

Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia dengan Metode ARIMA dan Regresi Linier

Riani Utami¹, Vira Ananda², Ade Maya Sari³
Institut Teknologi Bandung^{1,2,3}
rianiutami9@gmail.com

Abstrak— Harga minyak dunia berdampak pada perekonomian suatu negara. Dampak dari kenaikan harga minyak dunia diantaranya akan mendorong tingkat inflasi dan kegiatan ekonomi. Harga minyak dunia seringkali mengalami perubahan yang fluktuatif. Oleh sebab itu, perlu dilakukannya peramalan terhadap harga minyak mentah dunia sebagai upaya untuk mengantisipasi dampak negatif dari perubahan harga minyak mentah dunia. Harga minyak mentah dunia yang dihitung setiap bulan merupakan suatu data *time series*. Peramalan dengan data *time series* dapat dilakukan dengan menggunakan model ARIMA dan regresi linier. Model ARIMA (1,1,0) adalah model ARIMA terbaik yang diperoleh dari penelitian ini dengan nilai AIC dan MAPE berturut-turut sebesar 1416.07 dan 8.005. Sementara model regresi dalam hal ini menghasilkan nilai AIC dan nilai MAPE berturut-turut sebesar 1918.38 dan 29.26. Hasil peramalan dengan menggunakan model ARIMA (1,1,0) dan model regresi, keduanya menghasilkan nilai peramalan harga minyak mentah dunia yang akan mengalami penurunan. Hasil peramalan harga minyak mentah dunia dengan model ARIMA (1,1,0) untuk bulan Oktober 2022 sampai Maret 2023 berturut-turut sebesar 79.524, 79.086, 78.982, 78.957, 78.951, 78.950. Sementara, dengan model regresi menghasilkan nilai peramalan pada bulan Oktober 2022 sampai Maret 2023 sebesar 80.475, 80.389, 80.304, 80.218, 80.133, 80.047.

Kata kunci: ARIMA, Minyak, Regresi

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi mentah (*crude oil*) merupakan campuran kompleks beberapa hidrokarbon yang berbeda. Masing-masing minyak bumi memiliki sifat fisika, kimia, serta kenampakan yang berbeda antar lokasi. Secara kimia *crude oil* tersusun atas 84% C, 14% H, 1-3% S, dan kurang dari 1% N₂, O₂, logam dan garam. [1]. Minyak dan turunannya memegang peran penting dan mempunyai pengaruh yang besar dalam kehidupan, terutama dalam ekonomi global [2]. Peneliti telah banyak meneliti tentang perubahan minyak terhadap ekonomi global terutama hubungan antara harga minyak dan variabel-variabel ekonomi seperti saham, nilai tukar, konsumsi masyarakat dan pertumbuhan ekonomi [3].

Nenavath Sreenu et al meneliti tentang peramalan pengaruh harga minyak yang tidak pasti pada pasar India [4], kemudian Lu Wang et al memprediksi volatilitas minyak mentah dengan risiko geopolitik [5]. Harga minyak cenderung meningkatkan biaya produksi perusahaan dan harga komoditas terkait, sehingga lebih lanjut mempengaruhi inflasi [3]. Permasalahan prediksi harga minyak sangat krusial dan menarik diperhatikan karena mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan manusia. Oleh sebab itu, penting dilakukannya peramalan harga minyak mentah sebagai salah satu cara mengantisipasi ketidakstabilan harga minyak mentah dunia di masa mendatang.

