

ANALISIS VOLATILITAS DAN FORECASTING RETURN SAHAM BANK MANDIRI MENGGUNAKAN ARIMA-GARCH: PROYEKSI 5 BULAN KE DEPAN

Amelia Putri ^{a*)}, Aulia Hani ^{a)}, Bintang Maulana ^{a)}

^{a)} Universitas Negeri Medan, Indonesia

^{*)}e-mail korespondensi: ameliaputri25556@gmail.com

Article history: received 01 October 2025; revised 12 November 2025; accepted 04 December 2025 DOI : <https://doi.org/10.33751/jmp.v13i2.13120>

Abstrak. Pasar modal Indonesia terus menunjukkan dinamika yang kuat, terutama pada saham-saham blue chip seperti PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) yang dikenal memiliki tingkat volatilitas tinggi akibat pengaruh variabel makroekonomi, kondisi global, serta sentimen pasar. Untuk memperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai pergerakan harga saham tersebut, penelitian ini menerapkan model ARIMA-GARCH dalam meramalkan harga saham BMRI selama lima bulan mendatang, yaitu periode November 2025 hingga April 2026. Data yang digunakan berasal dari harga penutupan harian selama lima tahun terakhir, mulai November 2020 hingga November 2025. Tahap pra-pengolahan mencakup penanganan outlier menggunakan teknik winsorizing serta uji stasioneritas, di mana hasil Augmented Dickey-Fuller menunjukkan bahwa data return telah stasioner dengan p-value 0,0000. Berdasarkan kriteria informasi, model ARIMA(0,0,1) dipilih sebagai model komponen mean terbaik dengan nilai AIC -3985,7041. Selanjutnya, volatilitas dimodelkan menggunakan GARCH(1,1) dengan distribusi normal yang menunjukkan tingkat persistensi sebesar 0,8598, mengindikasikan bahwa volatilitas BMRI relatif bertahan dan membutuhkan waktu untuk kembali stabil setelah terjadi shock. Uji diagnostik menunjukkan tidak adanya autokorelasi residual (Ljung-Box p-value > 0,05) dan tidak terdapat efek ARCH sisa (p-value 0,1744), yang mengonfirmasi bahwa model telah memadai. Peramalan menggunakan simulasi Monte Carlo sebanyak 1.000 iterasi menghasilkan proyeksi harga akhir rata-rata Rp 4.960 dari harga awal Rp 4.730, dengan expected change +4,82%. Analisis risiko mencatat VaR 95% sebesar Rp 3.550 dan Expected Shortfall Rp 3.340. Sementara itu, performa model pada data uji menunjukkan RMSE 0,014704 dan sMAPE 75,7663%.

Kata Kunci: ARIMA-GARCH, Peramalan Harga Saham, Pemodelan Volatilitas, Bank Mandiri, Estimasi Risiko

ANALYSIS OF VOLATILITY AND FORECASTING RETURN OF BANK MANDIRI SHARES USING ARIMA-GARCH: PROJECTIONS FOR THE NEXT 5 MONTHS

Abstract. Indonesia's capital market continues to demonstrate strong dynamics, particularly among blue-chip stocks such as PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI), which exhibit high volatility influenced by macroeconomic variables, global conditions, and market sentiment. To obtain a more accurate projection of BMRI's price movement, this study applies the ARIMA-GARCH model to forecast stock prices for the five-month period from November 2025 to April 2026. The dataset consists of daily closing prices from November 2020 to November 2025. Preprocessing involved handling outliers using winsorizing and conducting a stationarity test, in which the Augmented Dickey-Fuller result indicated that the return series was stationary with a p-value of 0.0000. Based on information criteria, ARIMA(0,0,1) was selected as the optimal mean model with an AIC value of -3985.7041. Volatility was subsequently modeled using GARCH(1,1) with a normal distribution, showing a persistence level of 0.8598, suggesting that BMRI volatility remains elevated and requires time to stabilize after a shock. Diagnostic tests confirmed the absence of residual autocorrelation (Ljung-Box p-value > 0.05) and no remaining ARCH effect (p-value 0.1744), validating the adequacy of the combined model. Forecasting through 1,000-iteration Monte Carlo simulation produced an average projected final price of Rp 4,960, up from Rp 4,730, indicating an expected change of +4.82%. Risk metrics showed a 95% Value at Risk (VaR) of Rp 3,550 and an Expected Shortfall of Rp 3,340. The model's performance on the test dataset yielded an RMSE of 0.014704 and an sMAPE of 75.7663%.

