

Penerapan Metode *Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity* untuk Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia*

Putri Hernanda Zainal¹, Yenni Angraini^{1‡}, Akbar Rizki¹

¹Department of Statistics, IPB University, Indonesia

[‡]corresponding author: y_angraini@apps.ipb.ac.id

Copyright © 2023 Putri Hernanda Zainal, Yenni Angraini, Akbar Rizki. 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

Crude oil is one of the commodities that are needed in various fields. World crude oil prices that continue to fluctuate, of course, have a big influence on the country's economy. Crude oil price data collected is time series or the collection process is carried out from time to time with monthly periods. Therefore, we need a system that can forecast future world crude oil prices which are expected to be taken into consideration by the government for decision making. One method that can be used to predict world crude oil prices is ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) and GARCH (Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity) model. After modeling, it is proven that the world crude oil price data for the period January 2002 to June 2022 has a heteroscedasticity effect that cannot be overcome if only using the ARIMA model. The results of data processing show that the ARIMA (0,1,2) followed by the ARCH (2) is the best model with a MAPE value of 5,32%. The accuracy values obtained are classified as very good for forecasting world crude oil prices

Keywords: ARIMA, ARCH, crude oil price, forecast, GARCH.

* Received: Dec 2022; Reviewed: Jan 2023; Published: Jan 2023

1. Pendahuluan

Harga minyak mentah memainkan peran penting dalam perekonomian global, rencana pemerintah, dan sektor komersial (Herawati dan Djunaidy 2014). Harga minyak mentah memiliki pengaruh simultan terhadap indeks saham pertambangan untuk negara di Asia Tenggara, seperti Indonesia dan Singapura (Pardede *et al.* 2016). Harga minyak yang tinggi akan menyebabkan inflasi dan tekanan terhadap nilai tukar dan menyebabkan laju perekonomian suatu negara mengalami penurunan. Fauzannissa *et al.* (2016) berpendapat bahwa stabilitas pasokan dan harga minyak mentah dunia sangat diperlukan di berbagai negara guna mendorong pertumbuhan ekonomi yang lebih baik.

Peramalan harga minyak mentah dunia dapat dilakukan dengan menggunakan analisis deret waktu, dikarenakan data harga minyak mentah yang bersifat *time series* atau proses pengumpulannya yang dilakukan dari waktu ke waktu. Peramalan dengan menggunakan analisis deret waktu atau *time series* dapat dijadikan dasar terhadap perencanaan ekonomi dan bisnis (Wei 2016). Salah satu metode dalam analisis deret waktu untuk memprediksi harga minyak mentah dunia yang dapat digunakan adalah model ARIMA. Shambulingappa (2020) menerapkan model ARIMA untuk peramalan harga minyak mentah mentah *West Texas Intermediate* (WTI) dan menghasilkan nilai akurasi *mean square* sebesar 1,606 yang dapat dikatakan sangat baik dalam peramalan. Kenyataannya, dibidang ekonomi sering ditemui kasus data yang memiliki volatilitas yang tinggi dan tidak konstan terhadap ragamnya.

Pemodelan ARIMA dinilai tidak mampu ketika dihadapkan pada data yang tidak konstan atau heteroskedastisitas, karena ARIMA mengasumsikan ragam konstan (Montgomery *et al.* 2015). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu model deret waktu lain yang dapat mengatasi masalah heteroskedastisitas terhadap data harga minyak mentah dunia yang memiliki volatilitas tinggi. Cryer dan Chan (2008) menjelaskan bahwa Robert Engle pada tahun 1982 pertama kali mengusulkan *heteroscedasticity* bersyarat *autoregressive* (ARCH) model untuk memodelkan ragam yang berubah dari deret waktu dan menambahkan bahwa model ARCH dapat digunakan untuk kondisi volatilitas. Pemodelan ARCH membutuhkan ordo yang besar untuk mendapatkan model yang tepat. Penelitian Iqbal *et al.* (2014) menjelaskan bahwa Bollerslev (1986) mengembangkan model ARCH menjadi model *generalized autoregressive conditional heteroscedastic* (GARCH) untuk menghindari ordo ARCH yang besar. Amir dan Shabri (2016) berpendapat bahwa ARIMA dan GARCH dapat menghasilkan peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan yang hanya menggunakan ARIMA pada kasus peramalan harga minyak di Pakistan.

