

Peramalan Harga Batu Bara Acuan Menggunakan Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* dan Fungsi Transfer

Suci Pujiani Prahesti¹, Itasia Dina Sulvianti^{1±}, Yenni Angraini¹

¹Department of Statistics, IPB University, Indonesia

[±]corresponding author: itasiasu@apps.ipb.ac.id

Copyright © 2023 Suci Pujiani Prahesti, Itasia Dina Sulvianti and Yenni Angraini. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Indonesia as one of the largest coal producing countries in the world has an important role in coal global demand. Currently, most countries in Europe are turning to coal as a source of electricity. This is due to Covid-19 pandemic and the conflict between Russia and Ukraine which endangers energy sources. Therefore, forecasting coal prices in the future is needed to determine the right policy in dealing with the large demand for coal. Coal price fluctuation are influenced by several factors such as the prices of the other commodities instance natural gas price. The natural gas price factor will be modeled in coal price forecasting using the transfer function method as the input series. This study compares the ARIMA and Transfer Function in coal price forecasting. The results showed that MAPE values of ARIMA and transfer function method are 23.14% and 17.66%. Based on MAPE values that forecasting using the transfer function method has a better ability than ARIMA method in forecasting coal prices.

Keywords: ARIMA, coal, transfer function

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam. Segala bentuk dan jenis kekayaan alam terdapat di Indonesia. Salah satu kekayaan yang Indonesia miliki adalah batu bara. Batu bara merupakan salah satu hasil sektor pertambangan non migas. Batu bara menempati urutan kedua sebagai komoditas ekspor utama Indonesia tepat setelah minyak kelapa sawit (BPS 2021). Indonesia juga merupakan salah satu penghasil batu bara terbesar di dunia. Indonesia menempati urutan keempat sebagai negara penghasil batu bara terbesar di dunia. Pada tahun 2019, Indonesia menghasilkan 616 milyar ton batu bara.

* Received: Aug 2022; Reviewed: Sep 2022; Published: Jan 2023

Pada tahun yang sama Indonesia mengalokasikan 455 miliar ton batu bara untuk di ekspor ke berbagai negara dan menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor batu bara terbesar di dunia (NS Energy 2021). Oleh karena itu, Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki peranan penting dalam memenuhi permintaan kebutuhan batu bara di dunia global.

Dewasa ini, sebagian besar negara-negara di Eropa kembali beralih kepada batu bara sebagai sumber pembangkit listriknya. Hal tersebut disebabkan adanya lonjakan biaya penggunaan energi baru terbarukan ditengah pandemi Covid-19 serta adanya konflik antara Rusia dan Ukraina yang membuat sumber energi menjadi terancam (CNBC 2022). Oleh sebab itu, peramalan harga batu bara acuan diperlukan untuk menentukan kebijakan yang tepat dalam menghadapi banyaknya permintaan kebutuhan batu bara di masa mendatang.

Pergerakan harga batu bara dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *demand*, cuaca, produksi, kebutuhan listrik, kompetisi dengan komoditas lain seperti harga gas alam (KOMPAS 2022). Harga dari komoditas lain seperti harga gas alam diduga memiliki peranan dalam pergerakan harga batu bara acuan sehingga faktor harga gas alam akan dimodelkan dalam peramalan harga batu bara acuan menggunakan metode fungsi transfer sebagai deret inputnya. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan model terbaik di antara metode ARIMA dan fungsi transfer dalam meramalkan harga batu bara acuan. Terdapat penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Matyjaszek *et al.* (2019) terkait peramalan harga batu bara tahun 1991 hingga 2016 menggunakan metode ARIMA dan *neural networks*. Penelitian tentang harga batu bara tersebut menghasilkan model terbaik melalui metode ARIMA.

2. Metodologi

2.1 Bahan dan Data

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder setiap bulan harga batu bara acuan dan harga gas alam pada tahun 2015-2022 yang diperoleh dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) serta *Energy Information Administration* (EIA).