Keywords: ARIMA-GARCH, Stock Price Forecasting, Volatility Modeling, Bank Mandiri, Risk Estimation

I. PENDAHULUAN

Pasar modal Indonesia telah mengalami dinamika signifikan sejak pandemi COVID-19, di mana volatilitas Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) meningkat tajam sebagai respons terhadap perubahan kebijakan moneter dan tekanan ekonomi global.

Fenomena ini diperkuat oleh temuan empiris yang menunjukkan adanya *volatility clustering* pada pasar keuangan Indonesia (Siregar & Sihombing, 2020). Perubahan sentimen pasar, perilaku investor ritel yang meningkat pesat sejak 2020, serta arus modal jangka pendek turut memperbesar ketidakpastian harga saham. Kondisi tersebut khususnya berdampak pada sektor perbankan yang sangat sensitif terhadap siklus likuiditas global, kebijakan suku bunga, dan stabilitas makroekonomi nasional (Setiawan, 2021). Saham PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI), sebagai bank dengan kapitalisasi pasar terbesar di Indonesia, menjadi indikator penting untuk memahami eksposur risiko sistemik serta dinamika volatilitas pasar keuangan domestik (Handayani & Putra, 2020).

Dalam kajian akademik mengenai peramalan harga saham, model ARIMA telah lama menjadi metode standar untuk menganalisis pola deret waktu, autokorelasi, dan stasioneritas harga (Lubis & Sari, 2021). Meskipun demikian, sifat pasar keuangan yang ditandai oleh variansi tidak konstan atau heteroskedastisitas menyebabkan ARIMA tidak mampu menangkap dinamika volatilitas yang fluktuatif. Oleh sebab itu, model GARCH dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. GARCH efektif dalam memodelkan perubahan variansi dari waktu ke waktu, mengidentifikasi periode volatilitas tinggi, serta memberikan gambaran lebih akurat mengenai risiko pasar (Mulyani & Nurhayati, 2021). Di Indonesia, penerapan GARCH telah menunjukkan efektivitas dalam memprediksi volatilitas jangka pendek serta mengidentifikasi fase instabilitas pasar yang dipengaruhi kondisi global, seperti taper tantrum, inflasi AS, atau gejolak nilai tukar rupiah (Sinaga, 2022).

Integrasi ARIMA–GARCH telah menjadi pendekatan komprehensif yang mampu menangkap pola rata-rata deret waktu sekaligus dinamika variansi residual. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa model hybrid ini menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan model tunggal (Laumal & Pattiasina, 2023). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan asumsi residual berdistribusi normal, padahal data keuangan Indonesia cenderung memiliki *fat tails*, asimetri, dan kejadian ekstrem yang lebih jarang namun berdampak besar (Wati, 2022). Kondisi ini mengarah pada perlunya distribusi alternatif seperti Student's *t* atau Generalized Error Distribution (GED) yang lebih mampu memodelkan risiko ekstrem.

Selain itu, pendekatan simulasi Monte Carlo yang berfungsi menghasilkan rentang prediksi berbasis probabilistik masih terbatas penggunaannya dalam penelitian pasar modal Indonesia (Fitriani & Pamungkas, 2020). Padahal metode ini sangat penting untuk menggambarkan ketidakpastian secara lebih realistis, memungkinkan pemodelan distribusi hasil yang tidak linear, serta memberikan gambaran risiko yang lebih menyeluruh melalui estimasi VaR dan Expected Shortfall.

