



**PENERAPAN MODEL *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* DAN
PERHITUNGAN NILAI *VALUE AT RISK* PADA
SAHAM BANK CENTRAL ASIA TBK**

Fadhilah Rizky Aulia, Evy Sulistianingsih, Wirda Andani

Program Studi Statistika Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura Pontianak
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, 78124, Kalimantan Barat
email: evysulistianingsih@math.untan.ac.id

ABSTRACT

Stock price fluctuations are difficult to predict, resulting in uncertain profits. Therefore, a mathematical model is needed to predict future stock prices, namely the Geometric Brownian Motion (GBM) model based on a stochastic process. Stocks are also accompanied by risks that have potential for loss. The risk can be measured using Value at Risk (VaR) which can estimate the maximum loss that may happen from an investment at a certain level of confidence and period of time. The purpose of this research is to implement the GBM model in predicting stock prices and estimating the maximum loss of stock investment using VaR. This research analyzes the daily closing stock price of PT Bank Central Asia (BBCA) for the period November 1, 2021, to December 31, 2022. The stock price predictions with the GBM model are used to estimate the VaR value. Based on the analysis results, GBM is highly accurate model with an average MAPE value of 5.77% and the smallest MAPE value of 1.45%. The VaR values obtained at the 80%, 90%, 95% and 99% confidence level are 1,17%, 1,74%, 2,19% and 2,86% of the total fund investment for the next one-day period, respectively.

Keywords: Stocks, Geometric Brownian Motion, Value at Risk.

ABSTRAK

Perubahan harga saham yang sulit untuk diprediksi mengakibatkan keuntungan investasi saham tidak menentu. Oleh sebab itu dibutuhkan model matematis yang mampu memprediksi harga saham untuk periode mendatang, yaitu model *Geometric Brownian Motion* (GBM) yang mengikuti proses stokastik. Saham juga diliputi oleh risiko yang berpotensi mendatangkan kerugian. Risiko pada saham dapat diukur menggunakan *Value at Risk* (VaR) yang dapat dinyatakan sebagai kerugian maksimum yang mungkin terjadi dari sebuah investasi pada tingkat kepercayaan dan periode waktu tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model GBM dalam memprediksi harga saham serta menghitung kerugian maksimum investasi saham menggunakan VaR. Penelitian ini menganalisis harga penutupan saham harian PT Bank Central Asia (BBCA) periode 1 November 2021 hingga 31 Desember 2022. Hasil prediksi harga saham dengan model GBM digunakan untuk perhitungan VaR. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model GBM dengan akurasi sangat baik yaitu rata-rata nilai MAPE sebesar 5,77% dan nilai MAPE terkecil sebesar 1,45%. Nilai VaR yang diperoleh pada tingkat kepercayaan 80%, 90%, 95% dan 99% berturut-turut yaitu sebesar 1,17%, 1,74%, 2,19% dan 2,86% dari total investasi dana untuk periode waktu satu hari kedepan.

Kata kunci: Saham, *Geometric Brownian Motion*, *Value at Risk*

Received: 18 Juli 2023, Accepted: 14 Agustus 2023, Published: 1 Desember 2023

PENDAHULUAN

Investasi dapat dilakukan dengan berbagai bentuk, seperti investasi emas, deposito, bisnis properti maupun investasi saham. Investasi saham diminati masyarakat dikarenakan memberikan keuntungan besar tetapi juga memiliki risiko yang tinggi. Salah satu saham yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia adalah saham Bank Central Asia (BCA). BCA dengan kode saham BBCA merupakan perusahaan swasta terbesar yang ada di Indonesia pada sektor keuangan, sub sektor perbankan (Nugroho et al., 2021). Berbagai prestasi telah didapatkan oleh BCA seperti penghargaan The Best Bank in Indonesia pada Forbes World's Best Bank 2022 dan The Most Valuable Bank pada CNBC Indonesia Awards 2022. Selain itu, kinerja saham BCA terus memberikan performa terbaik sehingga menjadi daya tarik dan banyak diminati oleh investor.