2.2 Metode Penelitian

Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini yaitu SAS on Demand for Academics dan Microsoft Excel 2016. Adapun prosedur analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data harga batu bara acuan dan harga gas alam menggunakan plot data deret waktu untuk melihat pola data.
2. Membagi data menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji dengan proporsi pembagian 90% data latih dan 10% data uji. Data bulan Januari 2015 hingga September 2021 digunakan sebagai data latih dan data bulan Oktober 2021 hingga Juli 2022 digunakan sebagai data uji.
3. Membangun model ARIMA menggunakan data harga batu bara acuan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Melakukan pemeriksaan kestasioneran data. Jika data tidak stasioner dalam rataan dan/atau ragam maka dilakukan *differencing* dan/atau transformasi Box-Cox.
 - b. Melakukan identifikasi model ARIMA melalui plot ACF dan PACF.

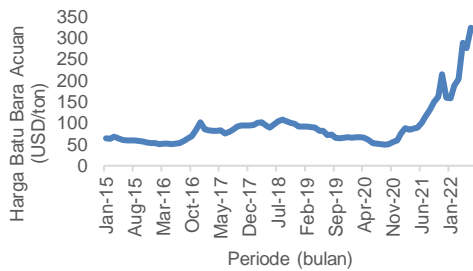
- c. Melakukan pendugaan parameter dan signifikansi model terhadap model yang telah diperoleh pada tahap identifikasi model.
- d. Melakukan diagnostik model melalui pemeriksaan kebebasan dan kenormalan sisaan menggunakan uji Ljung-Box dan uji Kolmogorov-Smirnov. Jika salah satu atau kedua asumsi tidak terpenuhi maka akan dilakukan penanganan penyimpangan asumsi sebelum kembali ke langkah 3b.
- e. Melakukan *overfitting* serta melakukan pendugaan parameter dan signifikansi model terhadap model yang dihasilkan pada tahap *overfitting*.
- f. Memilih model terbaik dilihat melalui nilai AIC dan SBC terkecil.
4. Membangun model fungsi transfer dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Membangun model ARIMA menggunakan data deret *input* harga gas alam seperti pada langkah 4.
 - b. Melakukan *prewhitening* pada deret *input* dan deret *output* untuk memperoleh nilai α_t dan β_t .
 - c. Menghitung korelasi silang antara α_t dan β_t .
 - d. Melakukan identifikasi nilai (b,s,r) melalui plot korelasi silang dan melakukan pendugaan parameter model fungsi transfer awal.
 - e. Melakukan identifikasi model ARIMA pada deret sisaan.
 - f. Melakukan pendugaan parameter model fungsi transfer terbaik.
 - g. Melakukan diagnostik model melalui pemeriksaan kebebasan dan kenormalan sisaan menggunakan uji Ljung-Box dan uji Kolmogorov-Smirnov. Jika salah satu atau kedua asumsi tidak terpenuhi maka akan dilakukan penanganan penyimpangan asumsi sebelum kembali ke langkah 4d.
5. Melakukan peramalan harga batu bara acuan sejumlah data uji menggunakan model ARIMA dan model fungsi transfer terbaik serta menghitung nilai MAPE dari masing-masing model.
6. Menentukan model terbaik di antara model ARIMA dan fungsi transfer melalui nilai MAPE terkecil serta melakukan peramalan dengan model terbaik.

3. Hasil dan Pembahasan

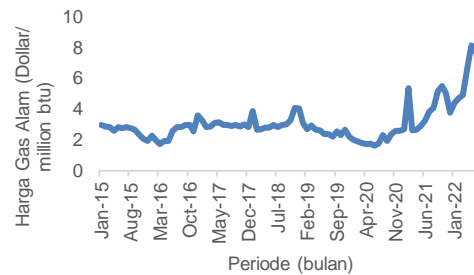
3.1 Eksplorasi Data

Tahapan eksplorasi data dilakukan melalui plot data deret waktu harga batu bara acuan dan harga gas alam. Plot harga batu bara acuan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pergerakan harga batu bara acuan berfluktuasi pada bulan Januari 2015 hingga sekitar pertengahan tahun 2021 serta data cenderung memiliki tren naik pada periode setelahnya. Harga batu bara acuan terlihat tidak stasioner dalam rataan maupun ragam. Nilai amatan tertinggi harga batu bara acuan terjadi pada bulan Juni 2022 dengan nilai amatan 323.91 USD/ton. Sedangkan nilai amatan terendah terjadi pada bulan September 2020 dengan nilai amatan 49.42 USD/ton.

