

Received: 21 February 2023

Revised: 22 June 2023

Accepted: 28 June 2023

Published: 30 June 2023

Aplikasi Model ARIMA dalam Peramalan Data Harga Emas Dunia Tahun 2010 – 2022

Mohammad Abror Gustiansyah^{1, a)}, Akbar Rizki^{1, b)*}, Berliana Apriyanti^{1, c)}, Kenia Maulidia^{1, d)}, Raffael Julio Roger Roa^{1, e)}, Oksi Al Hadi^{1, f)}, Nabila Ghoni Trisno Hidayatulloh^{1, g)}, Wiwik Andriyani Lestari Ningsih^{1, h)}, Andika Putri Ratnasari^{1, i)}, Yenni Angraini^{1, j)}

¹*Program Studi Statistika dan Sains Data, IPB University, Indonesia*

Email: ^{a)}abrorgusti15@gmail.com, ^{b)}akbar.rizki@apps.ipb.ac.id*, ^{c)}berlianapr06@gmail.com, ^{d)}keniamld02@gmail.com, ^{e)}raffaeljr8@gmail.com, ^{f)}alhadioksi@gmail.com, ^{g)}nabilaghoni@gmail.com, ^{h)}wiwikandriyanilestarin@gmail.com, ⁱ⁾andikaputri231098@gmail.com, ^{j)}y_angraini@apps.ipb.ac.id.

Abstract

Gold investment is one of the favorite investments during the Covid-19 pandemic because the price of gold is relatively volatile but shows an increasing trend. Savvy investors investing in gold need to be able to predict future opportunities. Therefore, price estimation is needed to develop a buying and selling strategy to maximize profits. The Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model is a suitable method for predicting time series data, so the best ARIMA model will be applied for forecasting world gold prices. The best ARIMA model is selected based on the Akaike Information Criterion (AIC) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) criteria. Monthly world gold price data for 146 periods are applied in this study and will be used to predict gold prices for the following six periods. ARIMA (0,1,1) is the best model obtained from the analysis results, with AIC and MAPE values of 1264.731 and 11.972%, respectively. Forecasting results show that world gold prices will increase for the next periods.

Keywords: ARIMA, Gold price, Prediction

Abstrak

Investasi emas menjadi salah satu investasi favorit di masa pandemi Covid-19 seperti saat ini, karena harga emas relatif fluktuatif namun menunjukkan tren yang meningkat. Investor cerdas yang berinvestasi dalam emas perlu memprediksi atau memperkirakan peluang di masa depan. Oleh karena itu, estimasi harga diperlukan untuk mengembangkan strategi jual beli untuk memaksimalkan keuntungan. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan salah satu metode yang baik untuk meramalkan data deret waktu, sehingga model ARIMA terbaik akan digunakan untuk meramal harga emas dunia. Pemilihan model ARIMA

terbaik didasarkan pada kriteria nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Data bulanan harga emas dunia sepanjang 146 periode digunakan dalam penelitian ini dan akan digunakan untuk memprediksi harga emas enam periode ke depan. ARIMA(0,1,1) merupakan model terbaik yang diperoleh dari hasil analisis dengan nilai AIC dan MAPE sebesar 1264,731 dan 11,972%. Hasil peramalan menunjukkan bahwa harga emas dunia akan mengalami kenaikan untuk 6 periode yang akan datang.

Kata-kata kunci: ARIMA, Harga emas, Prediksi

PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi suatu negara dapat dilihat dari peningkatan investasi yang terjadi di negara tersebut. Setiap jenis investasi memiliki tingkat resiko yang berbeda. Semakin tinggi keuntungan yang ditawarkan maka semakin tinggi pula tingkat resiko yang harus ditanggung investor. Besar kecilnya resiko yang dihadapi dalam berinvestasi ditunjukkan oleh besar kecilnya penyimpangan tingkat imbal hasil yang diharapkan (*expected rate of return*) dengan tingkat hasil yang dicapai secara riil. Adapun beberapa jenis investasi yang digemari masyarakat antara lain seperti properti, saham dan emas.

