

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA MODEL ARIMA DAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* UNTUK PREDIKSI HARGA SAHAM BBKA

*N.I. Sakbaniyah, R.A. Humaira, M. H. R. Fasya, D. A. Osferi, F. D. Kurniawati,
dan I W. Mangku

Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika,
Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor.
nikmahisnaeni@apps.ipb.ac.id*corresponding author, alyssahumaira@apps.ipb.ac.id,
mhadziqraflifasya@apps.ipb.ac.id, daveanandaosferi@apps.ipb.ac.id,
febbydwi@apps.ipb.ac.id, wayanma@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Saham merupakan salah satu jenis instrumen dalam pasar modal yang banyak diminati oleh investor karena memiliki potensi keuntungan yang menjanjikan. Meskipun begitu, investasi saham memiliki beberapa risiko seperti fluktuasi harga saham yang sulit diprediksi. Peramalan harga saham dapat menjadi salah satu upaya preventif yang dapat dilakukan sebelum berinvestasi. Penelitian ini menganalisis perbandingan kinerja model ARIMA (*Autoregressive Moving Average*) dan GBM (*Geometric Brownian Motion*) dalam memprediksi harga saham PT Bank Central Asia Tbk. Data historis saham yang digunakan dalam membangun model berada pada rentang waktu 10 Oktober 2023 - 10 Oktober 2024. Model ARIMA menggabungkan tiga komponen utama, yaitu *Autoregressive*, *Integrated*, dan *Moving Average*, sedangkan model GBM memanfaatkan konsep *drift* dan volatilitas untuk memodelkan pergerakan harga saham secara stokastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GBM memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) 2.391%, sedangkan ARIMA memiliki nilai MAPE 3.431%. Berdasarkan nilai tersebut, diketahui bahwa model GBM memiliki nilai MAPE yang lebih kecil sehingga memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dalam memprediksi harga saham BBKA. Penelitian memberikan wawasan penting bagi investor dalam memilih metode pemodelan yang tepat untuk mendukung pengambilan keputusan investasi.

Kata kunci: ARIMA, GBM, harga saham, pemodelan, peramalan.

1 Pendahuluan

Perubahan iklim ekonomi global menyebabkan ketidakpastian ekonomi yang semakin kompleks. Investasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut karena dapat melindungi nilai aset dari tekanan inflasi yang terus meningkat. Investasi merupakan kegiatan ekonomi yang dilakukan dengan menanamkan modal atau aset, baik secara langsung maupun tidak langsung, guna memperoleh sejumlah keuntungan di masa depan [8].

Investasi dapat dilakukan melalui berbagai cara, baik dalam bentuk aset fisik seperti properti dan emas, maupun melalui instrumen keuangan di pasar modal. Pasar modal menjadi salah satu instrumen investasi yang banyak dipilih oleh masyarakat karena

mudah diakses dan potensi keuntungan yang ditawarkan menjanjikan. Salah satu jenis instrumen dalam pasar modal yang banyak diminati oleh investor adalah saham. Secara umum, saham merupakan surat bukti kepemilikan individu maupun badan terhadap sebagian modal suatu perusahaan [6]. Jumlah kepemilikan saham akan menentukan hak investor atas sebagian aset dan laba perusahaan. Semakin besar jumlah kepemilikan, maka hak suara yang dimiliki oleh investor dalam memberikan keputusan semakin besar.

Menurut laman resmi PT Bank Central Asia Tbk, perusahaan ini telah beroperasi sejak 21 Februari 1957 dan berpusat di Jakarta. Sejak 31 Mei 2000, perusahaan ini mulai tercatat pada Bursa Efek Indonesia (BEI) dan bertransformasi menjadi PT Bank Central Asia Tbk dengan kode saham BBKA. Berdasarkan data historisnya, harga saham perusahaan ini menunjukkan tren kenaikan yang stabil selama beberapa tahun terakhir dan secara rutin membagikan dividen kepada para pemegang saham. Selain itu, saham ini memiliki likuiditas tinggi sehingga mudah diperjualbelikan. Hal ini menunjukkan bahwa saham BBKA menjadi salah satu pilihan saham ideal dan menjanjikan di pasar modal Indonesia khususnya pada sektor perbankan.

Investasi saham dikenal sebagai instrumen yang memberikan potensi keuntungan menjanjikan. Meskipun begitu, investasi ini memiliki beberapa risiko seperti fluktuasi harga saham yang sulit diprediksi. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi ekonomi, kinerja perusahaan, sentimen pasar, hingga faktor eksternal seperti perubahan kebijakan pemerintah. Faktor eksternal dapat memberi tekanan negatif pada saham secara keseluruhan dan menurunkan nilai aset investor. Oleh karena itu, perlu strategi tepat dalam meminimumkan risiko kerugian.

Peramalan harga saham dapat menjadi salah satu upaya preventif yang dapat dilakukan oleh investor sebelum membeli saham. Secara umum, peramalan merupakan suatu kegiatan yang melibatkan data historis dalam memprediksi hal yang kemungkinan besar terjadi di masa depan [7]. Peramalan dapat membantu investor dalam mengambil keputusan secara terukur melalui metode atau model matematika tertentu. Model ini memanfaatkan data historis sebagai dasar prediksi dalam menganalisis pola data dari masa lalu dan mengidentifikasi tren yang mungkin muncul di masa depan.

