

Pemodelan ARIMA Intervensi untuk Meramalkan Harga Minyak Mentah Dunia

INDAH LESTARI¹, BAGUS SUMARGO², FAROH LADAYYA³

^{1,2,3}Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta, Indonesia
e-mail: indahlestari_1314618001@mhs.unj.ac.id

ABSTRAK

Penurunan pada harga minyak mentah dunia terjadi sangat signifikan yang disebabkan oleh suatu intervensi, yaitu pandemi COVID-19. Peramalan harga minyak mentah dunia penting dilakukan untuk memberikan informasi terkait fluktuasi harga minyak mentah karena adanya ketidakpastian harga akibat adanya intervensi. Metode analisis intervensi merupakan metode yang cocok dalam memodelkan dan meramalkan data deret waktu yang dipengaruhi oleh intervensi. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan model intervensi terbaik dan hasil peramalan harga minyak mentah dunia menggunakan model intervensi terbaik. Tahapan analisis intervensi yaitu membagi data menjadi data sebelum intervensi dan data saat intervensi sampai data pengamatan terakhir. Pada data sebelum intervensi digunakan untuk pemodelan ARIMA. Sisaan pada model ARIMA berdasarkan data sebelum intervensi tersebut digunakan untuk identifikasi orde intervensi. Selanjutnya adalah melakukan pendugaan parameter, uji diagnostik, dan melakukan peramalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model intervensi terbaik adalah model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, $r=1$ yang artinya pembedaan data harga minyak mentah dunia dilakukan sebanyak 2 kali, data suatu periode dipengaruhi oleh nilai sisaan 2 periode sebelumnya, serta dipengaruhi oleh orde intervensi $b=0$, $s=0$, $r=1$. Hasil peramalan harga minyak mentah dunia menggunakan model intervensi terbaik menghasilkan harga minyak mentah dunia yang cenderung konstan dengan harga berkisar antara 78 sampai 86 dollar AS per barel dengan MAPE yaitu 9,29%, artinya kemampuan model dalam melakukan peramalan sangat baik.

Kata Kunci: Model Intervensi, ARIMA, Harga Minyak Mentah Dunia, COVID-19.

ABSTRACT

The decline in world crude oil prices was very significant due to an intervention, namely the COVID-19 pandemic. Forecasting world crude oil prices is important to provide information regarding fluctuations in crude oil prices due to price demands due to intervention. The intervention analysis method is a suitable method in modeling and predicting data with time that is affected by the intervention. The aim of this research is to get the best intervention model and the results of world crude oil price forecasting using the best intervention model. The stage of intervention analysis is to divide the data into data before the intervention and data during the intervention until the last observation data. The data before the intervention was used for ARIMA modeling. The residuals in the ARIMA model based on data before the intervention are used for information on the order of the intervention. Next is parameter estimation, diagnostic testing, and forecasting. The results showed that the best intervention model was the ARIMA(0,2,2) " $b=0$ ", " $s=0$ ", " $r=1$ " intervention model, which means that the world crude oil price data was differentiated 2 times, one data period is influenced by the residual values of the previous 2 periods, and is influenced by interventions of order $b=0$, $s=0$, $r=1$. The results of forecasting world crude oil prices using the best intervention model produce world crude oil prices that tend to be constant with prices ranging from 78 to 86 US dollars per barrel with a MAPE of 9.29%, meaning that the model's ability to forecast is very good.

Keywords: Intervention Model, ARIMA, World Crude Oil Prices, COVID-19.

1. PENDAHULUAN

Awal tahun 2020, dunia digemparkan oleh adanya wabah virus corona (COVID-19). Virus corona artinya virus yang menular dari makhluk hidup ke makhluk hidup lainnya yang bisa mengakibatkan kematian. Untuk pertama kalinya, virus corona teridentifikasi di Wuhan, China pada akhir tahun 2019. Badan Kesehatan Dunia (WHO) mengumumkan bahwa COVID-19 adalah suatu pandemi pada 09 Maret 2020, sehingga dapat dikatakan bahwa COVID-19 sudah menyebar di seluruh dunia (covid19.go.id, 2020). Pada awal tahun 2021, akumulasi kejadian positif COVID-19 di dunia mencapai 84.349.523 jiwa (Worldometers, 2021). Adanya pandemic COVID-19 ini membawa dampak terhadap berbagai jenis aspek kehidupan, salah satunya aspek perekonomian. Harga minyak mentah dunia adalah salah satu dari aspek dalam perekonomian yang terdampak oleh adanya pandemi COVID-19.

Pada masa sebelum terjadinya pandemi COVID-19, harga minyak mentah dunia tidak mengalami penurunan ataupun peningkatan yang sangat signifikan, tetapi setelah terjadinya pandemi COVID-19 harga minyak mentah dunia mengalami penurunan yang sangat signifikan (OPEC, 2020). Adanya pandemi COVID-19 menyebabkan minimnya permintaan minyak mentah dunia akibat *lockdown* yang berlangsung di sebagian besar negara di dunia serta memperlambat pergerakan masyarakat. Menurunnya harga minyak mentah dunia ini terjadi karena penurunan permintaan minyak mentah dunia secara global. Dilansir dari portal berita Liputan 6 Indonesia, harga minyak mentah dunia mengalami penurunan sebesar **22,5%** pada perdagangan terakhir di tahun 2020 (Ramadhani, P., 2021). Oleh karena itu, kondisi yang demikian tersebut dapat menjelaskan bahwa pandemi COVID-19 merupakan suatu kejadian diluar kendali atau disebut sebagai intervensi, dimana intervensi tersebut mengakibatkan harga minyak mentah dunia mengalami penurunan yang sangat signifikan.