Harga saham yang terus berubah secara tidak terduga mengakibatkan harga saham sulit diprediksi. Hal tersebut menyebabkan tidak pastinya nilai *return* atau keuntungan saham, sehingga dibutukan model matematis yang dapat memprediksi harga saham saat waktu mendatang. Model *Geometric Brownian Motion* (GBM) mampu memprediksi harga saham periode mendatang yang didasarkan pada nilai *return* saham di masa lalu. Menurut (Hasanah & Putri, 2022), Model GBM terjadi dikarenakan adanya pergerakan bilangan acak yang mengikuti proses stokastik serta berasumsi bahwa *return* saham masa lalu berdistribusi normal. Proses stokastik pada model GBM memungkinkan untuk memperoleh berbagai hasil prediksi, sehingga didapatkan prediksi harga saham yang mendekati harga aktual dengan akurasi tinggi (Maruddani et al., 2022).

Dibalik keuntungan investasi saham yang tinggi, investasi saham diliputi risiko yang tinggi pula. Risiko berpotensi menyebabkan kerugian sehingga investor harus cermat akan risiko dari investasi yang dipilih. Unsur risiko tersebut dapat diukur dengan *Value at Risk* (VaR). VaR bermakna sebagai alat ukur untuk menghitung kerugian maksimum yang dapat terjadi dari investasi selama periode waktu dan tingkat kepercayaan tertentu (Maruddani, 2019).

Terdapat beberapa metode untuk menghitung VaR diantaranya yaitu metode varians-kovarians, simulasi historis dan simulasi Monte-Carlo. VaR simulasi Monte-Carlo memiliki asumsi *return* terdistribusi normal serta disimulasikan dengan parameter yang sesuai. Simulasi Monte-Carlo menghasilkan nilai VaR yang lebih akurat dikarenakan menjalankan simulasi yang berulang dengan mengikutsertakan bilangan acak (Astuti et al., 2020). Pada penelitian ini, hasil prediksi harga saham dengan model GBM akan digunakan untuk perhitungan kerugian maksimum investasi saham menggunakan VaR simulasi Monte-Carlo.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Return Saham

Return didefinisikan sebagai tingkat pengembalian atau hasil yang didapatkan dari investasi saham. *Return* atau biasa disebut imbal hasil saham dapat dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$r(t) = \ln \left(\frac{S(t)}{S(t-1)} \right). \quad (1)$$

Pada Persamaan (1), $r(t)$ menunjukkan *return* saham periode ke- t , $S(t)$ menunjukkan harga saham periode ke- t , dan $S(t-1)$ menunjukkan harga saham periode ke- $(t-1)$. Kemudian, rata-rata *return* saham pada n (jumlah pengamatan) dapat diformulasikan sebagai berikut (Maruddani, 2019):

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n r(t). \quad (2)$$

Pada bidang keuangan, risiko biasanya digambarkan dengan volatilitas atau standar deviasi. Volatilitas didefinisikan sebagai besarnya fluktuasi harga saham. Jika volatilitas bernilai tinggi maka menunjukkan perubahan harga saham yang naik turun dengan jangkauan yang lebar (fluktuatif) dan berlaku sebaliknya (Lusiana et al., 2018). Volatilitas diperoleh berdasarkan akar dari varians yang diformulasikan pada Persamaan (3):

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r(t) - \hat{\mu})^2}. \quad (3)$$

2. Uji Normalitas

Model GBM dan Perhitungan VaR menggunakan metode simulasi Monte-Carlo mensyaratkan terpenuhinya asumsi bahwa *return* saham terdistribusi normal, maka akan diuji normalitas terhadap *return* saham terlebih dahulu. Uji normalitas digunakan untuk menganalisa apakah *return* berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Normalitas dapat diuji menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov yang mempunyai hipotesis sebagai berikut (Sugito et al., 2017):

