

PEMODELAN HARGA PENUTUPAN SAHAM PT ADARO ENERGY INDONESIA TBK (ADRO) DENGAN PENDEKATAN ARIMA

Firman Raditya Nugraha, Achmad Fitro

Program Studi Bisnis Digital, Universitas Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia

firman.23277@mhs.unesa.ac.id

ABSTRAK

Pergerakan harga saham yang fluktuatif membuat investor memerlukan pendekatan analitis untuk membaca pola harga secara lebih objektif. Permasalahan dalam penelitian ini adalah belum diketahuinya model yang paling sesuai untuk memodelkan dan meramalkan harga penutupan saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) selama periode 2019–2025. Penelitian ini bertujuan menentukan model ARIMA terbaik, menghasilkan peramalan harga saham, serta menilai tingkat akurasi model. Metode yang digunakan adalah Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dengan tahapan pengumpulan dan pembersihan data, visualisasi, uji stasioneritas menggunakan Augmented Dickey-Fuller, differencing, identifikasi model melalui ACF dan PACF, estimasi model, uji residual, serta evaluasi menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data awal belum stasioner dengan p-value ADF sebesar 0,3972, tetapi menjadi stasioner setelah differencing orde pertama dengan p-value 0,0000. Model terbaik adalah ARIMA(2,1,2) dengan AIC 16147,66 dan BIC 16174,01. Residual memenuhi asumsi white noise, sedangkan nilai MAE 490,87, RMSE 530,67, dan MAPE 26,85% menunjukkan bahwa model cukup layak untuk peramalan jangka pendek harga saham ADRO.

Kata kunci: saham, ADRO, time series, ARIMA, peramalan

1. PENDAHULUAN

Pergerakan harga saham yang berubah-ubah dari waktu ke waktu membuat investor memerlukan alat analisis yang mampu membantu membaca arah harga secara lebih cermat. Dalam konteks pasar modal, data harga bersifat dinamis sehingga pendekatan kuantitatif dibutuhkan untuk menelaah pola historisnya secara sistematis [1], [2]. Salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis runtun waktu adalah Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Metode ini memanfaatkan informasi masa lalu, proses differencing, dan unsur galat untuk membentuk prediksi, terutama ketika data telah memenuhi syarat stasioneritas [2], [3].

Saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) dipilih sebagai objek kajian karena termasuk emiten sektor energi yang aktif diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia. Pergerakan harga saham ADRO dipengaruhi oleh harga komoditas, situasi makroekonomi, serta sentimen pasar internasional. Rentang waktu 2019-2025 dipilih karena mencakup periode pandemi, fase pemulihan ekonomi, dan perubahan lanskap energi global yang berpotensi memengaruhi volatilitas saham. Kondisi tersebut membuat ADRO relevan untuk dianalisis menggunakan pendekatan runtun waktu.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan model ARIMA yang paling sesuai untuk merepresentasikan harga saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk selama periode 2019-2025, bagaimana hasil peramalan harga saham ADRO dengan pendekatan ARIMA, serta bagaimana tingkat akurasi model dalam mendekati data aktual. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi model ARIMA yang

paling tepat untuk memodelkan harga saham ADRO, menyusun hasil peramalan berdasarkan model yang diperoleh, serta menilai tingkat akurasi model.

Rencana penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan analisis, yaitu pengumpulan data harga penutupan saham ADRO, pembersihan data, visualisasi awal, pengujian stasioneritas, proses differencing, identifikasi kandidat model melalui ACF dan PACF, estimasi parameter, pemilihan model terbaik berdasarkan AIC dan BIC, pengujian residual, serta evaluasi akurasi menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Penelitian ini dibatasi pada data harga penutupan saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk selama periode 2019-2025 dengan menggunakan metode ARIMA tanpa membandingkan dengan metode peramalan lain.