Harga minyak mentah dunia yang mengalami penurunan tidak hanya akan memiliki dampak positif seperti misalnya harga bahan bakar minyak (BBM) yang juga ikut menurun, tetapi hal ini juga akan menimbulkan dampak negatif berupa melemahnya pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi juga memiliki dampak terhadap kualitas lingkungan. Hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kualitas lingkungan dapat digambarkan sebagai kurva 'U terbalik', dimana kurva tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan ekonomi pada awalnya diikuti dengan memburuknya kualitas lingkungan sampai pada titik tertentu, tetapi kemudian diikuti dengan meningkatnya kualitas lingkungan (Sumargo & Fadlilah, 2019). Penurunan tajam pada harga minyak mentah dunia juga berpeluang menyebabkan resesi ekonomi, hal ini karena turunnya harga minyak mentah dunia membuat harga komoditas ekspor ikut menurun (Iskana, F., 2020).

Usaha untuk mengatasi kemungkinan fluktuasi harga minyak mentah dunia di masa pandemi adalah dengan melakukan peramalan. Metode dalam melakukan peramalan pada data deret waktu salah satunya adalah metode ARIMA. Namun, dalam kondisi tertentu peramalan data deret waktu dapat dipengaruhi juga oleh suatu peubah berupa suatu kejadian atau kondisi khusus yang terjadi di luar kendali. Kejadian tersebut dapat berupa perubahan kebijakan, krisis, atau faktor eksternal lainnya yang dinamakan intervensi (Wei, 2006). Intervensi akan menyebabkan kestasioneran terhadap ragam dan rata-rata data deret waktu tidak terpenuhi (Sari et al., 2016). Selain itu, intervensi juga dapat membuat model ARIMA yang dihasilkan menjadi tidak akurat serta peramalannya menghasilkan nilai galat yang besar. Oleh karena itu, analisis intervensi merupakan metode yang sesuai untuk menganalisis data deret waktu yang mengalami intervensi.

Analisis intervensi terdiri atas dua jenis intervensi, yaitu intervensi fungsi *pulse* dan intervensi fungsi *step* (Wei, 2006). Intervensi fungsi *pulse* adalah intervensi yang terjadinya hanya dalam suatu waktu tertentu, sedangkan intervensi fungsi *step* adalah intervensi yang terjadinya dalam waktu yang panjang. Penelitian terdahulu mengenai analisis intervensi telah banyak dilakukan, antara lain yaitu yang dilakukan oleh (Etuk, 2017) tentang analisis ARIMA intervensi dampak resesi ekonomi di Nigeria terhadap nilai tukar bulanan Afrika Tengah dan Nigeria. Selanjutnya ada juga penelitian lainnya oleh (Efendi et al., 2009) tentang model intervensi dampak terorism bom Bali terhadap industri pariwisata di Indonesia, serta penelitian yang berkaitan dengan intervensi karena adanya COVID-19 yang dilakukan oleh (Zukrianto et al., 2021) yaitu peramalan indeks saham LQ45 pada masa pandemi COVID-19. Oleh karena itu, analisis intervensi diduga dapat digunakan untuk memodelkan dan meramalkan harga minyak mentah dunia pada kondisi pandemi COVID-19, yang mana pandemi COVID-19 adalah intervensinya.

2. METODE PENELITIAN

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari *website* <https://www.mobile.opec.org> yaitu data harian dari harga minyak mentah dunia pada periode Januari 2018 sampai dengan Maret 2022. Data yang digunakan sebanyak 1092 data, dengan data latih sebanyak 964 data (88,2%) yaitu dari Januari 2018 sampai dengan September 2021 dan data uji sebanyak 128 data (11,8%) yaitu dari Oktober 2021 sampai dengan Maret 2022.

Model Intervensi

Model intervensi adalah suatu model yang digunakan dalam memodelkan dan meramalkan data deret waktu yang dipengaruhi oleh suatu kejadian baik internal maupun eksternal sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan atau penurunan data yang sangat signifikan (Wei, 2006). Model intervensi adalah gabungan dari model ARIMA data sebelum intervensi dan fungsi dari suatu peubah intervensi. Model intervensi adalah sebagai berikut (Iswari, 2021).

$$Z_t = f(I_t) + Y_t \quad \dots (1)$$

dimana :

- Z_t : data pengamatan pada waktu ke- t
- Y_t : model ARIMA data sebelum intervensi
- $f(I_t)$: fungsi peubah intervensi

Fungsi peubah intervensi $f(I_t)$ menjelaskan besar dan lamanya pengaruh intervensi terhadap data deret waktu. Fungsi peubah intervensi dirumuskan sebagai berikut:

$$f(I_t) = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^b I_t \quad \dots (2)$$

dimana :

- $\omega_s(B)$: $(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s)$, operator orde s
- $\delta_r(B)$: $(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r)$, operator orde r
- I_t : peubah intervensi
- ω : besarnya kenaikan atau penurunan lag
- δ : kerusakan akibat pengaruh intervensi
- b, s, r : orde intervensi

Peubah intervensi terdiri atas dua jenis, yaitu fungsi *pulse* dan *step* (Wei 2006). Intervensi fungsi *pulse* adalah bentuk intervensi yang terjadi hanya dalam suatu waktu tertentu. Peubah intervensi fungsi *pulse* dirumuskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$I_t = P_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t \neq T \\ 1, & t = T \end{cases} \quad \dots (3)$$

Intervensi fungsi *step* adalah bentuk intervensi yang terjadi dalam kurun waktu yang panjang. Intervensi yang dibahas dalam penelitian ini adalah intervensi fungsi *step*. Peubah intervensi fungsi *step* dirumuskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$I_t = S_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t < T \\ 1, & t \geq T \end{cases} \quad \dots (4)$$

dengan T merupakan waktu mulai terjadinya intervensi. Persamaan model intervensi fungsi *step* berdasarkan persamaan (1), (2), dan (4) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Z_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^b S_t^{(T)} + Y_t \quad \dots (5)$$

Identifikasi Orde Intervensi

Identifikasi orde intervensi menggunakan grafik respon sisaan intervensi memiliki ketentuan sebagai berikut (Iswari, 2021):