Harga minyak dunia seringkali mengalami perubahan yang fluktuatif. Harga minyak mentah dunia yang dihitung setiap bulan merupakan suatu data *time series*. Untuk memprediksi harga minyak yang akan datang terdapat beberapa metode peramalan, diantaranya adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan Regresi Linear. Metode ARIMA menggunakan pendekatan iteratif dalam indentifikasi terhadap suatu model yang ada. Model yang dipilih diuji lagi dengan data masa lampau untuk melihat apakah model tersebut menggambarkan keadaan data secara akurat atau tidak. Sehingga ARIMA merupakan suatu proses statistik yang cocok digunakan untuk meramal sejumlah variabel secara cepat, sederhana, dan akurat karena hanya membutuhkan data variabel yang akan diramal [6]. Peneliti-peneliti

terdahulu telah banyak yang menggunakan metode ARIMA untuk melakukan peramalan, antara lain Pimpi (2013) menerapkan metode ARIMA dalam meramalkan Indeks Harga Konsumen (IHK), sedangkan Ruslan, Harahap & Sembiring (2013) melakukan peramalan nilai ekspor di Propinsi Sumatera Utara dengan metode ARIMA Box-Jenskin. Keduanya menyatakan bahwa metode ARIMA merupakan suatu metode yang efektif dan akurat untuk melakukan peramalan data *time series* [6].

Terdapat berbagai metode peramalan yang sering digunakan diantaranya adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan Regresi Linier [7]. ARIMA merupakan proses *time series* yang tidak stasioner [8]. Bentuk umum model ARIMA (p,d,q) yaitu [9]

$$\phi_p(B) (1 - B)^d Z_t = \theta_p(B) a_t, \quad (1)$$

dengan,

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

$$\theta_p(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$$

ϕ adalah parameter autoregresif (AR). Sementara θ adalah parameter *moving average* (MA). Selanjutnya B adalah operator *Backward* dan $(Z_t) = Z_{t-1}(1 - B)^d$ adalah banyaknya pembedaan (diferensi), a_t adalah variable acak yang didistribusikan secara independen; p orde komponen MA; d adalah banyaknya pembedaan.

Pada penelitian ini hasil peramalan dengan ARIMA akan dibandingkan dengan model peramalan dengan Regresi Linier. Pada analisis regresi, dianggap bahwa harga minyak mentah dunia dimasa depan akan bergantung pada waktu sebelumnya. Model ini banyak digunakan untuk peramalan oleh para peneliti dari berbagai bidang karena sifatnya yang sederhana [10]. Aydin memodelkan permintaan batubara di masa depan, produksi gas alam, dan penggunaan energy primer dengan model regresi linier sederhana. Dey meramalkan permintaan ethanol di India dengan regresi linier [11][12].

Pada pemodelan dengan regresi, harga minyak mentah dunia akan diregresikan terhadap waktu. Bentuk umum model Regresi Linier Sederhana dalam hal ini adalah [13]

$$y = \alpha + \beta t + \varepsilon_t, \quad (2)$$

dengan y adalah harga minyak mentah dunia, α adalah suatu konstanta model regresi, β adalah nilai koefisien dari variabel t , sementara t adalah variabel independen dalam hal ini adalah waktu, dan ε_t adalah nilai error dalam model regresi.

II. METODE PENELITIAN

A. Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data harga minyak mentah dunia bulanan dengan satuan US Dollar (\$). Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah harga minyak mentah dunia dari bulan Januari 2005 sampai bulan September 2022.

B. Tahapan Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan software R-4.1.0. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data dan melakukan analisis statistik deskriptif
2. Memeriksa kestasioneran data
3. Menentukan model dugaan sementara dengan melihat ACF dan PACF
4. Melakukan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil
5. Mengestimasi parameter model ARIMA
6. Melakukan pemeriksaan asumsi *white noise* dan asumsi kenormalan
7. Melakukan peramalan untuk periode selanjutnya dengan model ARIMA
8. Melakukan peramalan dengan model Regresi Linier
9. Membandingkan peramalan model ARIMA dengan model Regresi Linier.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

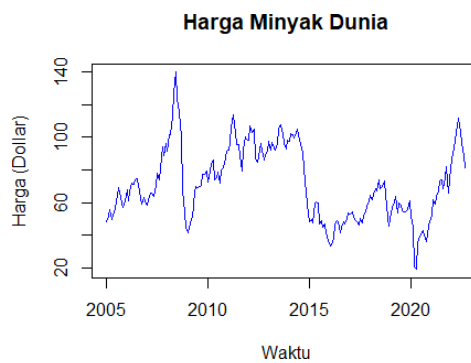
A. Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan harga minyak mentah dunia pada bulan Januari 2005 sampai bulan September 2022. Statistik deskriptif untuk data tersebut adalah sebagai berikut.