Aset *safe haven*, yaitu aset yang dianggap memiliki nilai yang terus meningkat atau tetap meskipun kondisi pasar tidak stabil. Menurut penelitian, emas dapat berfungsi sebagai aset teraman (*safe haven*) yang kuat untuk saham pertambangan Indonesia ketika terjadi ketidakpastian yang ekstrem di pasar saham (Yuliana & Robiyanto, 2021). Harga emas yang naik akan mendorong investor untuk memilih berinvestasi emas daripada di pasar modal karena memiliki risiko yang relatif lebih rendah. Hal ini disebabkan karena harga emas dapat memberikan hasil imbal balik yang baik dengan kenaikan harganya (Fairuzie et al., 2022). Oleh karena itu emas menjadi salah satu alat investasi yang banyak diminati oleh masyarakat. Pentingnya Analisis untuk meramalkan atau memprediksi harga emas di masa yang akan datang diperlukan untuk mendapatkan keuntungan dan meminimalisir kerugian investor.

Peramalan merupakan metode untuk memperkirakan suatu nilai dimasa depan dengan menggunakan data masa lalu (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Metode peramalan yang digunakan akan disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis peramalan yang akan dilakukan (Wu et al., 2016). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam analisis peramalan, diantaranya adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam menganalisis berbagai data deret waktu dan nilai ramalan yang dihasilkan lebih akurat (Montgomery et al., 2007). Prediksi harga emas dunia pada saat pandemi Covid-19 menggunakan model ARIMA telah dilakukan oleh (Anggraeni et al., 2020). Data yang digunakan sebanyak 240 amatan dari bulan Agustus 2000 hingga Juli 2020. Model terbaik yang diperoleh adalah ARIMA(0,1,1) dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,70%. Saat ini pandemi Covid-19 telah memasuki masa endemi, oleh karena itu peramalan terhadap harga emas saat ini perlu dilakukan. Alasan yang memperkuat pentingnya peramalan harga emas dunia adalah besarnya pengaruh harga emas dunia terhadap perekonomian di Indonesia khususnya terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (Basit, 2020; Istamar et al., 2019; Rotinsulu et al., 2021), Indeks Harga Saham Syariah (Agestiani & Sutanto, 2019), dan Indeks Harga Saham Pertambangan (Ali et al., 2019). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan harga emas dunia dengan menggunakan model ARIMA terbaik.

METODOLOGI

Bahan dan Data

Data yang digunakan bersumber dari kaggle.com (Koliyadan, 2022). Data ini merupakan data harga emas per bulan di dunia selama 12 tahun terakhir dimulai pada periode Januari 2010 hingga

Februari 2022 dengan jumlah observasi adalah 146. Data harga emas tersebut menggunakan satuan USD.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menggunakan bantuan aplikasi perangkat lunak R. Tahapan-tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data untuk mengenal dan mengidentifikasi kestasioneran dan pola data.
2. Membagi data ke dalam data latih (data *training*) dan data uji (data *testing*) sebelum memproses data lebih lanjut. Data *training* diambil dari pengamatan data ke-1 sampai ke-113 dengan periode Januari 2010 sampai Mei 2019. Sedangkan data *testing* diambil dari sisa data yaitu dari pengamatan 114 sampai 146 dengan periode dari Juni 2019 sampai Februari 2022.
3. Membangun model ARIMA:
 - a. Memeriksa kestasioneran data, baik dalam rata-rata maupun ragam melalui Plot *autocorrelation function* (ACF) dan kriteria nilai lambda Box-Cox untuk mengevaluasi stasioneritas dalam hal varian dan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) untuk menguji stasioneritas dalam hal rata-rata. Hipotesis Uji ADF:

$$H_0 : \gamma = 0 \text{ (data tidak stasioner)}$$

$$H_1 : \gamma < 0 \text{ (data stasioner)}$$

Statistik uji:

$$\tau = \frac{\hat{\gamma} - \gamma}{SE(\hat{\gamma})} \tag{1}$$

dengan $SE(\hat{\gamma})$ adalah galat baku dari $\hat{\gamma}$ dan $\hat{\gamma}$ adalah penduga kuadrat terkecil dari γ . Data yang belum stasioner dalam ragam akan ditransformasi, sedangkan data yang belum stasioner dalam rata-rata akan dilakukan *differencing*.