- Orde b merupakan jumlah periode waktu tunda sebelum efek intervensi mempengaruhi data deret waktu. Data deret waktu yang mulai dipengaruhi oleh dampak intervensi ditandai dengan sisaan yang keluar dari batas signifikansi grafik respon sisaan. Orde b bernilai nol, jika dampak intervensi langsung terasa pada saat terjadi intervensi. Orde b bernilai satu, jika dampak intervensi terasa satu periode setelah terjadinya intervensi, dan seterusnya.
- Orde s merupakan lamanya waktu intervensi hingga respon sisaan selanjutnya mulai mengalami penurunan atau lebih kecil dari *lag* sebelumnya. Jika intervensi terjadi pada waktu ke- T dan pada saat $T+1$ respon sisaan tidak lebih kecil dari waktu ke- T , kemudian pada waktu $T+2$ respon sisaan lebih kecil dari waktu sebelumnya yaitu waktu ke- $T+1$, maka orde s akan bernilai satu.
- Orde r merupakan pola dari grafik respon sisaan intervensi. Jika grafik respon sisaan tidak membentuk pola apapun, maka orde $r=0$. Jika grafik sisaan membentuk pola eksponensial, maka orde $r=1$. Jika grafik sisaan membentuk pola sinus atau cosinus, maka orde $r=2$.

Pemeriksaan Diagnostik Model

Pemeriksaan diagnostik model digunakan untuk melihat kelayakan model yang sudah diidentifikasi. Pemeriksaan diagnostic model meliputi uji kebebasan sisaan dan uji kenormalan sisaan.

- Uji Kebebasan Sisaan

Uji kebebasan sisaan menggunakan uji Ljung-Box. Hipotesis dalam uji Ljung-Box adalah sebagai berikut (Montgomery et al., 2015).

H_0 : tidak ada autokorelasi pada sisaan

H_1 : terjadi autokorelasi pada sisaan

Statistik uji dalam uji Ljung-Box adalah (Montgomery et al., 2015).

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \quad \dots (6)$$

dimana:

n : banyaknya data pengamatan pada data deret waktu

K : *lag* maksimum

k : *lag* ke- k

$\hat{\rho}_k^2$: koefisien autokorelasi sisaan pada *lag* ke- k

Kriteria pengujian pada uji *Ljung-Box* yaitu terima H_0 jika nilai Q kurang dari nilai $X_{\alpha, df=k-p-q}^2$ atau *p-value* lebih dari nilai α , artinya tidak terdapat autokorelasi sisaan pada model.

- Uji Kenormalan Sisaan

Uji kenormalan sisaan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* (Daniel, 2000). Hipotesis uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut (Daniel, 2000):

H_0 : sisaan berdistribusi normal

H_1 : sisaan tidak berdistribusi normal

Statistik uji dalam uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah:

$$D = \text{Sup}_x |F(x) - F_0(x)| \quad \dots (7)$$

dimana:

$F_0(x)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel

$F(x)$: fungsi peluang kumulatif distribusi normal

Sup_x : Nilai maksimum $|F(x) - F_0(x)|$

Kriteria pengujian adalah terima H_0 jika nilai D kurang dari nilai statistik *Kolmogorov-Smirnov* atau *p-value* lebih dari α , artinya sisaan berdistribusi normal.

Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Kriteria pemilihan model terbaik ditentukan oleh nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC), *Bayesian Information Criterion* (BIC), dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Model terbaik adalah model dengan nilai AIC, BIC, dan RMSE terkecil (Iswari, 2021).

Rumus AIC, BIC, dan RMSE sebagai berikut (Montgomery et al., 2015):

$$AIC = \ln \frac{\sum_{t=1}^n a_t^2}{n} + \frac{2h}{n} \quad \dots (8)$$

$$BIC = \ln \frac{\sum_{t=1}^n a_t^2}{n} + \frac{h \ln(n)}{n} \quad \dots (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (z_t - \hat{z}_t)^2}{n}} \quad \dots (10)$$

dengan:

n : banyaknya data

$\sum_{t=1}^n a_t^2$: jumlah sisaan kuadrat

h : banyaknya parameter pada model

Ukuran Akurasi Peramalan Model

Ukuran akurasi peramalan dapat menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) (Iswari, 2021). Semakin kecil nilai MAPE menunjukkan hasil peramalan dari model semakin mendekati nilai aktual. Rumus MAPE dan sebagai berikut (Montgomery et al., 2015):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{z_t - \hat{z}_t}{z_t} \right| \times 100\% \quad \dots (11)$$

dimana :

z_t : nilai pengamatan pada waktu ke- t

\hat{z}_t : nilai hasil peramalan pada waktu ke- t

n : banyaknya data pengamatan

t : 1,2,3.., n

Selang nilai MAPE sebagai ukuran kemampuan dari model melakukan peramalan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Signifikansi Nilai MAPE

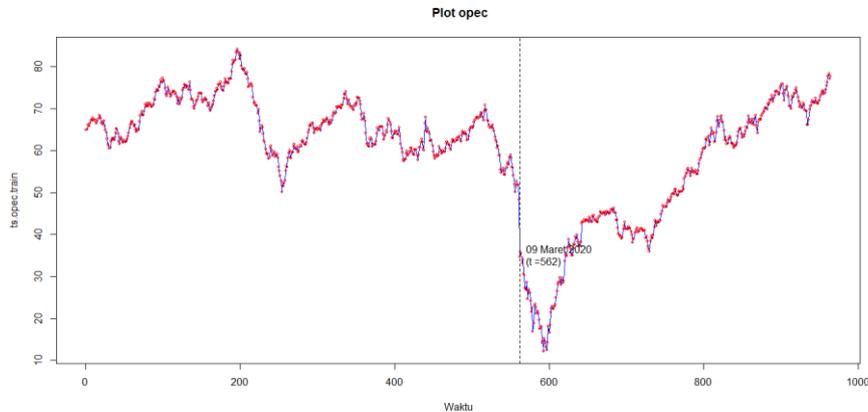
Selang MAPE	Signifikansi
< 10%	Kemampuan peramalan yang sangat baik
10% - 20%	Kemampuan peramalan yang baik
20% - 50%	Kemampuan peramalan yang layak
> 50%	Kemampuan peramalan yang buruk

Sumber : Chang et al., 2007

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Harga Minyak Mentah Dunia

Intervensi yang terjadi pada penelitian ini adalah intervensi akibat adanya pandemi COVID-19. Intervensi ini mengakibatkan harga minyak mentah dunia mengalami penurunan yang sangat signifikan.