H_0 : Data terdistribusi secara normal

H_1 : Data tidak terdistribusi secara normal

Statistik uji pada Kolmogorov-Smirnov yaitu:

$$D_{hitung} = \text{maks}|S(x) - F_0(x)| \quad (4)$$

Pada Persamaan (4), D_{hitung} merupakan nilai maksimum untuk semua x dari nilai mutlak $S(x) - F_0(x)$, sedangkan $S(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari data sampel dan $F_0(x)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif berdistribusi normal. Kriteria pengujinya yaitu H_0 ditolak apabila nilai $D_{hitung} > D_{tabel(\alpha,n)}$, dimana $D_{tabel(\alpha,n)}$ merupakan nilai kritis yang diperoleh berdasarkan tabel Kolmogorov-Smirnov dengan α menunjukkan tingkat signifikansi dan n menunjukkan jumlah pengamatan. Selain itu, H_0 ditolak apabila nilai *p-value* statistik Kolmogorov-Smirnov $< \alpha$.

3. Proses Stokastik

Proses stokastik didefinisikan sebagai kumpulan variabel acak fungsi waktu $\{X(t), t \in T\}$, di mana t menyatakan waktu dan $X(t)$ menyatakan proses yang terjadi saat waktu t (Widyawati et al., 2013). Pergerakan harga saham adalah contoh proses stokastik di bidang keuangan dan investasi. Hal tersebut disebabkan oleh pergerakan harga saham yang berubah secara tidak terduga terhadap waktu atau bergerak secara acak (Yusli et al., 2017).

4. Brownian Motion

Brownian motion atau gerak *Brown* adalah proses stokastik waktu kontinu yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan acak suatu variabel. Proses stokastik $\{W(t), t \geq 0\}$ dikatakan *Brownian motion* standar apabila memenuhi karakteristik sebagai berikut (Hull, 2012):

1. Perubahan $W(t)$ selama periode waktu Δt adalah $\Delta W(t) = \varepsilon\sqrt{\Delta t}$, dimana ε merupakan bilangan acak berdistribusi normal standar dengan *mean* 0 dan variansi 1. Saat $t = 0$ maka $W(0) = 0$.
2. Pada setiap pergerakan di interval waktu $0 \leq s < t \leq T$, $W(t) - W(s)$ terdistribusi normal, dimana nilai mean 0 dan variansi $t - s$.
3. Pada setiap interval waktu $0 \leq s < t < u < v \leq T$, perubahan $W(t) - W(s)$ dan $W(v) - W(u)$ saling bebas atau tidak bergantung pada keadaan masa lalu.

Sedangkan proses stokastik yang disebut *Brownian motion* dengan suku *drift* μ^* dan varians σ^2 diberikan sebagai berikut (Taylor & Karlin, 1998):

$$B(t) = \mu^*(t) + \sigma W(t) \quad (5)$$

dimana $W(t) = \varepsilon\sqrt{t}$, dengan ε merupakan bilangan acak berdistribusi normal standar.

5. Lemma Itô

Seorang matematikawan bernama Kiyoshi Itô menemukan Lemma Itô pada tahun 1951 (Hull, 2012). Dimisalkan x mengikuti proses Itô dengan persamaan sebagai berikut:

$$dx = a(x, t) dt + b(x, t) dW(t),$$

dimana $dW(t)$ merupakan *Brownian motion*, serta a dan b merupakan fungsi dari x dan t . Jika terdapat fungsi $G(X, t)$, kemudian fungsi tersebut diturunkan secara parsial terhadap X dan t yaitu $\frac{\partial G}{\partial X(t)}$, $\frac{\partial G}{\partial t}$, $\frac{\partial^2 G}{\partial X(t)^2}$, maka fungsi G akan mengikuti proses persamaan umum dari Lemma Itô yang diformulasikan pada Persamaan (6) (Hull, 2012):

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial X(t)} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial X(t)^2} b^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial X(t)} b dW(t). \quad (6)$$