TABEL 1. STATISTIK DESKRIPTIF

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Harga minyak mentah	18.84	140.00	71.41	22.23

Nilai rata-rata harga minyak mentah dunia sebesar \$71.41, dengan nilai standar deviasi sebesar 22.23. Adapun plot data dapat dilihat pada Gambar 1.

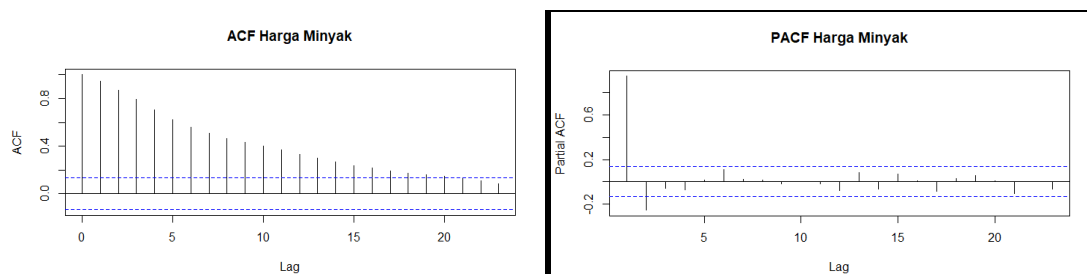


GAMBAR 1. PLOT DATA HARGA MINYAK MENTAH DUNIA

Pada plot data menunjukkan bahwa pada tahun 2005 sampai tahun 2009 harga minyak bumi mengalami kenaikan cukup pesat, namun kemudian turun. Begitupun pada tahun 2010 hingga tahun 2014, harga minyak bumi mengalami kenaikan secara perlahan, kemudian mengalami penurunan kembali.

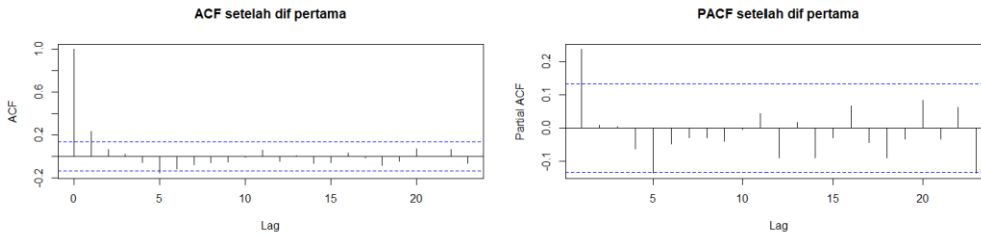
B. Kestasioneran Data

Kestasioneran merupakan hal penting dalam menganalisis model *time series*. Suatu data dikatakan stasioner jika rata-rata dan variansinya konstan [14]. Kestasioneran data dapat dilakukan dengan hanya melihat plot data *time series* saja, namun hal ini bersifat objektif. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dilakukan uji kestasioneran data dengan melihat plot ACF, plot PACF, dan uji ADF untuk memperkuat bukti kestasioneran data. Berikut merupakan plot ACF dan plot PACF dari data tersebut



GAMBAR 2. PLOT ACF DAN PACF DATA

Plot ACF dan plot PACF data tersebut menunjukkan bahwa tidak semua garis terletak di dalam batas signifikansi, hal ini menunjukkan bahwa data belum stasioner. Oleh sebab itu perlu dilakukan diferensi pada *lag-1*. Berikut merupakan gambar plot ACF dan plot PACF setelah diferensi pada *lag-1*.