Plot harga gas alam pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pergerakan harga gas alam berfluktuasi dan cenderung memiliki tren naik mulai dari pertengahan tahun 2021. Harga gas alam terlihat tidak stasioner dalam rataan maupun ragam. Nilai amatan tertinggi dari harga gas alam terjadi pada bulan Mei 2022 dengan nilai amatan 8.14 dollar/million btu. Sedangkan nilai amatan terendah terjadi pada bulan Juni 2020 dengan nilai amatan 1.63 dollar/million btu.



Gambar 1 Plot harga batu bara acuan



Gambar 2 Plot harga gas alam

3.2 Pembentukan Model ARIMA Harga Batu Bara Acuan

Pengecekan kestasioneran ragam dilakukan melalui plot Box-Cox. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa harga batu bara acuan belum stasioner dalam ragam sehingga harus ditransformasi terlebih dahulu sesuai dengan nilai λ yang dihasilkan. Setelah ditransformasi, harga batu bara acuan sudah stasioner dalam ragam karena memiliki nilai λ sama dengan satu. Sedangkan, pengecekan kestasioneran dalam rata-rata dilakukan melalui uji ADF. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa p -value harga batu bara acuan lebih besar dari taraf nyata 5% sehingga belum stasioner dalam rata-rata dan memerlukan *differencing*. Setelah dilakukan *differencing* satu kali, harga batu bara acuan sudah stasioner dalam rata-rata.

Tabel 1 Nilai λ dan p -value

	transformasi (λ)		<i>differencing</i> (p -value)	
	sebelum	sesudah	sebelum	sesudah
Harga Batu Bara Acuan	-1.00	1.00	0.5330	<.0001

Plot ACF dan PACF harga batu bara acuan memiliki pola *cuts off* setelah lag ke-1 sehingga model ARIMA yang mungkin yaitu ARIMA(1,1,0) dan ARIMA(0,1,1). Tabel 2 menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,0) merupakan model terbaik sementara karena memiliki parameter yang signifikan serta memiliki nilai AIC dan SBC terkecil dibandingkan dengan ARIMA(0,1,1). Selanjutnya, dilakukan *overfitting* pada model terbaik sementara yaitu ARIMA(1,1,0). Model *overfitting* yang terbentuk dari model ARIMA(1,1,0) yaitu model ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(2,1,0). Hasil yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(2,1,0) memiliki parameter yang tidak signifikan sehingga model terbaik yang dihasilkan yaitu ARIMA(1,1,0).

Tabel 2 Pendugaan parameter model sementara harga batu bara acuan

Model	Parameter	Koefisien	p -value	AIC	SBC
ARIMA(1,1,0)	AR(1)*	0.4730	<.0001	-902.557	-900.175
ARIMA(0,1,1)	MA(1)*	-0.4069	0.0002	-898.565	-896.183

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 3 Pendugaan parameter model *overfitting* harga batu bara acuan

Model	Parameter	Koefisien	p -value	AIC	SBC
ARIMA(1,1,1)	AR(1)*	0.5647	0.0060	-900.784	-896.020
	MA(1)	0.1176	0.6232		
ARIMA(2,1,0)	AR(1)*	0.4498	0.0002	-899.173	-895.995
	AR(2)	0.0506	0.6585		

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Berikut hasil pendugaan parameter dari model terbaik ARIMA(1,1,0) untuk harga batu bara acuan:

$$(1 - 0.4730B)(1 - B)y_t = \varepsilon_t \quad (1)$$

Model ARIMA(1,1,0) selanjutnya akan masuk ketahapan diagnostik model. Pada tahap ini dilakukan pengujian pada kebebasan dan kenormalan sisaan dari model ARIMA(1,1,0). Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi yang nyata hingga lag 6 sehingga asumsi kebebasan sisaan terpenuhi. Pengujian kenormalan sisaan dilakukan melalui uji Kolmogorov Smirnov yang menghasilkan nilai *p-value* kurang dari taraf nyata 5% sehingga asumsi kenormalan sisaan tidak terpenuhi. Namun, hal ini dapat ditoleransi mengingat besar contoh yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 91 amatan. Sejalan dengan teorema limit pusat yang menyatakan bahwa suatu distribusi contoh akan membentuk distribusi normal apabila ukuran contohnya semakin besar (Vilela dan Oluyemi 2021).

