

PERBANDINGAN KINERJA MODEL ARIMA DAN GARCH DALAM PERAMALAN HARGA SAHAM BANK BRI

*S.D. Maulia, R.R.C. Triwulandari, M.D. Fauzan, N. Khoerunnisa,
M.F. Aziz, dan I.W. Mangku

Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor.
syammiradhifa@apps.ipb.ac.id *corresponding author, carissatriwulandari@apps.ipb.ac.id,
ryls93daryl@apps.ipb.ac.id, nazwaakhnazwa@apps.ipb.ac.id, farhan_aziz@apps.ipb.ac.id,
wayanma@apps.ipb.ac.id.

Abstrak

Model ARIMA dan GARCH adalah model yang dapat mengatasi volatilitas yang sering terjadi pada harga saham. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja model dan mencari efektivitas ARIMA serta GARCH dalam peramalan harga penutupan saham Bank BRI. Penelitian ini menggunakan data sekunder *time series* yang bersumber dari *website Yahoo Finance* mengenai harga penutupan saham harian Bank BRI mulai dari 1 September 2014 sampai 30 September 2023 dengan jumlah pengamatan sebanyak 2260 hari. Berdasarkan hasil ramalan, MAPE dari model ARIMA(2,1,0) didapatkan sebesar 2,256% sedangkan model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) sebesar 21,735%. Oleh karena itu, model terbaik untuk meramalkan harga saham BRI adalah model ARIMA(2,1,0) dengan peramalan data yang dihasilkan cenderung stabil dan selang kepercayaan yang cenderung melebar di setiap periode

Kata kunci: ARIMA, GARCH, harga saham, pemodelan, peramalan

1 Pendahuluan

Di era ekonomi modern, kemajuan Indonesia terlihat dari pertumbuhan di berbagai sektor, terutama ekonomi. Untuk mendukung pembangunan, diperlukan tambahan dana, dan pasar modal menjadi salah satu alternatif utama bagi perusahaan untuk memperoleh modal tambahan. Pasar modal memainkan peran penting dalam perkembangan ekonomi suatu negara, memungkinkan perusahaan untuk mengakses modal jangka panjang. Pemerintah Indonesia melihat pasar modal sebagai alat yang dapat mempercepat pembangunan ekonomi dengan menggerakkan dana dari investor ke sektor-sektor produktif, yang diharapkan akan menciptakan lapangan kerja baru [18].

Saham adalah instrumen pasar keuangan yang umum digunakan di bidang ekonomi. Perusahaan menerbitkan saham untuk mengumpulkan dana ketika diperlukan. Bagi investor, saham memiliki keuntungan, seperti menerima dividen yang bisa berupa tunai atau saham, yang merupakan pembagian keuntungan oleh perusahaan. Sektor yang paling diminati oleh para investor saham adalah sektor keuangan, khususnya saham perbankan. Saham perbankan sangat rentan terhadap perubahan kondisi ekonomi dan regulasi perbankan. Faktor seperti perubahan suku bunga, fluktuasi kinerja pinjaman, dan

peristiwa eksternal seperti krisis keuangan global dapat memiliki dampak besar pada harga saham perbankan.

Saat ini, terdapat 47 perusahaan perbankan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) [6]. Menurut [8], bank berfungsi untuk menghimpun dana dari masyarakat dalam bentuk simpanan, kemudian menyalurkannya kembali kepada masyarakat dalam berbagai bentuk, termasuk dalam bentuk kredit. Hal ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan taraf hidup rakyat banyak, sebagaimana diatur oleh Undang-Undang RI Nomor 10 Tahun 1998. Bank Rakyat Indonesia (BRI), sebagai salah satu bank nasional terkemuka, telah membuktikan kemampuannya dalam bersaing di industri perbankan nasional. Setelah proklamasi kemerdekaan Republik Indonesia pada tahun 1945, BRI didirikan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 1 tahun 1946 sebagai bank pemerintah pertama di Indonesia. Pada tahun 2003, Pemerintah Indonesia memutuskan untuk menjual 30% saham BRI, mengubah statusnya menjadi perusahaan publik dengan nama resmi PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk, dan nama tersebut tetap digunakan hingga saat ini.