2. Metodologi

2.1 Bahan dan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari harga minyak mentah dunia periode bulanan dari Januari 2002 hingga Juni 2022 diperoleh dari www.indexmundi.com dengan satuan US dollar (\$). Periode bulanan yang didapatkan merupakan hasil dari rata-rata harian harga minyak mentah dunia

2.2 Prosedur Analisis

Prosedur analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Melakukan eksplorasi data menggunakan plot data *time series* untuk mengetahui karakteristik dan pola data.

2. Membagi data menjadi dua, yaitu data latih dan data uji. Pembagian data yang dilakukan adalah 85% untuk data latih dan 15% untuk data uji. Data latih dimulai Januari tahun 2002-Juni 2019 dan data uji dimulai Juli 2019-Juni 2022.
3. Membuat model ARIMA :
 - a) Melakukan eksplorasi dengan menggunakan plot *time series* dan plot ACF pada data latih untuk mengetahui kestasioneran data.
 - b) Melakukan uji kestasioneran menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF).
 - c) Jika data yang diperoleh sudah stasioner, dilanjutkan dengan identifikasi. Jika belum stasioner, dilakukan pembedaan atau *differencing* ordo terlebih dahulu.
 - d) Mengidentifikasi ordo p dan q dari model ARIMA berdasarkan data yang stasioner dengan melihat plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF)
 - e) Melakukan estimasi paramater model ARIMA dan memilih model ARIMA terbaik yang memiliki nilai AIC terkecil. Kriteria AIC dirumuskan sebagai berikut (Montgomery et al. 2015) :

$$AIC = \ln\left(\frac{\sum_{t=1}^T e_t}{T}\right) + \frac{2p}{T}$$
 - f) Melakukan uji diagnostik model menggunakan uji Ljung-Box untuk melihat kebebasan sisaan model, plot sisaan atau uji Randtest untuk melihat kehomogenan, dan plot *quantile-quantile* atau uji Jarque-Bera untuk melihat kenormalan.
 - g) Melakukan *overfitting* pada kandidat model ARIMA terbaik.
 - h) Memilih model ARIMA terbaik berdasarkan nilai *akaike's information criterion* (AIC) terkecil.
4. Melakukan uji heterokedastisitas sisaan model ARIMA terbaik. Pengujian untuk heterokedastisitas menggunakan uji ARCH-LM.
5. Membuat model ARCH-GARCH
 - a) Melihat plot ACF untuk mengetahui ordo ARCH-GARCH
 - b) Membuat estimasi parameter ARCH-GARCH
 - c) Memilih model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil.
6. Membuat peramalan dari model terbaik
7. Mengevaluasi hasil peramalan menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Formula MAPE sebagai berikut (Montgomery et al. 2015):

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{|y_t - F_t|}{y_t} \times 100 \right)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

Harga minyak mentah dunia dengan periode bulanan dari Januari 2002 sampai Juni 2022 mengalami fluktuatif terlihat pada Gambar 1. Harga minyak dari tahun 2002 cenderung mengalami kenaikan tiap tahun, dan sempat mengalami penurunan dipertengahan tahun 2006 hingga tahun 2007. Pertengahan tahun 2007, harga minyak terus naik hingga puncaknya pada Juli 2008 dengan harga tertinggi yaitu \$132,83 per barel. Menurut Mawikere (2008), kenaikan harga minyak disebabkan oleh perkembangan ekonomi dan penduduk, serta adanya invasi Amerika terhadap Irak yang mengganggu kestabilan negara yang berdampak pada produksi minyak. Harga minyak yang tinggi tidak berlangsung lama karena OPEC (*organization of the petroleum exporting countries*) sebagai pemasok 40% minyak mentah ke pasar dunia berhasil menjaga kestabilan produksinya sehingga harga minyak mentah mulai turun diakhir tahun 2008 dengan harga \$41,34 per barel. Harga minyak mentah dunia tahun

2009 terus mengalami kenaikan harga hingga tahun 2011 Dengan pergerakan harganya cukup stabil hingga tahun 2014 dengan kisaran harga \$90 sampai \$117 per barel.

