan akurasi tertinggi dengan MAPE terendah yaitu 2,32% pada rasio 60:9. Metode Fuzzy Time Series Multi-Factor menghasilkan MAPE antara 2,67%–3,52%, sementara ARIMAX menghasilkan MAPE 2,34% pada rasio 48:9. ARIMAX with Dummy direkomendasikan sebagai pendekatan optimal untuk peramalan indikator ekonomi SDG 8, guna mendukung perumusan kebijakan berbasis data yang presisi.

**Kata Kunci:** ARIMAX, Fuzzy Time Series Multi Factor, SDGs, peramalan, MAPE

### **Abstract**

The Sustainable Development Goals (SDGs) aim to promote inclusive economic growth, with SDG 8 focusing on decent work and economic growth. Forecasting economic indicators such as exchange rates, inflation, and oil and gas exports is essential for effective policy planning in achieving these objectives. This study compares the performance of the ARIMAX model and the Fuzzy Time Series Multi-Factor (FTSMF) model in forecasting the USD exchange rate. The ARIMAX model incorporates exogenous variables such as inflation and oil and gas exports, while the FTSMF model integrates fuzzy logic with multiple economic factors to capture complex relationships. The data preprocessing phase includes handling missing values and outliers, followed by stationarity tests using the Autocorrelation Function (ACF), Partial Autocorrelation Function (PACF), Augmented Dickey-Fuller (ADF), and Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) tests. Exploratory Data Analysis (EDA) identified significant correlations, particularly between oil and gas exports and inflation. Forecasting was conducted with six different data length variations (30 to 60 months), and model performance was evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results indicate that ARIMAX with Dummy produced the highest accuracy with the lowest MAPE of 2.32% at the 60:9 ratio. The FTSMF method yielded MAPE values ranging from 2.67% to 3.52%, while the ARIMAX model produced a MAPE of 2.34% at the 48:9 ratio. Based on these findings, ARIMAX with Dummy is recommended as the optimal approach for forecasting economic indicators related to SDG 8, supporting the development of data-driven policies aimed at achieving sustainable economic growth.

**Keywords:** ARIMAX, Fuzzy Time Series Multi Factor, SDGs, forecasting, MAPE

---

## PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan agenda global yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) tahun 2015 sebagai komitmen bersama untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan. SDGs mencakup 17 tujuan utama yang menekankan keseimbangan antara pembangunan ekonomi, sosial, dan lingkungan, dengan target pencapaian pada tahun 2030 [1].

Tujuan 8 SDGs berfokus pada pertumbuhan ekonomi inklusif dan berkelanjutan, serta penciptaan pekerjaan layak dan produktif bagi semua [2]. indikator-indikator ekonomi seperti inflasi, nilai tukar, dan ekspor migas memiliki peran yang sangat penting. Pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan adalah inti dari SDG 8, yang bertujuan untuk mendorong penciptaan lapangan kerja yang layak dan produktif bagi semua orang. Data ekonomi yang akurat dan dapat diandalkan sangat penting untuk memantau dan meramalkan kemajuan dalam mencapai SDG 8.

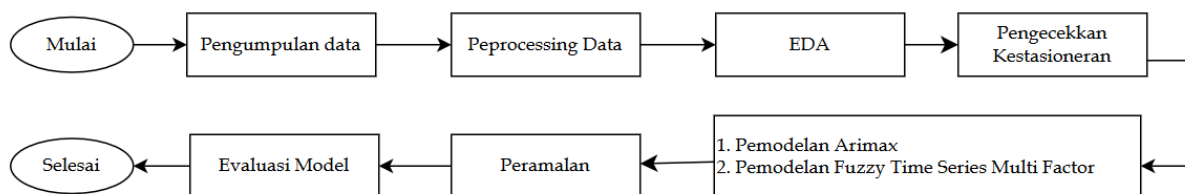
Dalam perencanaan dan implementasi kebijakan pembangunan berkelanjutan, peramalan (*forecasting*) memiliki peran strategis karena memungkinkan pengambil kebijakan untuk mengantisipasi tren masa depan, mengidentifikasi potensi hambatan, serta merancang langkah-langkah intervensi yang tepat. Namun, tantangan utama dalam peramalan deret waktu terletak pada kestasioneran data dan variasi panjang data. Sebagian besar metode peramalan mempersyaratkan kestasioneran data agar hasil prediksi lebih akurat dan stabil. Di sisi lain, variasi panjang data yang mengacu pada ketersediaan jumlah observasi yang tidak seragam antar indikator, dapat menjadi hambatan dalam proses pemodelan. Variasi waktu merupakan salah satu bentuk komponen musiman yang ditandai dengan panjang periode yang tidak konstan, yang dipengaruhi oleh perbedaan jumlah bulan maupun antar tahun [3].