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat menambah rujukan pada kajian analisis data runtun waktu, khususnya penggunaan ARIMA pada saham sektor energi. Secara praktis, hasil penelitian dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan awal bagi investor, akademisi, dan peneliti lain dalam memahami pola harga saham serta mengembangkan studi lanjutan dengan objek maupun metode yang berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ARIMA masih banyak digunakan untuk kebutuhan peramalan harga saham jangka pendek. Rusyida dan Pratama, misalnya, meneliti saham PT Garuda Indonesia Tbk dan memperoleh model ARIMA(3,1,2) yang dinilai cukup representatif pada masa pasar terdampak pandemi [1].

Kajian Purnama dan Juliana terhadap Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) juga menempatkan ARIMA(2,1,2) sebagai model terbaik berdasarkan ukuran pemilihan model dan hasil evaluasi akurasi [2]. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa ARIMA tetap dapat digunakan pada data pasar modal yang berfluktuasi selama struktur statistiknya masih dapat dikenali.

Pada level internasional, ARIMA juga tetap dipertahankan dalam berbagai studi, baik sebagai model tunggal maupun sebagai bagian dari pendekatan hibrida untuk memproyeksikan saham dan aset keuangan. Sejumlah artikel terindeks Scopus membandingkannya dengan LSTM, transformer, Gaussian process regression, dan ensemble model, serta menunjukkan bahwa ARIMA masih kompetitif, khususnya untuk pola linear dan horizon prediksi jangka pendek [9]-[15].

Berdasarkan telaah tersebut, penerapan ARIMA banyak ditemukan pada saham sektor perbankan, transportasi, dan konsumsi. Penelitian ini menawarkan fokus yang berbeda karena menelaah saham ADRO pada sektor energi dengan cakupan data yang lebih panjang, yaitu 2019–2025. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan menambah bukti empiris pada konteks pasar saham energi di Indonesia.

2.2. Saham

Saham adalah bukti kepemilikan atas suatu perusahaan yang dimiliki oleh individu maupun badan usaha. Kepemilikan tersebut memberikan peluang memperoleh dividen dan capital gain. Dalam penelitian ini, saham dipandang sebagai instrumen investasi yang nilainya berubah mengikuti waktu sehingga sesuai dianalisis melalui pendekatan runtun waktu.

2.3. Pasar Modal

Pasar modal dapat dipahami sebagai mekanisme yang mempertemukan pihak yang memerlukan dana jangka panjang dengan pihak yang ingin menanamkan modalnya melalui instrumen seperti saham, obligasi, dan reksa dana. Perannya penting karena menjadi sarana mobilisasi dana, pembentukan harga, dan penyedia alternatif investasi bagi masyarakat.

2.4. Time Series

Time series atau data runtun waktu merupakan kumpulan observasi yang disusun menurut urutan waktu, misalnya per hari, per bulan, atau per tahun. Dalam bidang keuangan, pendekatan ini digunakan untuk membaca kecenderungan tren, kemungkinan pola musiman, dan komponen acak yang kemudian menjadi dasar peramalan.

2.5. Metode ARIMA

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) adalah model peramalan runtun waktu yang menggabungkan komponen autoregressive, integrated,

dan moving average. Unsur integrated diwujudkan melalui differencing untuk membantu menstabilkan data. Model ini umumnya dinyatakan sebagai ARIMA(p,d,q), dengan p menunjukkan orde autoregressive, d orde differencing, dan q orde moving average. Penerapannya melibatkan identifikasi model, estimasi parameter, pengujian kelayakan, hingga evaluasi hasil prediksi [1], [2], [6].

2.6. Evaluasi Akurasi Model

Kinerja model peramalan dapat dinilai melalui sejumlah ukuran kesalahan, antara lain Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), dan Root Mean Square Error (RMSE). Nilai galat yang semakin kecil menunjukkan prediksi yang semakin dekat dengan data aktual. Dalam penelitian saham, MAPE kerap digunakan karena memudahkan interpretasi kesalahan dalam bentuk persentase [3], [5], [8].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang berfokus pada analisis data time series. Pendekatan tersebut dipilih karena penelitian mengolah data numerik berupa harga penutupan saham untuk menghasilkan model peramalan yang terukur dan objektif.