Peramalan harga saham melibatkan upaya untuk memperkirakan nilai masa depan saham perusahaan, dan cara yang umum digunakan adalah dengan menganalisis data historis saham, yang sering disebut sebagai analisis deret waktu. Peramalan (*forecasting*) adalah proses memperkirakan nilai atau kejadian di masa depan berdasarkan data yang telah terkumpul sebelumnya, dengan tujuan merencanakan strategi masa depan [14]. Investor saham memanfaatkan peramalan untuk meramalkan harga saham sebelum membuat keputusan beli atau jual. Dalam upaya untuk meramalkan perubahan harga saham harian jangka pendek, penting menggunakan metode, model, atau pendekatan yang terbukti memiliki tingkat akurasi yang baik. Keakuratan suatu model peramalan sangat menarik bagi para pelaku pasar, dan semakin tinggi tingkat keakuratan tersebut, semakin diminati model tersebut. Kemampuan untuk *forecasting* merupakan salah satu teknik analisis yang membantu pelaku pasar modal dalam mengambil keputusan strategis yang menguntungkan. Pendekatan ilmiah dalam meramalkan masa depan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan berdasarkan intuisi semata [5].

Dua metode yang sering digunakan dalam meramalkan harga saham adalah metode ARIMA dan metode GARCH. Metode ARIMA digunakan apabila deret data diasumsikan memiliki varians residual yang konstan sepanjang waktu, dikenal sebagai sifat homoskedastisitas. Sebaliknya, metode GARCH digunakan ketika deret data diasumsikan memiliki varians residual yang berfluktuasi sepanjang waktu, menggambarkan sifat heteroskedastisitas [13]. Pada penelitian [9], juga digunakan metode ARIMA yang menggabungkan metode rata-rata bergerak dan autoregresi. Hasilnya, metode ARIMA dapat meningkatkan akurasi dalam memprediksi harga saham.

Model ARIMA memiliki kelebihan sebagai model peramalan yang fleksibel dan mampu mengikuti pola data dengan tingkat akurasi yang tinggi. Model ini cocok untuk meramalkan sejumlah variabel dengan cepat, sederhana, dan secara ekonomis, karena hanya memerlukan data historis untuk melakukan peramalan [17]. Model ARIMA dikenal efektif dalam peramalan *time series*, terutama untuk peramalan jangka pendek dan data *time series* non-stasioner dengan karakteristik linear. Namun, keakuratannya dapat menurun pada data peramalan yang cukup panjang, yang sering kali cenderung mendatar. Semakin pendek data peramalan, tingkat keakuratannya semakin baik. Selain itu, keakuratannya juga dapat menurun jika terdapat komponen non-linear pada data pengamatan [10].

Model ARCH memiliki keunggulan dalam mengolah data yang memiliki sifat heteroskedastisitas, yang sulit dimodelkan oleh metode lain tanpa perlu transformasi

terlebih dahulu. Transformasi data heteroskedastik menjadi homoskedastik dapat mengakibatkan kehilangan informasi, sehingga *family* ARCH menjadi pilihan yang tepat ketika model ARIMA tidak dapat menangani situasi tersebut [11]. Kelemahan ARCH terletak pada batasan *order* yang dapat digunakan, dimana semakin tinggi *order* membuat model tidak layak digunakan. Bollerslev menyempurnakan teori ini dengan memperkenalkan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) yang memiliki fleksibilitas tingkat lebih tinggi [2]. Metode GARCH kemudian digunakan oleh Bollerslev untuk mengukur kurs dan indeks harga saham [12].

Pada model ARIMA, sudah banyak digunakan oleh peneliti dalam masalah rangkaian data runtun waktu. Salah satu contoh penelitian yang menerapkan model ARIMA pada analisis harga saham dilakukan oleh Jarrett dan Kyper, yang berfokus pada prediksi harga indeks pasar saham di China. Penelitian ini menyimpulkan bahwa model ARIMA memiliki kelemahan utama terutama dalam menghadapi banyak titik balik (volatilitas), yang dapat mempengaruhi hasil prediksi [7]. Oleh karena itu, banyak penelitian lain juga menghadapi tantangan serupa dengan model ARIMA dan mulai mencari alternatif. Beberapa alternatif yang dijelajahi mencakup penggunaan metode lain seperti *Artificial Neural Network* (ANN) atau pendekatan gabungan seperti model ARIMA-GARCH [19].

Penelitian [1] menggunakan model gabungan ARIMA-GARCH dalam penelitian prediksi saham di India karena data *time series* yang mereka analisis memiliki tingkat volatilitas yang tinggi [1]. Penelitian ini membandingkan hasilnya dengan model ARIMA dan mengevaluasi *error* peramalan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasilnya menunjukkan bahwa model ARIMA-GARCH memberikan *error* yang lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA saja. Dengan demikian, kesimpulan dari penelitian ini menyarankan bahwa penggunaan model gabungan seperti ARIMA-GARCH lebih efektif daripada model ARIMA dalam konteks tersebut [19].