Berkaitan dengan hal tersebut, pemilihan metode peramalan yang tepat menjadi kunci untuk menghasilkan prediksi yang representatif. Penelitian ini menerapkan dua pendekatan berbeda untuk meramalkan data terkait SDGs, yaitu metode ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi Factor. ARIMAX merupakan pengembangan dari model ARIMA dengan mempertimbangkan variabel eksogen yang relevan dalam mempengaruhi variabel target, sehingga dapat meningkatkan ketepatan hasil prediksi [4]. Sementara itu, metode Fuzzy Time Series Multi Factor mengintegrasikan logika fuzzy dan sejumlah variabel terkait untuk menangkap hubungan kompleks antar faktor dalam peramalan deret waktu [5].

Kedua metode tersebut diimplementasikan pada data ekonomi Indonesia yang diperoleh dari sumber resmi pemerintah, mencakup periode 2019 hingga 2024. Hasil peramalan dari masing-masing metode kemudian dievaluasi menggunakan metrik akurasi seperti Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Absolute Error (MAE), dan Root Mean Square Error (RMSE). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas kedua pendekatan dalam mendukung pencapaian target SDGs, khususnya pada indikator ekonomi yang terkait dengan tujuan ke-8.

## METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang tahapan penelitian yang akan dilakukan. Tahap pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan dataset melalui *website* Kementerian Perdagangan dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Selanjutnya dilakukan preprocessing data, yaitu tahap pengolahan data mentah agar siap digunakan dalam proses analisis selanjutnya. Kemudian dilakukan proses EDA, pada proses ini digunakan untuk memahami data, mengungkap pola, menemukan anomali. Setelah itu, dilakukan pengujian kestasioneran pada data untuk memastikan stabilitas statistik dalam deret waktu. Kemudian dilakukan peramalan dengan menggunakan dua pendekatan yaitu ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi-Factor. Hasil dari peramalan dengan dua metode tersebut kemudian dibandingkan berdasarkan metrik kinerja dengan menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Selanjutnya membandingkan dan menganalisis hasil dari peramalan dua metode diatas, mana metode yang paling cocok digunakan untuk peramalan data SDGs. Desain sistem penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain Sistem

### A. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data dari *website* Kementerian Perdagangan (Kemendag) dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, mencakup periode 2019 hingga 2024. Dataset terdiri dari beberapa variabel, dengan Nilai Tukar USD sebagai variabel utama yang menjadi fokus pemodelan. Variabel lainnya digunakan sebagai variabel eksogen, yaitu Inflasi, Total Ekspor Migas, serta variabel dummy yang merepresentasikan kondisi periode waktu sebelum pandemi COVID-19, saat pandemi, dan setelah pandemi. Variabel waktu dicatat dalam format Bulan.

### B. Preprocessing Dataset

Preprocessing data merupakan tahapan untuk mengolah data mentah menjadi data yang siap digunakan dan menghilangkan beberapa permasalahan yang bisa mengganggu pada saat proses selanjutnya. Adapun tahapan yang dilakukan pembersihan data dari *missing value* dan outlier.

### C. Exploratory Data Analysis EDA

*Exploratory Data Analysis* (EDA) merupakan tahap awal dalam analisis data yang bertujuan untuk memahami karakteristik data melalui identifikasi pola, deteksi anomali, serta pengujian asumsi dan hipotesis. Proses EDA dalam penelitian ini mencakup tiga langkah utama, yaitu ringkasan statistik deskriptif untuk menggambarkan tendensi sentral dan sebaran data, analisis korelasi guna mengevaluasi hubungan antar variabel menggunakan koefisien korelasi dan visualisasi korelasi, dan dekomposisi deret waktu untuk memisahkan data menjadi komponen tren, musiman, dan residual sehingga memudahkan pemahaman terhadap struktur temporal data.

### D. Pengecekan Kestasioneran

Pengecekan kestasioneran merupakan tahap krusial dalam analisis deret waktu untuk memastikan bahwa data memiliki rata-rata dan varians yang konstan sepanjang waktu. Tiga pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu visualisasi melalui plot Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF) untuk mengamati pola dan lag signifikan dalam data, uji statistik menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) dan Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) guna mengevaluasi keberadaan unit root dan kestasioneran secara kuantitatif, dan teknik differencing untuk menghilangkan tren dan menjadikan data stasioner, dengan cara menghitung selisih nilai antar periode [4].

### E. Pemodelan Metode ARIMAX

Model ARIMAX adalah pengembangan dari ARIMA yang melibatkan variabel eksogen yang memiliki pengaruh signifikan terhadap data dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi peramalan [6]. Dalam metode ini, variabel dependen yang biasa dikenal dengan  $Z_t$  seringkali dipengaruhi oleh variabel independen lainnya yaitu  $X_t$  atau variabel eksogen pada waktu ke  $t$ . Variabel eksogen adalah variabel independen yang nilainya tidak dipengaruhi oleh variabel lain di dalam model. Model ARIMAX memperhitungkan variabel eksogen tambahan untuk meningkatkan akurasi peramalan. Bentuk umum persamaan model ARIMAX sebagai berikut [7]:

$$(1 - B)^d \phi(B) Z_t = \theta_q(B) \varepsilon_t + \gamma_1 X_{1,t} + \dots + \gamma_r X_{r,t} \quad (1)$$

#### Keterangan

$B$	: Operator Backshift atau operator lag
$d$	: Tingkat Diferensiasi
$X_{1,t}, \dots, X_{r,t}$	: Variabel eksogen.
$Z_t$	: Nilai data pada waktu $t$ .
$\varepsilon_t$	: Error term ( <i>white noise</i> ) pada waktu ke $t$ .
$\gamma_1, \dots, \gamma_r$	: Koefisien untuk variabel eksogen.
$\phi_p(B)$	: Operator autoregressive (AR) dengan orde $p$ .
$\theta_q(B)$	: Operator moving average (MA) dengan orde $q$ .