3.2. Sumber dan Jenis Data

Data penelitian berupa data sekunder, yaitu harga penutupan harian saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) pada periode 2019–2025. Data diperoleh dari sumber pasar modal yang kredibel, seperti Yahoo Finance, Investing, maupun data historis Bursa Efek Indonesia, lalu diseleksi sesuai kebutuhan penelitian.

3.3. Tahapan Analisis

Langkah analisis yang ditempuh dalam penelitian ini meliputi: (1) mengumpulkan data harga penutupan saham ADRO; (2) melakukan visualisasi awal untuk membaca pola pergerakan; (3) menguji stasioneritas melalui plot, uji ADF, dan differencing bila diperlukan; (4) menyusun kandidat model berdasarkan ACF dan PACF; (5) mengestimasi parameter ARIMA; (6) memilih model terbaik dengan mempertimbangkan AIC/BIC dan signifikansi parameter; (7) menguji residual agar memenuhi asumsi white noise; serta (8) melakukan peramalan untuk periode berikutnya.

3.4. Teknik Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi terhadap data aktual menggunakan MAE, MAPE, dan RMSE. Model dengan nilai kesalahan paling kecil dipandang sebagai model terbaik. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk menilai kelayakan ARIMA sebagai alat bantu peramalan saham ADRO.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data Penelitian

Data yang dianalisis dalam penelitian ini berupa seri harga penutupan (closing price) saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) dari 1 Januari 2019 sampai 30 Desember 2025. Data awal bersumber dari file Excel sebanyak 1.733 baris, lalu dibersihkan dengan menghapus baris kosong, keterangan dividen, dan entri nonnumerik sehingga tersisa 1.673 observasi yang siap diolah. Variabel yang digunakan terdiri atas tanggal transaksi dan harga penutupan. Setelah proses pembersihan, harga saham ADRO selama periode pengamatan berada pada kisaran sekitar 1000 hingga 4140 rupiah per saham dan menunjukkan pola yang berfluktuasi.

4.2. Visualisasi Pergerakan Harga Saham

Pada tahap eksplorasi awal, harga penutupan saham ADRO divisualisasikan untuk melihat karakter pergerakannya sepanjang waktu. Grafik menunjukkan adanya kenaikan dan penurunan yang cukup tajam, terutama pada masa pandemi dan periode setelah pemulihan ekonomi. Selain fluktuasi jangka pendek, masih tampak kecenderungan tren pada beberapa bagian deret. Secara visual, kondisi ini mengisyaratkan bahwa data level awal belum beresilasi di sekitar rata-rata yang stabil sehingga belum memenuhi asumsi stasioneritas yang dibutuhkan ARIMA.

4.3. Uji Stasioneritas Data

Sebelum model ARIMA dibentuk, data diuji terlebih dahulu menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) untuk mengetahui tingkat stasioneritasnya. Pada data level awal diperoleh statistik ADF sebesar -1.7666 dengan p-value 0,3972. Karena nilai tersebut melebihi 0,05, seri harga saham ADRO dinyatakan belum stasioner.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan differencing orde pertama. Setelah transformasi ini, uji ADF menghasilkan statistik -39.1181 dengan p-value 0,0000. Nilai p-value yang berada di bawah 0,05 menandakan bahwa data hasil differencing telah stasioner. Oleh karena itu, orde differencing yang digunakan pada model ARIMA ditetapkan sebesar $d = 1$.

4.4. Identifikasi Model ARIMA

Setelah data dinyatakan stasioner, langkah berikutnya ialah menyusun beberapa kandidat model ARIMA dengan memperhatikan bentuk pola pada grafik Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF). Spike pada beberapa lag awal mengarahkan pada empat model yang layak diuji lebih lanjut, yaitu ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(2,1,1), dan ARIMA(2,1,2). Penggunaan beberapa kandidat diperlukan karena pola ACF dan PACF tidak selalu menunjuk satu model secara langsung, sehingga penentuan akhir tetap harus melalui estimasi lanjutan dan perbandingan kriteria informasi.