Gambar 1. Plot Data Deret Waktu Harga Minyak Mentah Dunia

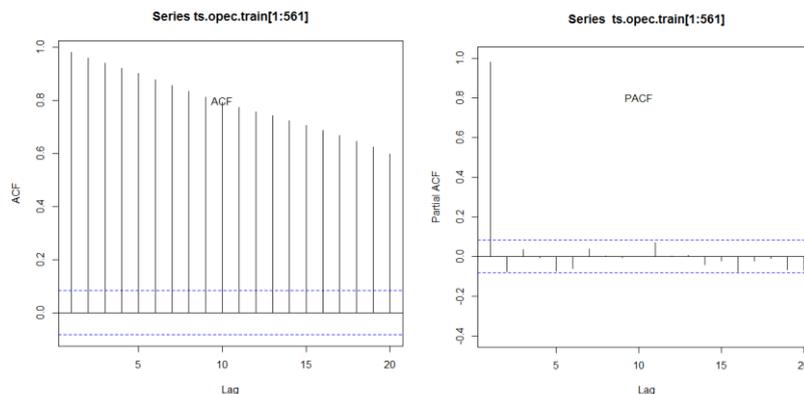
Dari Gambar 1 terlihat bahwa plot dari data deret waktu harga harian minyak mentah dunia mengalami penurunan yang cukup tajam pada tanggal 09 Maret 2020 ($T=562$), dimana pada tanggal tersebut merupakan tanggal dimana WHO secara resmi mengumumkan bahwa COVID-19 merupakan suatu pandemi global. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa data deret waktu harian harga minyak mentah dunia tidak mengandung pola musiman. Hal tersebut terlihat dari plot data yang tidak menunjukkan adanya fluktuasi dari hari ke hari dan tidak menunjukkan pola yang berulang.

Pemodelan ARIMA

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan ARIMA pada data sebelum intervensi. Data sebelum intervensi pada penelitian ini yaitu dari tanggal 02 Januari 2018 sampai dengan 06 Maret 2020 atau pada saat $T=1$ sampai $T=561$.

1. Uji Kestasioneran Data

Kestasioneran data deret waktu terdiri atas kestasioneran terhadap rata-rata dan kestasioneran terhadap ragam. Pemeriksaan kestasioneran terhadap rata-rata dan ragam data sebelum intervensi dapat dilakukan melalui uji eksplorasi dan uji formal. Untuk melakukan uji kestasioneran terhadap rata-rata melalui uji eksplorasi, dapat dilakukan dengan melihat plot dari ACF dan PACF data sebelum intervensi.



Gambar 2. Plot ACF dan PACF Data Sebelum Intervensi

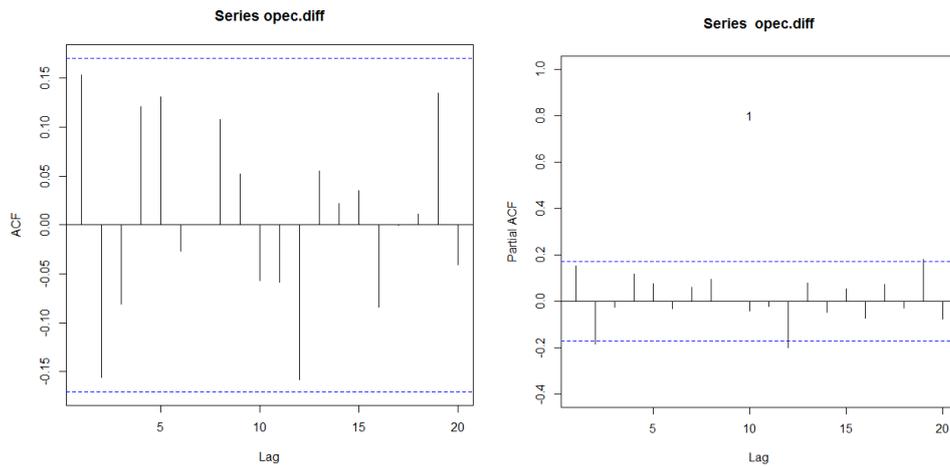
Pada Gambar 2 terlihat bahwa plot ACF menurun secara perlahan yang menunjukkan bahwa data sebelum intervensi belum stasioner terhadap rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran terhadap rata-rata juga dilakukan dengan uji formal, yaitu uji ADF.

Tabel 2. Uji ADF Data Sebelum Intervensi

	<i>p-value</i>
Uji ADF	0,4484

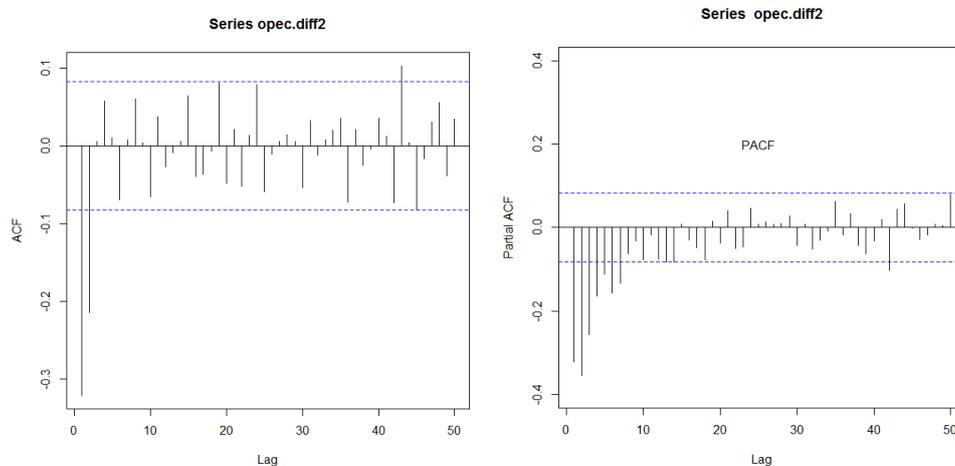
Sumber : Data diolah, 2022

Hasil uji ADF menunjukkan data sebelum intervensi belum stasioner terhadap rata-rata karena nilai *p-value* yang dihasilkan sebesar 0,4484 dimana nilai tersebut lebih besar dari taraf nyata 0,05. Data yang tidak stasioner terhadap rata-rata tersebut kemudian akan distasionerkan dengan melakukan *differencing* (pembedaan) orde ke-1.