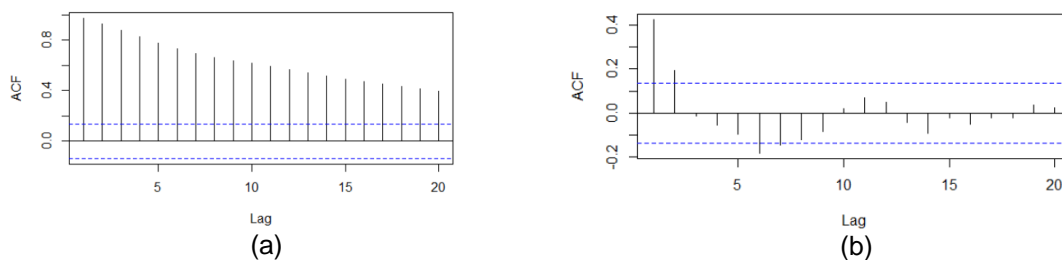


Gambar 1 Pergerakan bulanan harga minyak mentah dunia (2002-2022)

Harga minyak terendah terjadi pada bulan Januari 2002 dengan harga \$19,15 per barel. Penurunan harga minyak yang cukup drastis terjadi pada Januari 2015 dan April 2020. Harga minyak mentah di tahun 2015 adalah \$47,15 per barel. Penyebab turunnya harga minyak karena *West Texas Intermediate* (WTI) Amerika mengalami kelebihan produksi. Sedangkan untuk penurunan harga minyak ditahun 2020 disebabkan adanya virus covid-19 yang menyebabkan proses ekspor-impor terganggu sehingga banyak negara pengeksport minyak mentah mengalami perubahan produksi minyak (Naji dan Martin 2021). Harga minyak mentah dunia terus mengalami kenaikan ditahun 2020 hingga Juni 2022. Kenaikan harga untuk awal tahun ini disebabkan karena adanya perang dingin antar beberapa negara besar dunia yang juga merupakan sebagai negara pengeksport minyak mentahnya. Hingga Juni 2022 tercatat harga minyak mentah dunia mencapai \$116,8 per barel.

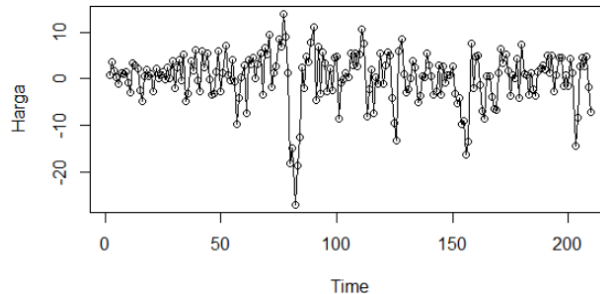
3.2 Model ARIMA

Pemeriksaan kestasioneran terhadap data harga minyak mentah dunia menunjukkan data yang digunakan tidak stasioner. Gambar 2(a) menunjukkan ketidakstasioneran data harga minyak mentah yang menurun secara linear berdasarkan plot ACF. Hal tersebut diperkuat setelah dilakukan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) yang membuktikan data tidak stasioner dalam rata-rata karena memiliki nilai-p 0,481 yang lebih besar dari taraf nyata 5% disajikan pada Gambar 2(b). Oleh karena itu, diperlukan pembedaan (*differencing*) untuk mengatasi ketidakstasioneran rata-rata pada data harga minyak mentah dunia. Pembedaan dilakukan satu kali dan diperoleh nilai-p sebesar 0,01 dengan taraf nyata 5% yang menunjukkan data harga minyak mentah dunia sudah stasioner dalam rata-rata.