Beberapa model yang populer atau sering digunakan dalam peramalan harga saham adalah model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan GBM (*Geometric Brownian Motion*). Model ARIMA merupakan model yang dikembangkan oleh Box dan Jenkins dan memiliki beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Beberapa asumsi tersebut di antaranya adalah data memenuhi kestasioneran terhadap rata-rata dan ragam serta residual bersifat *white noise* [2]. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi tren dalam data dengan pola jangka pendek yang konsisten. Berbeda dengan ARIMA, model GBM didasari oleh gerakan Brown berupa gerak partikel pada butiran serbuk sari. Gerakan tersebut ditemukan oleh ahli biologi bernama Robert Brown pada 1827 dan secara formal didefinisikan oleh Norbert Wiener [4]. Model ini dapat digunakan pada data dengan dinamika acak seperti pergerakan harga saham.

Penelitian terkait peramalan menggunakan model ARIMA dan GBM telah banyak dilakukan sebelumnya. Sihombing *et al.* [9] melakukan penelitian terkait prediksi harga bawang dan cabai menggunakan model ARIMA. Pada penelitian ini, data yang digunakan merupakan data bulanan yang bersumber dari SP2KP (Sistem Pemantauan Pasar dan Kebutuhan Pokok) terkait harga bawang merah, bawang putih, dan cabai rawit di Kabupaten Manokwari dengan rentang tahun 2016 - 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik untuk prediksi harga adalah ARIMA(2, 0, 0) untuk bawang merah, ARIMA(3, 0, 0) untuk bawang putih, dan ARIMA(1, 0, 0) untuk cabai rawit. Model ini

juga dievaluasi menggunakan parameter RMSE dan diperoleh nilai RMSE = 7447.061 untuk bawang merah, RMSE = 3501.712 untuk bawang putih, dan RMSE = 13787.590 untuk cabai rawit. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan prediksi paling kecil pada bawang putih dan paling besar pada cabai rawit, sehingga prediksi bawang putih lebih akurat daripada dua komoditas lainnya.

Melina *et al* [5] melakukan penelitian terkait analisis komparatif peramalan harga emas menggunakan model ARIMA dan NNAR (*Neural Network Autoregressive*). Data yang digunakan merupakan data harian dengan rentang waktu 2 Januari 2018 hingga 5 Oktober 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMA terbaik adalah ARIMA(1, 1, 1) dengan nilai RMSE = 16.20431 dan MAE = 11.13958, sedangkan model NNAR terbaik adalah NNAR(1, 10) dengan nilai RMSE = 16.10002 dan MAE = 11.09360. Dapat disimpulkan bahwa model NNAR(1, 10) memiliki kemampuan prediksi yang lebih baik daripada model ARIMA(1, 1, 1) dengan selisih nilai RMSE dan MAE yang sangat kecil.

Matsaany *et al.* [3] melakukan penelitian terkait peramalan saham syariah menggunakan model GBM. Data yang digunakan merupakan data harian PT Telkom Indonesia Tbk dengan rentang waktu 20 Desember 2021 hingga 20 Desember 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh nilai MAPE = 1.87%, nilai tersebut kurang dari 10% yang membuktikan bahwa tingkat akurasi peramalan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa model GBM menjadi salah satu model yang cocok untuk peramalan harga penutupan saham.

Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan kinerja model ARIMA dan GBM dalam memprediksi harga saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA). Melalui analisis ini, akan diidentifikasi model yang lebih akurat dalam memprediksi harga saham perusahaan berdasarkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) terkecil.

2 Metode Penelitian

Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan sebuah metode peramalan data *time-series* yang menggabungkan tiga komponen, yaitu *Autoregressive* (AR), *Integrated* (I), dan *Moving Average* (MA). Model berikut efektif untuk menganalisis data yang memiliki pola tren serta menangani data non-stasioner dengan membuatnya stasioner melalui proses *differencing* [12].

2.1 Autoregressive (AR)

Model *Autoregressive* (AR) merupakan model stasioner dari data *time series* di mana nilai pengamatan waktu ke- t dipengaruhi oleh nilai pengamatan sebelumnya. Model *Autoregressive* dengan orde p dinotasikan dengan AR(p) dan e_t merupakan *error* pada waktu ke- t . Bentuk untuk model AR(p) adalah sebagai berikut [12]:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t \quad (1)$$

2.2 Moving Average (MA)

Model *Moving Average* (MA) menunjukkan pengamatan pada waktu ke- t , X_t dipengaruhi oleh galat pada q waktu-waktu t sebelumnya. Model *Moving Average* dengan orde q dinotasikan dengan MA(q) dan e_t merupakan *error* pada waktu ke- t . Bentuk umum model MA(q) adalah sebagai berikut [12]:

$$X_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \cdots - \theta_q e_{t-q} \quad (2)$$

2.3 Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model ARMA merupakan salah satu metode utama dalam analisis data *time series* stasioner. Model ini mengombinasikan model *Autoregressive* (AR) dan *Moving average* (MA) yang dapat ditulis dengan notasi ARMA (p, q). Bentuk umum model ARMA(p, q) adalah sebagai berikut [12]:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \cdots - \theta_q e_{t-q} \quad (3)$$