6. Geometric Brownian Motion (GBM)

Geometric Brownian Motion (GBM) yaitu turunan dari proses *Brownian motion* yang diterapkan untuk mensimulasikan harga saham berdasarkan nilai *return*. Proses Stokastik $\{S(t), t \geq 0\}$ disebut GBM jika $B(t) = \ln \frac{S(t)}{S(t-1)}$, dimana $B(t)$ merupakan *Brownian Motion* dengan suku *drift* $\mu^*(t) = \mu - \frac{\sigma^2}{2}$ dan varians σ^2 (Hersugondo et al., 2022). Model GBM mengasumsikan bahwa *return* saham terdistribusi normal. Model harga saham GBM dapat dituliskan pada Persamaan (7) (Widyarti et al., 2021):

$$S(t) = S(t-1) \exp \left(\left(\hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2} \right) \Delta t + \hat{\sigma} \varepsilon \sqrt{\Delta t} \right) \quad (7)$$

Pada Persamaan (7), $S(t)$ menandakan harga saham saat t , $S(t-1)$ menandakan harga saham saat waktu ke- $(t-1)$, $\hat{\mu}$ menandakan rata-rata dari *return*, $\hat{\sigma}$ menandakan volatilitas atau standar deviasi *return*, Δt menandakan selang waktu perubahan harga saham, dan ε menandakan bilangan acak berdistribusi normal standar.

7. Akurasi Hasil Prediksi

Hasil prediksi dapat dihitung akurasinya dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE didefinisikan sebagai seberapa besar tingkat kesalahan absolut dari hasil prediksi dibandingkan nilai aktual yang diformulasikan sebagai berikut (Abidin & Jaffar, 2014):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|S(t) - \hat{S}(t)|}{S(t)} \times 100\% \quad (8)$$

dimana $S(t)$ adalah harga saham aktual saat waktu t , $\hat{S}(t)$ adalah harga saham prediksi saat waktu t , dan n adalah jumlah data yang digunakan. Rentang tingkat akurasi MAPE tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 (Hidayat & Hakim, 2021).

Tabel 1. Akurasi Nilai MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
MAPE ≤ 10%	Sangat Baik
10% < MAPE ≤ 20%	Baik
20% < MAPE ≤ 50%	Cukup Baik
MAPE > 50%	Buruk

8. Value at Risk (VaR)

Value at Risk (VaR) bermakna sebagai alat ukur untuk menghitung kerugian maksimum yang mungkin terjadi dikarenakan memegang sejumlah aset selama periode waktu serta pada tingkat kepercayaan tertentu (Fitaloka et al., 2018). Pada perhitungan VaR, penggunaan tingkat kepercayaan yang bervariasi memberikan informasi yang berguna tentang potensi kerugian. Semakin tinggi tingkat kepercayaan, maka akan semakin besar pula ukuran VaR.

Pengukuran VaR dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ selama periode waktu t hari dinyatakan pada Persamaan (9), dimana V_0 merupakan modal awal investasi dan R^* merupakan nilai kuantil ke- α distribusi *return* yang menunjukkan nilai kemungkinan terburuk atau kerugian maksimum dari investasi saham (Maruddani, 2019).

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = V_0 R^* \sqrt{t}. \quad (9)$$

VaR simulasi Monte-Carlo menjalankan simulasi dengan membangkitkan bilangan acak yang didasarkan pada karakteristik data yang akan dibangkitkan. Hasil simulasi tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai VaR. VaR simulasi Monte-Carlo aset tunggal didasari pada asumsi *return* terdistribusi secara normal (Astuti et al., 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data harga penutupan saham harian PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) periode 1 November 2021 hingga 31 Desember 2022 sebanyak 290 hari perdagangan yang didapatkan dari website <https://finance.yahoo.com/>. Harga penutupan saham BBCA dibagi menjadi data *in sample* dan data *out sample*. Data *in sample* diterapkan untuk mengestimasi nilai parameter model GBM yang dimulai pada tanggal 1 November 2021 sampai dengan 31 Oktober 2022 sebanyak 246 pengamatan. Sedangkan data *out sample* diterapkan untuk validasi model yang dimulai pada tanggal 1 November 2022 sampai dengan 31 Desember 2022, sebanyak 44 pengamatan. Berikut tahapan analisis model GBM dan VaR (Hersugondo et al., 2022):