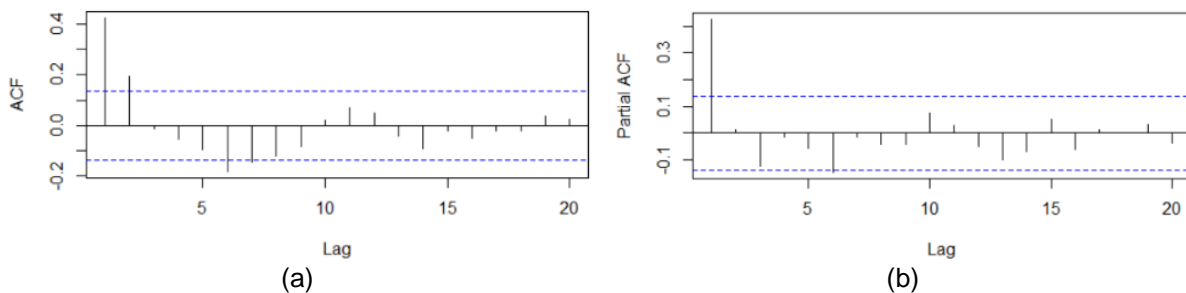
Gambar 2 Plot ACF data harga minyak mentah (a) sebelum pembedaan dan (b) setelah pembedaan pertama ($d=1$)

Gambar 3 menunjukkan plot *time series* dari data harga minyak mentah yang telah stasioner dalam ratannya setelah dilakukan pembedaan pertama. Pembedaan dilakukan dengan cara menghitung selisih nilai pengamatannya, yaitu $Y_t - Y_{t-1}$. Nilai rata-rata harga minyak mentah setelah dilakukan pembedaan pertama diperoleh adalah \$0,19 per barel.



Gambar 3 Plot *time series* dari data harga minyak mentah setelah dilakukan pembedaan ($d=1$)

Selanjutnya dilakukan identifikasi kandidat model berdasarkan plot ACF dan PACF (Gambar 4). Model yang dihasilkan oleh plot ACF yang *cut off* pada lag 1 dan 2 adalah model ARIMA (0,1,1), dan ARIMA (0,1,2). Sedangkan model yang dihasilkan plot PACF yang mengalami *cut off* pada lag 1 adalah model ARIMA (1,1,0).



Gambar 4 Identifikasi model plot ACF (a) dan plot PACF (b)

Pendugaan model tentatif ARIMA yang diperoleh dari plot ACF dan PACF dilakukan dengan tiga model. Parameter dari ketiga model disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai pendugaan model tentatif ARIMA

Model ARIMA	Paramater	Koefisien parameter	Nilai-p	AIC
ARIMA (0,1,1)	MA (1)*	0,345	0,000	1279,22
ARIMA (0,1,2)	MA (1)*	0,424	0,000	1270,08
	MA (2)*	0,238	0,000	
ARIMA (1,1,0)	AR (1)*	0,425	0,000	1270,76

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa model ARIMA (0,1,2) memiliki seluruh nilai parameter yang nyata dan AIC terkecil dibanding model lainnya. Selanjutnya, model ARIMA (0,1,2) dilakukan *overfitting* yang memungkinkan untuk mendapatkan model yang lebih baik. *Overfitting* dilakukan dengan menambahkan 1 ordo pada AR atau MA pada model dan diperoleh ARIMA (0,1,3) dan ARIMA (1,1,2). Model *overfitting* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Nilai penduga model *overfitting*

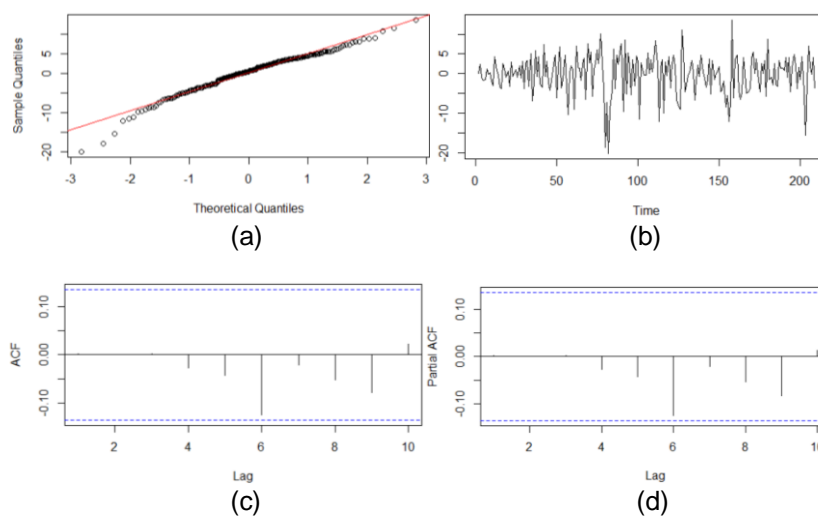
Model ARIMA	Paramater	Koefisien parameter	Nilai-p	AIC
ARIMA (0,1,3)	MA (1)*	0,424	0,000	1272,09
	MA (2)*	0,238	0,000	
	MA (3)	0,002	0,977	
ARIMA (1,1,2)	AR (1)	0,009	0,977	1274,09
	MA (1)	0,414	0,187	
	MA (2)	0,234	0,074	