Tabel 4 Hasil uji Ljung-Box sisaan pada model ARIMA(1,1,0)

Model	<i>p-value</i>	To lag	<i>p-value</i>	To lag
ARIMA(1,1,0)	0.9690	6	0.9694	18
	0.8745	12	0.9690	24

3.3 Pembentukan Model Fungsi Transfer

3.3.1. Pengecekan Kestasioneran Data

Pengecekan kestasioneran ragam dilakukan melalui plot Box-Cox. Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa harga gas alam belum stasioner dalam ragam sehingga harus ditransformasi terlebih dahulu sesuai dengan nilai *lambda* (λ) yang dihasilkan. Setelah ditransformasi, harga gas alam sudah stasioner dalam ragam karena memiliki nilai *lambda* sama dengan satu. Sedangkan, pengecekan kestasioneran dalam rata-rata dilakukan melalui uji ADF. Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa *p-value* harga gas alam lebih besar dari taraf nyata 5% sehingga belum stasioner dalam rata-rata dan memerlukan *differencing*. Setelah dilakukan *differencing* satu kali, harga gas alam sudah stasioner dalam rata-rata.

Tabel 5 Nilai *lambda* (λ) dan *p-value*

	transformasi (λ)		<i>differencing</i> (<i>p-value</i>)	
	sebelum	sesudah	sebelum	sesudah
Harga Gas Alam	-0.50	1.00	0.6482	<.0001

3.3.2. Pembentukan Model ARIMA Deret *Input* Harga Gas Alam

Identifikasi model ARIMA dilakukan melalui plot ACF dan PACF deret *input* yang sudah stasioner. Plot ACF dan PACF deret *input* memiliki pola *cuts off* setelah lag ke-1 sehingga kemungkinan model ARIMA deret *input* yaitu ARIMA(1,1,0) dan ARIMA(0,1,1). Tabel 6 menunjukkan bahwa model ARIMA(0,1,1) merupakan model terbaik sementara karena memiliki parameter yang signifikan serta memiliki nilai AIC dan SBC terkecil dibandingkan dengan ARIMA(1,1,0). Selanjutnya, dilakukan *overfitting* pada model terbaik sementara yaitu ARIMA(0,1,1). Model *overfitting* yang terbentuk dari model ARIMA(0,1,1) yaitu model ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(0,1,2). Hasil Tabel 7 menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(0,1,2) memiliki parameter yang tidak signifikan sehingga model terbaik yang dihasilkan yaitu ARIMA(0,1,1).

Tabel 6 Pendugaan parameter model sementara deret *input*

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	SBC
ARIMA(1,1,0)	AR(1)*	-0.2870	0.0010	-153.681	-151.299
ARIMA(0,1,1)	MA(1)*	0.3010	0.0074	-154.130	-151.748

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 7 Pendugaan parameter model *overfitting* deret *input*

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	SBC
ARIMA(1,1,1)	AR(1)	-0.0825	0.8264	-152.196	-147.432
	MA(1)	0.2285	0.5365		
ARIMA(0,1,2)	MA(1)*	0.3151	0.0074	-152.228	-147.464
	MA(2)	-0.0373	0.7474		