Gambar 3. Plot ACF dan PACF Data Sebelum Intervensi *Differencing* ke-1

Plot ACF dan PACF dari data hasil *differencing* ke-1 menunjukkan pola data yang sudah stasioner dalam rata-rata, tetapi jika dilihat dari *lag*-nya maka tidak ada *lag* yang signifikan atau melewati batas signifikansi. Oleh karena itu, perlu dilakukan *differencing* orde ke-2.



Gambar 4. Plot ACF dan PACF Data Sebelum Intervensi *Differencing* ke-2

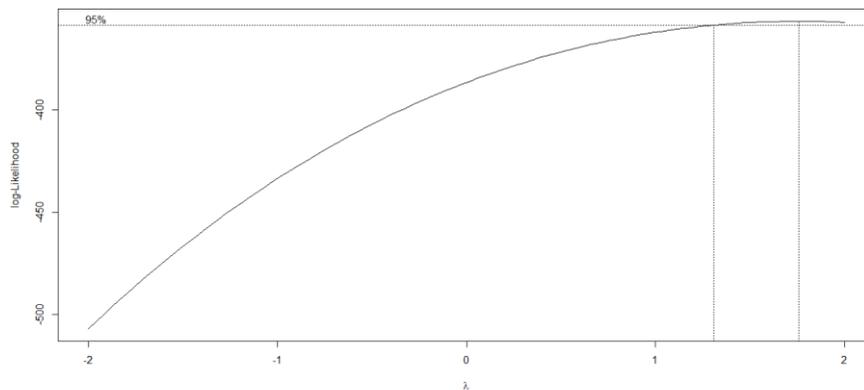
Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa plot ACF dan PACF data sebelum intervensi *differencing* ke-2 sudah stasioner terhadap rata-rata serta sudah terdapat *lag* yang signifikan.

Tabel 3. Uji ADF Data Sebelum Intervensi *Differencing* ke-2

	<i>p-value</i>
Uji ADF	0,01

Sumber : Data diolah, 2022

Nilai *p-value* dari uji ADF adalah sebesar 0,01 atau kurang dari taraf nyata 0,05, artinya data sebelum intervensi *differencing* ke-2 sudah stasioner terhadap rataaan.



Gambar 5. Plot Box-Cox Data Sebelum Intervensi *Differencing* ke-2

Nilai penduga parameter Box-Cox (λ) yang diperoleh berdasarkan plot Box-Cox adalah 1,7664 dimana nilai tersebut sudah lebih besar dari satu yang berarti data sudah stasioner terhadap ragam sehingga tidak perlu dilakukan transformasi.

2. Identifikasi Model ARIMA

Identifikasi model ARIMA(p,d,q) ditentukan berdasarkan plot ACF dan PACF yang sudah stasioner. Penentuan orde *p* dan *q* dilakukan dengan memperhatikan *lag* yang signifikan berdasarkan plot ACF dan PACF yang sudah stasioner. Berdasarkan plot ACF dan PACF yang sudah stasioner, model ARIMA tentatif yang didapatkan ada lima yaitu ARIMA(1,2,0), ARIMA(2,2,0), ARIMA(3,2,0), ARIMA(0,2,1), dan ARIMA(0,2,2).

3. Pendugaan Parameter Model ARIMA

Hasil dari penduga parameter model tentatif ARIMA adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Penduga Parameter Model Tentatif ARIMA

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>
ARIMA(1,2,0)	AR(1)*	-0,3245	-6,6613e ⁻¹⁶
ARIMA(2,2,0)	AR(1)*	-0,4406	0
	AR(2) *	-0,3591	0
ARIMA(3,2,0)	AR(1) *	-0,5391	0
	AR(2) *	-0,4775	0
	AR(3) *	-0,2683	6,924e ⁻¹¹
ARIMA(0,2,1)	MA(1) *	-0,9639	0
ARIMA(0,2,2)	MA(1) *	-0,7382	0
	MA(2) *	-0,2612	2,979e ⁻⁰⁹

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 0,05

Sumber : Data diolah, 2022

Hasil pendugaan parameter dari kelima model tentatif ARIMA menunjukkan bahwa *p-value* yang diperoleh dari masing-masing model tentatif memiliki nilai yang lebih kecil dari taraf nyata 0,05, artinya semua parameternya sudah signifikan.

4. Pemeriksaan Diagnostik Model ARIMA

Pemeriksaan diagnostik model meliputi uji kebebasan sisaan menggunakan uji *Ljung-Box* dan uji kenormalan sisaan menggunakan uji *Kolmogorof-Smirnov*. Hasil dari uji *Ljung-Box* dan uji *Kolmogorof-Smirnov* ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Diagnostik Model Tentatif ARIMA

Model	Uji <i>Ljung-Box</i>	Uji <i>Kolmogorof Smirnov</i>
ARIMA(1,2,0)	0,0059	0,1721
ARIMA(2,2,0)	0,0233	0,5916
ARIMA(3,2,0)*	0,2402	0,4806
ARIMA(0,2,1)	5,258e ⁻⁰⁶	0,1296
ARIMA(0,2,2)*	0,7055	0,0812

*model yang memenuhi kedua asumsi sisaan

Sumber : Data diolah, 2022

Hasil dari uji *Ljung-Box* menunjukkan bahwa hanya ada dua model dari lima model tentatif yang memenuhi asumsi kebebasan sisaan. Model tentatif yang memenuhi asumsi kebebasan sisaan yaitu model ARIMA(3,2,0) dan ARIMA(0,2,2) karena memiliki nilai *p-value* > 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada autokorelasi pada sisaan. Untuk hasil dari uji *Kolmogorof-Smirnov* dapat dikatakan bahwa semua model tentatifnya memiliki nilai *p-value* yang lebih besar dari taraf nyata 0,05 artinya sisaan pada semua model tentatif telah berdistribusi normal. Oleh karena itu, model tentatif ARIMA yang telah memenuhi asumsi kebebasan sisaan dan kenormalan sisaan adalah model ARIMA(3,2,0) dan ARIMA(0,2,2).