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Hasil dari model *overfitting* menunjukkan bahwa model ARIMA (0,1,2) yang disajikan pada Tabel 1, tetap memiliki semua parameter yang nyata dan nilai AIC terkecil dibandingkan dengan model ARIMA (0,1,3) dan ARIMA (1,1,2). Sehingga model ARIMA (0,1,2) merupakan model terbaik untuk data harga minyak mentah dengan lambang Z_t berdasarkan hasil perbedaan satu kali yaitu $Y_t - Y_{t-1}$. Formula ARIMA dituliskan sebagai berikut :

$$Z_t = 0,424Z_{t-1} + 0,238Z_{t-2} + e_t$$

Selanjutnya dilakukan uji diagnostik model menggunakan uji Ljung-Box yang menghasilkan nilai-p 0,635 yang lebih besar dari taraf nyata 5%, artinya sisaan ARIMA (0,1,2) tidak mengandung autokorelasi. Sisaan model ARIMA (0,1,2) ditampilkan pada Gambar 5(a) menunjukkan bahwa modelnya telah normal karena titik plotnya sudah mengikuti garis kenormalan. Informasi berdasarkan Gambar 5(b) menunjukkan bahwa sisaan belum memenuhi asumsi kehomogenan, terlihat pada selisih nilai rataannya yang cenderung besar meskipun untuk periode awal selisih rataannya kecil dan lama kelamaan membesar. Gambar 5(c) dan 5(d) juga menunjukkan bahwa sisaannya tidak menunjukkan *cut off* pada lag tertentu. Sehingga pemodelan ARIMA masih kurang tepat jika diterapkan pada data harga minyak mentah dunia yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui apakah model ARIMA (0,1,2) memiliki efek heterokedastisitas, hal ini dilakukan untuk memenuhi asumsi kehomogenan peramalan deret waktu yang baik.



Gambar 5 (a) Plot kenormalan, (b) Sisaan ARIMA(0,1,2), (c) Plot ACF, dan (d) Plot PACF

3.3 Pengujian Efek Heterokedastik

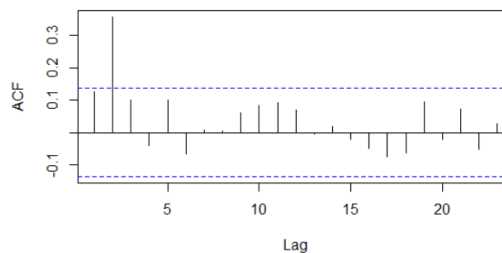
Pengujian efek heterokedastik dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* atau tes pengganda skor. Engle tahun 1982 menggunakan tes ini untuk mengidentifikasi unsur ARCH dalam data (Box et al. 2016). Informasi pada Tabel 3 menunjukkan hasil uji ARCH-LM untuk 20 lag pertama menghasilkan nilai-p lebih kecil pada taraf nyata 5%, sehingga tolak H_0 . Hal ini berarti data harga minyak mentah yang digunakan mengandung efek heterokedastik sehingga metode ARCH-GARCH diperlukan untuk pemodelan ARIMA(0,1,2) dalam peramalan harga minyak mentah dunia.