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Berikut hasil pendugaan parameter dari model terbaik ARIMA(0,1,1) untuk deret *input* harga gas alam:

$$(1 - B)x_t = (1 + 0.3010B)\varepsilon_t \quad (2)$$

Model ARIMA(0,1,1) selanjutnya akan masuk ketahapan diagnostik model. Pada tahap ini dilakukan pengujian pada kebebasan dan kenormalan sisaan dari model ARIMA(0,1,1). Tabel 8 menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi yang nyata hingga lag 6 sehingga asumsi kebebasan sisaan terpenuhi. Pengujian kenormalan sisaan dilakukan melalui uji Kolmogorov Smirnov yang menghasilkan nilai *p-value* kurang dari taraf nyata 5% sehingga asumsi kenormalan sisaan tidak terpenuhi. Namun, hal ini dapat ditoleransi mengingat besar contoh yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 91 amatan. Sejalan dengan teorema limit pusat yang menyatakan bahwa suatu distribusi contoh akan membentuk distribusi normal apabila ukuran contohnya semakin besar (Vilela dan Oluyemi 2021).

Tabel 8 Hasil uji Ljung-Box sisaan pada model ARIMA(0,1,1)

Model	<i>p-value</i>	To lag	<i>p-value</i>	To lag
ARIMA(0,1,1)	0.8094	6	0.7379	18
	0.7479	12	0.8585	24

3.3.3. *Prewhitening* Deret *Output* dan Deret *Input*

Proses *prewhitening* dilakukan menggunakan model ARIMA deret *input* terbaik, yaitu ARIMA(0,1,1). Berikut merupakan model *prewhitening* deret *input* harga gas alam pada waktu ke-*t* (α_t):

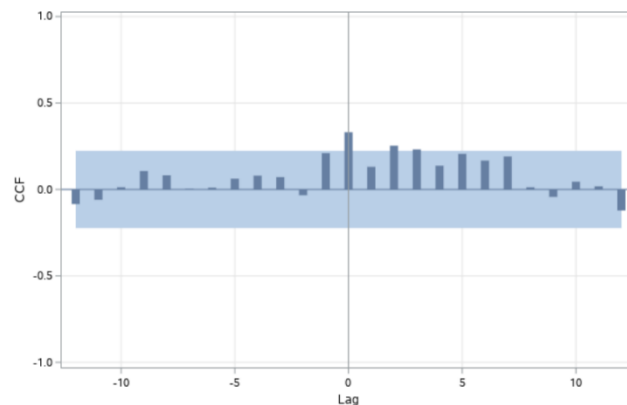
$$\alpha_t = \frac{(1 - B)x_t}{1 + 0.3010B} \quad (3)$$

Prewhitening deret *output* dilakukan juga dengan cara yang sama dengan *prewhitening* deret *input*. Berikut merupakan model *prewhitening* deret *output* harga batu bara acuan pada waktu ke-*t* (β_t):

$$\beta_t = \frac{(1 - B)y_t}{1 + 0.3010B} \quad (4)$$

3.3.4. Identifikasi Model Fungsi Transfer Awal

Identifikasi model fungsi transfer awal dilakukan melalui plot korelasi silang antara α_t dan β_t untuk memperoleh nilai *b*, *s* dan *r*.

Gambar 3 Plot korelasi silang deret *output* dan deret *input*

Gambar 3 menunjukkan bahwa *lag* nyata pertama kali di *lag* 0 sehingga nilai $b=0$. Nilai s didapat dari banyaknya *lag* yang tetap nyata setelah *lag* pertama kali nyata. Berdasarkan Gambar 3 besarnya nilai $s=0$. Nilai r dapat ditentukan melalui grafik fungsi *impulse response*. Berdasarkan grafik fungsi *impulse response*, nilai $r=0$ cukup serupa dengan plot korelasi silang yang terbentuk. Dari model fungsi transfer awal yang telah dipilih, selanjutnya dilakukan *overfitting* untuk mencari kandidat model terbaik lainnya.