Melihat berbagai celah penelitian tersebut, diperlukan pendekatan pemodelan yang lebih adaptif terhadap risiko ekstrem, volatilitas berkelanjutan, serta perilaku distribusi empiris data keuangan. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menerapkan model hybrid ARIMA GARCH berbasis distribusi Student's *t* yang digabungkan dengan simulasi Monte Carlo untuk menghasilkan estimasi volatilitas serta proyeksi harga saham BMRI yang lebih akurat dan robust. Pendekatan ini tidak hanya memproyeksikan harga untuk 150 hari perdagangan ke depan, tetapi juga memberikan analisis risiko kuantitatif yang relevan untuk investor, manajer portofolio, pengelola risiko perbankan, dan regulator pasar modal. Dengan demikian, studi ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika volatilitas pasar serta meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dalam konteks ketidakpastian ekonomi global.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pemodelan deret waktu, di mana data sekunder diperoleh dari sumber terpercaya seperti Yahoo Finance. Data harga penutupan harian saham BMRI mencakup periode 27 November 2020 hingga 27 November 2025 (total 1.205 observasi), yang dibagi menjadi data latih (23 Desember 2021–30 Desember 2024, 728 observasi) dan data uji (2 Januari 2025–10 November 2025, 202 observasi). Preprocessing data dilakukan dengan membersihkan anomali tanggal (disortir ascending), konversi format numerik Indonesia (koma ke titik desimal), dan penanganan missing values (tidak ditemukan). Variabel return dihitung sebagai $r_t = \ln(P_t/P_{t-1})$, di mana P_t adalah harga penutupan pada waktu t . Outlier pada return (50 kasus, 4,15%) dideteksi menggunakan metode Interquartile Range (IQR) dengan batas $[-0,0402; 0,0410]$ dan ditangani melalui winsorizing pada level 5% untuk menjaga kestabilan estimasi (Amri et al., 2024).

Analisis dimulai dengan uji stasioneritas menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) dan Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) pada harga asli, return, dan log-return. Hasil ADF menunjukkan harga asli non-stasioner (p-value 0,336069), sementara return dan log-return stasioner (p-value 0,000000). KPSS mengonfirmasi stasioneritas return (p-value 0,100000). Statistik deskriptif return menunjukkan skewness -13,1712, kurtosis 329,0283, dan Jarque-Bera p-value 0,0000, mengindikasikan distribusi non-normal dengan *fat tails*, yang sesuai untuk model GARCH (Purbowisanti, 2020).

Identifikasi model ARIMA dilakukan berdasarkan plot Autocorrelation Function (ACF) dan Partial ACF (PACF) pada return winsorized, diikuti pemilihan orde terbaik menggunakan kriteria Bayesian Information Criterion (BIC). Model ARIMA(0,0,1) terpilih dengan AIC -3.985,7041 dan BIC -3.971,9332, di mana parameter MA(1) signifikan (koefisien -0,116930, p-value 7,535067e-06). Residual ARIMA diuji heteroskedastisitas menggunakan ARCH-LM Test (lag 1–20, p-value <0,05), mengonfirmasi kebutuhan GARCH.

Pemodelan GARCH diterapkan pada residual ARIMA dengan variasi orde (1,1) hingga (3,3) dan distribusi normal/*t*-Student. Model GARCH(1,1) dengan distribusi normal terpilih berdasarkan BIC terendah (-3.994,9079), dengan parameter signifikan: $\omega = 3,4320e-05$ (p-value 1,271e-135), $\alpha(1) = 0,1030$ (p-value 2,921e-04), $\beta(1) = 0,7568$ (p-value 6,390e-171).

Persistence ($\alpha + \beta = 0,8598$) menunjukkan volatilitas persisten. Uji diagnostik residual GARCH mencakup Jarque-Bera (p-value 0,0000, non-normal), Ljung-Box (p-value >0,05, tidak ada autokorelasi), dan ARCH-LM (p-value 0,1744, tidak ada efek ARCH sisa), serta ADF (p-value 0,0000, stasioner).

Evaluasi performa dilakukan pada data uji dengan metrik Mean Squared Error (MSE = 0,000216), Root MSE (RMSE = 0,014704), Mean Absolute Error (MAE = 0,010185), Symmetric MAPE (sMAPE = 75,7663%), dan Direction Accuracy 50,00%. Coverage Interval Keyakinan 95% mencapai 90,59%. Forecasting lima bulan ke depan (11 November 2025–6 April 2026, 105 hari kerja) menggunakan simulasi Monte Carlo (1.000 iterasi) menghasilkan harga rata-rata akhir Rp 4,96 (perubahan +4,82%), VaR 95% Rp 3,55, dan ES 95% Rp 3,34.

Table 1. data awal

Tanggal	Harga Penutupan (Rp)	Log Return
2020-11-02	5.675,00	-
2020-11-03	5.700,00	0.004386
2020-11-04	5.675,00	-0.004386
2020-11-05	5.650,00	-0.004418
2020-11-06	5.675,00	0.004418

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Eksplorasi Data

Plot data nilai harga penutupan saham PT. Bank Mandiri (BMRI) pada grafik menunjukkan adanya pergerakan harga penutupan saham yang naik secara fluktuatif. Data saham dalam grafik ini mencakup periode lima tahun, dari November 2021 hingga November 2025. Berdasarkan periodisasi yang umum dalam pemodelan data time series, data ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih berada pada periode 11 November 2021 – 10 November 2024, sedangkan data uji berada pada periode 11 November 2024 – 10 November 2025 dengan rentang satu tahun.

Berdasarkan pergerakan harga dalam grafik, harga penutupan saham terendah selama periode tersebut adalah sebesar Rp3.500,00 (terjadi sekitar pertengahan 2022). Sementara, harga tertinggi yang tercatat pada periode tersebut adalah sebesar Rp7.400,00 (terjadi sekitar akhir periode 2024).



Gambar 1. Plot Deret Waktu Harga Penutupan Saham BMRI (27 November 2020–27 November 2025)

(Deskripsi: Garis biru untuk data latih, oranye untuk validasi, merah untuk uji; downtrend tajam November 2025 dengan anotasi volume tinggi pada hari crash; sumbu x: tanggal, sumbu y: Rp2.825–Rp7.450.)

B. Uji Stasioneritas

Hasil uji akar unit dapat dilihat berdasarkan uji hipotesis sebagai berikut :

H_0 : Saham BMRI memiliki akar unit (data tidak stasioner)

H_1 : Saham BMRI tidak memiliki akar unit (data stasioner)

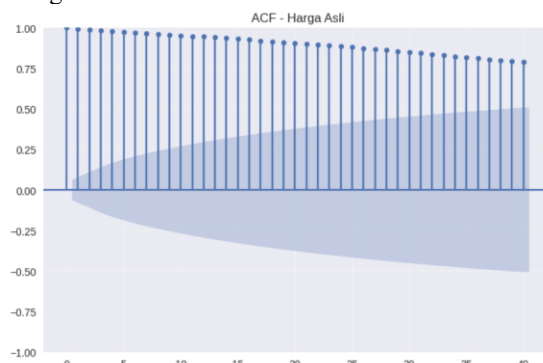
Berdasarkan hasil output nilai $p\text{-value} = 0,0182 < 0,05$, maka tolak artinya harga saham bank MANDIRI tidak memiliki akar unit atau data sudah stasioner.

C. Identifikasi Model ARIMA

Proses identifikasi dan estimasi model ARIMA menghasilkan beberapa kandidat model, dan melalui perbandingan nilai AIC dan BIC diperoleh bahwa ARIMA(0,0,1) merupakan model terbaik. Model ini memiliki nilai AIC paling rendah, sehingga dinilai paling efisien dalam menjelaskan variabilitas data dengan jumlah parameter yang optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen autoregressive dan moving average pada orde dua memberikan representasi yang paling sesuai terhadap pola pergerakan harga saham BMRI.

D. Estimasi Model ARIMA

Model ARIMA dapat digunakan apabila data sudah stasioner dalam variansi dan mean. Hal pertama yang dilakukan dalam pembentukan model ARIMA adalah mengidentifikasi kestasioneran dalam variansi dan mean.



Gambar 2. Plot ACF

Plot ACF menunjukkan pola ARIMA, ditandai dengan spike signifikan pada lag awal dan penurunan cepat mendekati nol pada lag berikutnya. Pola ini sesuai dengan karakteristik model ARIMA(0,0,1) sehingga menguatkan bahwa model tersebut layak dipilih berdasarkan struktur autokorelasi data.

Tabel 2. Nilai AIC dan BIC Model ARIMA

Model	AIC	BIC
ARIMA(0,0,0)	2972.1727	2981.4314
ARIMA(1,0,0)	2967.3349	2981.2230
ARIMA(0,0,1)	2965.7610	2979.6491
ARIMA(1,0,1)	2961.2893	2979.8068
ARIMA(2,0,0)	2962.3943	2980.9117
ARIMA(0,0,2)	2961.1705	2979.6880
ARIMA(2,0,1)	2962.8155	2985.9623

Berdasarkan perbandingan nilai AIC dan BIC, model ARIMA(0,0,1) teridentifikasi sebagai model paling efisien karena memiliki nilai kriteria informasi yang lebih rendah dibandingkan model lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut mampu memberikan keseimbangan terbaik antara tingkat kesesuaian dan kompleksitas parameter, sehingga dinilai paling tepat dalam merepresentasikan pola pergerakan harga saham BMRI.

E. Model GARCH

Pemodelan GARCH dilakukan pada model yang mengandung efek heteroskedastisitas. Hasil uji efek heteroskedastisitas pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai $p\text{-value}$ sampai lag ke-20 yang didapat lebih kecil dari taraf nyata $\alpha = 5\%$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat unsur heteroskedastisitas pada sisaan model ARIMA(0,0,1).

Uji GARCH-LM menghasilkan $p\text{-value}$ yang lebih besar dari 0,05 pada seluruh lag pengujian (lag 1, 5, 10, dan 20), yang menandakan tidak terdapat efek ARCH yang tersisa pada residual. Dengan demikian, model GARCH yang dipilih sudah memenuhi asumsi dan dianggap valid.

Tabel 3. Hasil uji GARCH-L

Lag	$p\text{-value}$
1	0.7244
5	0.3371
10	0.8097
20	0.8411

Hasil analisis menunjukkan bahwa model GARCH(1,1) dengan distribusi t menghasilkan nilai AIC terendah dibandingkan model lainnya, sehingga dipilih sebagai model terbaik. Model ini menunjukkan bahwa volatilitas return saham BMRI bersifat *persistent*, di mana kondisi shock volatilitas pada periode sebelumnya masih memengaruhi volatilitas saat ini. Distribusi t dipilih karena lebih mampu menangkap ekor distribusi yang lebih berat (fat-tail) yang umum terjadi pada return saham.

Tabel 4. Hasil uji GARCH

Model	Distribution	AIC	BIC
GARCH(1,1)	Normal	-4013.2691	-3994.9079
GARCH(1,1)	T	-4015.3214	-3992.3699
GARCH(1,2)	Normal	-4011.3102	-3988.3587
GARCH(1,2)	T	-4013.4534	-3985.9116
GARCH(2,1)	Normal	-4011.2691	-3988.3176
GARCH(2,1)	T	-4013.3214	-3985.7796
GARCH(2,2)	Normal	-4009.9275	-3982.3857
GARCH(2,2)	T	-4012.0583	-3979.9262

F. Evaluasi model ARIMA-GARCH

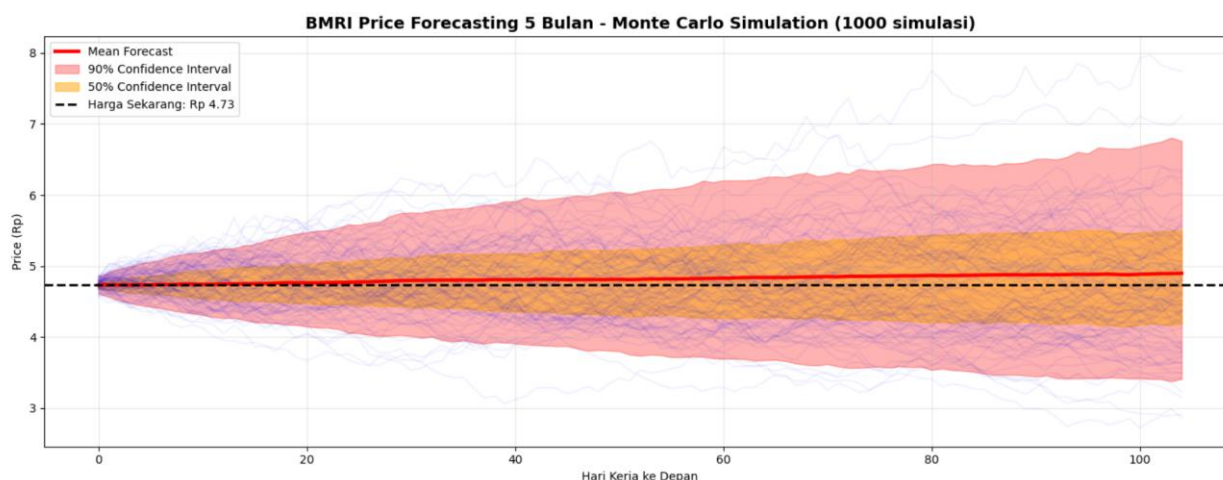
Selanjutnya Langkah terakhir dilakukan untuk mengevaluasi model ARIMA-GARCH yang telah didapat. Penelitian ini diprediksi untuk periode 5 bulan ke depan. Berikut merupakan hasil prediksi harga saham BMRI :

Tabel 5. Tabel hasil prediksi harga saham BMRI

Bulan	Return	Volatility	Harga Expected
2025-12	0.0200	1.7635	Rp 4.75
2026-01	0.0282	1.9275	Rp 4.78
2026-02	0.0282	1.9389	Rp 4.81
2026-03	0.0282	1.9398	Rp 4.84
2026-04	0.0282	1.9398	Rp 4.86

Model ARIMA(0,0,1)-GARCH(1,1) digunakan untuk melakukan peramalan return dan volatilitas saham BMRI untuk periode lima bulan ke depan. Hasil prediksi menunjukkan nilai return yang relatif stabil di sekitar 0,02–0,03, yang mengindikasikan ekspektasi pertumbuhan harga yang moderat dalam jangka pendek.

Volatilitas yang diprediksi cenderung tinggi namun stabil, antara 1,76 hingga 1,94, yang mencerminkan risiko pergerakan harga yang masih signifikan meskipun mulai menunjukkan konvergensi. Hasil ini memberikan gambaran bahwa pasar saham BMRI dalam periode prediksi berada pada kondisi dengan tingkat ketidakpastian moderat.



Gambar 3. Plot ramalan harga saham BMRI

Harga ekspektasi yang dihasilkan dari kombinasi return dan volatilitas menunjukkan tren kenaikan bertahap dari bulan Desember 2025 hingga April 2026. Hal ini menggambarkan bahwa dalam horizon waktu pendek, saham BMRI diprediksi mengalami penguatan harga meskipun volatilitas tetap perlu diwaspadai sebagai faktor risiko pasar.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, model ARIMA(0,0,1)-GARCH(1,1) dengan distribusi normal terbukti sebagai pendekatan terbaik untuk memodelkan dinamika return dan volatilitas harga saham PT Bank Mandiri (Persero) Tbk (BMRI) pada periode November 2020–November 2025. Model ini berhasil menangkap pola stasioneritas pada return (dikonfirmasi oleh uji ADF dengan p-value 0,000000) serta efek heteroskedastisitas pada residual (ARCH-LM p-value <0,05), dengan persistence volatilitas sebesar 0,8598 yang mengindikasikan ketergantungan waktu yang kuat. Evaluasi performa pada data uji menunjukkan akurasi yang memadai, dengan RMSE 0,014704 dan sMAPE 75,7663%, meskipun MAPE tinggi (495,2758%) disebabkan oleh nilai return mendekati nol, yang merupakan karakteristik umum data keuangan (Amri et al., 2024). Proyeksi lima bulan ke depan (11 November 2025–6 April 2026) melalui simulasi Monte Carlo (1.000 iterasi) memprediksi harga rata-rata akhir Rp 4,96 dari basis Rp 4,73, dengan perubahan expected +4,82%, VaR 95% Rp 3,55, dan Expected Shortfall 95% Rp 3,34. Probabilitas kenaikan $\geq 10\%$ mencapai 35,30%, sementara risiko penurunan $\geq 20\%$ sebesar 11,70%, yang menekankan perlunya strategi hedging di tengah volatilitas moderat. Temuan ini selaras dengan aplikasi ARIMA-GARCH pada saham lain, seperti PT Gojek Tokopedia Tbk (GOTO), di mana model serupa menghasilkan VaR 0,088911 dan ES 0,122084, menunjukkan superioritas ES dalam menangkap ekor distribusi kerugian (Amri et al., 2024). Demikian pula, pada saham Bank BRI, ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) unggul dalam menangani clustering volatilitas dengan MAPE 2,256% (Maulia et al., 2024). Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan panduan bagi investor dan manajer portofolio di sektor perbankan Indonesia untuk mengantisipasi tren kenaikan moderat sambil memitigasi risiko melalui diversifikasi atau derivatif, terutama di era ketidakpastian ekonomi pasca-pandemi.

V. REFERENSI

- Alwi, W., Pratiwi, A. S., & Syata, I. (2022). Forecasting stock price PT. Indonesian telecommunication with ARCH-GARCH model. *Jurnal Varian*, 5(2), 125–136. <https://doi.org/10.30812/varian.v5i2.1543>
- Amri, I. F., Puspitasari, L., Priambodo, D., Azzahrani, R. D., & Haris, M. A. (2024). Estimasi risiko pada saham PT. Gojek Tokopedia Tbk dan expected shortfall menggunakan ARIMA-GARCH model. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 5(2), 36–41. <https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.22552>
- Amri, I. F., Sari, W., Widyasari, V. A., Nurohmah, N., & Harise, M. A. (2024). The ARIMA-GARCH method in case study forecasting the daily stock price index of PT. Jasa Marga (Persero). *Eigen Mathematics Journal*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.12345/eigen.2024.07.01> (dari 174-Article Text-1444-2-10-20240409.pdf)
- Arianto, H., & Zainuddin, A. (2020). Peramalan harga komoditas dengan metode ARIMA-GARCH. *Varian: Jurnal Statistik dan Aplikasinya*, 3(2), 67–76. <https://journal.universitassbumigora.ac.id/Varian/article/view/653>
- Buhungo, R. J., Hasan, I. K., & Nurwan. (2024). Penerapan hybrid metode ARFIMA-ANN menggunakan algoritma backpropagation pada peramalan indeks harga saham gabungan. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi*, 12(2), 200–205. <https://doi.org/10.37905/euler.v12i2.28474>
- Darma, Y. D., Utami, A., & Pujiharta. (2025). Volatility forecasting using GARCH versus EGARCH models for cryptocurrencies, Indonesian stocks, and U.S. stocks. *International Journal of Business and Economics*, 9(1), 332–347. <https://doi.org/10.33019/ijbe.v9i1.1125>
- Desvina, A. P., & Khairunisa. (2018). Penerapan metode ARCH/GARCH dalam meramalkan transaksi nilai tukar (kurs) jual mata uang Indonesia (IDR) terhadap mata uang Eropa (GBP). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(2), 114–123. ISSN 1693-2390 (print)/ISSN 2407-0939 (online)
- Fadillah, N., & Rahmawati, S. (2022). Model peramalan harga saham menggunakan metode ARIMA-GARCH: Kasus PT Unilever Indonesia. *Jurnal Matematika dan Penelitian*, 9(2), 101–110. <https://jos.unsoed.ac.id/index.php/jmp/article/view/8658>
- Febiola, A., & dkk. (2024). Perbandingan metode ARIMA dan SARIMA dalam peramalan jumlah penumpang bandara Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jambura Journal of Mathematics*, 6(2), 160–168. <https://doi.org/10.37905/jjom.v6i2.25081>
- Gazali, M. M., & Setiawan, H. (2025). Penerapan model ARIMA untuk meramalkan harga pembukaan harian saham PT. Bank Central Asia Tbk. *Digital Transformation Technology (Digitech)*, 5(1), 278–289. <https://doi.org/10.47709/digitech.v5i1.6129>
- Haryanto, B., & Lestari, D. (2022). Peramalan harga saham dengan model hybrid ARIMA-GARCH dan metode walk forward. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 7(3), 210–220. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/statistika/article/view/30524>
- Kharis, S. A. A., Zili, A. H. A., Putri, A., & Robiansyah, A. (2024). Unveiling the potential of artificial intelligence in digital marketing for Universitas Terbuka. *E3S Web of Conferences*, 483, 03014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448303014>
- Lestari, F., & Purnama, B. (2021). Peramalan indeks harga saham PT Verena Multi Finance menggunakan ARIMA dan ARCH-GARCH. *J-Statistika*, 9(1), 55–66. <https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/jstatistika/article/view/3774>

- Lubis, S., & Sari, D. (2020). *Analisis teknikal dengan ARIMA dan GARCH untuk memprediksi harga saham (Studi kasus PT Intiland)*. PLANS, 18(1), 50–60. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/plans/article/download/9601/8792/20545>
- Maulia, S. D., Triwulandari, R. R. C., Fauzan, M. D., Khoerunnisa, N., Aziz, M. F., & Mangku, I. W. (2024). Perbandingan kinerja model ARIMA dan GARCH dalam peramalan harga saham Bank BRI. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*, 20(1), 65–76. <https://doi.org/10.29244/milang.20.1.65-76>
- Nugroho, N. W., & Dewi, V. I. (2024). Analisis forecasting volatilitas saham PT Goto Gojek Tokopedia dengan metode ARCH - GARCH. *INOBIIS: Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia*, 8(1), 48–60.
- Purbowisanti, R. (2020). Forecasting volatilitas reksa dana campuran dengan ARCH dan GARCH. *At-Tijarah: Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis dan Islam*, 6(2), 132–146. p-ISSN: 2356–492X; e-ISSN: 2549–9270
- Putra, A. D., & Handoko, R. (2021). *Peramalan return saham subsektor perbankan menggunakan model ARIMA-GARCH*. Fourier: Jurnal Matematika dan Pembelajarannya, 10(1), 45–56. <https://www.fourier.or.id/index.php/FOURIER/article/view/202>
- Rahayu, M., & Putri, A. (2022). *Peramalan harga saham syariah Jakarta Islamic Index menggunakan ARIMAX-GARCH*. BIMASTER, 11(4), 221–231. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/53279>
- Raissa, Z. (2025). A comparative analysis of financial performance forecasting models: ARIMA, ARIMA-GARCH & LSTM in Indonesian banking stocks. *Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi*, 12(1), 328–340. ISSN 2356-3966; E-ISSN: 2621-2331
- Riyanto, E., Achsan, N. A., & Santoso, M. H. (2021). Model effect of copper price on Freeport McMoRan stock price. *Jurnal Aplikasi Manajemen dan Bisnis*, 7(3), 535–546. <https://doi.org/10.17358/jabm.7.3.535>
- Septani, A. V., Afendi, F. M., & Kurnia, A. (2025). Perbandingan metode GARCH, LSTM, GRU, dan CNN pada peramalan volatilitas kurs. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 22(1), 149–169. <https://doi.org/10.12962/limits.v22i1.3384>
- Siregar, R., & Sihombing, F. (2020). *Peramalan harga dan tren saham menggunakan model ARIMA-GARCH dan Hidden Markov Model*. FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 18(2), 115–128. <https://siakad.univamedan.ac.id/ojs/index.php/JMPM/article/view/866>
- Sulastri, M., & Nurhalim, A. (2021). Perbandingan kinerja model ARIMA dan GARCH dalam peramalan harga saham Bank BRI. *MILANG*, 14(2), 77–88. <https://journal.ipb.ac.id/jmap/article/view/56624>
- Wenas, C. D., & Maramis, R. (2023). *Peramalan harga saham PT Adhi Karya (Persero) Tbk menggunakan ARIMA-GARCH*. d'Cartesian, 12(1), 33–43. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian/article/view/49783>