Tabel 3 Hasil uji *Lagrange Multiplier*

lag	Nilai-p
4	0,000
12	0,000
20	0,000

3.4 Model ARCH – GARCH

Pemodelan ARCH-GARCH dilakukan pada *mean* model ARIMA (0,1,2) yang mengandung efek heteroskedastisitas. Salah satu cara untuk mengidentifikasi kandidat model ARCH-GARCH dapat menggunakan hasil dari plot ACF yang mengalami *cut off* pada lag tertentu (Cryer dan Chan 2008). Gambar 6 menunjukkan bahwa plot ACF *mean* model ARIMA (0,1,2) mengalami *cut off* pada lag 2, menghasilkan ordo (q) adalah 2 dan modelnya menjadi ARCH(2), GARCH(1,2), dan GARCH (2,2).



Gambar 6 Plot ACF sisaan ARIMA (0,1,2)

Tabel 4 Nilai pendugaan model ARCH-GARCH

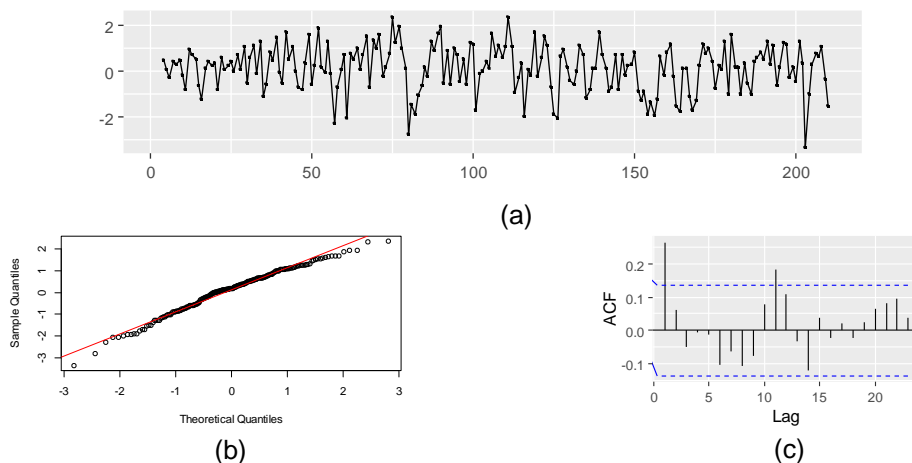
Model ARCH-GARCH	Paramater	Koefisien parameter	Nilai-p	AIC
ARCH (2)	$\alpha(0)^*$	10,869	0,000	1235,376
	$\alpha(1)^*$	0,263	0,056	
	$\alpha(2)^*$	0,397	0,000	
GARCH(1,2)	$\alpha(0)$	0,002	0,121	1263,953
	$\alpha(1)$	0,001	0,237	
	$\alpha(2)$	0,001	0,501	
GARCH(2,2)	$\beta(1)$	0,000	1,000	1260,333
	$\alpha(0)$	0,002	0,199	
	$\alpha(1)$	0,001	0,221	
	$\alpha(2)$	0,001	0,670	
	$\beta(1)$	0,000	0,996	
	$\beta(2)$	0,000	1,000	

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 4 berisi pendugaan model ARCH GARCH. Model ARCH terkadang membutuhkan ordo yang besar untuk mendapatkan model terbaiknya, sehingga untuk ordo ARCH yang besar dilanjutkan dengan model GARCH. Model GARCH merupakan pengembangan dari model ARCH yang dilakukan oleh Bollerslev (1986) yang dapat dimanfaatkan pada data ekonomi dan keuangan. Hasil dari pendugaan model ARCH-GARCH dengan tiga model menunjukkan bahwa model ARCH (2) memiliki nilai AIC terkecil dan semua parameternya signifikan pada taraf nyata yang digunakan. Persamaan untuk model ARCH yaitu :