Untuk penelitian model ARIMA-GARCH pada Bank BRI, juga sudah pernah diteliti oleh [16]. Penerapan model ARIMA-GARCH tersebut digunakan untuk memprediksi harga saham pada Bank BRI. ARIMA-GARCH digunakan sebagai metode analisis data untuk memodelkan data stasioner dengan *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA), khususnya pada kasus gejala heteroskedastisitas pada model ARIMA. Pemilihan metode ini disebabkan oleh volatilitas harga saham yang terkait dengan heteroskedastisitas, dimana varian data tersebut tidak konstan. Oleh karena itu, ARIMA-GARCH digunakan untuk mengatasi gejala heteroskedastisitas dalam data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMA-GARCH (ARIMA(2,1,1) GARCH(2,2)) berhasil memprediksi harga saham BRI dengan nilai R^2 sebesar 99.91%, menandakan keberhasilan model dalam peramalan harga saham BRI [15].

Pada penelitian ini dibandingkan kinerja model ARIMA dan GARCH dalam peramalan harga saham Bank BRI serta dicari efektivitas model ARIMA dan GARCH dalam peramalan harga saham Bank BRI pada bulan September 2014 sampai September 2023.

2 Metode Penelitian

Model ARIMA (p, d, q) adalah kombinasi dari *Autoregressive* (AR) dengan orde p dan *Moving Average* (MA) dengan orde q , termasuk proses *differencing* orde d , digunakan untuk data, baik pada level musiman maupun non-musiman. Model ini tergolong dalam pemodelan linear.

2.1 Autoregressive (AR)

Model AR (*Autoregressive*) dengan orde p menjelaskan bahwa pengamatan pada waktu ke- t memiliki hubungan linear dengan pengamatan pada waktu sebelumnya, yaitu $t - 1, t - 2, \dots, t - p$. Fungsi persamaan untuk model AR orde p dapat dinyatakan pada Persamaan 1 [11].

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t. \quad (1)$$

2.2 Moving Average (MA)

Model MA (*Moving Average*) digunakan untuk menjelaskan suatu kejadian bahwa pengamatan pada waktu t , dapat dinyatakan sebagai hasil kombinasi linear dari sejumlah residual. Persamaan untuk model MA orde q dapat dinyatakan pada Persamaan 2 [11].

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}. \quad (2)$$

2.3 Autoregressive - Moving Average (ARMA)

Model ARMA adalah model gabungan dari model AR (*Autoregressive*) dan MA (*Moving Average*) yang dapat ditulis dengan notasi ARMA (p, q). Model ARMA pada orde p dan q dapat dinyatakan pada Persamaan 3 [11].

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}. \quad (3)$$

2.4 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA (p, d, q) diperkenalkan dengan p sebagai orde operator dari AR, d merupakan orde *differencing*, dan q sebagai orde operator dari MA. Model ini diterapkan pada data *time series* yang telah mencapai stasioner setelah mengalami *differencing* sebanyak d kali, yaitu dengan menghitung selisih antara pengamatan saat ini dengan pengamatan sebelumnya. Bentuk persamaan untuk model ARIMA(p, d, q) dinyatakan pada Persamaan 4 [11].

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_0 \theta_q(B) a_t, \quad (4)$$

$$y(\theta) = \sum_{j=0}^2 \beta_j(\theta) x^j + \sum_{k=1}^r \beta_{2+k}(\theta) (x - K_k)_+^2.$$

2.5 Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)

Model ARCH (p) adalah model persamaan rata-rata dan ragam suatu data deret waktu yang dimodelkan secara stimulan. Model ARCH secara umum merupakan suatu proses stokastik dengan varian kondisional yang berubah dari waktu ke waktu, namun varian non-kondisional tetap konstan. Model persamaan ARCH (p) dinyatakan pada persamaan berikut [11].

$$\begin{aligned} \gamma_t &= \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \\ \sigma_t^2 &= \alpha_0 \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \text{ (persamaan ragam)} \end{aligned}$$

$$\alpha_0 > 0, \alpha, \dots, \alpha_p \geq 0 \quad \varepsilon_t | I_t \sim N(0, \sigma_t^2),$$

$\alpha_0 > 0, \alpha, \dots, \alpha_p$ adalah variabel-variabel positif dan ε_t merupakan variabel *random* dengan *mean* nol dan varian σ_t^2 yang biasanya ditandai dengan kondisional $f_t(\varepsilon)$.