Tabel 9 Nilai AIC dan SBC model fungsi transfer awal

Model Fungsi Transfer Awal	AIC	SBC
$b=0, s=0, r=0^*$	509.105	513.868
$b=0, s=0, r=1$	508.821	515.967
$b=0, s=1, r=0$	508.966	516.112
$b=1, s=0, r=0^*$	518.503	523.267

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 10 Pendugaan parameter model fungsi transfer terbaik

Parameter	Koefisien	p-value
NUM(1)*	16.4352	0.0005

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 9 menunjukkan bahwa model fungsi transfer terbaik yaitu model fungsi transfer dengan nilai $b=0$, $s=0$ dan $r=0$ karena semua dugaan parameternya signifikan pada taraf nyata 5% serta memiliki nilai AIC dan SBC terkecil dibandingkan dengan model fungsi transfer lainnya. Berdasarkan Tabel 10, berikut merupakan model fungsi transfer awal yang terbentuk:

$$\hat{y}_t = 16.4352\hat{x}_t + n_t \quad (5)$$

3.3.5. Identifikasi Model ARIMA Deret Sisaan

Model fungsi transfer awal yang telah terbentuk digunakan untuk menghitung nilai n_t melalui persamaan sebagai berikut:

$$n_t = \hat{y}_t - 16.4352\hat{x}_t \quad (6)$$

Identifikasi model ARIMA deret sisaan dilakukan melalui plot ACF dan PACF deret sisaan pada model fungsi transfer awal terbaik. Plot ACF dan PACF memiliki

pola *cuts off* setelah lag 1 sehingga kemungkinan model deret sisaannya yaitu AR(1), MA(1) dan ARMA(1,1). Tabel 11 menunjukkan bahwa model fungsi transfer terbaik yaitu model fungsi transfer dengan nilai $b=0$, $s=0$, $r=0$ dan deret sisaan AR(1). Hal ini disebabkan karena model tersebut memiliki nilai AIC dan SBC terkecil dibandingkan model lainnya.

Tabel 11 Hasil identifikasi model ARIMA deret sisaan

Model awal (b, s, r)	Model ARIMA deret sisaan	AIC	SBC
$b=0, s=0, r=0^*$	-	509.105	513.868
	AR(1)*	498.653	505.799
	MA(1)*	499.842	506.988
	ARMA(1,1)	500.629	510.157

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 12 Pendugaan parameter model fungsi transfer terbaik

Parameter	Koefisien	p-value
AR(1)*	0.3945	0.0007
NUM(1)*	14.6519	0.0133

*dugaan parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Berdasarkan Tabel 12, persamaan model fungsi transfer terbaik ditulis sebagai berikut:

$$\hat{y}_t = 14.6519\hat{x}_t + \frac{1}{(1 - 0.3945B)} \varepsilon_t \quad (7)$$

Model fungsi transfer terbaik yang terbentuk dapat diartikan bahwa peramalan harga batu bara acuan di periode mendatang dipengaruhi oleh harga batu bara acuan satu bulan sebelumnya serta dipengaruhi oleh harga gas alam pada bulan yang sama dan harga gas alam pada satu bulan sebelumnya.

3.3.6. Diagnostik Model

Dilakukan pengujian diagnostik model pada model fungsi transfer yang telah terbentuk. Tabel 13 menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi yang nyata hingga lag 6 sehingga asumsi kebebasan sisaan terpenuhi. Pengujian kenormalan sisaan dilakukan melalui uji Kolmogorov Smirnov yang menghasilkan nilai *p-value* kurang dari taraf nyata 5% sehingga asumsi kenormalan sisaan tidak terpenuhi. Namun, hal ini dapat ditoleransi mengingat besar contoh yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 91 amatan. Sejalan dengan teorema limit pusat yang menyatakan bahwa suatu distribusi contoh akan membentuk distribusi normal apabila ukuran contohnya semakin besar (Vilela dan Oluyemi 2021).

Tabel 13 Hasil uji Ljung-Box sisaan pada model fungsi transfer terbaik

Model	p-value	To lag
$b=0, s=0, r=1$ dengan model deret sisaan AR(1)	0.8816	6
	0.9353	12
	0.9749	18
	0.8888	24

Pemeriksaan korelasi silang antara deret *input* harga gas alam dan sisaan dilakukan untuk melihat kelayakan model fungsi transfer yang terbentuk. Tabel 14

menunjukkan bahwa korelasi silang antara deret *input* harga gas alam dengan sisaan tidak nyata hingga *lag* 23. Hal ini menunjukkan bahwa model fungsi transfer yang terbentuk sudah layak.