4.5. Estimasi dan Pemilihan Model Terbaik

Pada tahap ini, setiap model kandidat dievaluasi untuk menentukan model yang paling sesuai dengan karakteristik data. Dasar pemilihannya adalah nilai Akaike Information Criterion (AIC) dan Bayesian Information Criterion (BIC). Model dengan nilai AIC dan BIC yang lebih kecil dipandang lebih baik untuk digunakan dalam penelitian ini.

Perbandingan nilai AIC dan BIC untuk masing-masing kandidat model disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan kandidat model ARIMA

Model	AIC	BIC
ARIMA(2,1,2)	16147.66	16174.01
ARIMA(1,1,1)	16158.33	16174.14
ARIMA(1,1,2)	16159.81	16180.89
ARIMA(2,1,1)	16160.02	16181.09

Berdasarkan Tabel 1, ARIMA(2,1,2) dipilih sebagai model terbaik karena menghasilkan nilai AIC dan BIC paling rendah dibandingkan alternatif lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut memiliki kecocokan yang lebih baik dalam menggambarkan dinamika historis harga saham ADRO selama periode penelitian.

Sesudah model terbaik diperoleh, dilakukan pemeriksaan diagnostik residual untuk memastikan bahwa sisa kesalahan model bersifat acak dan tidak lagi menyimpan autokorelasi yang berarti. Hasil uji menunjukkan bahwa residual ARIMA(2,1,2) tidak memiliki autokorelasi yang signifikan. Hal tersebut terlihat dari probabilitas uji Ljung-Box pada lag ke-10 sebesar 0,9363 yang berada di atas taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, residual model memenuhi asumsi white noise sehingga model layak digunakan untuk peramalan.

4.6. Hasil Peramalan Harga Saham

Model ARIMA(2,1,2) kemudian diterapkan pada data uji tahun 2025 untuk menghasilkan peramalan harga saham ADRO. Prediksi yang diperoleh secara umum mampu mengikuti arah utama data aktual, meskipun pada beberapa periode masih muncul selisih yang cukup besar akibat volatilitas harga yang tinggi. Secara keseluruhan, nilai prediksi bergerak relatif stabil pada kisaran sekitar 2411 rupiah per saham.

Hasil forecasting tersebut menunjukkan bahwa ARIMA dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan arah pergerakan harga saham berdasarkan informasi historis. Namun, hasil yang diperoleh perlu dipahami sebagai estimasi statistik jangka pendek, bukan kepastian absolut, karena harga saham tetap dipengaruhi oleh kondisi pasar dan faktor eksternal lainnya.

4.7. Evaluasi Akurasi Model

Ketepatan model dievaluasi menggunakan tiga ukuran kesalahan, yaitu Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Pada data uji, model

ARIMA(2,1,2) menghasilkan MAE sebesar 490,87, RMSE sebesar 530,67, dan MAPE sebesar 26,85%.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA masih cukup memadai untuk menggambarkan pola umum perubahan harga saham ADRO. Secara umum, semakin kecil nilai MAE, RMSE, dan MAPE, semakin baik pula kemampuan model dalam mendekati data aktual.

4.8. Pembahasan

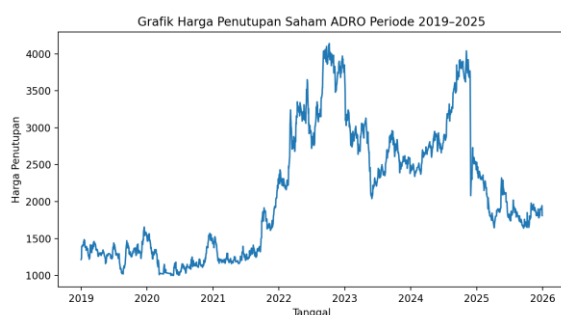
Hasil analisis memperlihatkan bahwa data harga saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) pada level awal belum memenuhi sifat stasioner sehingga perlu ditransformasikan melalui differencing sebelum pemodelan ARIMA dilakukan. Temuan ini selaras dengan karakter data saham yang umumnya fluktuatif dan dipengaruhi oleh beragam faktor pasar. Setelah data dibuat stasioner, ARIMA mampu menangkap pola historis dan menghasilkan model terbaik berdasarkan perbandingan AIC dan BIC.