$$\sigma_t^2 = 10,869 + 0,263e_{t-1}^2 + 0,397e_{t-2}^2$$

Selanjutnya dilakukan uji diagnostik model pada ARIMA (0,1,2) + ARCH (2) menggunakan uji Ljung-Box yang menghasilkan nilai-p 0,979 yang lebih besar dari taraf nyata 5%, artinya model tidak mengandung autokorelasi. Plot *time series* model ARIMA (0,1,2) + ARCH (2) ditampilkan pada Gambar 7(a) menunjukkan selisih antara nilai rataannya tidak terlalu jauh dan lebih baik dibandingkan dengan plot *time series* yang hanya menggunakan model ARIMA. Informasi berdasarkan Gambar 7(b) menunjukkan bahwa model ARIMA (0,1,2) + ARCH (2) telah normal karena titik plotnya sudah mengikuti garis kenormalan. Gambar 7(c) menunjukkan bahwa sisaan model ARIMA (0,1,2) + ARCH (2) *cut off* pada lag pertama.



Gambar 7 (a) Plot *time series*, (b) Plot kenormalan dan (c) Plot ACF

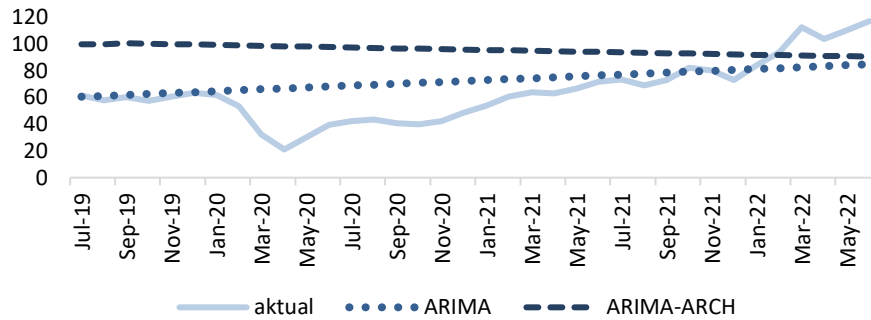
Berdasarkan hasil diagnostik model tersebut, maka dapat dikatakan model ARIMA (0,1,2) + ARCH (2) merupakan model terbaik untuk membuat peramalan harga minyak mentah dunia.

3.5 Hasil Peramalan Model ARIMA(0,1,2) dan ARIMA(0,1,2) + ARCH(2)

Tabel 5 menunjukkan bahwa model ARIMA yang dilanjutkan dengan ARCH memiliki nilai MAPE yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang hanya menggunakan ARIMA saja. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode ARIMA-ARCH lebih baik untuk membuat peramalan harga minyak mentah dunia untuk beberapa bulan kedepan.

Model	MAPE (%)
ARIMA (0,1,2)	29,92
ARIMA (0,1,2) + ARCH (2)	5,32

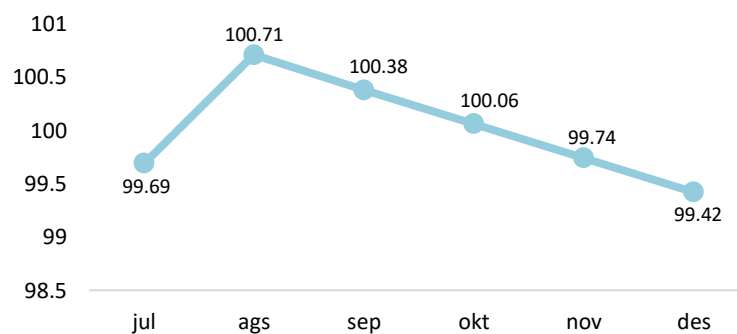
Perbandingan dari data aktual dan hasil peramalan menggunakan ARIMA dan ARIMA-ARCH disajikan pada Lampiran 2. Perbandingan plot ketiganya disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Plot data aktual, peramalan ARIMA dan ARIMA-ARCH

3.6 Peramalan Harga Minyak

Peramalan harga minyak mentah dunia periode Juli – Desember tahun 2022 dilakukan dengan metode ARIMA-ARCH. Informasi yang diperoleh dari Gambar 9 adalah diperkirakan bahwa harga minyak mentah dunia dari bulan Juli ke Agustus akan naik. Harga minyak bulan Agustus hingga Desember mengalami penurunan harga menjelang akhir tahun 2022, dengan harga terendah \$99,42 per barel. Hasil peramalan harga minyak mentah dunia terlihat pada Lampiran 3.