Tabel 14 Korelasi silang antara deret *input* harga gas alam dengan sisaan

<i>p-value</i>	<i>To lag</i>	<i>p-value</i>	<i>To lag</i>
0.2581	5	0.6883	17
0.6668	11	0.8377	23

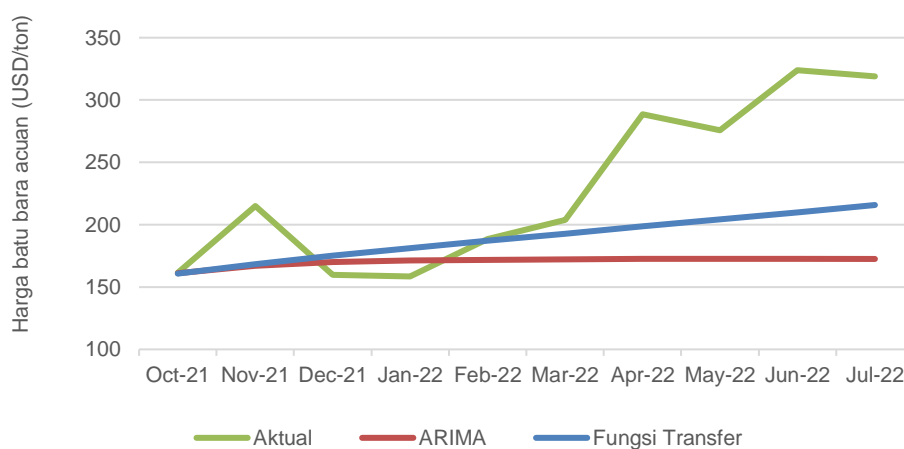
3.4 Peramalan

3.4.1. Peramalan pada Data Uji

Peramalan pada data uji bertujuan untuk mengevaluasi model ARIMA dan model fungsi transfer yang telah terpilih. Evaluasi model pada data uji dapat dilihat melalui nilai MAPE. Tabel 15 menunjukkan bahwa nilai MAPE metode ARIMA dan fungsi transfer masing-masing sebesar 23.14% dan 17.66%. Hal ini menunjukkan bahwa model fungsi transfer memiliki kemampuan peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan model ARIMA. Plot ramalan data uji menggunakan model ARIMA dan fungsi transfer dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 15 Ramalan data uji menggunakan model ARIMA dan fungsi transfer

Waktu	Aktual	ARIMA	Fungsi Transfer
Oct-21	161.63	161.11	160.79
Nov-21	215.01	166.94	168.52
Dec-21	159.79	169.84	175.05
Jan-22	158.50	171.26	181.11
Feb-22	188.38	171.94	186.98
Mar-22	203.69	172.27	192.77
Apr-22	288.40	172.41	198.54
May-22	275.64	172.47	204.30
Jun-22	323.91	172.50	210.05
Jul-22	319.00	172.53	215.80
	MAPE(%)	23.14	17.66



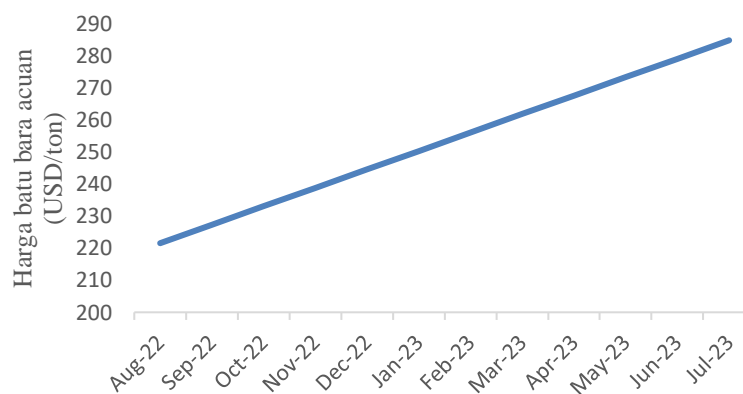
Gambar 5 Plot ramalan data uji menggunakan model ARIMA dan fungsi transfer