GAMBAR 3. ACF DAN PACF SETELAH DIFERENSI 1

Plot ACF dan plot PACF tersebut menunjukkan bahwa setelah dilakukan diferensi $lag-1$, data tersebut sudah stasioner hal ini dibuktikan dengan plot ACF dan PACF turun secara cepat. Selanjutnya untuk memperkuat bukti kestasioneran data, akan dilakukan uji ADF menggunakan Software R, dengan package *tseries*. Berikut merupakan hasil uji ADF

TABEL 2. HASIL UJI ADF DATA SETELAH DIFERENSI 1

Uji statistik	P-value
ADF Test	0.01

Hasil uji ADF menunjukkan bahwa data sudah stasioner, hal ini dibuktikan dengan nilai $p\text{-value} = 0.01 < 0.05$. Oleh sebab itu, syarat stasioner pada model ARIMA sudah terpenuhi, setelah adanya diferensi 1 kali. Selanjutnya, akan dilakukan identifikasi model ARIMA.

C. Identifikasi Model

Identifikasi model ARIMA dilakukan dengan membuat semua kemungkinan model yang terjadi. Identifikasi model dilakukan dengan melihat plot ACF dan plot PACF. Pada Gambar 3 plot ACF dan plot PACF tersebut menunjukkan ada garis yang keluar pada $lag-1$, dengan demikian, identifikasi model dugaan sementara adalah model ARIMA dengan kombinasi AR dan MA menggunakan $lag-1$. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC terkecil. Berikut merupakan nilai AIC dari setiap model

TABEL 3. NILAI AIC MODEL ARIMA

Model	AIC
ARIMA(1,1,1)	1418.04
ARIMA(0,1,1)	1416.87
ARIMA(1,1,0)	1416.07

Model dengan nilai AIC terkecil adalah model ARIMA(1,1,0) dengan nilai AIC sebesar 1416.07. Langkah selanjutnya yaitu mengestimasi parameter menggunakan model ARIMA(1,1,0).

D. Estimasi Parameter

Berikut merupakan hasil estimasi parameter menggunakan model ARIMA(1,1,0).

TABEL 4. ESTIMASI PARAMETER ARIMA(1,1,0)

Parameter	Nilai
ϕ_1	0.239

Hasil estimasi parameter tersebut menunjukkan bahwa parameter $\phi_1 = 0.239$. Berdasarkan informasi tersebut dan dengan persamaan (1) maka model ARIMA(1,1,0) dapat dituliskan dalam persamaan

$$Z_t = 1.239 Z_{t-1} - 0.239 Z_{t-2} + a_t,$$

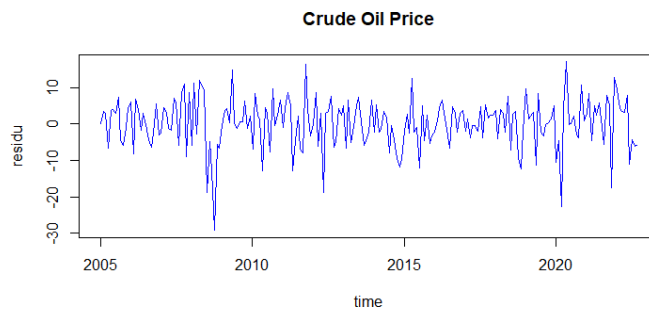
berdasarkan model ARIMA yang diperoleh dapat diketahui bahwa harga minyak mentah dunia bulan ini

dipengaruhi oleh harga minyak mentah dunia pada satu bulan dan dua bulan sebelumnya. Harga minyak mentah dunia satu bulan sebelumnya berpengaruh secara positif, artinya harga minyak mentah satu bulan sebelumnya mampu meningkatkan harga minyak mentah sebesar 1.239 kali. Sementara itu, harga minyak pada dua bulan sebelumnya berpengaruh negatif, yaitu harga minyak pada dua bulan sebelumnya mampu mengurangi harga minyak hari ini sebesar 0.239 kali.