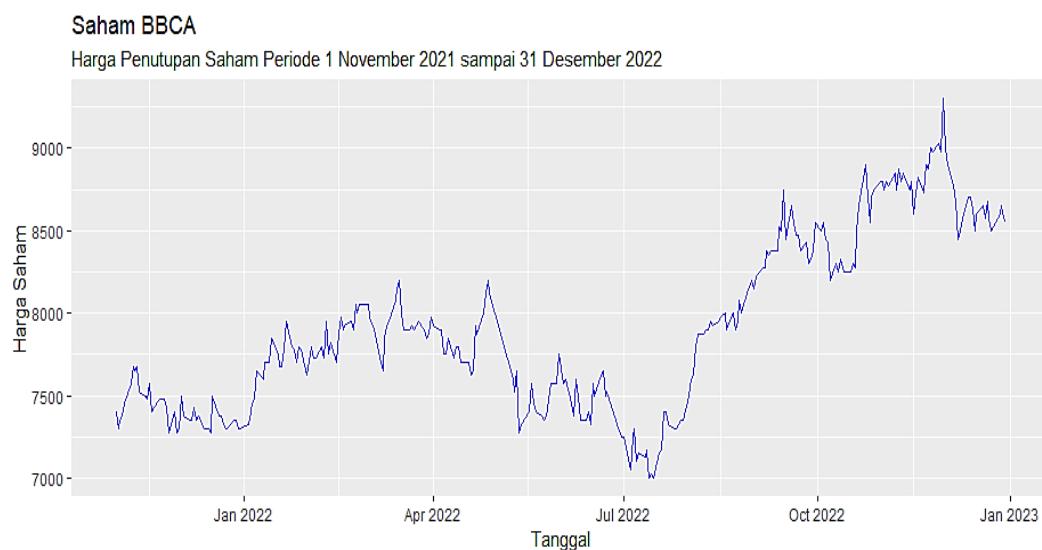
1. Menghitung *return* saham *in sample* menggunakan Persamaan (1).
2. Menguji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *return* saham *in sample*.
3. Menghitung rata-rata dan volatilitas *return* saham *in sample* yang digunakan sebagai parameter model harga saham GBM.
4. Membentuk model harga saham GBM menggunakan Persamaan (7) berdasarkan nilai parameter yang diperoleh pada tahap (3).
5. Memprediksi harga saham periode selanjutnya menggunakan model GBM.
6. Menghitung akurasi prediksi harga saham menggunakan nilai MAPE.
7. Menghitung *return* prediksi harga saham.
8. Menguji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *return* prediksi harga saham.
9. Menghitung rata-rata serta volatilitas *return* prediksi harga saham yang akan digunakan sebagai parameter perhitungan VaR.
10. Menentukan periode waktu, tingkat kepercayaan, dan dana investasi awal.
11. Melakukan simulasi nilai *return* dengan membangkitkan *return* secara acak menggunakan parameter yang didapatkan pada tahap (9) sebanyak n buah. Setelah itu, simulasi nilai *return* diulangi sebanyak m kali.
12. Menghitung kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ yang merupakan nilai kuantil ke- α dari simulasi *return* yang dinotasikan dengan R^* .

13. Menghitung VaR menggunakan Persamaan (9) untuk setiap m kali simulasi *return*, sehingga menggambarkan kemungkinan nilai VaR yaitu $\text{VaR}_1, \text{VaR}_2, \dots, \text{VaR}_m$.
14. Menghitung rata-rata nilai VaR dari tahap (13) untuk menstabilkan nilai, dikarenakan nilai VaR pada setiap hasil simulasi berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Harga Saham Bank Central Asia Tbk

Harga penutupan saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) selama periode 1 November 2021 sampai dengan 31 Desember 2022 bergerak secara fluktuatif, dimana harga saham BBCA mengalami kenaikan dan penurunan secara tidak menentu yang disajikan pada Gambar 1. Kemudian, harga penutupan saham BBCA dibagi menjadi data *in sample* dan data *out sample*.