Gambar 9 Peramalan harga minyak mentah dunia

4. Simpulan dan Saran

Data harga minyak mentah dunia yang menggunakan metode ARIMA dan dilanjutkan dengan ARCH lebih tepat untuk memodelkan data yang mengandung efek heterokedastisitas serta menangani volatilitas yang tinggi dalam data harga. ARIMA-ARCH memiliki nilai MAPE sebesar 5,32% di mana nilai ini termasuk kategori yang sangat baik untuk membuat peramalan data harga minyak mentah. Penerapan metode ARIMA-ARCH masih menghasilkan nilai MAPE yang relatif besar sehingga disarankan untuk menggunakan alternatif lain dari model pengembangan ARCH GARCH seperti APARCH, EGARCH dan FGARCH untuk data yang bervolatilitas tinggi sehingga mendapatkan hasil peramalan yang lebih baik. Serta diperlukan untuk penanganan terhadap pencilonan yang terdapat dalam data.

Daftar Pustaka

- Amir M, Shabri A. 2016. Modelling and Forecasting Monthly Crude Oil Price of Pakistan: A Comparative Study of ARIMA, GARCH and ARIMA Kalman Model. *Advances in Industrial and Applied Mathematics*. 6:1-7.
- Bollerslev T. 1986. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Jurnal of Econometrics*. 31(1):307-327.
- Box GEP, Jenkins GM, Reinsel JD, Ljung GM. 2016. Time Series Analysis. Ed ke-5. New Jersey (US):John Wiley & Sons.
- Cryer JD, Chan KS. 2008. Time Series Analysis With Applications in R. Ed ke-2. New York (US):Springer.
- Enders W. 2008. Applied Econometrics Time Series. Ed ke-2. New York (US):John Wiley & Sons
- Engle RF. 1982. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation *Econometrica*. 50(4):987-1007.
- Fauzannissa RA, Yasin H, Ispriyanti D. 2016. Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia Menggunakan Metode Radial Basis Function Neural Network. *Jurnal Gaussian*. 5(1):193-202.
- Herawati S, Djunaidy A. 2014. Menggunakan Gabungan Metode Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) dan Jaringan Saraf Tiruan. 4(1):61-69.
- Iqbal TA, Sadik K, Sumertajaya IM. 2014. Pemodelan Pengukuran Luas Panen Padi Nasional Menggunakan Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic Model (GARCH). *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 33(1):17-26.
- Mawikere JC. 2008. Implikasi Kuota Produksi Minyak Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) dengan Kebijakan Keanggotaan dan Harga Bahan Bakar Minyak Pemerintah Indonesia Tahun 2008. *Jurnal Analisis Hubungan Internasional*. 5(3):26-137.
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2015. Introduction Time Series Analysis and Forecasting. Ner Jersey (US):John Wiley & Sons.
- Naji IQ, Martin A. 2021. Faktor Pendorong Kebijakan Pengurangan Produksi Minyak OPEC di Era Pandemi Covid-19 tahun 2020. *Kajian Hubungan Internasional*. 1(1) : 33-50.
- Pardede N, Hidayat R, Sulasmiyati S. 2016. Pengaruh Harga Minyak Mentah Dunia, Inflasi, Suku Bunga (Central Bank Rate), dan Nilai Tukar (Kurs) Terhadap Indeks Harga Saham Sektor Pertambangan di ASEAN (Studi pada Indonesia, Singapura, dan Thailand Periode Juli 2013 - Desember 2015). *Jurnal Administrasi Bisnis S1 Universitas Brawijaya*. 39(1):130 - 138.
- Raneo AP, Muthia F. 2019. Penerapan Model GARCH dalam Peramalan Volatilitas di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Manajemen dan Bisnis Sriwijaya*. 16(3) : 194-202.
- Shambulingappa HS. 2020. Crude Oil Price Forecasting Using Machine Learning. *International Journal of Advanced Scientific Inovation*. 1(1):1-11.
- Wei WWS. 2006. Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method. Ed ke-2. New York (US):John Wiley & Sons.