2.4 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA merupakan metode untuk menganalisis data *time series* non-stasioner dengan menggabungkan tiga komponen utama, yaitu *Autoregressive* (AR), *Integrated* (I), dan *Moving average* (MA). ARIMA dirancang untuk menangkap pola tren dalam data sehingga menghasilkan peramalan yang lebih akurat dengan data *time series* yang kompleks. Bentuk umum model ARIMA(p, d, q) adalah sebagai berikut [12]:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d X_t = \theta_q(B)\epsilon_t \quad (4)$$

2.5 Brownian Motion

Brownian Motion merupakan suatu model stokastik yang menjelaskan gerakan tidak beraturan dari partikel-partikel kecil yang tersuspensi dalam suatu fluida. Model ini banyak digunakan dalam bidang keuangan, seperti pergerakan harga saham. Suatu proses disebut *Brownian Motion* X_t apabila [1]:

1. X_t merupakan proses kontinu dengan $X_0 = 0$.
2. Perubahan nilai selama interval waktu t merupakan variabel acak dengan distribusi normal, sehingga $X_{s+t} - X_s \sim N(0, t)$.
3. Distribusi X_t pada waktu t dengan $s < t$ hanya bergantung pada X_s .

2.6 Geometric Brownian Motion

Geometric Brownian Motion merupakan salah satu bentuk pengembangan dari *Brownian Motion*. Model ini bekerja dengan asumsi bahwa perubahan logaritmik data mengikuti distribusi normal. Selain itu, model ini banyak digunakan oleh ekonom *modern* dalam memodelkan harga aset investasi. Hal ini dikarenakan harga-harga tersebut tidak negatif dan menunjukkan fluktuasi acak pada kurva peluruhan atau pertumbuhan eksponensial jangka panjang [10]. Suatu proses stokastik $\{X_t; t_0\}$ disebut *Geometric Brownian Motion* dengan parameter *drift* dan volatilitas [1]. Model ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = X_{t-1} \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)dt + \sigma dW_t\right) \quad (5)$$

dengan:

- X_t = harga saham pada waktu t ,
 X_{t-1} = harga saham pada waktu $t - 1$,

- μ = *drift*,
 σ = volatilitas,
 W_t = proses Wiener.

2.7 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga November 2024 di Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Data yang digunakan merupakan harga saham harian PT Bank Central Asia Tbk pada periode 10 Oktober 2023 hingga 10 Oktober 2024. Data tersebut terdiri atas 239 pengamatan dan bersumber dari [website Yahoo Finance](#). Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Microsoft Excel* untuk mengelola data sebelum dan sesudah prediksi serta *R Studio* untuk melakukan prediksi harga saham menggunakan model ARIMA dan GBM. Tahapan dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

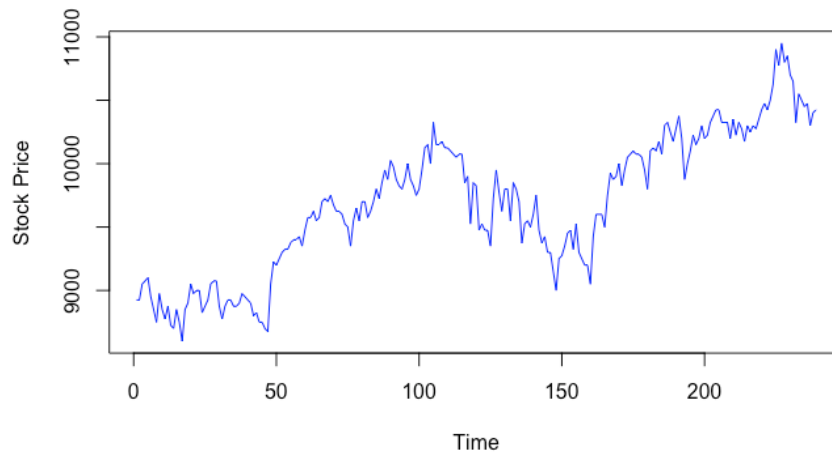
1. Melakukan eksplorasi data menggunakan plot data deret waktu.
2. Membagi data menjadi 75% data *training* dan 25% data *testing*.
3. Melakukan pemodelan ARIMA:
 - 3.1 Memeriksa stasioneritas data berdasarkan plot ACF (*Autocorrelation Function*), PACF (*Partial Autocorrelation Function*), uji ADF (*Augmented Dickey Fuller*), dan transformasi Box-Cox.
 - 3.2 Menentukan kandidat orde model ARIMA berdasarkan plot ACF, PACF, dan EACF (*Extended Autocorrelation Function*).
 - 3.3 Melakukan pendugaan parameter dan penentuan model terpilih berdasarkan nilai AIC (*Akaike Information Criterion*) terkecil.
 - 3.4 Melakukan uji *white noise*, uji normalitas, dan *t-test* pada residual model terpilih.
 - 3.5 Pemeriksaan *overfitting* pada model.
 - 3.6 Konstruksi model harga saham harian BBCA menggunakan model ARIMA terpilih.
4. Melakukan pemodelan GBM:
 - 4.1 Menghitung log *return* harga penutupan saham harian BBCA.
 - 4.2 Melakukan uji normalitas data log *return* data *training* menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
 - 4.3 Memperkirakan parameter volatilitas (σ) dan *drift* (μ).
 - 4.4 Konstruksi model harga saham BBCA menggunakan GBM.
5. Melakukan prediksi harga saham harian BBCA menggunakan model ARIMA dan GBM.
6. Melakukan evaluasi model ARIMA dan GBM berdasarkan pengukuran MAPE.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