Gambar 1. Pergerakan Harga Penutupan Saham PT Bank Central Asia Tbk

2. Return Data In Sample

Nilai data *return in sample* dihitung dengan Persamaan (1). Data *return in sample* yang digunakan sebanyak 245 pengamatan. Statistik deskriptif data *return in sample* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif *Return* Saham *in Sample*

Statistik Deskriptif	Return in Sample
Minimum	-0,06679
Maksimum	0,03532
Rata-Rata	0,00071
Standar Deviasi	0,01424
Jumlah Data	245

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa saham BBCA *in sample* memiliki nilai *return* maksimum sebesar 0,03532 dan *return* minimum sebesar -0,06679. Rata-rata *return* bernilai positif menandakan adanya keuntungan pada investasi saham. Nilai rata-rata *return in sample* dan standar deviasi akan digunakan sebagai parameter pada model GBM. Sebelum dilanjutkan pada model GBM, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ menggunakan bantuan *software* Rstudio.

Tabel 3. Uji Kolmogorov-Smirnov *Return Saham in Sample*

Uji Kolmogorov-Smirnov	
D_{hitung}	0,0817
$p-value$	0,0761

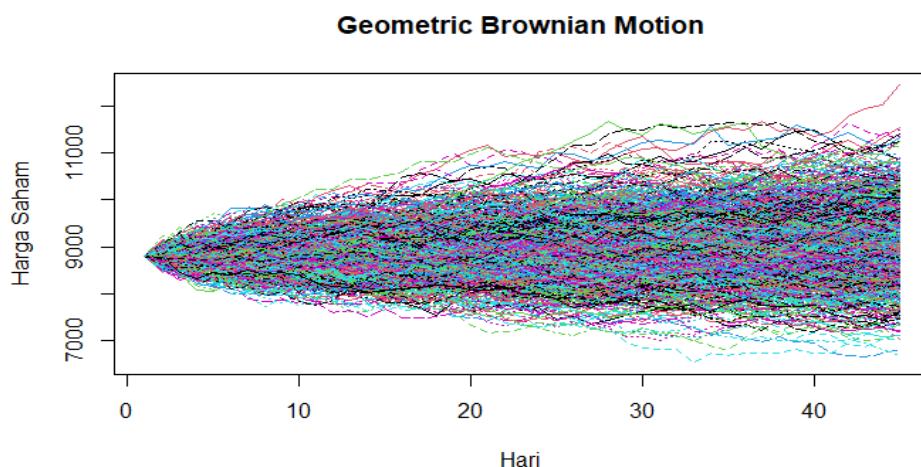
Pada Tabel 3 diketahui nilai $p-value$ statistik Kolmogorov-Smirnov lebih besar dari tingkat signifikansi. Selain itu, nilai D_{hitung} yang dihitung menggunakan Persamaan (4) diperoleh nilai lebih kecil daripada nilai $D_{tabel(\alpha,245)}$ yaitu 0,08689. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa H_0 diterima, sehingga data *return in sample* berdistribusi normal dan dapat dilanjutkan untuk model GBM.

3. Prediksi Harga Saham dengan Model *Geometric Brownian Motion*

Parameter pada model GBM diantaranya nilai rata-rata *return in sample* ($\hat{\mu}$) yang bernilai 0,00071 dan nilai volatilitas *return in sample* ($\hat{\sigma}$) yaitu 0,01424. Dengan menggunakan Persamaan (7), diperoleh model GBM untuk harga saham BBCA dengan perubahan harga saham berselang waktu (Δt) selama satu (1) hari yaitu:

$$S(t) = S(t-1) \exp \left(\left(0,00071 - \frac{(0,01424)^2}{2} \right) (1) + 0,01424 \varepsilon \sqrt{1} \right)$$

Prediksi dilakukan untuk periode dua bulan berikutnya (44 hari kerja) dengan pengulangan sebanyak 1.000 kali, sehingga menghasilkan 1.000 jalur harga. Hasil prediksi ditunjukkan pada Gambar 2.