- b. Melakukan identifikasi model ARIMA yang dilakukan dengan melihat plot ACF, *partial autocorrelation function* (PACF), dan *extended ACF* (EACF). Pengidentifikasian model dengan EACF dilakukan dengan melihat pola berbentuk segitiga nol dengan ujung "0" segitiga lancip sebagai orde dari model ARIMA.
- c. Melakukan pendugaan parameter dan pemeriksaan signifikan parameter.
- d. Membandingkan nilai AIC pada model tentatif yang diperoleh pada poin (b). Model yang akan dianalisis lebih lanjut adalah model yang memiliki nilai AIC terkecil. Menurut Montgomery et al. (2007), persamaan AIC adalah:

$$AIC = \ln\left(\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{T}\right) + \frac{2p}{T} \tag{2}$$

dengan $\sum_{t=1}^n e_t^2$ adalah jumlah kuadrat sisaan, p adalah banyaknya parameter dalam model, dan T adalah banyaknya data pengamatan.

- e. Melakukan uji diagnostik model untuk mengetahui kelayakan model, melalui pemeriksaan kebebasan dan kenormalan sisaan. Uji Ljung-Box digunakan untuk memeriksa kebebasan sisaan. Hipotesis:

$$H_0 : \text{(tidak terdapat autokorelasi sisaan)}$$

$$H_1 : \text{(terdapat autokorelasi sisaan)}$$

Statistik uji:

$$Q_{LB} = T(T+2) \sum_{k=1}^K \left(\frac{1}{T-k}\right) r_k^2 \tag{3}$$

dengan T adalah banyaknya data pengamatan, k adalah lag ke- k , K adalah lag maksimum, dan r_k^2 adalah koefisien autokorelasi antar sisaan pada lag ke- k . Tak tolak H_0 jika nilai statistik uji Q_{LB} lebih kecil dari nilai $x_{\alpha, K-p-q}^2$ atau nilai peluang lebih besar dari nilai α . Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk memeriksa kenormalan sisaan. Hipotesis:

H_0 : (sisaan menyebar normal)

H_1 : (sisaan tidak menyebar normal)

Statistik uji:

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (4)$$

dengan $F_n(x)$ adalah sebaran frekuensi kumulatif contoh dan $F(x)$ adalah sebaran frekuensi kumulatif empirik. H_0 tidak ditolak jika nilai statistik uji D lebih kecil dari nilai kritis pada tabel Kolmogorov-Smirnov atau nilai peluang p -value lebih besar dari nilai α .

- f. Melakukan *overfitting* model ARIMA yang diperoleh pada poin e. Menurut Cryer dan Chan (2008) pencarian model ARIMA terbaik dapat dilakukan melalui *overfitting*, yaitu penambahan sebanyak satu ordo AR atau MA pada model tentatif. Model yang didapat pada *overfitting* akan diuji signifikansi parametermya dan dilakukan diagnostik model.
- g. Memilih model terbaik dengan membandingkan model hasil *overfitting* dengan model tentatif awal yang terpilih pada poin e menggunakan kriteria nilai AIC terkecil dan hasil diagnostik model.
- h. Melakukan validasi model menggunakan data *testing*. Hasil validasi dilihat dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Montgomery et al., 2007):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|}{n} \quad (5)$$