Plot data nilai harga penutupan saham BBCA yang dimiliki oleh PT Bank Central Asia Tbk menampilkan adanya pergerakan harga penutupan saham yang mengalami kenaikan secara fluktuatif. Data yang digunakan diambil dalam periode waktu 10 Oktober 2023 - 10 Oktober 2024 dengan membagi data harian menjadi dua bagian, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* berada pada 10 Oktober 2023 - 15 Juli 2024, sedangkan data *testing* berada pada 16 Juli - 10 Oktober 2024. Harga penutupan saham

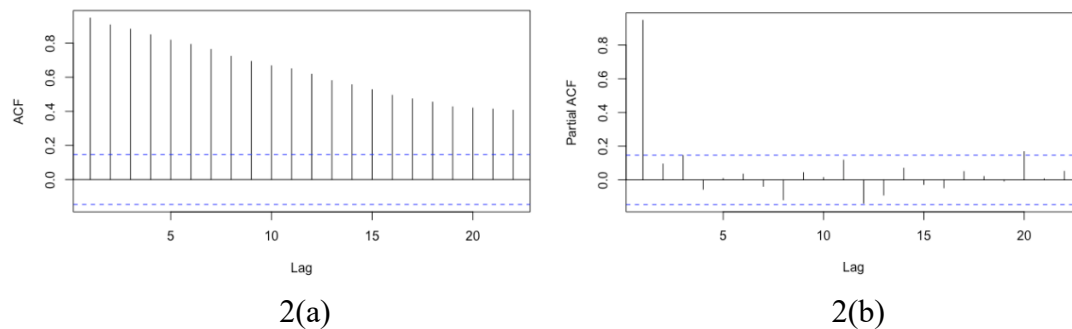
tertinggi selama periode tersebut sebesar Rp10950 pada 23 September 2024. Di sisi lain, harga terendah pada periode tersebut tercatat sebesar Rp8675 pada 13 Desember 2023.



Gambar 1. Plot *time series* harga penutupan saham BBCA.

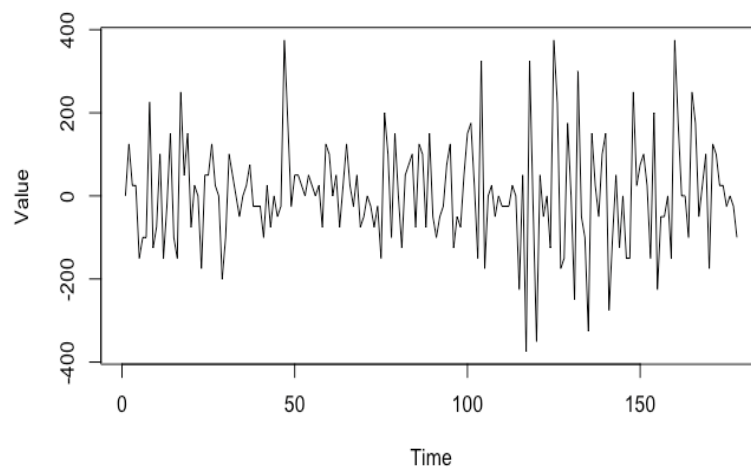
3.2 Model ARIMA

ARIMA merupakan model yang menggunakan data historis untuk membangun hubungan temporal dan memiliki syarat yaitu data stasioner terhadap rata-rata dan ragam. Kestasioneran terhadap rata-rata dapat diperiksa berdasarkan plot ACF, PACF, dan uji ADF, sedangkan kestasioneran terhadap ragam dapat diperiksa melalui transformasi Box-Cox. Ketidakstasioneran pada data dapat diatasi dengan *differencing* dan transformasi Box-Cox.



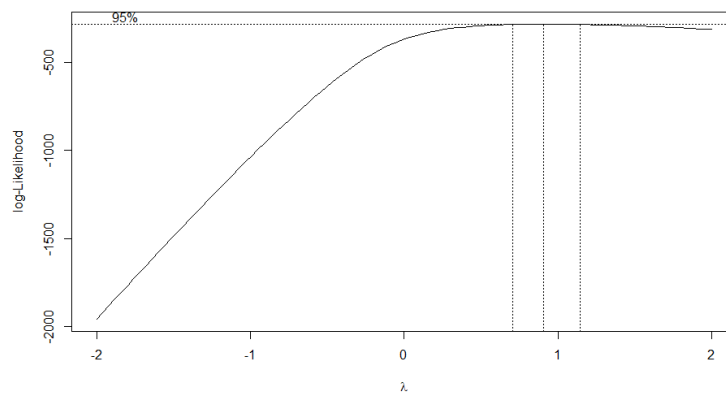
Gambar 2. (a) Plot ACF, (b) Plot PACF sebelum dilakukan *differencing*.