E. Menguji Asumsi Residu

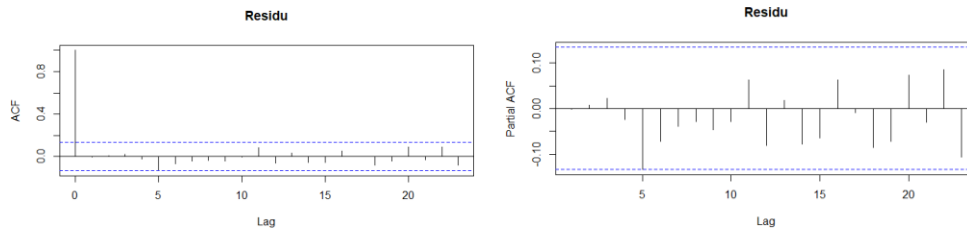
Setelah mendapatkan model terbaik langkah selanjutnya adalah menguji asumsi residu model yaitu uji asumsi *white noise* dan uji kenormalan residu. Uji asumsi *white noise* dilakukan dengan melihat plot residu, plot ACF, dan plot PACF residu model. Sementara, uji kenormalan residu dilakukan dengan melihat plot Q-Q normal dan histogram dari residu model. Suatu proses dikatakan proses *white noise* jika mempunyai *mean* sama dengan nol dan variansi konstan [5]. Sementara itu, asumsi kenormalan terpenuhi jika histogram dari residu model menyerupai lonceng simetris dan plot Q-Q normal membentuk garis lurus.

Berikut merupakan plot dari residu model ARIMA(1,1,0).



GAMBAR 4. PLOT RESIDU MODEL ARIMA (1,1,0)

Plot residu pada Gambar 6 menunjukkan bahwa fluktuasi grafik stabil di sekitar nol dan variansinya konstan. Selanjutnya, untuk memeriksa bahwa residu model tidak saling berkorelasi dapat dilihat menggunakan plot ACF dan plot PACF pada Gambar 7.



GAMBAR 5. ACF DAN PACF RESIDU MODEL ARIMA(1,1,0)

Berdasarkan plot ACF dan PACF tersebut, terlihat bahwa hampir semua nilainya terletak pada batas signifikansi kecuali pada *lag*-0. Hal ini menunjukkan bahwa residu model tidak saling berkorelasi. Jika di beberapa titik masih ditemukan nilai tidak signifikan, hal ini dianggap wajar karena ukuran sampel dan tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 95%. Untuk memperkuat bukti bahwa residu tidak saling berkorelasi, maka dilakukan uji Ljung-Box. Berikut merupakan hasil uji Ljung-Box.

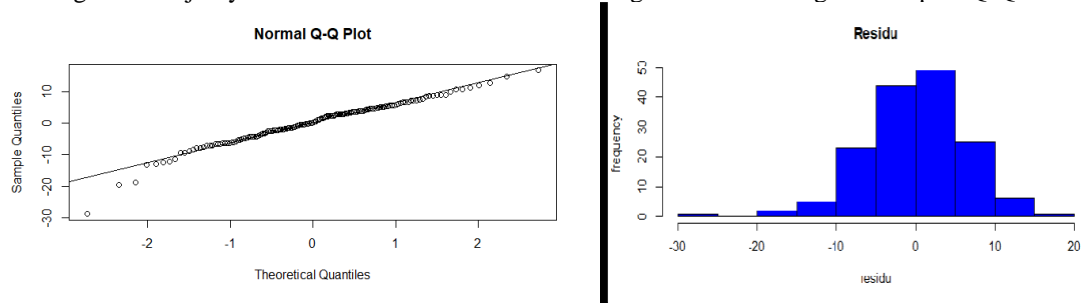
TABEL 5. HASIL UJI LJUNG BOX

Model	P-value Tes Ljung Box
ARIMA (1,1,0)	0.978

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa nilai $p\text{-value} = 0.978 > 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada korelasi antar residu. Oleh karena residu model tidak saling berkorelasi, serta nilai rata-

ratanya di sekitar nol, dan variansinya konstan maka dapat disimpulkan bahwa asumsi *white noise* terpenuhi.

Langkah selanjutnya adalah memeriksa kenormalan dengan melihat histogram dan plot Q-Q normal.