### F. Pemodelan Metode Fuzzy Time Series Multi Factor

Fuzzy Time Series Multi Factor merupakan metode peramalan yang menggabungkan prinsip logika fuzzy dengan beberapa variabel yang saling memengaruhi untuk meningkatkan akurasi prediksi data deret waktu [8]. Prosesnya meliputi empat tahap utama, tahap pertama yaitu fuzzifikasi, yang mengubah data numerik menjadi bentuk fuzzy dengan mendefinisikan *universe of discourse* dan membaginya ke dalam himpunan fuzzy seperti "Rendah", "Sedang", dan "Tinggi" [9]. Tahap kedua yaitu pembentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR) untuk menangkap hubungan antar variabel menggunakan aturan fuzzy. Tahap ketiga yaitu integrasi multi-faktor, yakni penggabungan berbagai variabel relevan ke dalam model melalui aturan fuzzy yang mencerminkan interaksi antar faktor. Tahap keempat adalah defuzzifikasi, proses konversi hasil fuzzy menjadi nilai numerik konkret menggunakan metode seperti centroid [10].

### G. Peramalan

Setelah pemodelan ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi-Factor dilakukan, tahap selanjutnya adalah peramalan. Model ARIMAX digunakan untuk memprediksi berdasarkan parameter yang telah diestimasi dan variabel eksogen, sedangkan Fuzzy Time Series Multi-Factor memanfaatkan data historis dan aturan fuzzy yang telah dibentuk. Kedua model diterapkan pada data terbaru untuk menghasilkan prediksi, yang selanjutnya dapat dibandingkan untuk mengevaluasi akurasi dan efektivitas masing-masing metode.

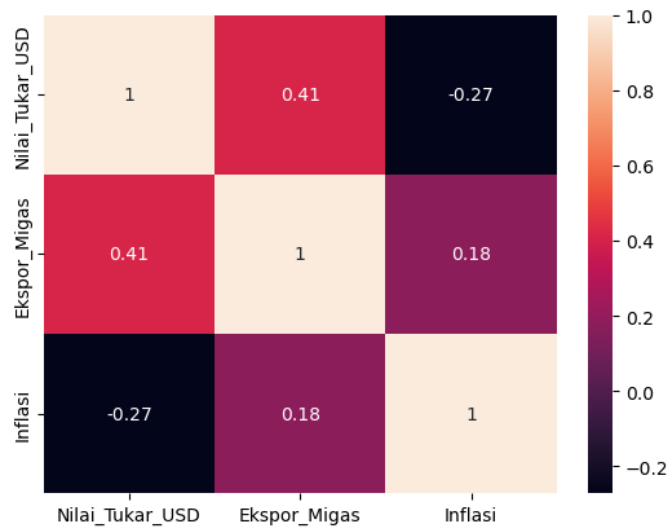
### H. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan dengan mengukur akurasi hasil peramalan menggunakan dua metrik, yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE digunakan untuk mengukur rata-rata persentase kesalahan absolut, yang memberikan interpretasi dalam bentuk persentase dan lebih mudah dibandingkan antar model. Kedua metrik ini digunakan untuk menilai kinerja model dalam menghasilkan prediksi yang mendekati nilai aktual secara kuantitatif. Semakin kecil nilai MAPE maka semakin akurat hasil peramalan [11].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Exploratory Data Analysis (EDA)

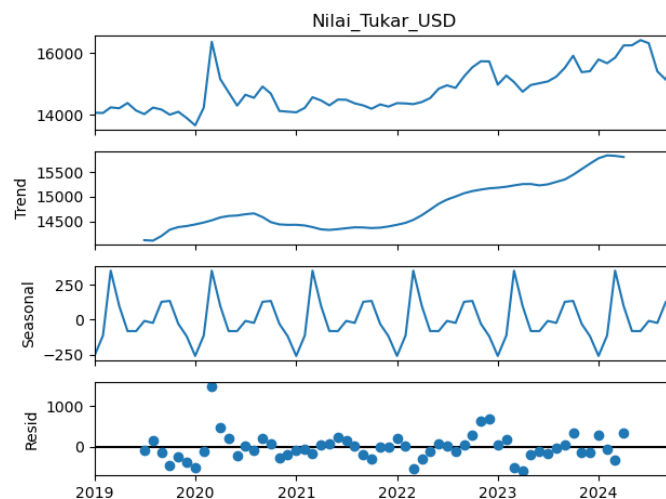
Sebelum melakukan pemodelan peramalan ekonomi, langkah awal yang dilakukan adalah Exploratory Data Analysis (EDA) untuk memahami hubungan antar variabel dalam dataset. Pada penelitian ini, EDA difokuskan pada variabel utama yaitu Nilai Tukar USD, serta variabel pendukung seperti Ekspor Migas dan Inflasi. Analisis korelasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat hubungan antar variabel tersebut, yang divisualisasikan melalui heatmap korelasi. Hasil visualisasi heatmap korelasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Heatmap Korelasi antara Ekspor Migas, Inflasi, dan Nilai Tukar USD