Berdasarkan Gambar 2, plot ACF mengalami peluruhan secara lambat yang menunjukkan bahwa data belum stasioner. Selain itu, kestasioneran juga dapat ditunjukkan berdasarkan uji ADF. Berdasarkan uji ADF, diperoleh bahwa $p\text{-value} = 0.6882 > 0.05$. Hal ini menunjukkan bahwa data belum stasioner terhadap rata-rata, sehingga diperlukan *differencing* sebanyak 1 kali. Proses ini menyebabkan nilai parameter d berubah mengikuti banyaknya *differencing* yang dilakukan. Data yang telah melalui proses *differencing* ditunjukkan oleh Gambar 3.



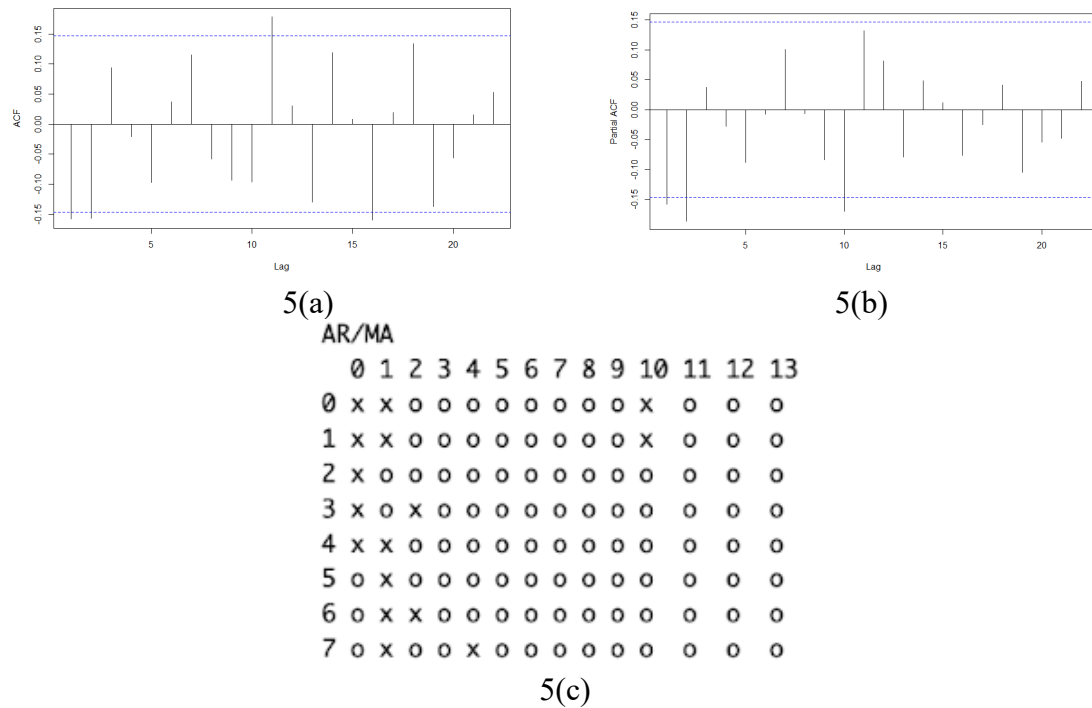
Gambar 3. Plot data *time series* setelah *differencing*.

Setelah dilakukan *differencing*, akan diperiksa kembali kestasioneran data menggunakan uji ADF. Berdasarkan uji ADF, diperoleh bahwa $p\text{-value} = 0.01 < 0.05$. Hal ini menunjukkan bahwa data telah stasioner terhadap rata-rata. Selanjutnya, akan dilakukan transformasi Box-Cox untuk memeriksa stasioneritas data terhadap ragam. Data disebut stasioner terhadap ragam jika nilai $\lambda = 1$. Transformasi Box-Cox hanya berlaku untuk nilai variabel positif, sehingga pada penelitian ini data akan dijumlahkan dengan suatu konstanta yang sama agar memenuhi syarat.



Gambar 4. Plot transformasi Box-Cox.

Berdasarkan Gambar 4, nilai $\lambda = 1$ berada pada selang kepercayaan 95%. Hal ini menunjukkan bahwa data telah stasioner terhadap ragam. Setelah data stasioner terhadap rata-rata dan ragam, selanjutnya dapat diidentifikasi model ARIMA berdasarkan Gambar 5 karena pola *cut-off* sudah terlihat sehingga mempermudah penentuan parameter $AR(p)$ dan $MA(q)$. Parameter $AR(p)$ dapat dilihat dengan plot PACF seperti ditunjukkan oleh Gambar 5(b) dan parameter $MA(q)$ ditunjukkan oleh Plot ACF atau dapat dilihat pada Gambar 5(a).



Gambar 5. (a) Plot ACF, (b) Plot PACF, (c) Plot EACF setelah dilakukan *differencing*.

Berdasarkan tahapan sebelumnya, didapatkan kandidat model dan estimasi parameter yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi parameter model ARIMA(p, d, q).