3.4.2. Peramalan pada Periode Mendatang

Peramalan pada periode mendatang dilakukan berdasarkan model fungsi transfer terbaik yang telah terbentuk sebelumnya. Pada Tabel 16 tersaji nilai ramalan harga batu bara acuan untuk 12 bulan kedepan. Plot ramalan harga batu bara acuan periode Agustus 2022 hingga Juli 2023 menggunakan metode fungsi transfer dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 16 Ramalan 12 bulan ke depan menggunakan model fungsi transfer

Waktu	Ramalan	Waktu	Ramalan
Aug-22	221.55	Feb-23	256.04
Sep-22	227.30	Mar-23	261.79
Oct-22	233.04	Apr-23	267.54
Nov-22	238.79	May-23	273.28
Dec-22	244.54	Jun-23	279.03
Jan-23	250.29	Jul-23	284.78



Gambar 6 Plot ramalan harga batu bara acuan periode Agustus 2022 – Juli 2023 menggunakan metode fungsi transfer

4. Simpulan

Model terbaik di antara model ARIMA dan model fungsi transfer dalam meramalkan harga batu bara acuan dibangun menggunakan model fungsi transfer dengan nilai $b=0$, $s=0$, $r=0$ dan deret sisaan AR(1). Model fungsi transfer memiliki kemampuan peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan model ARIMA dalam meramalkan harga batu bara acuan pada periode mendatang.

Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Ekspor Utama Komoditas Nonmigas Januari-Agustus 2020 dan 2021. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [EIA] Energy Information Administration. Natural Gas. Washington (US): Energy Information Administration
- [ESDM] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Harga Acuan. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Brockwell PJ, Davis RA. 2016. *Introduction to Time Series and Forecasting*. New York (US): Springer.
- Camm JD, Cochran JJ, Fry MJ, Ohlmann JW. 2020. *Business Analytics*. Melbourne (AU): Cengage.
- Chase C. 2013. *Demand-Driven Forecasting: A Structured Approach to Forecasting*. New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- Chiulli RM. 2018. *Quantitative Analysis: An Introduction*. Amsterdam (NED): CRC Press.
- CNBC Indonesia. 2022. Beralih Dari Rusia, Ini Negara Eropa Yang Incar Batu Bara RI. [Internet]. [diakses 22 April 17]. Tersedia pada: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220322122306-4-324862/beralih-dari-rusia-ini-negara-eropa-yang-incar-batu-bara-ri>.
- Cryer JD, Chan KS. 2008. *Time Series Analysis With Applications in R*. New York (US): Springer.
- Hyndman RJ, Athanasopoulos G. 2018. *Forecasting: Principles and Practice*. Victoria (AU): OTexts.
- Hyndman RJ. 2014. *Forecasting: Principles & Practice*. Victoria (AU): Otexts.
- Kompas. 2022. Momentum Kenaikan Harga Batu Bara dinilai bisa tingkatkan devisa RI [internet]. [diakses 2022 Jun 5]. Tersedia pada: <https://money.kompas.com/read/2022/03/17/083000226/momentum-kenaikan-harga-batu-bara-dinilai-bisa-tingkatkan-devisa-ri?page=all>.
- Ledolter J, Abraham B. 2009. *Statistical Methods for Forecasting*. Massachusetts (US): Wiley.
- Lupton R. 2020. *Statistics in Theory and Practice*. New Jersey (US): Priceton University Press.
- Matyjaszek M, Fernandez PR, Krzemien A, Wodarski K, Valverde GF. 2019. Forecasting coking coal prices by means of arima models and neural networks, considering the transgenic time series theory. *Resources Policy*. 61(1): 283-292.
- Mills T. 2019. *Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting*. United Kingdom (UK): Elsevier Science.
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2015. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- NS Energy. 2021. Profiling the six largest coal-producing countries around the world. [Internet]. [diakses 2021 Des 4]. Tersedia pada: <https://www.nsenergybusiness.com/features/six-largest-coal-producing-countries/>.
- Osborne J. 2010. Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. *Practical assessment, research and evaluation*. 15(12): 1-8.
- Vilela MJ, Oluyemi GF. 2021. *Value of Information and Flexibility: Making Decisions Under Uncertainties*. New York (US): Springer.