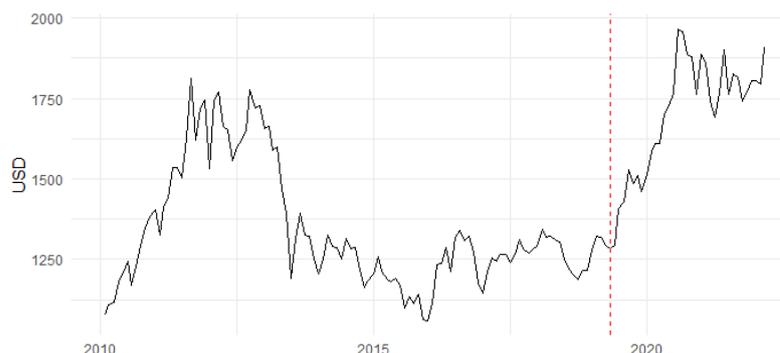
dengan y_t adalah nilai pengamatan waktu ke- t , \hat{y}_t adalah nilai dugaan pada waktu ke- t , dan n adalah banyaknya pengamatan. Model dengan persentase MAPE terkecil mengindikasikan bahwa model tersebut akurat digunakan untuk peramalan.

- i. Melakukan peramalan dari model terbaik yang didapatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Data

Plot data harga emas bulanan dunia menunjukkan bahwa data cenderung memiliki tren di awal hingga akhir periode (GAMBAR 1). Penurunan harga terjadi pada pertengahan 2013 dan mengalami kenaikan yang ekstrem hingga pertengahan 2016. Lonjakan tertinggi harga emas bulanan terjadi pada pertengahan 2020. Hal tersebut diakibatkan oleh efek pandemi Covid-19. Masyarakat cenderung beralih pada instrumen investasi yang stabil seperti emas. Setelah keadaan cukup membaik dan vaksinasi mulai tersebar, ekonomi global turut pulih sehingga masyarakat beralih kembali untuk berinvestasi pada instrumen beresiko tinggi yang berdampak pada harga emas yang terlihat menurun.

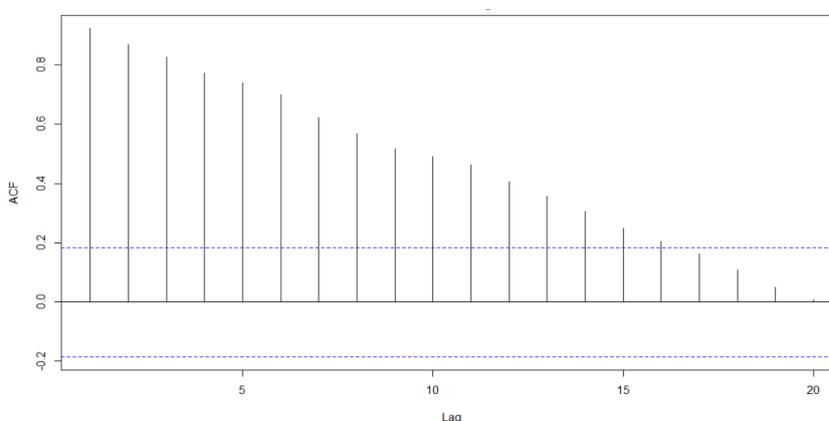


GAMBAR 1. Plot splitting data rata-rata harga emas dunia periode 2010-2022

Data training dan data testing harga emas yang digunakan pada penelitian ini dipisahkan oleh garis putus-putus berwarna merah yang disajikan pada GAMBAR 1. Pola data pada periode yang diamati terlihat memiliki pola tren naik maupun turun. Hal ini mengindikasikan bahwa data harga emas dunia tidak stasioner.