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC
ARIMA(0,1,1)	MA(1)	-0.218303	0.008345 **	2231.09
ARIMA(1,1,0)	AR(1)	-0.155039	0.03605 *	2233.03
ARIMA(1,1,1)	AR(1)	0.35495	0.15739	2231.3
	MA(1)	-0.55638	0.01191 *	
ARIMA(2,1,0)	AR(1)	-0.183885	0.01256 *	2228.96
	AR(2)	-0.183	0.01289 *	
ARIMA(0,1,2)	MA(1)	-0.168719	0.02667 *	2229.83
	MA(2)	-0.144826	0.06332	
ARIMA(0,1,3)	MA(1)	-0.174765	0.01896 *	2230.99
	MA(2)	-0.152359	0.04864 *	
	MA(3)	0.06539	0.36078	
ARIMA(1,1,2)	AR(1)	-0.41284	0.33058	2230.96
	MA(1)	0.23647	0.56855	
	MA(2)	-0.22314	0.01429 *	

Tabel 1. *lanjutan.*

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC
ARIMA(2,1,1)	AR(1)	-0.379671	0.259692	2230.66
	AR(2)	-0.213831	0.009569 **	
	MA(1)	0.202948	0.554014	
ARIMA(1,1,3)	AR(1)	-0.213525	0.7632	2232.89
	MA(1)	0.036368	0.9589	
	MA(2)	-0.187379	0.1783	
	MA(3)	0.040245	0.7404	
ARIMA(2,1,2)	AR(1)	-0.361766	< 2.2e-16 ***	2228.48
	AR(2)	-0.987707	< 2.2e-16 ***	
	MA(1)	0.324497	7.585e-07 ***	
	MA(2)	0.95489	4.678e-13 ***	
ARIMA(2,1,3)	AR(1)	-0.3636039	< 2e-16 ***	2226.71
	AR(2)	-0.996767	< 2e-16 ***	
	MA(1)	0.1798896	0.02662 *	
	MA(2)	0.9251259	< 2e-16 ***	
	MA(3)	-0.1598282	0.04973 *	

Tahap selanjutnya, akan dipilih beberapa model dengan seluruh parameter signifikan. Parameter signifikan dapat dilihat berdasarkan *p-value* yang memenuhi taraf nyata 0.05. Berdasarkan Tabel 1, terdapat model yang perlu dieliminasi karena parameternya tidak signifikan. Model yang signifikan selanjutnya perlu dilakukan analisis sisaan menggunakan tiga uji, yaitu uji *white noise* menggunakan uji Ljung-Box, uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, dan *t-test*. Hasil analisis sisaan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis sisaan pada model terpilih.

Model	<i>p-value</i>		
	Uji Ljung Box	Uji Kolmogorov-Smirnov	<i>t-test</i>
ARIMA(0,1,1)	0.1347	0.07169	0.4265
ARIMA(1,1,0)	0.05518	0.01248	0.479
ARIMA(2,1,0)	0.5282	0.1583	0.3875
ARIMA(2,1,2)	0.06501	0.01313	0.5043
ARIMA(2,1,3)	0.1256	0.1483	0.4215

Langkah selanjutnya, model ARIMA yang dipilih sebagai estimasi model terbaik adalah model yang memiliki *p-value* di atas 0.05 secara keseluruhan. Berdasarkan Tabel 2, model yang memenuhi syarat tersebut adalah ARIMA(0,1,1), ARIMA(2,1,0), dan ARIMA(2,1,3). Selanjutnya, model ARIMA akan diseleksi kembali berdasarkan nilai AIC. Nilai AIC pada model ARIMA terpilih ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai AIC pada model terpilih.

Model	AIC
ARIMA(0,1,1)	2231.09
ARIMA(2,1,0)	2228.96
ARIMA(2,1,3)	2226.71

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa model ARIMA(2,1,3) memiliki nilai AIC terkecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA(2,1,3) merupakan model terbaik dengan nilai AIC sebesar 2226.71.

Pemeriksaan *Overfitting*

Model terbaik yang sudah didapatkan, yaitu model ARIMA(2,1,3) perlu diperiksa dan dipastikan tidak mengalami *overfitting*. *Overfitting* terjadi saat model terlalu kompleks sehingga tidak mampu memprediksi data baru. Pemeriksaan dilakukan dengan melihat nilai AIC dan signifikansi parameter pada model baru. Model baru diperoleh dengan penambahan nilai orde *p* dan *q* pada model terbaik secara terpisah, sehingga model *overfitting* yang akan diperiksa adalah ARIMA(3,1,3) dan ARIMA(2,1,4). Estimasi parameter model *overfitting* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi parameter model *overfitting*.

Model	Parameter	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC
ARIMA(3,1,3)	AR(1)	0.072773	0.82538	2229.37
	AR(2)	-0.838622	2.985e-12 ***	
	AR(3)	0.434402	0.18573	
	MA(1)	-0.247100	0.40646	
	MA(2)	0.785383	4.379e-13 ***	
	MA(3)	-0.579177	0.04863 *	
ARIMA(2,1,4)	AR(1)	0.390801	2.021e-09 ***	2227.6
	AR(2)	-0.855933	< 2.2e-16 ***	
	MA(1)	-0.567644	1.449e-09 ***	
	MA(2)	0.855804	2.356e-16 ***	
	MA(3)	-0.069885	0.47847	
	MA(4)	-0.208333	0.01001 *	

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan bahwa ARIMA(3,1,3) dan ARIMA(2,1,4) memiliki nilai AIC yang lebih besar dibandingkan ARIMA(2,1,3). Selain itu, didapatkan kedua model *overfitting* tersebut memiliki parameter yang tidak signifikan sehingga model terbaik yang terpilih adalah ARIMA(2,1,3).

Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model terbaik dalam menggambarkan pergerakan harga saham harian BBKA merupakan model ARIMA(2,1,3). Berdasarkan nilai estimasi parameter model ARIMA(p, d, q) pada Tabel 1, maka model ARIMA(2,1,3) dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$X_t = -0.3636039X_{t-1} - 0.9967670X_{t-2} + \epsilon_t + 0.1798896\epsilon_{t-1} + 0.925125\epsilon_{t-2} - 0.1598282\epsilon_{t-3} \quad (6)$$

3.3 Model GBM

Perhitungan Nilai Return Data Training

Nilai *return* pada kegiatan investasi umumnya dihitung menggunakan log *return* yang dinyatakan sebagai berikut [11]:

$$r_t = \ln \left(\frac{X_t}{X_{t-1}} \right) \quad (7)$$

dengan r_t adalah nilai *return* saham pada waktu t , X_t adalah harga saham pada waktu t , dan X_{t-1} adalah harga saham pada waktu $t - 1$. Hasil perhitungan nilai *return* data *training* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan nilai *return* data *training*.

t	Tanggal	Harga Saham	Return
1	10-10-23	8925	-
2	11-10-23	8925	0
3	12-10-23	9050	0.0139
...
177	12-07-24	10075	0
178	15-07-24	10050	-0.0025
179	16-07-24	9950	-0.0100

Uji Normalitas Nilai Return Data Training

Menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, maka diperoleh

$$D_{hitung} = \max|F_t - F_s| = 0.0976 \quad (8)$$

dan

$$D_{0.05,178} = \frac{1.36}{\sqrt{178}} = 0.1019. \quad (9)$$

Berdasarkan kedua nilai di atas, karena nilai $D_{hitung} < D_{0.05,178}$ maka nilai *return* data *training* menyebar normal.

Perhitungan Parameter dan Penentuan Model GBM

Model GBM dibentuk oleh dua parameter, yaitu volatilitas (σ) dan *drift* (μ) yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{v}{\sqrt{\tau}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n}}} = 0.1829422 \quad (10)$$

dan

$$\mu = \frac{\bar{r}}{\tau} + \frac{\sigma^2}{2} = 0.1253341, \quad (11)$$

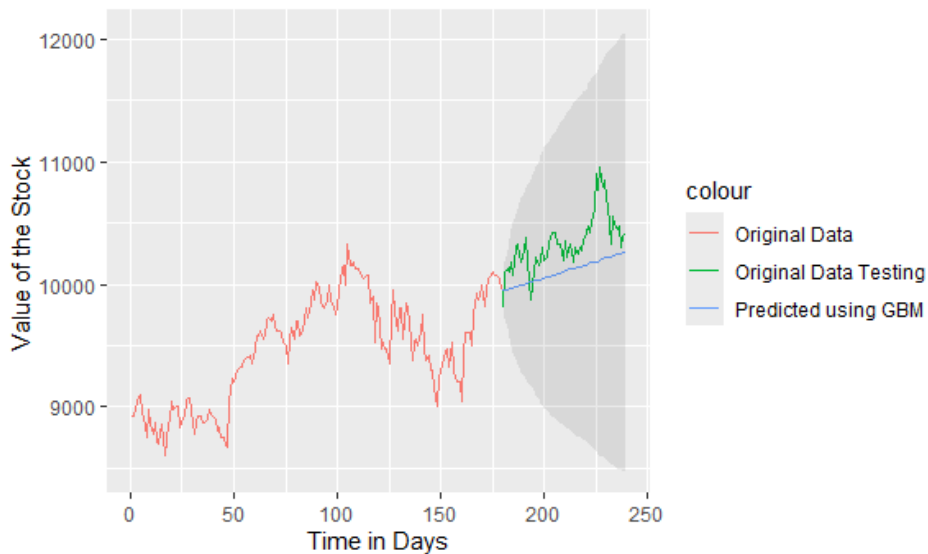
dengan v merupakan simpangan baku, τ merupakan panjang waktu per langkah simulasi, dan \bar{r} merupakan nilai rata-rata log *return* harga saham yang dapat diperoleh berdasarkan formula berikut $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n r_t$.

Berdasarkan kedua parameter, model GBM yang terbentuk adalah sebagai berikut, dengan X_t menyatakan harga saham pada waktu t .

$$\begin{aligned} X_t &= X_{t-1} \exp \left(0.1253341 - \frac{1}{2} (0.1829422)^2 dt + 0.1829422 dW_t \right) \\ X_t &= X_{t-1} \exp(0.1086001757 dt + 0.1829422 dW_t) \end{aligned} \quad (12)$$

3.4 Peramalan dan Validasi Model

Peramalan model dengan ARIMA dan GBM diterapkan untuk memproyeksikan 60 periode ke depan. Berdasarkan Gambar 6, diketahui bahwa pergerakan data aktual dengan hasil prediksi menunjukkan pola yang berbeda. Hal ini dikarenakan data aktual mengalami perubahan naik dan turun, sedangkan hasil peramalan mengalami kecenderungan naik. Berbeda dengan GBM, hasil peramalan model ARIMA ditunjukkan oleh Gambar 7, dengan hasil yang cenderung stabil dan selang kepercayaan tampak melebar di setiap periode.