2.6 Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)

Model ARCH dikembangkan oleh Bollerslev menjadi model GARCH, yaitu dengan memasukkan unsur residual periode lalu dan ragam residual. Adapun model persamaan GARCH sebagai berikut.

$$\sigma_t^2 = \sigma_1 \varepsilon_{1-t}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

$$\alpha_0 > 0, \alpha_1, \dots, \alpha_p \beta_q \geq 0,$$

dengan $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p, \beta_1, \dots, \beta_q$ merupakan parameter-parameter kontrol dan ε_t merupakan variabel *random* dengan *mean* nol dan varians σ_t^2 . Persamaan tersebut menunjukkan bahwa ragam residual (σ_t^2) dipengaruhi oleh varians residual periode yang lalu (σ_{t-p}^2), dan juga dipengaruhi oleh ragam residual periode yang lalu (σ_{t-q}^2) [11].

2.7 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2023 sampai November 2023 di IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder *time series* yang bersumber dari *website Yahoo Finance* (<https://finance.yahoo.com>) untuk data harga penutupan saham harian (*daily closed price*) Bank BRI mulai periode 1 September 2014 sampai 30 September 2023 dengan jumlah pengamatan sebanyak 2260 hari dimana hari efektif perdagangan pada bursa saham yaitu lima hari kerja untuk tiap minggunya, yaitu hari Senin hingga Jumat.

Perangkat lunak yang digunakan untuk mengimplementasikan model ARIMA dan GARCH dalam meramalkan harga saham adalah perangkat lunak *R Studio*. Langkah analisis dalam penelitian ini dimulai dengan membuat plot *time series* dan menghitung statistik deskriptif harga penutupan saham pada Bank BRI. Selanjutnya, data dibagi menjadi 88% data latih dan 12% data uji berdasarkan tren data. Setelah itu, dilakukan uji stasioneritas dengan menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Jika data belum stasioner, dilakukan teknik *differencing* pada data. Selanjutnya, data yang telah *di-differencing* tersebut diuji kembali stasioneritasnya menggunakan uji ADF. Setelah data sudah stasioner, plot *Autocorrelation Function* (ACF), *Partial Autocorrelation Function* (PACF) dan *Extended Autocorrelation Function* (EACF) digunakan untuk memilih model-model ARIMA. Model-model tersebut kemudian *di-fit* dengan *Maximum Likelihood Estimator* sebagai penduga parameternya. Selanjutnya, dilakukan estimasi dan uji diagnostik model secara eksploratif dan formal. Model yang terbaik dipilih berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terkecil serta model yang memenuhi semua uji diagnostik.

Residual dari model ARIMA terbaik diuji menggunakan uji ARCH untuk menentukan keberadaan efek heteroskedastisitas. Jika diketahui terdapat efek heteroskedastisitas, model layak dimodelkan dengan ARCH-GARCH. Orde ARCH dan GARCH ditentukan dengan melihat plot PACF residual kuadrat. Selanjutnya, dilakukan estimasi dan uji signifikansi parameter ARCH-GARCH. Pemilihan model ARCH-

GARCH terbaik didasarkan pada signifikansi parameter, dan kemudian dilakukan peramalan terhadap varians residual (volatilitas saham) [11]. Validasi model dilakukan melalui nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Model terbaik ARIMA dan GARCH terbaik pada penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai MAPE terkecil.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

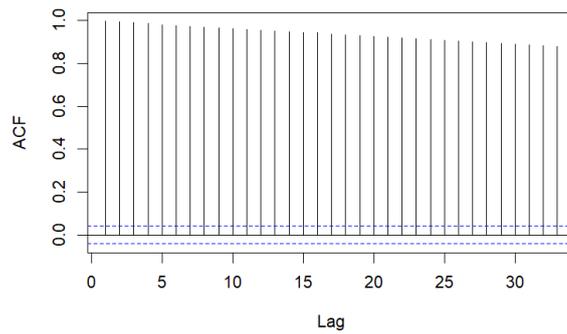
Plot data nilai harga penutupan saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk pada Gambar 1 menunjukkan adanya pergerakan harga penutupan saham yang naik secara fluktuatif. Data saham dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji. Data latih berada pada bulan September 2014 – Agustus 2022, sedangkan data uji berada pada bulan September 2022 – September 2023 dengan rentang satu tahun. Harga penutupan saham terendah selama periode tersebut adalah sebesar Rp1.660,00 pada tanggal 28 Agustus 2015. Sementara, harga tertinggi yang tercatat pada periode tersebut adalah sebesar Rp5.700,00 pada tanggal 1 Agustus 2023.