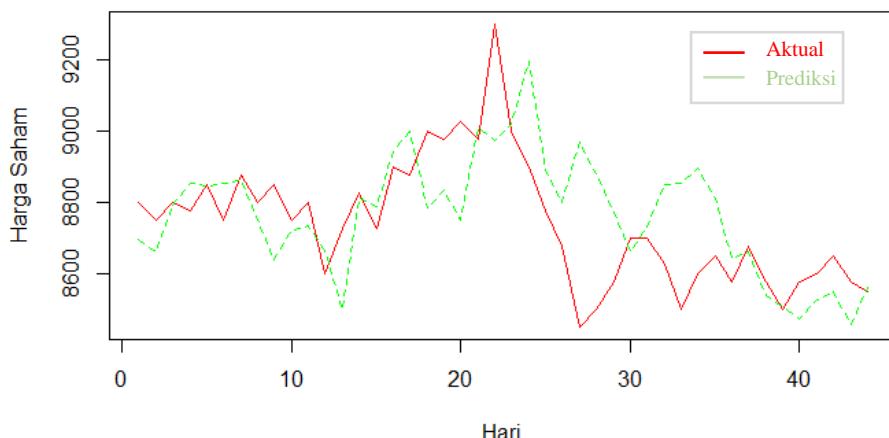


Gambar 2. Pergerakan Harga Saham Prediksi Menggunakan Model GBM

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa hasil prediksi menggunakan model GBM menyebar secara acak dan menghasilkan jalur harga saham prediksi yang berbeda antara satu sama lain. Hal ini diakibatkan adanya unsur stokastik pada model GBM yang berupa variabel acak berdistribusi normal standar.

Hasil prediksi harga saham menggunakan model GBM diperoleh rata-rata nilai MAPE yang dihitung menggunakan Persamaan (8) yaitu 5,77%. Dari 1.000 jalur harga saham prediksi yg didapatkan, nilai MAPE terkecil yang diperoleh yaitu 1,45%. Berdasarkan akurasi nilai MAPE pada Tabel 1, hasil akurasi prediksi menggunakan model GBM dikategorikan sangat baik dikarenakan nilai MAPE berada dibawah 10%. Grafik perbandingan harga saham prediksi dengan hasil nilai MAPE terkecil dan harga saham aktual disajikan pada Gambar 3.

Harga Saham Prediksi dan Harga Saham Aktual



Gambar 3. Perbandingan Harga Saham Prediksi dan Harga Saham Aktual

4. Perhitungan VaR Simulasi Monte-Carlo

VaR simulasi Monte-Carlo dilakukan menggunakan parameter *return* saham prediksi yang diperoleh dari model GBM. *Retun* saham prediksi berjumlah 43 pengamatan dan diperoleh nilai rata-rata *return* saham prediksi yaitu -0,00036 serta nilai volatilitas yaitu 0,01393. VaR simulasi Monte-Carlo mengasumsikan bahwa *return* saham terdistribusi dengan normal, sehingga dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$.

Tabel 4. Uji Kolmogorov-Smirnov *Return* Saham Prediksi

Uji Kolmogorov-Smirnov	
D_{hitung}	0,0719
$p-value$	0,9676

Berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov pada *return* saham prediksi pada Tabel 4, diperoleh nilai *p-value* statistik Kolmogorov-Smirnov lebih besar dari tingkat signifikansi serta nilai D_{hitung} lebih kecil daripada nilai $D_{tabel(\alpha, 43)}$ yaitu 0,20739. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa H_0 diterima sehingga data

prediksi saham BBCA berdistribusi normal dan dapat dilanjutkan untuk menghitung nilai VaR.