5. Pemilihan Model ARIMA Tentatif Terbaik

Setelah dilakukan pemeriksaan diagnostik model, selanjutnya adalah pemilihan model ARIMA tentatif terbaik berdasarkan nilai AIC, BIC dan RMSE yang paling kecil.

Tabel 6. Pemilihan Model ARIMA Tentatif Terbaik

Model	AIC	BIC	RMSE
ARIMA(3,2,0)	1653,61	1670,91	1,0519
ARIMA(0,2,2)	1588,84	1571,82	0,9638

Sumber : Data diolah, 2022

Berdasarkan nilai AIC, BIC, dan RMSE, model ARIMA(0,2,2) merupakan model ARIMA tentatif terbaik dan dapat digunakan untuk melakukan peramalan. Persamaan model ARIMA(0,2,2) atau IMA(2,2) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Z_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1-B)^d} a_t$$

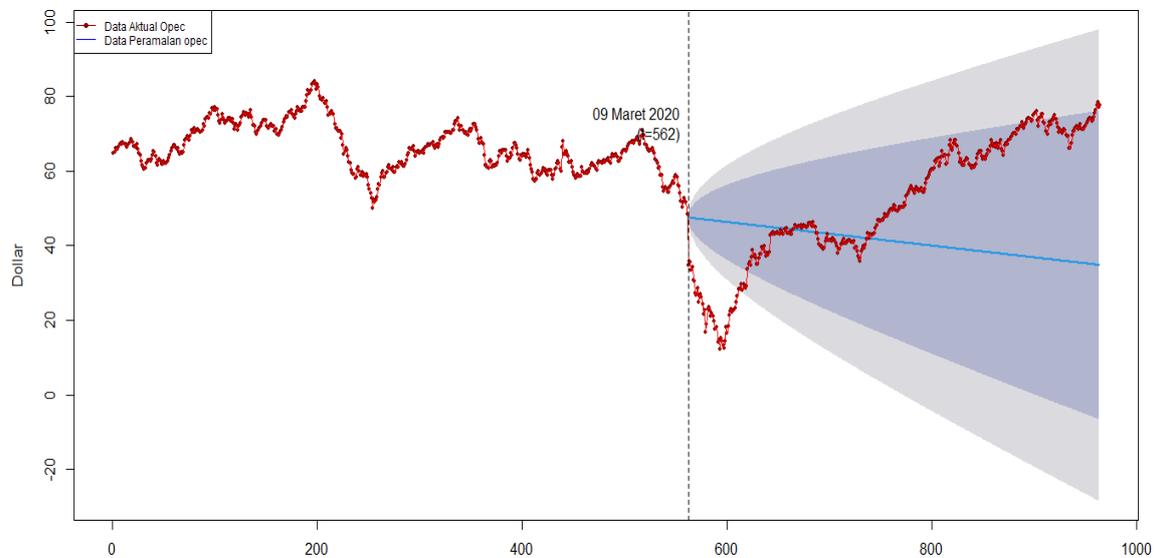
$$Z_t = \frac{(1-\theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)}{(1-\phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1-B)^d} a_t$$

$$Z_t = \frac{(1-\theta_1 B^1 - \theta_2 B^2)}{(1-B)^2} a_t$$

$$Z_t = \frac{(1+0,7382B+0,2612B^2)}{(1-B)^2} a_t \quad \dots (12)$$

Peramalan Menggunakan Model ARIMA

Model ARIMA(0,2,2) selanjutnya akan digunakan untuk peramalan data sebanyak data saat intervensi sampai data amatan terakhir (T=562 sampai T=964). Plot data aktual dan data hasil peramalan menggunakan model ARIMA(0,2,2) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Plot Data Aktual dan Data Hasil Peramalan ARIMA

Plot data hasil peramalan dengan menggunakan model ARIMA(0,2,2) yang ditunjukkan dengan garis warna biru terlihat bahwa data hasil peramalan cenderung mengalami penurunan dari waktu ke waktu, tetapi untuk plot data aktualnya cenderung mengalami penurunan hanya pada periode-periode awal pandemi COVID-19, dan di periode selanjutnya cenderung mengalami kenaikan.

1. Akurasi Peramalan Model ARIMA

Hasil peramalan dengan model ARIMA(0,2,2) menghasilkan nilai MAPE yaitu 40,03%, artinya model ARIMA(0,2,2) termasuk model yang memiliki kemampuan peramalan yang layak.