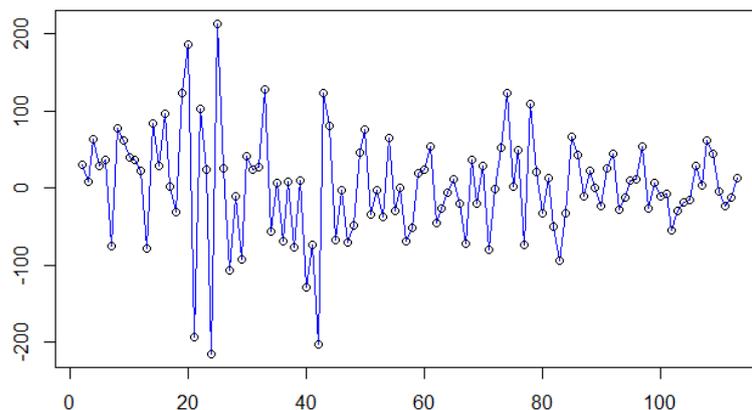
Kestasioneran Data

Suatu data dikatakan stasioner jika data berfluktuatif di suatu nilai tengah tertentu dengan ragam yang konstan. Pemeriksaan kestasioneran data dapat dilakukan dengan eksplorasi menggunakan plot *Auto Correlation Function* (ACF) dan dengan pengujian menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Proses *differencing* dapat dilakukan jika data belum stasioner dalam nilai tengah. Plot ACF data harga emas dunia ditampilkan pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2. Plot ACF data harga emas dunia sebelum *differencing*

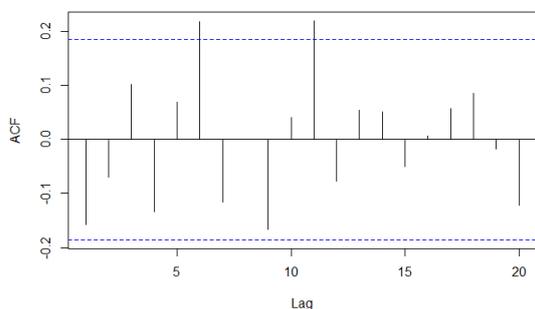
Indikasi adanya ketidakstasioneran data yang disajikan pada GAMBAR 1 diperkuat oleh plot ACF yang disajikan pada GAMBAR 2. Plot ACF menunjukkan terjadinya penurunan secara perlahan (*tails off slowly*) dan berada di luar interval nilai standard error-nya. Hal ini juga didukung oleh hasil uji formal dengan ADF, didapatkan bahwa nilai-p sebesar 0.445. Nilai ini lebih besar dari nilai alpha (0,05), dengan kata lain data tersebut tidak stasioner dalam rata-rata pada taraf nyata 5%, sehingga perlu dilakukan *differencing*.



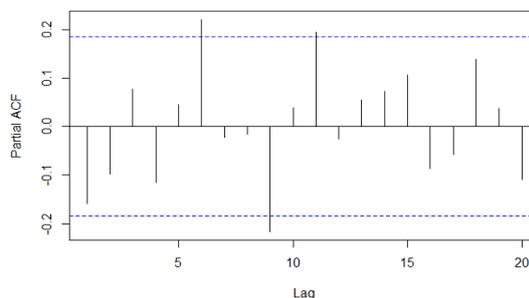
GAMBAR 3. Plot Time Series data harga emas dunia sesudah *differencing* satu kali

Plot data harga emas setelah dilakukan *differencing* satu kali disajikan pada GAMBAR 3. Plot tersebut menunjukkan data telah stasioner pada nilai tengah. Kestasioneran tersebut didukung dengan hasil uji ADF. Nilai-p yang diperoleh yaitu sebesar 0,01 di mana nilai ini lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data harga emas hasil *differencing* satu kali telah stasioner.

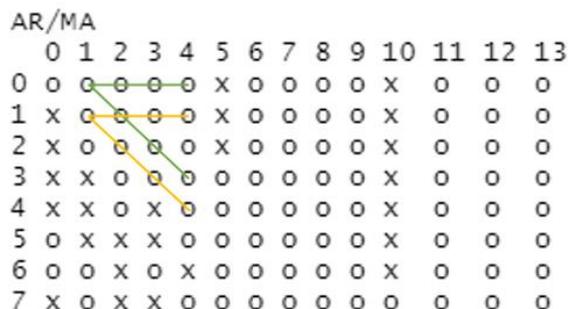
Identifikasi Model dan Pendugaan Parameter



(a)



(b)



(c)