Gambar 6. Plot peramalan harga penutupan saham BBCA dengan GBM.



Gambar 7. Plot peramalan harga penutupan saham BBKA dengan ARIMA.

Validasi peramalan harga penutupan saham dengan model ARIMA dan GBM menggunakan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai MAPE untuk model GBM tercatat sebesar 2.391%. Nilai MAPE pada GBM ini lebih rendah dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,3) yang nilai MAPE-nya tercatat sebesar 3.413%. Hal ini menjadikan GBM model yang lebih baik dibandingkan model ARIMA(2,1,3) untuk peramalan data harga penutupan saham karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dan kurang dari 10%, yang artinya memiliki interpretasi akurasi peramalan sangat baik.

Tabel 6. Nilai MAPE.

Model	MAPE
ARIMA(2,1,3)	3.413%
GBM	2.391%

Berdasarkan Tabel 6, model GBM memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,3). Hal ini menunjukkan bahwa model GBM merupakan model yang lebih baik daripada ARIMA(2,1,3) dalam memprediksi harga penutupan saham harian BBKA.

4 Simpulan

Geometric Brownian Motion (GBM) menjadi model yang lebih baik dalam prediksi harga penutupan saham harian BBKA dibandingkan dengan model ARIMA(2,1,3). Akurasi peramalan yang dihasilkan oleh model GBM sangat baik, dengan nilai MAPE sebesar 2.391% dan nilai tersebut berada di bawah 10%. Peramalan data saham BBKA hingga 60 periode mendatang cenderung stabil diikuti selang kepercayaan yang melebar di setiap periode.

Daftar Pustaka

- [1] Dmouj A. 2006. *Stock Price Modelling: Theory and Practice*. Vrije Universiteit Faculty of Sciences Amsterdam, The Netherlands.
- [2] Intan N, Haris MA, Arum PR. Peramalan tingkat inflasi di Indonesia dengan metode ARIMA-GARCH berdasarkan optimasi Kalman Filter. Optimalisasi Penerapan Sains Data pada Riset, Pengabdian Masyarakat, dan Kerjasama untuk Menunjang Pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Indonesia 2030. *Prosiding Seminar Nasional Sains Data; 2024 Jul 10; Surabaya. Surabaya: UPN "Veteran" Jawa Timur*. hlm 568-580.
- [3] Matsaany B, Masruroh M, Utama RC. 2022. Peramalan harga saham syariah menggunakan model Geometric Brownian Motion. *Perwira Journal of Science & Engineering*. 2(1): 51-56.
- [4] Maulana Y, Wiharno H. 2024. Peramalan harga saham dengan Brownian Motion. *Indonesian Journal of Strategic Management*. 7(1):9-13. doi: [10.25134/ijsm.v7i1.9529](https://doi.org/10.25134/ijsm.v7i1.9529).
- [5] Melina, Sukono, Napitulu H, Mohamed N, Chrisnanto YH, Hadiana AID, Kusumaningtyas VA, Nabilla U. 2024. Comparative analysis of time series forecasting models using ARIMA and Neural Network Autoregressive methods. *Journal of Mathematics and Its Applications*. 18(4): 2563-2576. doi: [10.30598/barekengvol18iss4pp2563-2576](https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss4pp2563-2576).
- [6] Notama YT, Nugroho WS, Pramita YD. 2021. Pengaruh profitabilitas, solvabilitas dan likuiditas terhadap harga saham. *Borobudur Accounting Review*. 1(2): 137-155. doi: [10.31603/bacr.5886](https://doi.org/10.31603/bacr.5886).
- [7] Rachmawati AK, Miasary SD. 2021. Peramalan penyebaran jumlah kasus virus Covid-19 Provinsi Jawa Tengah dengan metode ARIMA. *Zeta - Math Journal*. 6(1): 11-16. doi: [10.31102/zeta.2021.6.1.11-16](https://doi.org/10.31102/zeta.2021.6.1.11-16).
- [8] Safryani U, Aziz A, Triwahyuningtyas N. 2020. Analisis literasi keuangan, perilaku keuangan, dan pendapatan terhadap keputusan investasi. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Kesatuan*. 8(3): 319-332. doi: [10.37641/jiakes.v8i3.384](https://doi.org/10.37641/jiakes.v8i3.384).
- [9] Sihombing EI, Suhendra CD, Marini LF. Analisis data time series untuk prediksi harga komoditas pangan menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average. *Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*. 4(6): 2711-2720. doi: [10.30865/klik.v4i6.1863](https://doi.org/10.30865/klik.v4i6.1863).
- [10] Taylor HM, Karlin S. 1998. *An Introduction to Stochastic Modeling*. 3rd Ed. London: Academic Press.
- [11] Trimono, Maruddani DAI, Ispriyanti D. 2017. Pemodelan harga saham dengan *Geometric Brownian Motion* dan *Value at Risk* PT Ciputra Development Tbk. *Jurnal Gaussian*. 6(2): 261-270. doi: [10.14710/j.gauss.6.2.261-270](https://doi.org/10.14710/j.gauss.6.2.261-270).
- [12] Wei W. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate*. Boston (MA): Pearson.