Tabel 7. Akurasi Peramalan Model ARIMA

Model	Nilai MAPE
ARIMA(0,2,2)	40,03%

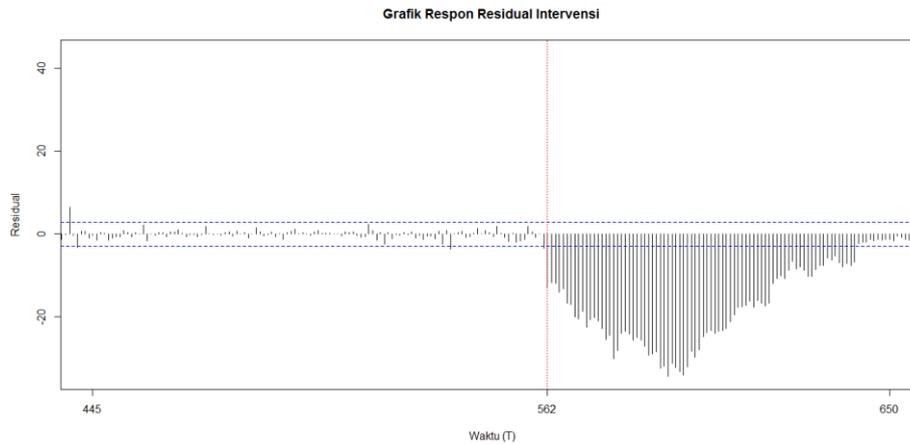
Sumber : Data diolah, 2022

Pembentukan Model Intervensi

Hasil peramalan dengan menggunakan data sebelum intervensi selanjutnya akan digunakan dalam pembentukan model intervensi. Langkah-langkah dalam pembentukan model intervensi yaitu identifikasi respon intervensi, pendugaan parameter model intervensi, dan pemeriksaan diagnostik sisaan intervensi.

1. Identifikasi Respon Intervensi

Identifikasi respon intervensi dilakukan dengan menggunakan grafik respon sisaan, yaitu selisih antara data hasil peramalan dengan model ARIMA(0,2,2) dengan data aktual harga minyak mentah dunia.



Gambar 7. Grafik Respon Sisaan Intervensi

Gambar 7 menunjukkan bahwa adanya pandemi COVID-19 menyebabkan terjadinya perubahan data deret waktu secara langsung (*abrupt*) dan bersifat permanen yang mengindikasikan intervensi yang terjadi menggunakan intervensi fungsi *step*. Harga minyak mentah dunia mulai mengalami penurunan pada 09 Maret 2020 ($T=562$), sehingga orde b yang dipilih adalah bernilai 0, karena tidak ada waktu tunda saat intervensi mempengaruhi data deret waktu. Orde s yang dipilih bernilai 0, karena pada saat T selanjutnya yaitu $T=563$, respon sisaan lebih kecil dari waktu sebelumnya ($T=562$). Orde r yang dipilih yaitu $r=1$ karena grafik sisaan membentuk pola eksponensial. Setelah melakukan identifikasi orde intervensi,

2. Pendugaan Parameter Model Intervensi

Langkah selanjutnya adalah pendugaan parameter model intervensi.

Tabel 8. Nilai Penduga Parameter Model Intervensi

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>
ARIMA(0,2,2) $b=0, s=0, r=1$	MA(1)*	-7,2932e-01	< 2,2e-16
	MA(2)*	-2,3576e-01	1,145e-10
	ω_0^*	-1,2515e+01	< 2,2e-16
	δ_1^*	9,4449e-01	< 2,2e-16

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 0,05

Sumber : Data diolah, 2022

Model intervensi dengan orde $b=0, s=0, r=1$ memiliki penduga parameter yang signifikan disetiap parameternya. Hal tersebut terlihat dari nilai *p-value* pada setiap penduga parameternya lebih kecil dari taraf nyata 0,05.

3. Pemeriksaan Diagnostik Model Intervensi

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan diagnostik model. Hasil pemeriksaan diagnostik ditunjukkan oleh Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Diagnostik Model Intervensi

Model	Uji <i>Ljung-Box</i>	Uji <i>Kolmogorof Smirnov</i>
ARIMA(0,2,2) $b=0, s=0, r=1$	0,9279	0,004

Sumber : Data diolah, 2022

Asumsi kebebasan sisaan dan kenormalan sisaan dikatakan terpenuhi jika nilai *p-value* dari uji *Ljung-Box* dan *Kolmogorof-Smirnov* lebih besar dari taraf nyata 0,05. Hasil dari uji *Ljung-Box* dan uji *Kolmogorof-Smirnov* menunjukkan bahwa model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, dan $r=1$ telah memenuhi asumsi kebebasan sisaan namun belum memenuhi asumsi kenormalan sisaan. Kenormalan sisaan pada model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, dan $r=1$ dapat ditoleransi dengan teorema limit pusat. Bunyi dari teorema limit pusat yaitu suatu distribusi dapat didekati dengan distribusi normal apabila ukuran datanya lebih besar atau sama dengan 30 (Anderson et al., 2011). Penelitian ini menggunakan data lebih dari 30, sehingga dapat dikatakan bahwa asumsi kenormalan sisaan juga terpenuhi. Oleh karena itu, model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, dan $r=1$ dapat digunakan untuk peramalan. Persamaan model intervensi fungsi *step* ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, $r=1$ adalah sebagai berikut.

$$Z_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^b S_t^{(T)} + Y_t$$

$$Z_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s)}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r)} B^b S_t^{(T)} + \frac{(1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)}{(1 - \phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d} a_t$$

$$Z_t = \frac{\omega_0}{(1 - \delta_1 B)} B^0 S_t^{(562)} + \frac{(1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2)}{(1 - B)^2} a_t$$

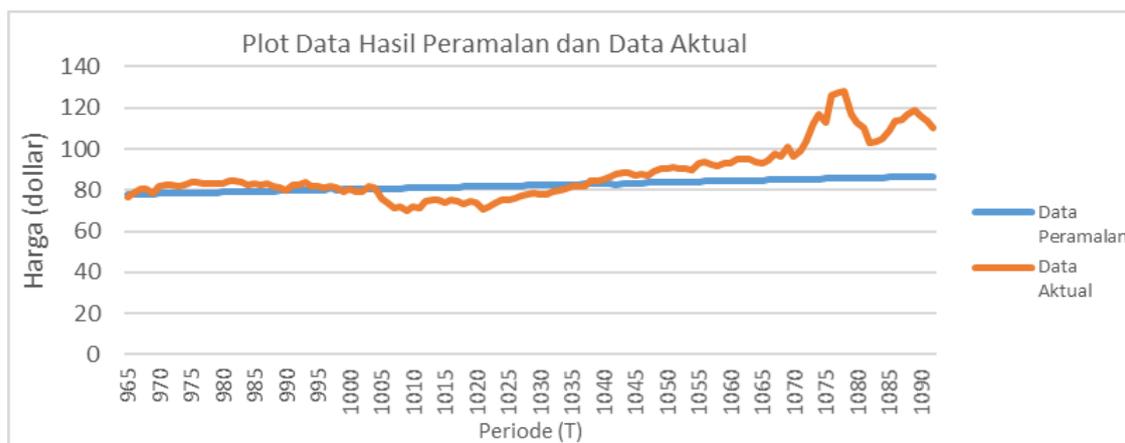
$$Z_t = \frac{-1,2515e^{101}}{1 - 9,4449e^{-01} B} S_t^{(562)} + \frac{(1 + 0,7382B + 0,2612B^2)}{(1 - B)^2} a_t \quad \dots (13)$$