GAMBAR 4. Plot (a) ACF, (b) PACF, dan (c) EACF setelah hasil *differencing*

Identifikasi model ARIMA diawali dengan menentukan model tentatif yang bisa didapatkan dari plot ACF, PACF, dan EACF dari data harga emas setelah *differencing*. Plot ACF dan PACF pada GAMBAR 4 belum bisa digunakan untuk menentukan model tentatif karena kedua plot tersebut tidak memiliki nilai korelasi diri yang melebihi interval nilai standard error-nya pada lag awal. Oleh karena itu identifikasi kandidat model tentatif dilakukan menggunakan plot EACF. Kandidat model tentatif yang diperoleh dari plot EACF adalah ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1). Hal ini ditunjukkan oleh segitiga yang berwarna hijau dan kuning pada GAMBAR 4(c).

Parameter pada model ARIMA(1,1,1) tidak ada yang signifikan, sedangkan model ARIMA (0,1,1) memiliki parameter yang signifikan pada taraf nyata 10% (TABEL 1). Selain itu, model ARIMA(0,1,1) juga memiliki nilai AIC lebih rendah dibandingkan dengan model ARIMA (1,1,1), yaitu sebesar 1264.731. Oleh karena itu, model ARIMA(0,1,1) dapat dikatakan sebagai model tentatif terbaik.

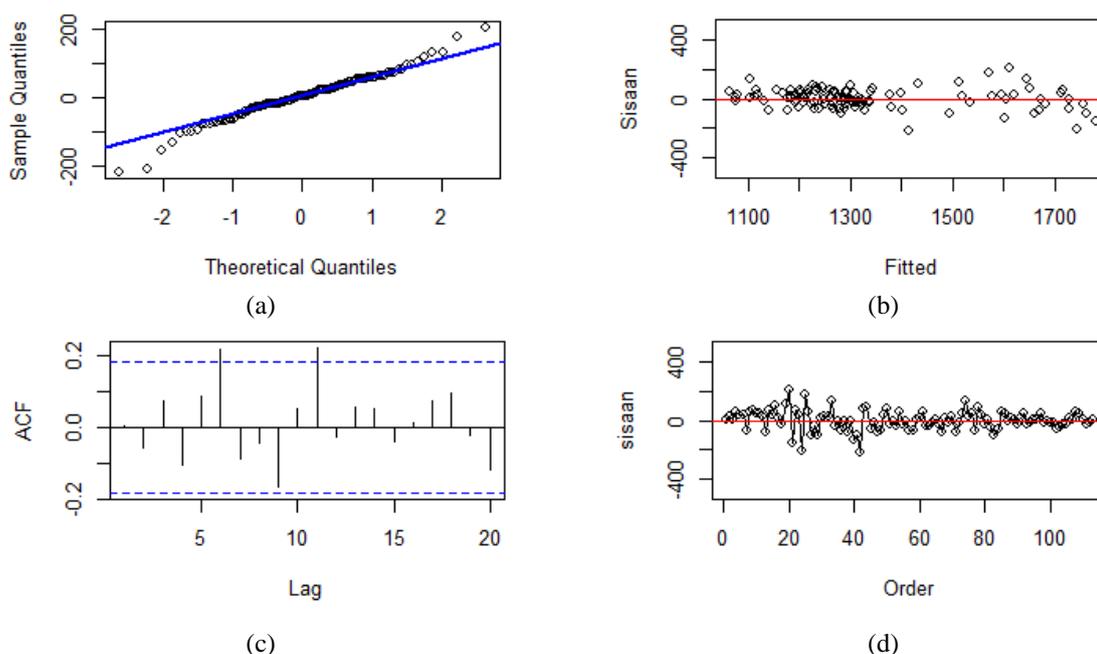
TABEL 1. Perbandingan Model Tentatif ARIMA

Model	Parameter	Estimasi	P-value	AIC
ARIMA(0,1,1)	MA(1).	-0.180	0.061	1264.731
ARIMA(1,1,1)	AR(1)	0.151	0.702	1266.591
	MA(1)	-0.324	0.386	