Gambar 2 menunjukkan matriks korelasi antara tiga variabel, yaitu Nilai Tukar USD, Ekspor Migas, dan Inflasi. Nilai korelasi berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan hubungan linier yang lebih kuat. Terlihat bahwa Ekspor Migas memiliki korelasi positif sedang dengan Nilai Tukar USD (0,41), dan korelasi positif lemah dengan Inflasi (0,18). Sementara itu, Nilai Tukar USD memiliki korelasi negatif lemah dengan Inflasi (-0,27). Hasil ini mengindikasikan adanya hubungan linier yang lemah hingga sedang antara variabel-variabel tersebut, yang dapat dipertimbangkan dalam analisis dan pemodelan peramalan ekonomi.

Kemudian dilakukan analisis dekomposisi deret waktu untuk memisahkan data menjadi beberapa komponen utama, yaitu tren, musiman (seasonal), dan residual. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola jangka panjang, efek musiman, dan fluktuasi acak yang dapat memengaruhi Nilai Tukar USD. Berikut adalah visualisasi hasil dekomposisi deret waktu Nilai Tukar USD ditunjukkan pada Gambar 3.

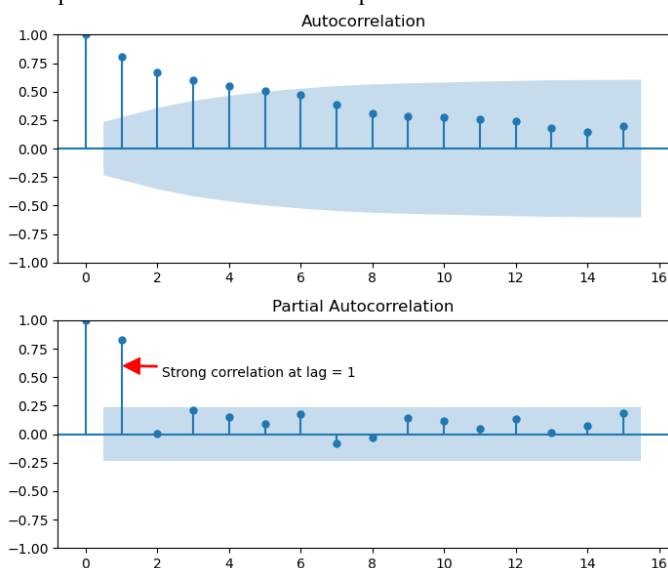


Gambar 3 Dekomposisi Deret Waktu Terhadap Data Nilai Tukar USD

Gambar 3 menunjukkan hasil dekomposisi deret waktu nilai tukar USD terhadap Rupiah untuk periode 2019-2024. Grafik pertama menampilkan data asli, sedangkan tiga grafik berikutnya masing-masing merepresentasikan komponen tren, musiman (seasonal), dan residual. Komponen tren menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai tukar secara bertahap dalam jangka panjang. Komponen musiman memperlihatkan pola berulang tahunan yang relatif konsisten, menandakan adanya pengaruh musiman terhadap nilai tukar. Sementara itu, komponen residual mencerminkan fluktuasi acak yang tidak dijelaskan oleh tren maupun musiman. Dekomposisi ini penting untuk memahami karakteristik data sebelum dilakukan pemodelan peramalan, khususnya untuk metode yang mensyaratkan data stasioner.

B. Hasil Pengecekan Kestasioneran Data

Kestasioneran data dievaluasi melalui analisis plot Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF), yang digunakan untuk mengidentifikasi pola autokorelasi, menentukan orde model ARIMAX, serta memahami dinamika hubungan antar variabel yang relevan untuk pendekatan Fuzzy Time Series Multi-Factor. Berikut adalah visualisasi hasil plot ACF dan PACF terhadap data Nilai Tukar USD ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Plot Autokorelasi (ACF) dan Parsial Autokorelasi (PACF) terhadap Data Nilai Tukar USD

Gambar 4 menunjukkan hasil plot ACF dan PACF terhadap data ekspor migas. Plot ACF menunjukkan korelasi antara nilai data dengan lag-nya pada berbagai tingkat keterlambatan. Terlihat bahwa korelasi secara bertahap menurun seiring bertambahnya lag, yang mengindikasikan adanya pola dalam data. Sementara itu, plot PACF menunjukkan korelasi parsial yang signifikan pada lag ke-1, yang menandakan adanya pengaruh kuat dari nilai sebelumnya terhadap nilai saat ini. Pola ini merupakan indikasi bahwa data mengandung komponen autoregresif dan belum sepenuhnya stasioner, sehingga perlu dilakukan transformasi seperti differencing sebelum pemodelan lebih lanjut. Analisis ACF dan PACF ini menjadi dasar penting dalam penentuan orde model ARIMA atau ARIMAX.

C. Pembagian Variasi Panjang Data

Dalam proses pelatihan dan pengujian model peramalan, panjang data yang digunakan dapat memengaruhi performa prediksi. Untuk menguji sensitivitas model terhadap variasi panjang data, dilakukan pembagian data pelatihan ke dalam enam variasi berbeda. Setiap variasi merepresentasikan jumlah data (dalam bulan) yang digunakan untuk melatih model, sementara data sisanya digunakan untuk pengujian. Strategi ini memungkinkan evaluasi apakah model tetap akurat dengan data pelatihan yang lebih pendek, serta mengidentifikasi batas optimal historis yang relevan untuk peramalan nilai tukar. Untuk menguji sensitivitas model terhadap panjang data historis, data pelatihan dibagi ke dalam enam periode berbeda. Periode terpanjang mencakup 60 bulan, dimulai dari Januari 2019 hingga Desember 2023. Selanjutnya, data pelatihan dipangkas secara bertahap menjadi 54 bulan (Juli 2019–Desember 2023), 48 bulan (Januari 2020–Desember 2023), 42 bulan (Juli 2020–Desember 2023), 36 bulan (Januari 2021–Desember 2023), dan yang terpendek adalah 30 bulan (Juli 2021–Desember 2023).

D. Pemodelan ARIMAX

ARIMAX (*Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables*) merupakan pengembangan dari model ARIMA yang memungkinkan integrasi variabel eksternal (*exogenous*) ke dalam proses pemodelan, dengan tujuan meningkatkan akurasi peramalan. Dalam implementasi ini, variabel seperti inflasi dan total ekspor migas digunakan sebagai input eksogen untuk memodelkan variabel target, yaitu nilai tukar USD. Pada penelitian ini, digunakan konfigurasi parameter model ( $p=0$ ,  $d=1$ ,  $q=1$ ) yang dipilih berdasarkan hasil tuning dan evaluasi performa model menggunakan nilai MAPE terendah. Setelah proses pemodelan menggunakan metode ARIMAX dengan mempertimbangkan variabel eksternal seperti inflasi dan total ekspor migas, langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan nilai tukar USD. Hasil peramalan dibandingkan dengan data aktual untuk mengevaluasi kinerja model ditunjukkan pada Table 1.

Table 1 Hasil Peramalan dengan Metode ARIMAX

Data Aktual	Rasio Data Train : Data Test					
	60:9	54:9	48:9	42:9	36:9	30:9
15.673	15.719,35	15.725,77	15.781,52	15.788,85	15.717,14	15.731,86
15.853	15.703,82	15.713,77	15.813,79	15.801,02	15.757,26	15.765,37
16.249	15.684,08	15.692,13	15.825,82	15.800,93	15.771,67	15.774,82
16.253	15.658,37	15.659,62	15.821,72	15.790,21	15.765,49	15.764,53
16.421	15.722,19	15.735,67	15.810,68	15.805,44	15.754,05	15.765,81
16.321	15.652,64	15.649,05	15.805,66	15.779,69	15.745,01	15.744,93
15.409	15.737,24	15.758,41	15.829,93	15.820,76	15.778,93	15.791,09
15.138	15.760,72	15.791,11	15.847,38	15.837,91	15.801,85	15.816,14
15.732	15.683,04	15.688,71	15.816,07	15.795,35	15.759,32	15.763,45

Berdasarkan Table 1, hasil peramalan menggunakan metode ARIMAX pada berbagai rasio pembagian data Train:Test menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan prediksi yang cukup mendekati nilai aktual. Secara umum, seluruh rasio memberikan performa yang relatif baik, namun rasio 48:9 menunjukkan tingkat akurasi yang lebih stabil dan konsisten dibandingkan rasio lainnya. Berikut plot hasil pemodelan terbaik nilai tukar USD menggunakan metode ARIMAX dengan rasio data latihan dan uji 48:9 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Peramalan Terbaik dengan Metode ARIMAX

E. Pemodelan ARIMAX With Dummy

Model ARIMAX with Dummy merupakan pengembangan lebih lanjut dari model ARIMAX dengan menambahkan variabel dummy yang merepresentasikan kondisi tertentu yang berpotensi memengaruhi nilai tukar USD secara struktural, seperti periode sebelum COVID-19, saat COVID-19, dan setelah COVID-19. Variabel dummy ini bersifat biner (bernilai 0 atau 1) dan bertujuan untuk menangkap perubahan mendadak atau efek diskrit yang tidak tercermin dalam variabel numerik biasa. Selain dummy, model ini juga menggunakan inflasi dan ekspor migas sebagai variabel eksogen tambahan yang dipilih berdasarkan korelasi terhadap variabel target. Setelah proses pemodelan menggunakan metode ARIMAX With Dummy, selanjutnya dilakukan peramalan nilai tukar USD. Hasil peramalan dibandingkan dengan data aktual untuk mengevaluasi kinerja model ditunjukkan pada Table 2.

Table 2 Hasil Peramalan dengan Metode ARIMAX With Dummy

Data Aktual	Rasio Data Train : Data Test					
	60:9	54:9	48:9	42:9	36:9	30:9
15.673	15.852,75	15.834,57	15.689,59	15.785,31	15.707,89	15.731,86
15.853	15.879,78	15.872,62	15.746,83	15.791,62	15.742,88	15.765,37
16.249	15.891,33	15.886,34	15.769,07	15.788,05	15.754,19	15.774,82
16.253	15.890,81	15.880,59	15.763,58	15.775,48	15.746,32	15.764,53
16.421	15.875,39	15.869,51	15.740,24	15.798,18	15.741,59	15.765,81
16.321	15.878,78	15.861,22	15.735,96	15.766,63	15.727,24	15.744,93
15.409	15.888,96	15.893	15.772,81	15.812,27	15.765,47	15.791,12
15.138	15.900,20	15.914,61	15.801,67	15.829,29	15.788,32	15.816,15
15.732	15.883,76	15.874,66	15.752,14	15.783,71	15.742,91	15.763,44

Berdasarkan Table 2, hasil peramalan dengan metode ARIMAX With Dummy menunjukkan bahwa semua rasio pembagian data menghasilkan prediksi yang relatif dekat dengan nilai aktual. Namun, rasio 60:9 menampilkan performa yang paling stabil dan mendekati data aktual secara konsisten. Berikut plot hasil pemodelan terbaik nilai tukar USD menggunakan metode ARIMAX With Dummy dengan rasio data latihan dan uji 60:9 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Peramalan Terbaik dengan Metode ARIMAX With Dummy

F. Pemodelan Fuzzy Time Series Multi-Factor

Fuzzy Time Series Multi-Factor adalah metode peramalan deret waktu yang menggabungkan logika fuzzy dengan pendekatan multi-faktor untuk menangkap ketidakpastian dan kompleksitas hubungan antar variabel. Dalam pemodelan ini, data numerik diubah ke dalam bentuk fuzzy melalui proses fuzzifikasi dengan mendefinisikan universe of discourse dan membaginya menjadi himpunan fuzzy seperti “Rendah”, “Sedang”, dan “Tinggi”. Selanjutnya, dibentuk hubungan logis fuzzy (Fuzzy Logical Relationships/FLR) dan dilakukan integrasi beberapa variabel relevan yang memengaruhi nilai tukar USD. Aturan fuzzy yang terbentuk digunakan untuk menghasilkan prediksi, yang kemudian dikonversi kembali ke bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi menggunakan metode seperti centroid. Pendekatan ini mampu menangani ketidakpastian dalam data dan memberikan interpretasi yang lebih fleksibel dibanding model statistik konvensional. Selanjutnya dilakukan peramalan nilai tukar USD. Hasil peramalan dibandingkan dengan data aktual untuk mengevaluasi kinerja model ditunjukkan pada Table 3.

Table 3 Hasil Peramalan dengan Metode Fuzzy TimeSeries Multi Factor

Data Aktual	Rasio Data Train : Data Test					
	60:9	54:9	48:9	42:9	36:9	30:9
15.673	15400,9	15555,5	15682,1	15366,4	15400,9	15400,9
15.853	15400,9	15555,5	15682,1	15366,4	15400,9	15400,9
16.249	15400,9	15555,5	15225,5	15366,4	15400,9	15400,9
16.253	15400,9	15555,5	15225,5	15366,4	15400,9	15400,9
16.421	15400,9	15555,5	15225,5	15366,4	15400,9	15400,9
16.321	15400,9	15555,5	15225,5	15366,4	15400,9	15400,9
15.409	15400,9	15555,5	15225,5	15366,4	15400,9	15400,9
15.138	15057,5	15014,5	15225,5	15000	15057,5	15057,5
15.732	15400,9	15555,5	15682,1	15366,4	15400,9	15400,9

Berdasarkan Tabel 3, hasil peramalan dengan metode Fuzzy Time Series Multi Factor menunjukkan bahwa rasio 60:9 dan 54:9 memberikan hasil prediksi yang paling mendekati nilai aktual secara konsisten. Berikut plot hasil pemodelan terbaik nilai tukar USD menggunakan metode Fuzzy Time Series Multi-Factor dengan rasio data latihan dan uji 60:9 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Peramalan Terbaik dengan Metode Fuzzy Time Series Multi-Factor