GAMBAR 6. PLOT Q-Q NORMAL DAN HISTOGRAM RESIDU MODEL ARIMA (1,1,0)

TABEL 6. HASIL UJI KOLMOGOROV SMIRNOV

Model	P-value Uji Kolmogorov Smirnov
ARIMA (1,1,0)	0.288

Plot Q-Q normal yang membentuk garis lurus dan histogram yang membentuk lonceng simetris menunjukkan bahwa asumsi kenormalan sudah terpenuhi. Uji asumsi kenormalan menggunakan histogram dan Plot Q-Q normal seringkali bersifat subjektif, untuk melengkapi uji normalitas maka dilakukan uji Kolmogorov Smirnov, berdasarkan uji kolmogorov smirnov terbukti residu berdistribusi normal, hal ini ditunjukkan dengan nilai $p\text{-value}=0.288 > 0.05$. Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa asumsi *white noise* dan asumsi kenormalan sudah terpenuhi, sehingga model ARIMA(1,1,0) layak digunakan untuk meramalkan harga minyak dunia pada periode selanjutnya.

F. Regresi Linier

Peramalan menggunakan regresi dilakukan dengan meregresikan nilai dari harga minyak dengan nilai t (waktu). Hasil estimasi parameter menggunakan model regresi diperoleh sebagai berikut.

TABEL 7. HASIL ESTIMASI PARAMETER MODEL REGRESI LINIER

Estimasi Parameter	Nilai
α	80.560
β	-0.085

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa nilai intersep sebesar 80.56004, sementara koefisien untuk t sebesar -0.08547. Oleh karena itu, model regresi dapat dituliskan sebagai berikut

$$y = 80.560 - 0.085 t + \alpha.$$

Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui bahwa variabel waktu dalam hal ini memiliki pengaruh negatif, artinya harga minyak mentah dunia akan mengalami penurunan seiring berjalannya waktu. Model regresi dalam persamaan ini memiliki kelemahan yaitu tidak mungkin persamaan tersebut berlaku pada waktu (t) yang lama, karena akan membuat nilai peramalan harga minyak mentah dunia mendekati 0. Oleh sebab itu, model regresi ini hanya dapat digunakan untuk meramalkan beberapa periode selanjutnya dalam jangka waktu yang pendek (*short-term forecasting*).

G. Perbandingan Hasil Akurasi Peramalan dengan ARIMA dan Regresi

Ukuran akurasi peramalan dapat menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Perbandingan peramalan dengan model ARIMA dan Regresi Linear dilakukan dengan melihat nilai MAPE

terkecil. Semakin kecil nilai MAPE menunjukkan hasil peramalan dari model semakin mendekati nilai aktual. Rumus MAPE dan sebagai berikut [9]:

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

dengan,

- n : Banyaknya data pengamatan
- z_t : Nilai pengamatan pada saat- t
- \hat{z}_t : Nilai hasil peramalan pada saat- t

Jika nilai MAPE kurang dari 10% maka peramalan bisa dikategorikan sangat baik. Jika berada diantara 10% - 20% maka peramalan dikatakan baik, jika nilai MAPE diantara 20%-50% maka nilai peramalan dikatakan layak, dan jika nilai MAPE lebih dari 50% kemampuan peramalan dikatakan buruk [15]. Berikut merupakan hasil nilai MAPE model ARIMA(1,1,0) dan regresi.

TABEL 8. NILAI MAPE MODEL ARIMA(1,1,0) DAN MODEL REGRESI

Model	Nilai MAPE
ARIMA (1,1,0)	8.004 %
Regresi	29.260 %

Nilai MAPE model ARIMA(1,1,0) sebesar 8.004%, sementara nilai MAPE pada model Regresi Linear sebesar 29.260%. Nilai MAPE ARIMA(1,1,0) lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE dari model Regresi Linear. Hal ini berarti model ARIMA jauh lebih baik dalam meramalkan harga minyak mentah dunia. Nilai MAPE model ARIMA(1,1,0) dikategorikan sangat baik karena kurang dari 10%. Sementara itu, Nilai MAPE model regresi dikategorikan layak karena diantara 10%-50%.