Selanjutnya dilakukan simulasi nilai *return* dengan membangkitkan *return* secara acak menggunakan parameter nilai rata-rata *return* saham prediksi yaitu -0,00036 dan nilai volatilitas yaitu 0,01393 sebanyak 43 buah dan diulangi sebanyak 1.000 kali. Berdasarkan 1.000 kali pengulangan tersebut, setiap perulangannya akan dihitung kerugian maksimum yang merupakan nilai kuantil ke- α dari simulasi *return* yang dinotasikan dengan (R^*).

Nilai VaR dihitung menggunakan Persamaan (9) dengan tingkat kepercayaan 80%, 90%, 95%, dan 99% pada periode waktu (t) 1 hari serta modal awal investasi (V_0) sebesar Rp100.000.000. Hasil perhitungan rata-rata kerugian maksimum (R^*) dan rata-rata nilai VaR dari 1.000 kali pengulangan diperoleh menggunakan bantuan *software Rstudio* dan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai R^* dan VaR

Tingkat Kepercayaan	R^*	VaR (%)	VaR (Rp)
80%	0,01171	1,17%	Rp1.170.650
90%	0,01738	1,74%	Rp1.738.459
95%	0,02185	2,19%	Rp2.185.076
99%	0,02858	2,86%	Rp2.858.296

Berdasarkan nilai VaR pada Tabel 5, dapat diartikan bahwa jika investor berinvestasi pada saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) dengan modal awal Rp100.000.000 pada tingkat kepercayaan 99% diperoleh rata-rata nilai VaR yaitu 2,86%, sehingga kerugian maksimum yang mungkin akan dialami dalam satu hari mendatang sebesar Rp2.858.296. Dapat dikatakan pula, terdapat kemungkinan 1% bahwa kerugian investasi pada saham BBCA senilai Rp2.858.296 atau lebih, begitupun untuk tingkat kepercayaan lainnya. Hasil tersebut membuktikan semakin tinggi tingkat kepercayaan, maka akan semakin besar pula risiko yang harus ditanggung.

KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu model GBM memiliki akurasi sangat baik dalam memprediksi harga saham dengan rata-rata nilai MAPE yaitu 5,77% dan nilai MAPE terkecil yaitu 1,45%. Estimasi kerugian maksimum untuk periode satu hari kedepan menggunakan *Value at Risk* simulasi Monte-Carlo dengan tingkat kepercayaan 80%, 90%, 95% dan 99% berturut-turut yaitu sebesar 1,17%, 1,74%, 2,19% dan 2,86%.

REFERENSI

- Abidin, S. N. Z., & Jaffar, M. M. (2014). Forecasting Share Prices of Small Size Companies in Bursa Malaysia Using Geometric Brownian motion. *Applied*

- Mathematics and Information Sciences.* Vol. 8(1), 107–112.
- Astuti, I., Burhanudin, B., & Suryawati, B. N. (2020). Analisis Risiko Portofolio Dengan Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo (Studi Pada Perusahaan Yang Terdaftar Indeks LQ45 Di Bursa Efek Indonesia Periode 2015-2018). *Distribusi - Journal of Management and Business.* Vol. 8(1), 105–124.
- Fitaloka, E., Sulistianingih, E., & Perdana, H. (2018). Pengukuran Value at Risk (VaR) Pada Portofolio Dengan Simulasi Monte Carlo. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster).* Vol. 7(2), 141–148.
- Hasanah, F. R. U., & Putri, D. M. (2022). Pemodelan Harga Saham Menggunakan Geometric Brownian Motion. *JOSTECH: Journal of Science and Technology.* Vol. 2(1), 75–84.
- Hersugondo, H., Ghazali, I., Handriani, E., Trimono, T., & Pamungkas, I. D. (2022). Price Index Modeling and Risk Prediction of Sharia Stocks in Indonesia. *Economies.* Vol. 10(1), 1–13.
- Hidayat, S., & Hakim, N. (2021). Peramalan Ekspor Luar Negeri Banten Menggunakan Model Arimax. *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika.* Vol. 2(2), 204–213.
- Hull, E. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives, Eighth Edition.* