

PERAMALAN PDRB DI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN MODEL ARIMAX DENGAN VARIABEL EKSOGEN EKSPOR-IMPOR

Nada Salsabila*

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang, Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia

Affiati Oktaviarina

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang, Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia

e-mail: nada.20006@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

PDRB (Pendapatan Domestik Regional Bruto) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dimana pertumbuhan ekonomi merupakan tolak ukur kesejahteraan masyarakat. Faktor-faktor yang mempengaruhi PDRB adalah Ekspor-Impor. Ekspor-Impor berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap PDRB. Salah satu provinsi di Indonesia yang mengalami peningkatan pada PDRB ialah Jawa Timur. Dengan adanya fenomena peningkatan tersebut penelitian ini akan menerapkan model ARIMAX pada peramalan PDRB di Jawa Timur dengan variabel eksogen Ekspor - Impor. Model ARIMAX dapat mengkombinasikan beberapa data dan mengetahui hubungan antar variabel Y_t dan variabel X_t . Model ARIMAX adalah sebuah modifikasi dari metode ARIMA dengan penambahan variabel prediktor. Penentuan model ARIMAX dalam penelitian ini, menggunakan oleh metode Maximum Likelihood Estimation dalam proses estimasi parameternya. Nilai AIC digunakan dalam pemilihan model terbaik dan Nilai MAPE untuk mengukur akurasi data ramalan. Model ARIMAX yang dapat digunakan untuk peramalan PDRB di Jawa Timur adalah ARIMAX(0,2,1). Dimana model tersebut merupakan model terbaik karena sesuai dengan uji signifikansi dan diagnostik checking dengan nilai AIC adalah 892.62. Akurasi hasil peramalan pada data testing tergolong bagus karena memiliki nilai MAPE sebesar 1.76% atau 0.176. Hasil Peramalan pada periode selanjutnya yaitu pada tahun 2023 Kuartil III sampai 2025 Kuartil IV juga mengalami kenaikan secara perlahan.

Kata Kunci: PDRB, Jawa Timur, ARIMAX, Ekspor-Impor.

Abstract

GRDP (Gross Regional Domestic Income) is one of the factors that influences economic growth where economic growth is a measure of people's welfare. So it is important to increase GDP. The factors that influence GRDP are Export-Import. Export-Import has a positive and significant effect on GRDP. One of the provinces in Indonesia that has experienced an increase in GRDP is East Java. With this increasing phenomenon, this research will apply the ARIMAX model to forecasting GRDP in East Java with the exogenous variables Export - Import. The ARIMAX model can combine several data and understand the relationship between the Y_t variables and the X_t variables. The ARIMAX model is a modification of the ARIMA method with the addition of predictor variables. The determination of the ARIMAX model in this research was assisted by the Maximum Likelihood Estimation method in the parameter estimation process. The AIC value is used in selecting the best model and the MAPE value to measure the accuracy of the prediction data

Keywords: GDRP, East Java, ARIMAX, Export-Import

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di garis khatulistiwa. Indonesia juga terletak di Benua Asia tepatnya di Asia Tenggara dan menjadi salah satu anggota ASEAN (Association of Southeast Asian Nations). Sistem pemerintahan yang digunakan adalah Republik. Sistem ini sudah dianut sejak pertama kali Indonesia mengemukakan kemerdekaannya. Namun hingga saat ini Indonesia

sendiri masih tergolong dalam negara berkembang. Dimana banyak sekali masalah yang belum terselesaikan baik dari segi ekonomi, pendidikan maupun kesehatan.

Masalah ekonomi bisa dikurangi dengan meningkatkan kesejahteraan rakyat, salah satunya dengan meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Suatu negara dikatakan lebih baik apabila pertumbuhan ekonominya meningkat. Pertumbuhan ekonomi

adalah suatu perubahan kondisi perekonomian yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Menurut Sasono (2020) Pendapatan Domestik Bruto (PDB) berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Dimana PDB merupakan tolak ukur dalam kesejahteraan rakyat karena indikator dari PDB sendiri adalah pengeluaran konsumsi rumah tangga. Menurut Badan Pusat Statistik apabila pengeluaran konsumsi rumah tangga mengalami kenaikan maka kehidupan rumah tangga tersebut juga meningkat secara finansial. PDB di Indonesia sendiri mengalami kenaikan dari tahun sebelumnya yaitu sebesar 4.94 persen. Dimana hal tersebut menunjukkan bahwa kesejahteraan di Indonesia meningkat.

Sebelum meningkatkan pertumbuhan ekonomi pada suatu negara perlu juga meningkatkan pertumbuhan ekonomi pada wilayah. Romhadhoni et al. (2019) mengatakan bahwa Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) mempengaruhi pertumbuhan ekonomi secara positif dan signifikan. Untuk meningkatkan PDRB sendiri perlu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi PDRB. Faktor yang mempengaruhi PDRB diantaranya adalah ekspor-impor. Peran penting dari ekspor-impor dalam pertumbuhan perekonomian negara adalah Ekspor akan menghasilkan devisa yang akan digunakan untuk membiayai impor bahan baku dan barang modal yang diperlukan dalam proses produksi yang akan membentuk nilai tambah. Agregasi nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit produksi dalam perekonomian merupakan nilai Produk Domestik Bruto. Selain itu menurut Nofinawati et al. (2017) Ekspor-Impor berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap PDRB.

Salah satu provinsi di Indonesia yang mengalami peningkatan pada PDRB ialah Jawa Timur. Sehingga pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan rakyat di Jawa Timur juga ikut meningkat. Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur mencatat perekonomian di wilayah tersebut berdasarkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Berlaku (ADHB) mencapai Rp461048.23 miliar atau meningkat Rp12.038,39 miliar pada Triwulan II Tahun 2023. Dengan adanya fenomena peningkatan tersebut penelitian ini akan menerapkan model ARIMAX pada peramalan PDRB di Jawa Timur dengan variabel eksogen Ekspor - Impor. Penulis memilih model ARIMAX dikarenakan model

ARIMAX dapat mengkombinasikan beberapa data dan mengetahui hubungan antar variabel Y_t dan variabel X_t . Model ARIMAX adalah sebuah modifikasi dari metode ARIMA dengan penambahan variabel prediktor. Variabel prediktor yang digunakan pada penelitian ini adalah Ekspor - impor. Model ARIMAX juga digunakan pada penelitian Ugoh et al. (2021) pada PDB Nigeria dengan pemilihan model terbaik menggunakan nilai AIC terkecil dan BIC. Model yang didapat yaitu ARIMAX (0,1,1).

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan dan meramalkan PDRB. Penentuan model ARIMAX dalam penelitian ini, dibantu oleh metode Maximum Likelihood Estimation dalam proses estimasi parameter. Nilai AIC digunakan dalam pemilihan model terbaik dan Nilai MAPE untuk mengukur akurasi data ramalan.

KAJIAN TEORI

Time Series

Time series menurut Hanke & Wichern (2005) adalah kumpulan data pengamatan yang diurutkan berdasarkan waktu. Metode time series merupakan metode peramalan yang menggunakan pola hubungan antara variabel yang akan diestimasi dengan variabel waktu yang akan dianalisis. Peramalan data deret waktu memerlukan perhatian terhadap jenis atau pola datanya. Secara umum pola data deret waktu ada empat jenis, yaitu level, trend, musiman, dan periodisitas. Pola horizontal adalah kejadian acak yang tidak terduga, namun kejadiannya mempengaruhi fluktuasi data deret waktu. Pola tren adalah tren jangka panjang terhadap arah data, yang bisa meningkat atau menurun. Pola musiman merupakan fluktuasi data yang terjadi secara periodik dalam satu tahun, misalnya triwulanan, triwulanan, bulanan, mingguan, atau harian. Sedangkan pola siklus adalah situasi dimana data berfluktuasi dalam jangka waktu lebih dari satu tahun.

Uji Linieritas dan Multikolinieritas

Uji linieritas yang digunakan adalah uji RAMSEY reset adalah suatu tes statistik yang digunakan untuk menilai apakah ada indikasi bahwa data bersifat linier. Dengan kata lain, uji ini dirancang untuk mendeteksi apakah terdapat kebutuhan untuk

menambahkan variabel-variabel tambahan atau fungsi nonlinier ke dalam data. (Ramsey, 1969)..

Uji multikolinieritas yaitu uji VIF (*Variance Inflation Factor*). Uji multikolinieritas dilakukan untuk mengetahui apakah ada keterkaitan antar variabel. Karena keterkaitan antar variabel biasanya berpengaruh buruk terhadap prediksi yang akan dilakukan.

Stasioner

1. Stasioner sendiri terbagi menjadi 2 jenis (Wei, 2006). Stasioneritas terhadap means berarti fluktuasi data berkisar pada nilai rata-rata yang konstan. Untuk data yang tidak stasioner terhadap means akan dilakukan *differencing*. *Differencing* atau Pembeda adalah menghitung selisih nilai observasi atau nilai data satu ke data selanjutnya. Nilai selisih yang diperoleh di cek lagi kestasionerannya apabila belum stasioner maka dilakukan differencing kembali. Berikut proses *differencing* orde ke d(Wei, 2006):

$$W_t = (1 - B)^d y_t \tag{1}$$

Dengan:

- W_t = Data hasil *differencing*
- y_t = Data *time series* dalam waktu
- d = Orde *differencing*
- B = Operator shift mundur (*backward shift*)

2. Data deret waktu dianggap stasioner terhadap varian jika variansi disekitar rata-rata tersebut konstan diwaktu tertentu. Secara visual, hal ini dapat dilihat dengan menggunakan grafik deret waktu, yaitu dengan melihat data yang berfluktuasi dari waktu ke waktu. Selain itu juga bisa dilihat dari parameter lambda yang dimiliki. Sehingga untuk data time series yang tidak stasioner pada varians akan dilakukan transformasi Box-Cox dengan persamaan berikut(Wei, 2006):

$$T(y_t) = \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda} \text{ untuk } \lambda \neq 0 \tag{2}$$

Dengan λ menunjukkan parameter transformasi uji *Box-Cox*.

ACF dan PACF

1. Autocorrelation Function (ACF) merupakan fungsi yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi data time series untuk melihat stasioneritas dan menunjukkan hubungan linier

antara Z_t dan Z_{t+k} (Wei, 2006). Biasanya rumus fungsi autokorelasi adalah sebagai berikut:

$$\rho_k = \frac{cov(y_t, y_{t+k})}{\sqrt{var(Z_t)} \sqrt{var(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \tag{3}$$

Kovarians antara Z_t dengan Z_{t+k} adalah

$$\begin{aligned} \gamma_k &= cov(Z_t, Z_{t+k}) \\ &= E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu) \end{aligned} \tag{4}$$

Keterangan :

- γ_0 = var(Z_t) var(Z_{t+k})
- γ_k : fungsi autokovarians pada lag ke - k
- ρ_k : fungsi autokorelasi pada lag ke - k
- E : Operator Ekspektasi

2. PACF atau Partial of Autocorrelation Function adalah fungsi untuk mengukur tingkat keeratan hubungan atau korelasi antara Z_t dengan Z_{t+k} , setelah pengaruh dari selisih waktu (lag) 1, 2, 3, ..., k + 1 dianggap terpisah. Secara umum fungsi PACF sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\phi_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \phi_{kj} \hat{\rho}_{-1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \phi_{kj} \hat{\rho}_j} \tag{5}$$

Dimana: $\phi_{k+1,j} = \phi_{kj} - \phi_{k+1,k+1} \phi_{kk+1-j}$ untuk $j = 1,2,3, \dots, k$ dan $\hat{\rho}$ = autokorelasi sampel antara Z_t dan Z_{t+k} .

ARIMA

Autoregressive Integreted Moving Avarage (ARIMA) juga biasa dikenal dengan metode deret waktu Box-Jenkins. ARIMA menggunakan nilai variabel dependen masa lalu dan saat ini untuk menghasilkan perkiraan jangka pendek yang akurat. ARIMA baik digunakan jika pengamatan dalam rangkaian waktu berhubungan (berkorelasi) satu sama lain secara statistik. Secara umum, pemodelan ARIMA adalah pemodelan linier yang terdiri dari kombinasi model autoregressive (AR) dan moving average (MA), dan kombinasi model AR dan MA yang dibedakan pada data deret waktu. Model ARIMA ada dua jenis, yaitu ARIMA non musiman dengan orde d dan ARIMA musiman dengan orde D (Wei, 2006)

Menurut (Wei, 2006) dalam bukunya Model ARIMA non musiman dapat dituliskan sebagai ARIMA (p, d, q) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\phi(B)1 - B^d Z_t = \theta_0 - \theta_q(B) \alpha_t \tag{6}$$

Dengan:

- $\phi(B)$ = Koefisien komponen AR non musiman dengan derajat (p)
- $\theta_q(B)$ = Koefisien komponen MA non musiman dengan derajat (p)
- θ_0 = Koefisien tren deterministic
- α_t = Nilai residual pada saat t

Identifikasi ARIMA

Proses identifikasi model ARIMA meliputi identifikasi stasioneritas data, ACF dan PACF. Secara umum model deret waktu dapat diidentifikasi dengan melihat plot ACF dan plot PACF Menurut Bowerman & O'connell (1979), ciri-ciri model time series dapat dilihat dari bentuk atau pola plot ACF dan PACF. Identifikasi kriteria model time series berdasarkan plot ACF dan PACF pada table 2.2 berikut:

Tabel 1. Kriteria ACF dan PACF Model ARIMA Non Musiman

Proses	ACF	PACF
AR (p)	Turun mengikuti bentuk eksponensial atau gelombang sinus (<i>dies down</i>)	Terpotong setelah lag ke-p (<i>cut off after lag - p</i>)
MA (q)	Terpotong setelah lag ke-q (<i>cut off after lag - q</i>)	Turun mengikuti bentuk eksponensial atau gelombang sinus (<i>dies down</i>)
ARMA (p,q)	Terpotong setelah lag ke-q (<i>cut off after lag - q</i>)	Terpotong setelah lag ke-p (<i>cut off after lag - p</i>)
ARIMA (p,d,q)	Terpotong setelah lag ke-q (<i>cut off after lag - q</i>) dengan data yang sudah melalui proses <i>differencing</i>	Terpotong setelah lag ke-p (<i>cut off after lag - p</i>) dengan data yang sudah melalui proses <i>differencing</i>

ARIMAX

ARIMAX adalah pengembangan dari Model ARIMA dimana Model ARIMA tersebut dipengaruhi oleh variabel Xt. Variabel Yt dan Xt harus berhubungan atau terintegrasi untuk menjalankan bagian ARIMA dari pemodelan ARIMAX (Hamilton, 2020). Dapat disimpulkan bahwa ARIMAX adalah penggabungan antara model ARIMA dan regresi yang dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$(1 - B)^d \phi_p(B) Y_t = \theta_q(B) \varepsilon_t + \beta_1 X_{1,k} + \beta_2 X_{2,k} + \dots + \beta_t X_{t,k} \quad (7)$$

Dimana:

- Y_t = Variabel dependen
- B = Operator back shift dengan $BY_1 = Y_{t-1}$
- $\phi_p(B)$ = Parameter autoregressive
- $\theta_q(B)$ = Parameter moving average
- ε_t = error waktu ke t
- $(1 - B)$ = Order pembeda nonmusiman
- d = Pembeda nonmusiman
- β_k = Parameter ke-k pada X ke-k dengan $k=1,2,3,\dots,k$
- $X_{t,k}$ = Variabel Independen atau variabel eksogen ke=k pada saat ke-t dengan $= 1,2,3,\dots,k$ dan $t=1,2,3,\dots,t$

Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter

1. Maximum Likelihood Estimation(MLE) adalah estimasi parameter yang sering digunakan. Estimasi parameter pada MLE sendiri melalui 2 tahapan yaitu menentukan fungsi likelihood dan menentukan nilai estimasi atau taksiran yang memaksimalkan fungsi likelihood itu sendiri (Hamilton, 2020).
2. Uji yang digunakan pada uji signifikan parameter adalah uji hipotesis uji t. Dimana uji tersebut digunakan untuk mengetahui hasil perhitungan parameter model ARIMAX merupakan variabel yang berpengaruh secara signifikan atau tidak. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

$H_0 = 0$ (variabel a_{t-q} tidak berpengaruh pada Y_t)
 $H_1 \neq 1$ (variabel a_{t-q} berpengaruh pada Y_t)
 Dengan statistic uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}}{SE\hat{\theta}} \quad (8)$$

Dan

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}}{SE\hat{\phi}} \quad (9)$$

Dimana:

- $\hat{\theta}$: parameter MA
- $\hat{\phi}$: parameter AR

Daerah Kritis

Menolak H_0 saat $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-p}$ dengan adalah banyaknya parameter atau menolak H_0 disaat p value kurang dari nilai $\alpha = 0.05$ dan n adalah banyaknya pengamatan (Bowerman & O'connell, 1979).

Uji Asumsi White Noise

Suatu proses residual dikatakan White Noise apabila memiliki 2 sifat yaitu mempunyai varians yang konstan (identik) dan antar residual tidak saling berkorelasi (independen) dengan rata-rata nol. Uji asumsi white noise yang digunakan adalah uji Ljung Box (LBQ) dengan hipotesis sebagai berikut (Wei, 2006) :

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (residual bersifat white noise)

H_1 : minimal terdapat satu $\rho_k \neq 0$; untuk $k=1,2,\dots,k$ (residual tidak white noise)

Untuk statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^K (n - k)^{-1} \hat{\rho}_k^2 \tag{10}$$

Dengan :

- n = banyak pengamatan
- $\hat{\rho}_k$ = ACF residual pada lag ke - k
- K = maksimum lag

Daerah Kritis

Menolak H_0 ketika nilai $Q > X_{(1-\alpha);df=K-p-q}^2$ dengan nilai p dan q adalah orde dari ARIMA (p, d, q). Selain itu bisa diketahui dengan menggunakan p value yaitu tolak H_0 ketika p value $< \alpha$

Uji Distribusi Normal

Uji Normalitas dilakukan untuk menentukan kenormalan data yang dihasilkan. Uji Normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov (Kirkman, 1996). Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : $F(x) = F_0(X)$ (residual berdistribusi normal)

H_1 : $F(x) \neq F_0(X)$ (residual tidak berdistribusi normal)

Statistik uji yang digunakan:

$$D = \sup |S(x) - F_0(x)| \tag{11}$$

Dengan kriteria pengujian:

Tolak H_0 : $D_{uji} > D_{1-\alpha,n}^2$ atau Probabilitas $< (\alpha) = 0.05$,

dengan :

- $S(x)$ = fungsi peluang kumulatif yang

dihitung berdasarkan data sampel.

- $F_0(x)$ = fungsi peluang kumulatif dari distribusi normal.
- sup = nilai maksimum dari $|S(x) - F_0(x)|$

Pemilihan Model Terbaik

Pada analisis data deret waktu (time series) ada kemungkinan bahwa terdapat lebih dari satu model yang memiliki parameter yang signifikan yang memenuhi uji signifikansi parameter sehingga perlu adanya pemilihan model terbaik. Pemilihan model terbaik yang digunakan pada penelitian ini yaitu nilai AIC dan nilai MAPE

1. AIC

Salah satu cara untuk mendapatkan model terbaik yaitu berdasarkan nilai Akaike's Information Criteria (AIC) terkecil. Nilai AIC dapat menjelaskan kecocokan model dengan data yang ada dan nilai yang terjadi di masa mendatang (Akaike, 1974). Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai AIC:

$$AIC(M) = n \log \sigma^2 + 2M \tag{12}$$

Keterangan :

- σ^2 = varian dari residual model.
- M = banyaknya parameter pada model.
- n = banyak sisaan yang dapat dihitung dari suatu deret.

2. MAPE

Metode MAPE adalah penaksiran perbedaan antara data aktual dengan data hasil peramalan. Kemudian perbedaan tersebut diabsolutkan (bernilai mutlak) dan dihitung ke dalam bentuk persentase data aktualnya. Hasil perhitungan persentase diperoleh dari rata-ratanya (Hanke & Wichern, 2005). Nilai MAPE sendiri bisa dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MAPE = \frac{100/100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \tag{12}$$

Keterangan:

- X_t = Data aktual pada periode ke -t
- F_t = Data hasil ramalan pada periode ke -t
- n = Jumlah data yang digunakan
- t = Periode ke -t

Dari nilai MAPE yang didapat memiliki kriteria yang disimpulkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
Nilai MAPE < 0.1	Sangat Bagus
0.1 < Nilai MAPE < 0.2	Bagus
0.2 < Nilai MAPE < 0.5	Cukup Bagus

METODE

Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini akan menganalisa data numerik, uji hipotesis, mengidentifikasi pola data serta membuat prediksi.

Variabel Penelitian

Ada 3 variabel pada penelitian ini, yakni data PDRB di Jawa Timur sebagai variabel dependen yang dinotasikan pada penelitian ini sebagai variabel Y_t dan ekspor-impor sebagai variabel independen dinotasikan sebagai variabel $X_{k,t}$. Dengan ekspor adalah $X_{1,t}$ dan impor adalah $X_{2,t}$.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan sebagai objek penelitian adalah data sekunder dari publikasi BPS Jawa Timur yaitu data time series PDRB, ekspor-impor Jawa Timur dari tahun 2011 hingga 2023.

Teknik Analisis Data

Adapun tahapan analisis data pada penelitian ini melalui 2 tahap yaitu tahap pemodelan dan tahap peramalan.

1. Tahap Pemodelan

Pada tahap ini akan dilakukan pemodelan untuk menemukan model terbaik yang akan digunakan untuk peramalan periode selanjutnya. Tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- Pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari data series BPS lalu menentukan variabel Y_t dan variabel X_t
- Pembagian data training dan data testing dengan perbandingan data 80:20
- Uji Linieritas dan Uji Multikolinieritas
- Uji stasioner yang menggunakan uji ADF dan apabila hasil uji tidak stasioner terhadap means dilakukan differencing. Uji stasioner juga dilakukan terhadap

varians apabila tidak stasioner maka akan dilakukan transformasi Box-Cox.

- Identifikasi model menggunakan uji ACF dan PACF
- Penetapan beberapa model ARIMA
- Estimasi parameter model ARIMA metode yang digunakan MLE (Maximum Likelihood Estimation)
- Uji signifikansi parameter model ARIMA
- Diagnostik checking yang dilakukan dengan uji asumsi sisaan white noise dari model tersebut dengan menggunakan Uji Ljung Box (LBQ). Dan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Dimana hasil dari kedua uji tersebut harus lebih besar dari alpha yg digunakan.
- Pemilihan model ARIMA terbaik menggunakan nilai AIC
- Penerapan model ARIMA terhadap model ARIMAX
- Estimasi parameter model ARIMAX menggunakan metode MLE (Maximum Likelihood Estimation)
- Uji signifikansi parameter model ARIMAX
- Diagnostik checking yang dilakukan dengan uji asumsi sisaan white noise dari model tersebut dengan menggunakan Uji Ljung Box (LBQ). Dan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Dimana hasil dari kedua uji tersebut harus lebih besar dari alpha yg digunakan.
- Pemilihan model terbaik dilakukan dengan membandingkan Nilai AIC dan MAPE antara data aktual dan data peramalan

2. Tahap Peramalan

Tahap peramalan dilakukan guna menjawab rumusan masalah kedua. Sehingga akan dilakukan peramalan pada periode selanjutnya yaitu kuartil 4 2023 hingga kuartil 4 2025 dengan menggunakan model ARIMAX terbaik yang sudah didapat dari tahap pemodelan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan pembahasan terkait model peramalan PDRB Jawa Timur akan dijelaskan pada

bagian ini. Data PDRB kuartil 1 tahun 2010 sampai kuartil 4 tahun 2020 digunakan untuk memodelkan peramalan PDRB Jawa Timur. Metode pemodelan dan peramalan yang digunakan adalah ARIMAX dengan pemilihan model terbaik menggunakan kriteria AIC dan akurasi peramalan menggunakan perbandingan nilai MAPE dengan data testing. Data testing yang digunakan adalah data PDRB di Jawa Timur dari 2021 kuartil 1 sampai 2023 kuartil 3. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah PDRB sebagai variabel dependen (Y_t) dan Ekspor-Impor sebagai variabel independen (X_t). Gambaran data training secara umum dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3. Statistika Deskriptif Data Training

Variabel	N	S.Deviasi	Min	Max	Mean
PDRB	44	55712.49	238092	425192	333385
Ekspor	44	14.28106	98.66	143.59	123.96
Impor	44	14.33459	98.74	150.19	125.54

Dari Tabel 3 diketahui bahwa rata-rata PDRB di Jawa Timur sebesar 333385 miliar rupiah. Pendapatan paling maksimal terjadi pada tahun 2019 kuartil 3 dengan pendapatan 425192 miliar rupiah. Sedangkan pada tahun 2018 Ekspor-Impor memiliki data maksimal dengan ekspor sebesar 143.59 miliar rupiah dan 150,19 miliar rupiah untuk impor.

Tahap Pemodelan

Dimana tahap ini adalah proses pembentukan dan penentuan model terbaik ARIMAX untuk pemodelan PDRB di Jawa Timur.

1. Uji Linieritas dan Uji Multikolinieritas

Rangkuman hasil Uji Linieritas dan Uji Multikolinieritas ada pada tabel berikut:

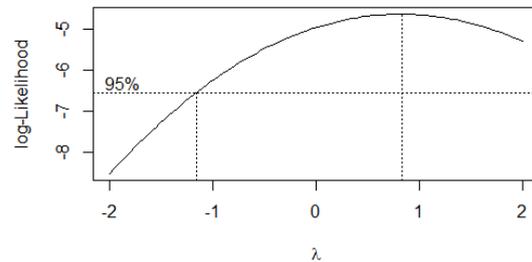
Tabel 4. Hasil Uji Linieritas dan Multikolinieritas

Uji	Nilai P-Value	Hasil Uji
Uji Linieritas	0.3674	Lulus
Uji Multikolinieritas	6.707791	Lulus

dari hasil Tabel 4 didapat bahwa variabel dependen dan independen memiliki keterhubungan karena p-value yang didapat pada uji linieritas adalah 0.3674. Dimana hal tersebut menandakan lolos uji linieritas. Antar variabel independen juga lolos dalam uji moltikolinieritas dikarenakan hasil perhitungan VIF < 10 yaitu 6.707791 pada masing-masing variabel independen.

2. Stasioner

Setelah lolos uji linieritas dan multikolinieritas, selanjutnya akan dilakukan uji kestasioneran data terhadap varian maupun mean. Parameter λ dengan menggunakan metode Maximum Likelihood pada data training menyatakan bahwa data tersebut sudah stasioner karena bernilai 0.8 yang menunjukkan bahwa nilai tersebut sudah mendekati 1. Hasil tersebut ada pada gambar berikut:



Gambar 1. Plot Nilai Lambda

Setelah stasioner terhadap varians maka akan diuji kestasioneran terhadap mean dengan menggunakan uji ADF. berikut hasil uji ADF dengan data sebelum dan sudah di differencing.

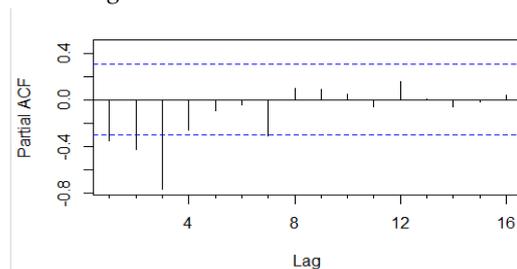
Tabel 5. Hasil Uji ADF

Orde Differencing	Nilai P-Value	Hasil Uji
0	0.99	Tidak Stasioner
1	0.7647	Tidak Stasioner
2	0.01	Stasioner

Tabel 5 menunjukkan bahwa data dapat dikatakan stasioner apabila telah *didifferencing* sebanyak 2 kali. Sehingga orde d pada model yang akan digunakan adalah 2.

3. Identifikasi Model

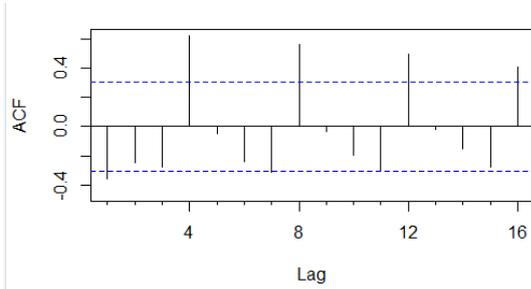
Identifikasi model dilakukan dengan plot ACF dan PACF. Berikut plot PACF yang dihasilkan oleh data *training*:



Gambar 2. Plot PACF

Gambar 2 dapat menjelaskan model AR atau orde q yang didapat, bahwa orde yang digunakan adalah 1,2,3. Karena cut off pada plot PACF berada pada lag

1,2 dan 3. Sedangkan orde MA dapat dilihat pada plot ACF. Pada gambar 3 diketahui bahwa plot mengalami cut off pada lag ke 1 sehingga orde MA yang akan digunakan adalah 1 dan persekitarannya yaitu 0 dan 2.



Gambar 3. Plot ACF

4. Estimasi dan Uji Signifiikansi Parameter

Estimasi parameter akan dilakukan dengan model yang sudah ditentukan sebelumnya yakni dengan dengan kandidat model diantaranya: ARIMA(0,2,1), ARIMA(0,2,2), ARIMA(0,2,3), ARIMA(1,2,0), ARIMA(1,2,1), ARIMA(1,2,2), ARIMA(1,2,3), ARIMA(2,2,0), ARIMA(2,2,1), ARIMA(2,2,2), ARIMA(2,2,3), ARIMA(3,2,0), ARIMA(3,2,1), ARIMA(3,2,2), ARIMA(3,2,3).

Dari beberapa kandidat model tersebut didapat bahwa hanya ada 6 model yang semua parameternya signifikan. Berikut adalah tabel estimasi parameter dengan menggunakan Maximum Likelihood dimana parameternya lolos uji signifikan:

Tabel 6. Estimasi Parameter

Model	Parameter	Koefisien
ARIMA(0,2,1)	θ_1	-0.999998
	θ_2	-1.47758
ARIMA(0,2,2)	θ_1	0.48777
	θ_2	-0.38255
ARIMA(1,2,0)	ϕ_1	-0.50268
	ϕ_2	-0.51680
ARIMA(2,2,0)	ϕ_1	0.0544011
	ϕ_2	-0.9994107
	θ_1	-1.0171240
ARIMA(2,2,3)	θ_2	1.0098556
	θ_3	-0.9916574
	ϕ_1	-0.862526
ARIMA(3,2,0)	ϕ_2	-0.831003
	ϕ_3	-0.913312
	θ_1	-0.999998

5. Uji Asumsi White Noise

Setalah melakukan uji signifikansi parameter. Model yang lolos uji tersebut akan di cek diagnosa residual dilakukan dengan menggunakan Uji Asumsi Residual White Noise.

Uji residu ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu model dengan parameter signifikan juga mempunyai residu yang bersifat white noise, yaitu memiliki varian yang konstan (identik) dan residunya tidak berkorelasi (independen) dengan mean nol. Uji asumsi white noise yang digunakan adalah uji Ljung Box (LBQ).

Tabel 7. Hasil Uji Asumsi White Noise

Model	P- Value	Kesimpulan
ARIMA(0,2,1)	0.3612	White Noise
ARIMA(0,2,2)	0.4055	White Noise
ARIMA(1,2,0)	0.2914	White Noise
ARIMA(2,2,0)	0.009564	Tidak White Noise
ARIMA(2,2,3)	0.02106	Tidak White Noise
ARIMA(3,2,0)	0.3869	White Noise

Hasil pada tabel 7 diketahui bahwa ada 2 model yang tidak bersifat white noise sehingga untuk uji distribusi normal hanya akan dilanjutkan dengan 4 model.

6. Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal dilakukan untuk menentukan kenormalan data yang dihasilkan. Uji distribusi normal yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Hasil uji akan ditampilkan pada table dibawah ini:

Tabel 8. Hasil Uji Distribusi Normal

Model	P- Value	Hasil
ARIMA(0,2,1)	0.2029	Bedistribusi Normal
ARIMA(0,2,2)	0.0208	Tidak Bedistribusi Normal
ARIMA(1,2,0)	0.0001	Tidak Bedistribusi Normal
ARIMA(3,2,0)	0.0000	Tidak Bedistribusi Normal

Pada tabel 8 diketahui bahwa model yang memiliki residual yang berdistribusi normal hanya ada satu sehingga model ARIMA(0,2,1) tersebut dapat menjadi model terbaik karena lulus atau sesuai dengan kriteria uji.

7. Penerapan Model ARIMAX

Model ARIMA yang diterapkan pada model ARIMAX adalah ARIMA(0,2,1). Sehingga akan dilakukan estimasi parameter dan uji signifikansinya juga uji residual pada model ARIMAX(0,2,1) dengan ekspor adalah $X_{1,t}$ dan impor adalah $X_{2,t}$. Hasil dari estimasi parameter dan uji signifikansinya.

Tabel 9. Hasil Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter

Model	Parameter	Coeff.	Sig.
ARIMAX(0,2,1)	θ_1	-1.000	0.00000
	β_1	-1219.81114	0.01225
	β_2	831.21911	0.03692

Dari Hasil Estimasi Parameter dan Uji signifikansi maka didapat model persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_t &= 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + \varepsilon_t + (-1)\varepsilon_{t-1} \\
 &+ (-1219.81114)X_{1,t} \\
 &+ 831.21911X_{2,t}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Uji residual juga akan dilakukan pada ARIMAX(0,2,1). Dengan menggunakan metode yang sama pada ARIMA(0,2,1) diperoleh hasil uji pada tabel 10

Tabel 10. Hasil Uji Residual

Model	White Noise	Distribusi Normal	Hasil
ARIMAX (0,2,1)	0.6021	0.4171	Lulus

Dari tabel 10 dapat diketahui bahwa ARIMAX(0,2,1) bersifat white noise dan berdistribusi normal. Sehingga dapat dijadikan sebagai model peramalan periode selanjutnya.

8. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai AIC dan MAPE antar beberapa model. Namun hanya satu model yang memenuhi seluruh pengujian, baik uji signifikansi parameter maupun uji residu, sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang dipilih merupakan model terbaik. ARIMAX(0,2,1) adalah satu-satunya model yang cocok untuk pengujian signifikansi parameter dan pengujian residu. Namun Nilai AIC dan MAPE tidak hanya digunakan dalam pemilihan model terbaik tetapi dalam kerja kedua metode tersebut dapat mengukur keakuratan peramalan. Sehingga nilai AIC dan MAPE akan tetap ditampilkan untuk mengukur akurasi data peramalan menggunakan data testing. Hasil akurasi peramalan terangkum pada tabel berikut:

Tabel 11. Nilai AIC dan MAPE

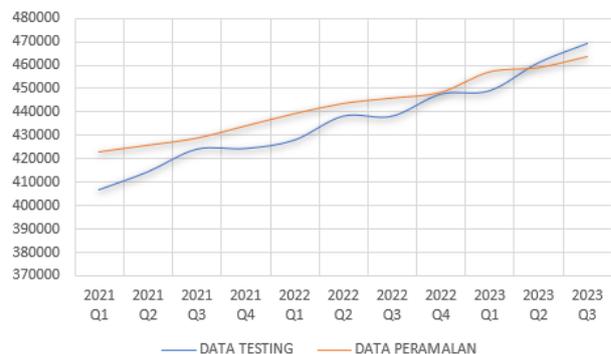
Model	Nilai AIC	Nilai MAPE
ARIMA (0,2,1)	892.62	0.176

Dari Tabel 11 didapat bahwa model ARIMAX(0,2,1) memiliki nilai AIC sebesar 892.62 dan memiliki akurasi data dengan nilai MAPE sebesar 1.76% atau 0.176. Nilai MAPE tersebut berada pada kriteria peramalan yang Bagus karena berada pada rentan $0.1 < \text{NilaiMAPE} < 0.2$. Hasil peramalan data testing akan ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 12. Hasil Peramalan Data Testing

Waktu	Data Testing	Data Peramalan
2021 Q1	406486.6	422760
2021 Q2	414172.3	425610.8
2021 Q3	423884.1	428612.3
2021 Q4	424206.5	433847.5
2022 Q1	427791.4	439051.7
2022 Q2	438116.1	443440.5
2022 Q3	438047.2	445750.2
2022 Q4	447583	448182
2023 Q1	449009.8	456946.6
2023 Q2	461048.2	458768.1
2023 Q3	469314.7	463484.6

Pada Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa baik data aktual maupun data peramalan mengalami kenaikan. Untuk mempermudah melihat kenaikan pada kedua data akan disajikan gambar grafik hasil data peramalan dengan data aktual. Berikut merupakan grafik data peramalan dan data testing.



Gambar 4. Perbandingan Data Testing dan Data Peramalan

Tahap Peramalan

Pada tahap ini akan dilakukan peramalan untuk periode selanjutnya yaitu pada kuartil 4 2023 hingga kuartil 4 2025. Peramalan dilakukan dengan model ARIMAX(0,2,1). Berikut hasil peramalan untuk periode selanjutnya.

Tabel 13. Hasil Peramalan

Tahun	Hasil Peramalan
2023 Q4	468346
2024 Q1	475716
2024 Q2	477018
2024 Q3	481091
2024 Q4	485194
2025 Q1	487316
2025 Q2	490859
2025 Q3	492504
2025 Q4	493169

Hasil peramalan pada periode kuartil 4 2023 hingga kuartil 4 2025 juga mengalami kenaikan yang dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 5. Hasil Peramalan

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dengan berbagai proses yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Model ARIMAX yang dapat digunakan untuk peramala PDRB di Jawa Timur adalah ARIMAX(0,2,1). Dimana model tersebut merupakan model terbaik karena sesuai dengan uji signifikansi dan diagnostik checking dengan nilai AIC adalah 892.62
2. Akurasi hasil peramalan pada data testing dapat dikatakan bagus karena memiliki nilai MAPE sebesar 1.76% atau 0.176. Pola trend hasil peramalan juga memiliki trend naik sama seperti data testing
3. Hasil Peramalan pada periode selanjutnya yaitu pada tahun 2023 Kuartil III sampai 2025 Kuartil IV juga mengalami kenaikan secara perlahan.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka diharapkan peneliti selanjutnya bisa menambah variabel eksogen untuk menambah keakuratan dalam peramalan namun tidak lupa memperhatikan keterhubungan dan keterkaitan antar variabel eksogen tersebut.

Selain itu untuk menambah ke akuratan hasil peramalan bisa menambahkan model residualnya dengan berbagai metode.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin menyampaikan rasa syukur dan apresiasi kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini. Tanpa kerjasama, dukungan, dan inspirasi dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana. Terima kasih kepada dosen pembimbing, serta semua yang memberikan dukungan saat penelitian ini berlangsung hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Badan Pusat Statistik. (n.d.). *No Title* (p. 2023). <https://www.bps.go.id/id>
- Bowerman, B. L., & O'connell, R. T. (1979). *Time Series and Forecasting*. Duxbury Press.
- Hamilton, J. D. (2020). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Hanke, J., & Wichern, D. W. (2005). *Business Forecasting*. Prentice-Hall.
- Kirkman, T. W. (1996). *Statistics to Use*.
- Nofinawati, N., Lubis, N. I., & Nasution, J. (2017). PENGARUH EKSPOR DAN IMPOR TERHADAP PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO (PDRB) PROVINSI SUMATERA UTARA TAHUN 2008-2015. *Al-Masharif: Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Keislaman*, 5(1). <https://doi.org/10.24952/masharif.v5i1.1415>
- Ramsey, J. B. (1969). Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 31(2). <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1969.tb00796.x>
- Romhadhoni, P., Faizah, D. Z., & Afifah, N. (2019). Pengaruh Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Daerah terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Matematika Integratif*, 14(2). <https://doi.org/10.24198/jmi.v14.n2.19262.113-120>
- Sasono, H. (2020). Analisa Pengaruh Tingkat Suku Bunga, Nilai Tukar, Inflasi, Harga Minyak

Dunia, Indeks Harga Saham Gabungan dan Produk Domestik Bruto Terhadap Pertumbuhan Ekonomi. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*.

<https://doi.org/10.25105/pakar.v0i0.6848>

Ugoh, C. I., Alice Uzuke, C., & Obioma Ugoh, D. (2021). Application of ARIMAX Model on Forecasting Nigeria's GDP. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 10(5).
<https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20211005.12>

Wei, W. W. S. (2006). Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition. In *Pearson Education, Inc.: Vol. SFB 373* (Issue Chapter 5).