Gambar 1. Plot deret waktu harga penutupan saham BBRI

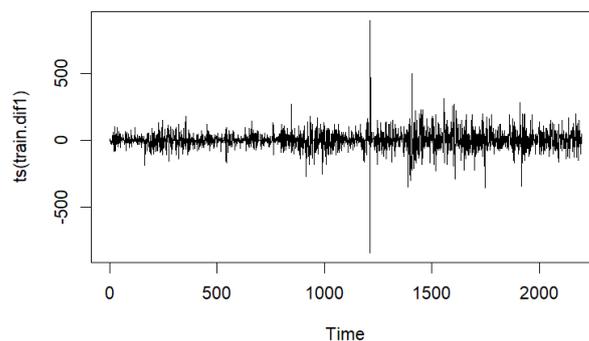
3.2 Model ARIMA

Model ARIMA dapat digunakan apabila data sudah stasioner dalam variansi dan *mean*. Hal pertama yang dilakukan dalam pembentukan model ARIMA adalah mengidentifikasi kestasioneran dalam varians dan *mean*. Plot data pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa data belum stasioner terhadap varians dan *mean*. Selain dilihat secara eksploratif, juga dilakukan uji formal kestasioneran data dengan menggunakan uji ADF dan diperoleh nilai *p-value* 0,1296 lebih besar dari taraf nyata $\alpha = 5\%$. Artinya, pada taraf nyata 5% tidak cukup bukti untuk menyatakan bahwa data stasioner. Selain uji ADF, ketidakstasioneran data juga ditunjukkan oleh pola *tail off* plot ACF yang terdapat pada Gambar 2. Data yang stasioner seharusnya menunjukkan pola *cut off* pada plot ACF.

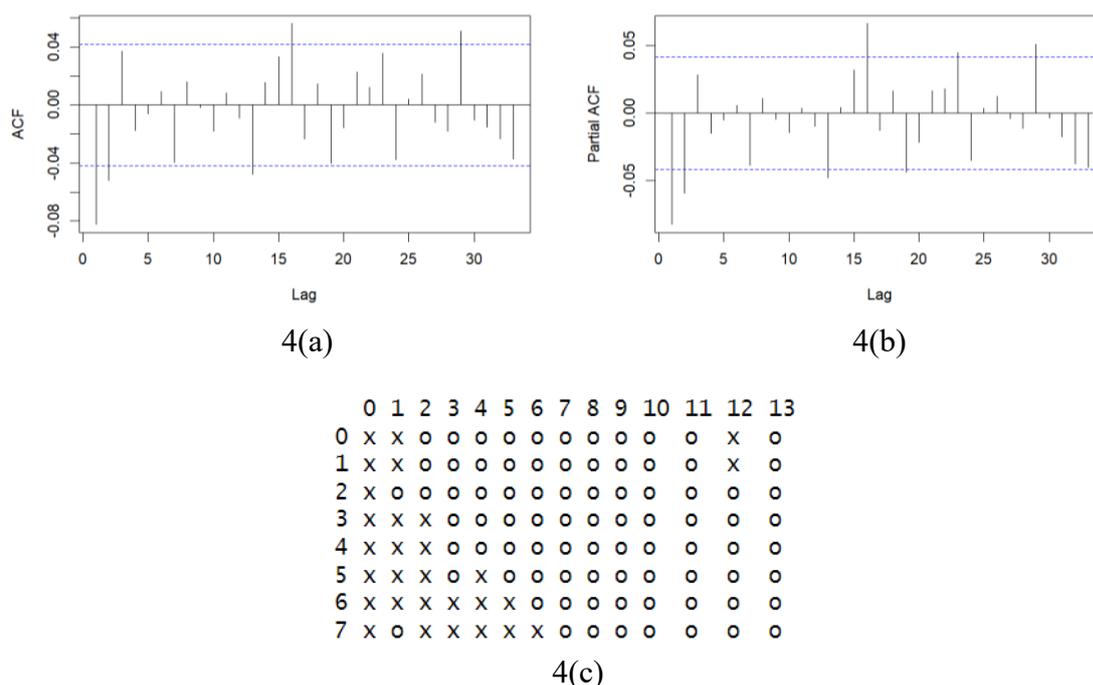


Gambar 2. Plot ACF data harga penutupan saham

Ketidakstasioneran data tersebut dapat diatasi dengan pembedaan (*differencing*) sebanyak satu kali ($d = 1$). Data yang telah diterapkan *differencing* sebanyak satu kali akan memiliki pola seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pola yang terbentuk pada data yang telah stasioner akan memiliki kecenderungan bergerak di sekitar nilai rata-rata dan memiliki keragaman yang rendah. Kestasioneran data juga diperkuat oleh plot ACF pada Gambar 4(a) dan plot PACF pada Gambar 4(b) yang *cut off* setelah lag ke dua. Uji ADF juga dilakukan pada data setelah diterapkan *differencing*. Hasil uji ADF menunjukkan *p-value* lebih kecil dari taraf nyata 5% yaitu 0,01 dengan kesimpulan bahwa data sudah stasioner.

Gambar 3. Plot deret waktu setelah *differencing*

Identifikasi model ARIMA dilakukan dengan melihat plot ACF, plot PACF, dan EACF dari data yang sudah stasioner. Berdasarkan pola ACF dan PACF pada Gambar 4(a) dan 4(b) didapatkan dugaan modelnya adalah model AR dan MA karena pola ACF dan pola PACF mengalami *cut off* sehingga menunjukkan adanya indikasi model ARIMA yaitu (0,1,2) dan (2,1,0). Identifikasi model ARIMA selanjutnya ditentukan berdasarkan plot EACF pada Gambar 4 dengan melihat pola segitiga nol. Ujung segitiga lancip pada pola segitiga nol akan bersesuaian dengan ordo model tentatif ARIMA [3]. Model yang terbentuk dari plot *Extended Autocorrelation Function* (EACF) pada Gambar 4(c) adalah (0,1,3), (1,1,2), (2,1,2). Oleh karena itu, kandidat model ARIMA terbaik adalah model ARIMA(0,1,2), ARIMA(2,1,0), ARIMA(0,1,3), ARIMA(1,1,2), dan ARIMA(2,1,2).



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

Berdasarkan indikasi model ARIMA pada tahap identifikasi model, didapatkan hasil estimasi parameter dan signifikansi parameter seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi parameter model ARIMA

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC
ARIMA(0,1,2)	MA(1)	-0,084	0,000*	24.995,90
	MA(2)	-0,048	0,026*	
ARIMA(2,1,0)	AR(1)	-0,087	0,000*	24.994,85
	AR(2)	-0,059	0,005*	
ARIMA(0,1,3)	MA(1)	-0,085	0,000*	24.995,40
	MA(2)	-0,051	0,019*	
	MA(3)	0,034	0,114	
ARIMA(1,1,2)	AR(1)	-0,399	0,070	24.995,63
	MA(1)	0,314	0,153	
	MA(2)	-0,087	0,000*	
ARIMA(2,1,2)	AR(1)	-0,511	0,044*	24.996,69
	AR(2)	-0,202	0,311	
	MA(1)	0,427	0,098	
	MA(2)	0,111	0,580	

*parameter signifikan pada taraf nyata 5%

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa model ARIMA(2,1,0) adalah model yang terbaik dibandingkan model-model tentatif lainnya karena memiliki nilai AIC yang paling kecil yaitu sebesar 24.995,90. Model ARIMA(2,1,0) juga memiliki keseluruhan parameter yang signifikan. Selanjutnya, dilakukan uji asumsi diagnostik pada Model

ARIMA(2,1,0). Untuk menguji kelayakan tersebut dapat dilakukan dengan memeriksa kecukupan model dalam memenuhi asumsi residual *white noise*. Hasil uji *white noise* menggunakan Ljung-Box menghasilkan *p-value* sebesar 0,939 lebih dari taraf nyata 5%. Hal ini menunjukkan bahwa model ARIMA(2,1,0) memodelkan dengan baik dan tidak ada pola atau ketergantungan yang signifikan dalam sisaan. Oleh karena itu, benar bahwa pada kasus ini model yang terbaik adalah model ARIMA(2,1,0).

3.3 Model GARCH

Pemodelan GARCH dilakukan pada model yang mengandung efek heteroskedastisitas. Hasil uji efek heteroskedastisitas pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai *p-value* sampai lag ke-15 yang didapat lebih kecil dari taraf nyata $\alpha = 5\%$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat unsur heteroskedastisitas pada sisaan model ARIMA(2,0,1). Menurut [3], Jika pemeriksaan sisaan yang dilakukan dari lag 1 sampai 12 signifikan, model ARCH lebih cocok digunakan. Akan tetapi, jika pemeriksaan sisaan dilakukan hingga lebih dari lag 12, model GARCH lebih cocok digunakan [3]. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan pendugaan model dengan menggunakan GARCH.

Tabel 2. Hasil uji GARCH-LM

Lag	<i>p-value</i>
1	0,000
2	0,000
3	0,000
4	0,000
5	0,000
6	0,000
7	0,000
8	0,000
9	0,000
10	0,000
11	0,000
12	0,000
13	0,000
14	0,000
15	0,000

Identifikasi model GARCH dilakukan dengan *trial and error* untuk mendapatkan model terbaik. Berdasarkan hasil percobaan kombinasi ARIMA dengan GARCH, didapatkan bahwa model ARIMA(2,1,0)-GARCH(1,3), ARIMA(2,1,0)-GARCH(2,3), dan ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) adalah kandidat model terbaik. Berdasarkan Tabel 3, model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) memiliki nilai AIC dan BIC terkecil sehingga dapat disebut sebagai model terbaik. Selanjutnya, dilakukan uji asumsi *white noise* pada model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) menggunakan Ljung-Box. Hasil uji *white noise* menghasilkan *p-value* sebesar 0,954 yang lebih besar dari taraf nyata 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada pola atau ketergantungan yang signifikan dalam sisaan. Uji LM ARCH juga dilakukan pada model untuk mengidentifikasi efek heteroskedastisitas. Hasil uji ini menghasilkan *p-value* sebesar 0,957 yang lebih besar dari taraf nyata 5%

sehingga dapat disimpulkan bahwa model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) tidak terdapat efek heteroskedastisitas. Oleh karena itu, dapat disimpulkan model terbaik adalah ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3).

Tabel 3. Nilai AIC dan BIC

Model	AIC	BIC
ARIMA(2,1,0)-GARCH(1,3)	11,09679	11,11752
ARIMA(2,1,0)-GARCH(2,3)	11,09684	11,12016
ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3)	11,09651	11,11243

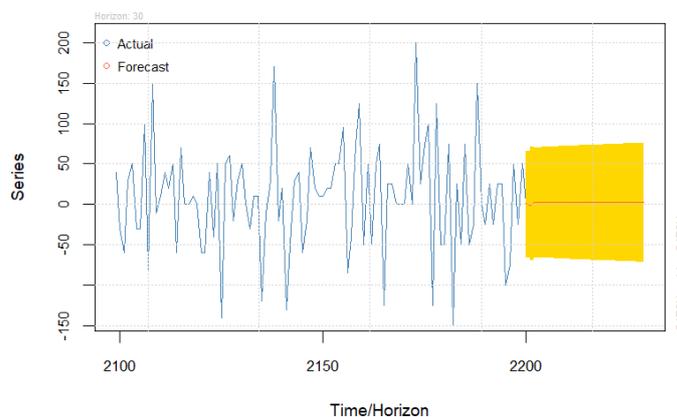
3.4 Validasi dan Peramalan Model

Hasil validasi model harga penutupan saham dengan menggunakan model ARIMA dan model GARCH berbasis nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai MAPE yang diperoleh ARIMA(2,1,0) berbasis rata-rata 2,2564%. Nilai MAPE pada model ARIMA(2,1,0) lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3). Model ARIMA(2,1,0) juga menjadi model dengan hasil peramalan yang baik karena memiliki nilai MAPE yang kurang dari 10%. Hal ini menunjukkan bahwa model ARIMA(2,1,0) lebih baik dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3) untuk meramalkan data harga penutupan saham.

Tabel 4. Nilai MAPE

Model	MAPE
ARIMA(2,1,0)	2,256%
ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3)	21,735%

Peramalan model menggunakan model terbaik ARIMA(2,1,0) dilakukan untuk 30 periode ke depan. Berdasarkan Gambar 5, diperoleh hasil peramalan yang cenderung stabil dengan selang kepercayaan yang cenderung melebar di setiap periode.



Gambar 5. Plot ramalan harga tutupan saham BRI

4 Simpulan

Model ARIMA(2,1,0) adalah model terbaik dalam meramalkan hargautupan saham BRI dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,0)-GARCH(3,3). Model ARIMA(2,1,0) menghasilkan akurasi peramalan yang sangat baik karena memiliki nilai MAPE sebesar 2,256% yang kurang dari 10%. Peramalan data BRI hingga 30 periode cenderung stabil dengan selang kepercayaan yang cenderung melebar di setiap periode.