H. Peramalan Periode Selanjutnya

Peramalan periode selanjutnya dilakukan menggunakan model ARIMA(1,1,0) dan Regresi Linear. Berikut tabel peramalan untuk bulan Oktober 2022 sampai Maret 2023.

TABEL 9. PERAMALAN PERIODE SELANJUTNYA

Date	ARIMA	REGRESI
Okt-22	79.524	80.475
Nov-22	79.086	80.389
Des-22	78.982	80.304
Jan-23	78.957	80.218
Feb-23	78.951	80.133
Mar-23	78.950	80.047

Peramalan menggunakan metode ARIMA ataupun regresi menunjukkan bahwa peramalan untuk periode selanjutnya bersifat tren turun. Oleh sebab itu, ada kemungkinan harga minyak dunia akan turun sampai pada waktu tertentu.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Model ARIMA terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah ARIMA(1,1,0) dengan nilai AIC sebesar 1416.07 dan nilai MAPE sebesar 8.004%. Sementara itu, model Regresi Linear menghasilkan nilai AIC sebesar 1918.38 dan nilai MAPE sebesar 29.260%. Dalam hal ini, peramalan dengan ARIMA(1,1,0) jauh lebih baik dibandingkan peramalan dengan model Regresi Linier. Hasil peramalan dengan ARIMA(1,1,0) ataupun Regresi Linear, keduanya menghasilkan nilai peramalan harga minyak mentah dunia yang akan mengalami penurunan. Hal ini dapat menjadi pertimbangan bagi pemerintah terkait

kebijakan apa yang seharusnya dilakukan dan hal apa yang harus diperhatikan dalam mengantisipasi dampak dari penurunan harga minyak mentah dunia tersebut.

B. Saran

Pada penelitian ini hanya membandingkan model ARIMA dengan model regresi sederhana, pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan peramalan dengan model ARIMA yang dibandingkan dengan berbagai jenis model regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Roni, Kiagus. 2020. *Teknologi Minyak Bumi*. Palembang: CV. Amanah.
- [2] Gong, X., Jin, Y., dan Liu, T. (2023). Analyzing pure contagion between crude oil and agricultural futures markets. *Energy*, 269 (2023) 126757.
- [3] Wen, F., Zhang, K. dan Hong, X. (2021). The effects of oil price shocks on inflation in the G7 countries. *The North American Journal of Economics and Finance*. 57 (2021) 101391.
- [4] Sreenu, N. 2022. Impact of crude oil price uncertainty on Indian stock market returns: Evidence from oil price volatility index. *Energy Strategy Reviews*, 44 (2022) 101002.
- [5] Wang, L., Ma, F., Hao, J., dan Gao, X. 2021 Forecasting crude oil volatility with geopolitical risk: Do time-varying switching probability play a role?. *International Review of Financial Analysis*, 76 (2021) 101756.
- [6] Hartati. 2017. Penggunaan Metode ARIMA dalam Meramal Pergerakan Inflasi. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, Vol. 18; Hal. 1-10.
- [7] Debnath KB, Mourshed M. 2018. Forecasting methods in energy planning models. *Renew Sustain Energy Rev*;88:297–325.
- [8] Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis and Forecasting*. New York: Academi Press.
- [9] Montgomery, D.C., Jennings, C.L., Kulahci, M. 2007. *Introduction to Time Series Analysis Forecasting*. New Jersey: John Wiley and Sons. Inc Publication.
- [10] Wang L, Feng J, Sui X, Chu X. Agricultural product price forecasting methods : research advances and trend 122 (2020) 2121–2138.
- [11] Aydin G. 2015. Forecasting natural gas production using various regression models. *Pet Sci Technol*;33:1486–92.
- [12] Aydin G. 2015. The modeling and projection of primary energy consumption by the sources. *Energy Sources B*;10:67–74.
- [13] Cryer, J. D. dan Chan, K. S. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*, Springer, New York.
- [14] Box, G., Jenkins, G., Reinsel, G., dan Ljung, G. 2016. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, ed. 5. Hoboken: New Jersey.
- [15] Chang, P., Wang, Y. and Liu, C. 2007. The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1): 86-96.