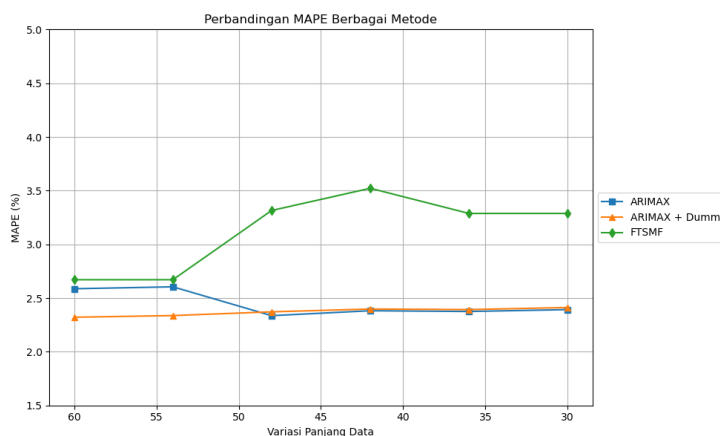
G. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk menilai akurasi peramalan dari tiga metode, ARIMAX, ARIMAX with Dummy, dan Fuzzy Time Series Multi-Factor. Metrik utama yang digunakan adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yang menghitung persentase kesalahan absolut rata-rata antara nilai prediksi dan aktual. MAPE dipilih karena memberikan interpretasi yang mudah dipahami dan memungkinkan perbandingan antar model. Hasil evaluasi ditampilkan dalam Table 4.

Table 4 Mape dari hasil peramalan

Rasio Data Train : Data Test	Akurasi MAPE		
	ARIMAX	ARIMAX With Dummy	Fuzzy Time Series Multi Factor
60:9	2.59%	2.32%	2.67%
54:9	2.6%	2.34%	2.67%
48:9	2.34%	2.37%	3.32%
42:9	2.38%	2.4%	3.52%
36:9	2.37%	2.39%	3.29%
30:9	2.39%	2.41%	3.29%

Berdasarkan hasil evaluasi pada Table 4, metode ARIMAX With Dummy menunjukkan akurasi peramalan terbaik secara konsisten, dengan nilai MAPE terendah sebesar 2.32% pada rasio data train:test 60:9. Metode ARIMAX, variasi panjang data train yang optimal adalah 48:9 dengan MAPE 2.34%, yang menunjukkan performa terbaik dibandingkan rasio lainnya. Sementara itu, metode Fuzzy Time Series Multi-Factor akurasi terbaiknya pada rasio data 60:9 dan 54:9, dengan nilai MAPE sebesar 2.67%. Oleh karena itu, pemilihan metode dan panjang data train sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi peramalan, di mana masing-masing metode memiliki konfigurasi optimal yang berbeda. Berikut plot perbandingan MAPE dari ketiga metode ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Evaluasi Model

Gambar 8 merupakan grafik perbandingan MAPE menunjukkan bahwa metode ARIMAX With Dummy menghasilkan nilai MAPE terendah. Metode ARIMAX juga menunjukkan performa yang cukup baik, dengan fluktuasi ringan namun tetap berada pada kisaran MAPE yang rendah. Sebaliknya, metode Fuzzy Time Series Multi Factor (FTSMF) mengalami peningkatan MAPE yang signifikan seiring penurunan panjang data train, menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap jumlah data dan ketidakstabilan dalam hasil peramalan.

Untuk menganalisis pengaruh panjang data terhadap akurasi peramalan, dilakukan regresi linier pada tiga model peramalan, yaitu ARIMAX, ARIMAX with Dummy, dan Fuzzy Time Series Multi-Factor. Regresi ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara panjang data (variabel independen) dengan akurasi peramalan yang diukur melalui nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Hasil dari analisis regresi yang dilakukan pada masing-masing model, termasuk gradien, p-value, serta nilai  $R^2$  dan  $R^2$  adjusted, dapat memberikan gambaran mengenai sejauh mana panjang data berpengaruh terhadap akurasi peramalan dalam setiap model yang diuji. Tabel berikut menunjukkan hasil regresi untuk ketiga model tersebut ditunjukkan pada Table 5.

Table 5 Hasil Regresi Model Peramalan

Model	Gradien ( $\beta_1$ )	p-value $\beta_1$	$R^2$	$R^2$ Adjusted	Signifikansi
ARIMAX	0.0079	0.085	0.564	0.455	Tidak Signifikan
ARIMAX with Dummy	-0.0030	<b>0.004</b>	0.902	0.878	<b>Signifikan</b>
FTSMF	-0.0246	0.081	0.574	0.468	Tidak Signifikan