Temuan penelitian menegaskan bahwa ARIMA(2,1,2) merupakan model yang paling sesuai di antara alternatif yang diuji. Hasil tersebut memperkuat studi sebelumnya yang menyebutkan bahwa ARIMA efektif digunakan untuk peramalan harga saham jangka pendek setelah asumsi stasioneritas terpenuhi. Dari sisi praktis, keluaran peramalan dan ukuran akurasi dapat dipakai sebagai informasi awal bagi investor untuk membaca kecenderungan harga saham ADRO, meskipun pengambilan keputusan tetap perlu dipadukan dengan analisis fundamental serta pengaruh faktor eksternal seperti harga komoditas energi, kondisi ekonomi global, dan sentimen pasar.

Walaupun secara statistik model yang diperoleh sudah layak, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya bertumpu pada pola historis data masa lalu. Oleh sebab itu, penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan model lain seperti SARIMA, ARIMAX, atau LSTM, sekaligus memasukkan variabel eksternal agar hasil peramalan menjadi lebih komprehensif.

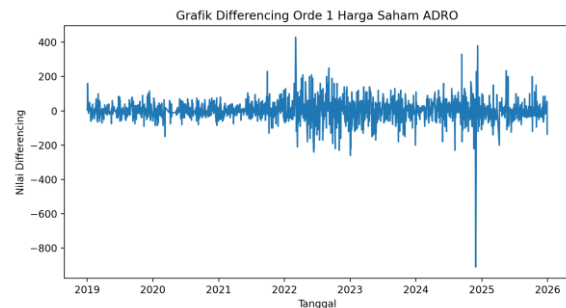
4.9. Grafik Analisis ARIMA

Bagian ini menampilkan grafik hasil analisis saham ADRO dengan pendekatan ARIMA berdasarkan data yang telah dibersihkan.



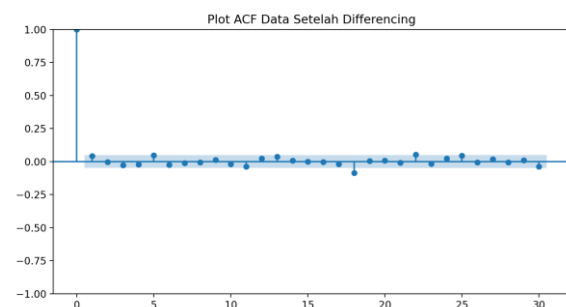
Gambar 1. Grafik harga penutupan saham ADRO periode 2019–2025

Gambar 1 memperlihatkan bahwa harga penutupan saham ADRO mengalami fluktuasi sepanjang periode pengamatan. Secara visual, data level awal belum stasioner dan masih menunjukkan kecenderungan tren pada beberapa bagian waktu.



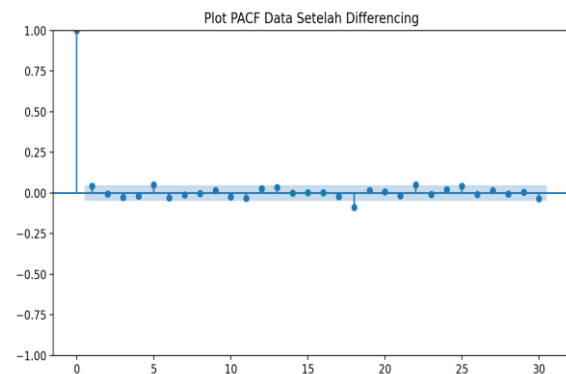
Gambar 2. Grafik differencing orde pertama

Pada Gambar 2 terlihat bahwa differencing orde pertama membuat data bergerak di sekitar rata-rata yang lebih stabil. Temuan ini menunjukkan bahwa proses differencing membantu memenuhi asumsi stasioneritas yang diperlukan dalam pembentukan model ARIMA.