5 Daftar Pustaka

- [1] Babu CN, Reddy BE. 2015. Prediction of selected Indian stock using a partitioning-interpolation based ARIMA-GARCH model. *Applied Computing and Informatics*. 11(2): 130-143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.002>
- [2] Bollerslev T. 1986. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. 31(3): 307-327. doi: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- [3] Cryer JD, Chan KS. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*. Ed ke-2. New York: Springer.
- [4] Desvina AP, Meijer IO. 2018. Penerapan Model ARCH/GARCH untuk peramalan nilai tukar petani. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*. 4(1):43-54. doi: <https://doi.org/10.33830/jmst.v24i1.4875.2023>
- [5] Hatidja D. 2011. Penerapan model ARIMA untuk memprediksi harga saham PT. Telkom, Tbk. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(1): 116-123. doi: <https://doi.org/10.35799/jis.11.1.2011.53>
- [6] Hijrah M, Rahman H. 2023. Peramalan harga saham perusahaan perbankan dengan market capitalization terbesar di Indonesia Pasca-Covid19. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*. 5(2): 95-99. doi : <https://doi.org/10.31605/jomta.v5i2.3238>
- [7] Jarrett JE, Kyper E. 2011. ARIMA modeling with intervention to forecast and analyze Chinese stock prices. *International Journal of Engineering Business Management*. 3(3): 53-58. doi: <https://doi.org/10.5772/50938>
- [8] Lilipaly GS, Hatidja D, Kekenusa JS. 2014. Prediksi harga saham PT. BRI, Tbk. menggunakan metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(2): 60-67. doi: <https://doi.org/10.35799/jis.14.2.2014.5927>
- [9] Muharam H, Panji M. 2008. Multifraktalitas dan studi komparatif prediksi indeks dengan metode ARIMA dan artificial neural network (ANN). *Journal The WINNERS*. 9(2): 112-123. doi: <https://doi.org/10.21512/tw.v9i2.720>
- [10] Nofiyanto A, Nugroho RA, Kartini D. 2015. Peramalan permintaan paving blok dengan metode ARIMA. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika; 2015 Okt 9-10; Denpasar, Bali. Bali(ID): Institut Teknologi Dan Bisnis STIKOM. <https://media.neliti.com/media/publications/172481-ID-peramalan-permintaan-paving-blok-dengan.pdf>
- [11] Novanti D, Multazam H, Husna NL, Rahajeng OS, Selfina L, Nooraeni R. 2020. Pemodelan dan peramalan harga penutupan saham perbankan dengan metode ARIMA dan family ARCH. *Journal of Statistics and Its Application*. 1(2): 94-105. doi: <http://dx.doi.org/10.20956/ejsa.v1i2.9637>
- [12] Raneo AP, Muthia F. 2018. Penerapan model GARCH dalam peramalan volatilitas di bursa efek Indonesia. *Jurnal Manajemen dan Bisnis Sriwijaya*. 15(3): 194-202. doi: <https://doi.org/10.29259/jmbs.v16i3.7462>
- [13] Ramadhan RA, Rikumahu B. 2015. Analisis perbandingan metode ARIMA dan metode GARCH untuk memprediksi harga saham (studi kasus pada perusahaan telekomunikasi yang terdaftar di bursa efek Indonesia periode Mei 2012 - April 2013). *e-Proceeding of Management*. 2(1): 61-68. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/management/article/view/971>
- [14] Rianto M, Yunis R. 2021. Analisis runtun waktu untuk memprediksi jumlah mahasiswa baru dengan model random forest. *Paradigma - Jurnal Komputer Dan Informatika*. 23(1): 70-74. doi: <https://doi.org/10.31294/p.v23i1.9781>
- [15] Septiana N, Hasanah P, Soemarsono AR. 2021. Analisis volatilitas harga saham sekor minyak dan gas di Indonesia pada masa pandemi covid-19 dengan metode ARIMA-GARCH. *Jurnal Statistika*. 14(2): 99-109. <http://repository.itk.ac.id/id/eprint/17538>
- [16] Yolanda NB, Nainggolan N, Komalig HAH. 2017. Penerapan model ARIMA-GARCH untuk memprediksi harga saham bank BRI. *Jurnal MIPA UNSRAT*. 6(2): 92-96. doi: <https://doi.org/10.35799/jm.6.2.2017.17817>

- [17] Yuliyanti R, Arliani E. 2022. Peramalan jumlah penduduk menggunakan model ARIMA. *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*. 8(2): 114-128. <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/jktm/article/view/18265>
- [18] Zakaria SD, Sudaryo Y, Sofiaty NA. 2022. Analisis return on asset, return on equity, dan earning per share terhadap harga saham (studi pada 4 perusahaan perbankan BUMN yang terdaftar di bursa efek Indonesia periode 2010-2019). *Jurnal Indonesia Membangun*. 21(1): 1-23. <https://jurnal.inaba.ac.id/index.php/JIM/article/view/474>
- [19] Zili AHA, Hendri D, Kharis SAA. 2022. Peramalan harga saham dengan model hybrid ARIMA-GARCH dan metode walk forward. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*. 6(2): 341-354. doi: <https://doi.org/10.21009/JSA.06218>