dimana:

$$S_t^{(562)} = \begin{cases} 0, & t < 562 \\ 1, & t \geq 562 \end{cases}$$

Peramalan Menggunakan Model Intervensi

Model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0$, $s=0$, $r=1$ selanjutnya akan digunakan untuk peramalan data minyak mentah dunia sebanyak data uji yaitu dari Oktober 2021 sampai dengan Maret 2022 (T=965 sampai T=1092). Hasil peramalan dengan model intervensi adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Plot Data Peramalan dan Data Aktual

Data peramalan menunjukkan bahwa harga minyak mentah dunia dari Oktober 2021 sampai dengan Maret 2022 akan mengalami kenaikan yang sangat kecil setiap harinya atau cenderung konstan dengan harga berkisar antara 78 sampai 86 dollar AS per barel. Kesesuaian antara data hasil peramalan dan data aktual secara keseluruhan sama-sama cenderung mengalami peningkatan dari waktu ke waktu.

1. Akurasi Peramalan Model Intervensi

Nilai MAPE yang diperoleh yaitu 9,29%, artinya kemampuan model dalam melakukan peramalan sangat baik.

Tabel 10. Akurasi Peramalan Model Intervensi

Model	Nilai MAPE
ARIMA(0,2,2) b=0, s=0, r=1	9,29%

Sumber : Data diolah, 2022

4. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan yang didapatkan adalah bahwa model intervensi untuk peramalan harga minyak mentah dunia dengan data latih dari tanggal 02 Januari 2018 sampai dengan 30 September 2021 dan data uji dari tanggal 01 Oktober 2021 sampai dengan 30 Maret 2022 adalah model intervensi ARIMA(0,2,2) $b=0, s=0, r=1$. Hasil peramalan harga minyak mentah dunia periode Oktober 2021 sampai Maret 2022 menggunakan model intervensi menghasilkan harga minyak mentah dunia yang cenderung konstan dengan harga berkisar antara 78 sampai 86 dollar AS per barel. Nilai MAPE yang dihasilkan yaitu 9,29%, artinya kemampuan model dalam melakukan peramalan sangat baik.

Saran yang diberikan, karena dalam penelitian ini hanya model intervensi fungsi *step* tunggal yaitu akibat adanya pandemi COVID-19 maka penelitian selanjutnya penulis menyarankan agar menggunakan model intervensi fungsi *step* ganda dengan mempertimbangkan peristiwa diluar dugaan yang lain seperti kebijakan pemangkasan harga minyak mentah dunia yang dilakukan oleh OPEC di masa pandemi sebagai peubah intervensinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Program Studi Statistika, Universitas Negeri Jakarta yang telah menjadi wadah dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson D, Sweeney D, Williams T. (2011). *Statistics for Business and Economics*. Canada: South-Western Cengage Learning.
- Covid19.go.id. (2020). Pandemi Covid19-Tanya Jawab. <https://covid19.go.id/tanya-jawab?search=Apa%20yang%20dimaksud%20dengan%20pandemi>. [03 Desember 2021]
- Efendi, R., Yahaya, A., & Suhartono, S. (2009). Intervention Model for Analyzing the Impact of Terrorism to Tourism Industry. *April*. <https://doi.org/10.3844/jmssp.2009.322.329>
- Etuk, E. (2017). Arima Intervention Analysis of Monthly Xaf-Ngn Exchange Rates Occasioned By Nigerian Economic Recession. *2*, 76–81.
- Iskana, F. (2020). Dampak Anjloknya Harga Minyak Dunia Terhadap Ekonomi dan Migas RI. <https://katadata.co.id/febrinaiskana/berita/5e9a470c47886/dampak-anjloknya-harga-minyak-dunia-terhadap-ekonomi-dan-migas-ri>. [21 Maret 2022]
- Iswari, A. (2021). Perbandingan Model SARIMA dan Intervensi dalam Peramalan Jumlah Penumpang Domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta [skripsi]. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- OPEC. 2020. OPEC Basket Price. <https://www.opec.org/>. [10 Januari 2022]
- Ramadhani, P. (2021). Harga Minyak Anjlok 20 Persen di 2020 Akibat pandemi Covid-19. Di dalam: *liputan6.com*. <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4446678/harga-minyak-anjlok-20-persen-di-2020-akibat-pandemi-covid-19>. [10 Desember 2021]
- Sari, R. N., Mariani, S., & Hendikawati, P. (2016). Analisis Intervensi Fungsi Step Pada Harga Saham. *Jurnal Matematika*, *5*(2), 9. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm/article/download/13131/7208>
- Sumargo, B., & Fadlilah, E. (2019). Detection of Pseudo Economic Growth Towards Environmental Damage in Indonesia Using Error Correction Model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *546*(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/546/2/022029>
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. In *Technometrics* (Vol. 33, Issue 1). Pearson Addison Wesley. <https://doi.org/10.2307/1269015>

- Worldometer.info. (2021). COVID Live-Coronavirus Statistics-Worldometer. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>. [03 Desember 2021]
- Zukrianto, S. A., Rahayu, W., & Siregar, D. (2021). Peramalan Indeks Saham LQ45 pada Masa Pandemi COVID-19 Menggunakan Analisis Intervensi. 5(2), 251–259.