Gambar 3. Plot ACF data setelah differencing

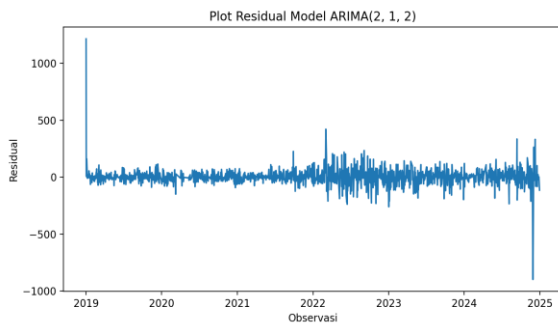
Plot ACF digunakan untuk menelusuri komponen moving average (q). Kemunculan spike pada beberapa lag awal menjadi dasar penentuan kandidat model ARIMA yang selanjutnya dibandingkan melalui nilai AIC dan BIC.



Gambar 4. Plot PACF data setelah differencing

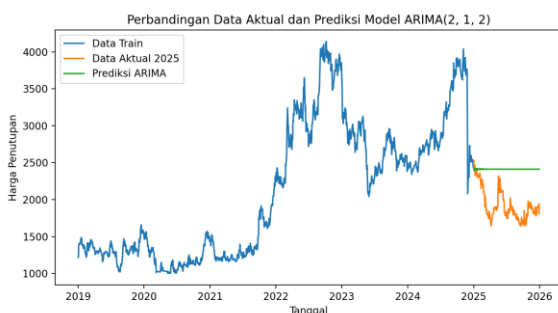
Plot PACF dimanfaatkan untuk mengidentifikasi komponen autoregressive (p). Berdasarkan pola

pemotongan dan peluruhan pada lag awal, diperoleh beberapa kandidat model yang layak untuk diestimasi lebih lanjut.



Gambar 5. Plot residual model ARIMA(2, 1, 2)

Plot residual menunjukkan bahwa sisa kesalahan model menyebar secara acak di sekitar nol. Kondisi ini mendukung asumsi bahwa residual telah mendekati white noise sehingga model dinilai layak untuk digunakan dalam peramalan.



Gambar 6. Perbandingan data aktual dan prediksi model ARIMA(2, 1, 2)

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil prediksi model mampu mengikuti pola umum data aktual pada periode pengujian, walaupun masih terdapat deviasi pada beberapa titik akibat volatilitas harga saham. Secara keseluruhan, model tetap dapat menangkap arah pergerakan harga saham ADRO.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap harga penutupan saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk (ADRO) selama 2019–2025, dapat disimpulkan bahwa data pada level awal belum stasioner sehingga perlu dilakukan differencing orde pertama sebelum dimodelkan dengan ARIMA. Dari sejumlah model yang diuji, ARIMA(2,1,2) menjadi model terbaik karena menghasilkan nilai AIC dan BIC paling rendah dibandingkan kandidat lain. Selain itu, hasil uji residual menunjukkan bahwa residual model telah memenuhi asumsi white noise sehingga model layak dipakai untuk proses peramalan. Dari sisi evaluasi, model menghasilkan MAE 490,87, RMSE 530,67, dan MAPE 26,85%, yang menunjukkan bahwa model masih cukup representatif untuk memperkirakan pergerakan harga saham ADRO dalam jangka pendek.