Overfitting

Pada proses *overfitting* penambahan satu ordo AR atau satu ordo MA pada model tentatif dilakukan. Pada penelitian ini model tentatifnya adalah ARIMA(0,1,1), sehingga terdapat dua kandidat model yang dihasilkan dari proses *overfitting* yaitu ARIMA(1,1,1) dan ARIMA(0,1,2). Dikarenakan model ARIMA(1,1,1) telah menjadi kandidat model tentatif yang ada pada TABEL 1, maka pada proses *overfitting* tidak digunakan kembali karena tidak signifikan. Pada proses *overfitting* dilakukan perbandingan antara dua model, yaitu model ARIMA(0,1,1) dan ARIMA(0,1,2). Hasil perbandingan nilai AIC antara kedua model, menunjukkan bahwa model ARIMA(0,1,1) tetap menjadi model terbaik. Hal ini dibuktikan dengan nilai AIC pada model ARIMA(0,1,1) sebesar 1264.731 lebih kecil dibandingkan nilai AIC pada model ARIMA(0,1,2) sebesar 1266.464.

Diagnostik Model ARIMA



GAMBAR 5. Plot (a) Normal Q-Q, (b) Residuals vs Fitted, (c) ACF Sisaan dan (d) Residuals vs Order model ARIMA(0,1,1)

Diagnostik model dilakukan terhadap sisaan dari model terbaik yaitu ARIMA(0,1,1). Sisaan harus memenuhi asumsi normalitas, kebebasan, dan kehomogenan ragam. Diagnostik model dilakukan secara eksplorasi menggunakan plot seperti yang disajikan pada GAMBAR 5.

Banyak amatan sisaan cenderung menjauhi garis QQ-plot distribusi normal (GAMBAR 5(a)). Oleh karena itu, secara eksploratif dapat disimpulkan bahwa sisaan belum cukup menyebar normal. GAMBAR 5(b) adalah Plot Residual vs *Fitted* yang menjelaskan bahwa mayoritas titik amatan berada disekitar nol meskipun ada beberapa titik amatan yang terletak jauh dari titik nol. Selain itu, dapat terlihat bahwa lebar pita dari sisaan tidak terlalu berbeda jauh dari kiri hingga ke kanan, hal ini mengindikasikan bahwa ragam dari sisaan cukup homogen. GAMBAR 5(c) adalah Plot ACF sisaan yang memberikan informasi bahwa tidak terdapat autokorelasi pada model. Hal ini ditunjukkan oleh tidak terdapat garis vertikal di lag awal yang melebihi interval nilai standard errornya (tinggi garis biru horizontal). GAMBAR 5(d) Plot Residual vs Order menjelaskan bahwa titik amatan pada plot kebebasan sisaan mayoritas bergerak di sekitar titik nol. Oleh karena itu, secara eksploratif plot residual vs order menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi diri antar sisaan pada model.

Validasi Model

Penentuan model terbaik, tidak hanya dilakukan secara eksploratif, tetapi juga melalui perbandingan nilai keakuratan model. Nilai MAPE pada model ARIMA(0,1,1) yaitu sebesar 11.972%. Nilai ini berada dalam rentang 10% hingga 20%, sehingga model memiliki kemampuan peramalan dikategori baik (Montgomery et al., 2007). Oleh karena itu, dapat dilakukan peramalan harga emas dunia dengan menggunakan model tersebut.

Peramalan Harga Emas

Peramalan dilakukan dengan menggunakan model terbaik yang didapatkan dari pendugaan model ARIMA. Peramalan dilakukan pada enam periode ke depan, yaitu bulan Maret 2022 sampai dengan Agustus 2022. Hasil peramalan harga emas dunia periode bulanan menggunakan model ARIMA (0,1,1) dapat ditunjukkan pada TABEL 2. Hasil peramalan menunjukkan terdapat kenaikan harga emas dunia dari waktu ke waktu.

TABEL 2. Hasil Peramalan

Periode	Hasil Ramalan
Maret 2022	1897.224
April 2022	1902.801
Mei 2022	1908.378
Juni 2022	1913.955
Juli 2022	1919.532
Agustus 2022	1925.109

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMA(0,1,1) merupakan model terbaik untuk menganalisis harga emas dunia periode bulanan. Hal ini dibuktikan dengan nilai AIC sebesar 1264.731 dan nilai MAPE sebesar 11.972%, sehingga model ARIMA(0,1,1) dikatakan baik untuk meramalkan data harga emas dunia pada periode yang akan datang. Dari hasil peramalan tersebut, dapat diketahui bahwa harga emas dunia akan naik untuk beberapa periode ke depan.

REFERENSI

- Agestiani, A., & Sutanto, H. A. (2019). Pengaruh Indikator Makro Dan Harga Emas Dunia Terhadap Indeks Harga Saham Syariah (Jakarta Islamic Index). *ECONBANK: Journal of Economics and Banking*, 1(1), 26–38. <https://doi.org/10.35829/econbank.v1i1.1>
- Ali, K., Sari, D. R., & Putri, R. (2019). Pengaruh Inflasi Nilai Tukar Rupiah Dan Harga Emas Dunia Terhadap Indeks Harga Saham Pertambangan Pada Bursa Efek Indonesia (Periode Tahun 2016-2018). *Jurnal Bisnis Darmajaya*, 05(02), 90–113.
- Anggraeni, D. P., Rosadi, D., Hermansah, H., & Rizal, A. A. (2020). Prediksi Harga Emas Dunia di Masa Pandemi Covid-19 Menggunakan Model ARIMA. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 12(1), 71. <https://doi.org/10.34123/jurnalasks.v12i1.264>
- Basit, A. (2020). Pengaruh Harga Emas Dan Minyak Dunia Terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Periode 2016-2019. *REVENUE: Jurnal Manajemen Bisnis Islam*, 1(2), 73–82. <https://doi.org/10.24042/revenue.v1i2.6073>
- Cryer, J. D., & Chan, K.-S. (2008). Time Series Analysis with Applications in R. In *Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA*. Springer International Publishing.
- Fairuzie, A., Siagian, A., & Stefhani, Y. (2022). Analisis Pengaruh Earning Per Share, Harga Emas Dunia, Inflasi Terhadap Harga Saham Perusahaan Sektor Pertambangan Di Bursa Efek Indonesia Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Manajemen USNI*, 6(2), 37–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.54964/manajemen/>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting: Principles and Practice. *Principles of Optimal Design*, 504. <https://otexts.com/fpp2/>
- Istamar, Sarfiah, S. N., & Rusmijati. (2019). Nalysis of the Influence of World Oil Prices, Gold Prices, and Rupiah Exchange Rate of the Joint Stock Price Index in Indonesia Stock Exchange in 1998-2018. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 1, 433–442.
- Koliyadan, J. (2022). *Global Gold price - Historical Data (1979-Present)*. <https://www.kaggle.com/datasets/jishnukoliyadan/gold-price-1979-present>
- Montgomery, D. C., Jennings, C. ., & Kulahci, M. (2007). *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Rotinsulu, R. Y., Mangantar, M., & Untu, V. N. (2021). Uji Kausalitas Beberapa Indeks Saham Global, Harga Emas dan Minyak Mentah Dunia Terhadap Kinerja Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Periode 2016-2020. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 9(3), 1611–1619. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/emba/article/view/35879>
- Wu, L., Liu, S., & Yang, Y. (2016). Grey double exponential smoothing model and its application on pig price forecasting in China. *Applied Soft Computing Journal*, 39, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.09.054>
- Yuliana, A. F., & Robiyanto, R. (2021). Peran Emas Sebagai Safe Haven Bagi Saham Pertambangan Di Indonesia Pada Periode Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah Bisnis Dan Ekonomi Asia*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.32815/jibeka.v15i1.217>