Table 5 merupakan hasil regresi linier yang digunakan untuk menguji pengaruh panjang data terhadap MAPE, terlihat bahwa hanya model ARIMAX with Dummy yang menunjukkan pengaruh signifikan, dengan nilai gradien ( $\beta_1$ ) sebesar -0,0030 dan p-value 0,004, dimana p-value lebih kecil dari 0,05 menandakan bahwa variasi panjang data berpengaruh negatif terhadap MAPE. Model ini juga memiliki nilai  $R^2$  sebesar 0,902 dan  $R^2$  adjusted sebesar 0,878, yang menunjukkan bahwa 90,2% variasi MAPE dapat dijelaskan oleh panjang data dan variabel dummy. Sebaliknya, model ARIMAX dan Fuzzy Time Series Multi-Factor tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, dengan p-value masing-masing sebesar 0,085 dan 0,081, dimana p-value lebih besar dari 0,05. Model ARIMAX memiliki  $R^2$  adjusted sebesar 0,455, sedangkan FTSMF memiliki  $R^2$  adjusted sebesar 0,468 hal ini menunjukkan bahwa kedua model tersebut kurang baik dalam menjelaskan variasi MAPE. Dengan demikian, hanya model ARIMAX with Dummy yang secara statistik menunjukkan bahwa panjang data berpengaruh signifikan terhadap akurasi peramalan, yang tercermin dari nilai  $R^2$  dan p-value yang menunjukkan signifikansi pada taraf  $\alpha = 5\%$ .

## KESIMPULAN

Penelitian ini membandingkan kinerja metode ARIMAX, ARIMAX with Dummy, dan Fuzzy Time Series Multi-Factor untuk peramalan indikator ekonomi Indonesia periode 2019–2024, mendukung Sustainable Development Goals (SDG) 8: Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi. Data meliputi nilai tukar USD, inflasi, dan ekspor migas, diuji dengan enam variasi rasio data latih dan uji (30:9 hingga 60:9), dievaluasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil regresi menunjukkan bahwa model ARIMAX with Dummy memiliki pengaruh signifikan terhadap MAPE, dengan p-value sebesar 0,004 dan  $R^2$  adjusted sebesar 0,878, yang mengindikasikan bahwa panjang data secara signifikan mempengaruhi penurunan MAPE. Evaluasi model mengungkapkan bahwa ARIMAX with Dummy menghasilkan MAPE terendah sebesar 2,32% pada rasio 60:9, dibandingkan model ARIMAX (MAPE 2,34% pada rasio 48:9) dan Fuzzy Time Series Multi-Factor (MAPE antara 2,67% hingga 3,52%). Secara keseluruhan, ARIMAX with Dummy terbukti sebagai pendekatan yang lebih optimal untuk peramalan nilai tukar USD dan memberikan kontribusi signifikan terhadap kebijakan berbasis data yang mendukung pencapaian SDG 8.

## REFERENSI

- Prasetyo, B., & Wulandari, S. (2023). Sosialisasi Peran Pemuda dalam SDGs Tujuan 8 Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi Inklusif di Desa Junrejo Kecamatan Junrejo Kota Malang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 45-54. <https://bajangjournal.com/index.php/JPM/article/view/4374/3211>
- Suhendra, I. K., & Wijaya, R. (2024). SDGs KE-8: Tantangan dan Peluang dalam Mewujudkan Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi. *Musyteri Neraca: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 12(2), 110-124. <https://ejournal.warunayama.org/index.php/musytarineraca/article/view/8249/7413>
- Putra, A. R., & Santoso, B. (2022). Peramalan Banyaknya Pengunjung Pantai Glagah Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous (ARIMAX) dengan Efek Variasi Kalender. *Jurnal Statistika dan Komputasi*, 9(1), 21-30.
- Putra, A. R., & Santoso, B. (2022). Peramalan Menggunakan Model Hybrid ARIMAX-NN untuk Total Transaksi Pembayaran Nontunai. *Jurnal Variansi*, 5(1), 15-27.
- Khoirin, K., Setiawan, B. D., & Widodo, A. W. (2018). Peramalan Tingkat Produksi Gula Menggunakan Multi Factor Fuzzy Time Series yang Dioptimasi dengan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11), 2-6.
- Rahman, F., & Lestari, D. (2023). Penerapan Metode Autoregressive Integrated Moving Average untuk Memprediksi Penggunaan Barang Medis pada Logistik Medis Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 4(2), 50-60.
- Nugroho, H., & Santoso, T. (2024). Peramalan PDRB di Jawa Timur Menggunakan Model ARIMAX dengan Variabel Eksogen Ekspor-Impor. *Jurnal Matematika dan Statistik*, 10(1), 75-85.
- Sari, D. P., & Fadillah, N. (2023). Fuzzy Time Series Based on the Hybrid of FCM with CMBO Optimization Technique for High Water Prediction. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 17(3), 1234-1245.
- Zhang, R.-L., & Liu, X.-H. (2023). A Novel Hybrid SBM Clustering Method Based on Fuzzy Time Series. *IEEE Access*, 11, 60693-60706. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3273010>
- Hooda, D. S., & Raich, V. (2017). *Fuzzy Logic Models and Fuzzy Control: An Introduction*. Oxford: Alpha Science International Ltd.
- Wulandari, S., & Prasetyo, B. (2024). The Performance of the ARIMAX Model on Cooking Oil Price Data in Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 8(1), 55-65.