Untuk pengembangan berikutnya, ARIMA dapat dibandingkan dengan metode lain seperti SARIMA, ARIMAX, atau LSTM. Penelitian selanjutnya juga dapat menambahkan variabel eksternal, misalnya harga batu bara, nilai tukar, inflasi, suku bunga, dan kondisi pasar global agar hasil prediksi menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Y. Rusyida and V. Y. Pratama, "Prediksi Harga Saham Garuda Indonesia di Tengah Pandemi Covid-19 Menggunakan Metode ARIMA," *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 2, no. 1, pp. 73-81, 2020.
- [2] J. Purnama and A. Juliana, "Analisa Prediksi Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan Metode ARIMA," *Cakrawala Management Business Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 454-468, 2020.
- [3] M. Hijrah, H. Rachman, and P. I. Rahayu, "Peramalan Harga Saham Perusahaan Perbankan dengan Market Capitalization Terbesar di Indonesia Pasca-Covid19," *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, vol. 5, no. 2, 2023.
- [4] R. D. Tri Wulandari, N. Nurmalitasari, and H. Permatasari, "Prediksi Harga Saham PT Bank Central Asia Tbk dengan Menggunakan Algoritma Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)," *Infotech: Journal of Technology Information*, vol. 10, no. 2, 2024.
- [5] M. Z. Rusminto, S. A. Wibowo, and F. S. Wahyuni, "Peramalan Harga Saham Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Time Series," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9079.
- [6] R. Fitriani, N. R. Ratih, and S. Isnaniati, "Analisis Peramalan Harga Saham dengan Metode ARIMA terhadap Keputusan Investasi pada Perusahaan Perbankan dalam Indeks LQ45," *JCA (Jurnal Cendekia Akuntansi)*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [7] R. D. Karunia and N. Hidayati, "Implementasi Model ARIMA untuk Analisa Prediksi Harga Penutupan Saham Historis Harian Perusahaan BP Minyak dan Gas Multinasional," *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [8] J. N. Tumiwa, J. E. Tumiwa, and A. P. A. Rate, "ARIMA, ARIMA-GARCH & LSTM in Indonesian Banking Stock Forecasting," *Jurnal Manajemen Bisnis dan Inovasi*, 2025.
- [9] L. Rubio, A. Palacio Pinedo, A. Mejía Castaño, and F. Ramos, "Forecasting volatility by using wavelet transform, ARIMA and GARCH models," *Eurasian Economic Review*, vol. 13, pp. 803-830, 2023, doi: 10.1007/s40822-023-00243-x.

-
- [10] J. Zhang, H. Liu, W. Bai, and X. Li, "A hybrid approach of wavelet transform, ARIMA and LSTM model for the share price index futures forecasting," *The North American Journal of Economics and Finance*, vol. 69, art. no. 102022, 2024, doi: 10.1016/j.najef.2023.102022.
- [11] K. Lahboub and M. Benali, "Assessing the Predictive Power of Transformers, ARIMA, and LSTM in Forecasting Stock Prices of Moroccan Credit Companies," *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 17, no. 7, p. 293, 2024, doi: 10.3390/jrfm17070293.
- [12] S. Tu, M. Huang, and S. Tu, "Combining Autoregressive Integrated Moving Average and Gaussian Process Regression with Cuckoo Search Algorithm for Stock Price Prediction," *Mathematics*, vol. 12, no. 8, p. 1187, 2024.
- [13] C.-Y. Yang, M.-S. Hwang, Y.-W. Tseng, C.-C. Yang, and V. R. L. Shen, "Advancing Financial Forecasts: Stock Price Prediction Based on Time Series and Machine Learning Techniques," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 38, no. 1, 2024, doi: 10.1080/08839514.2024.2429188.
- [14] W. Bao, Y. Cao, Y. Yang, H. Che, J. Huang, and S. Wen, "Data-driven stock forecasting models based on neural networks: A review," *Information Fusion*, vol. 113, art. no. 102616, 2024, doi: 10.1016/j.inffus.2024.102616.
- [15] F. Achury-Calderón, J. A. Arredondo, and L. C. Sánchez Ascanio, "A novel predictive analytics model for forecasting short-term trends in equity assets prices," *Decision Analytics Journal*, vol. 14, art. no. 100534, 2025, doi: 10.1016/j.dajour.2024.100534.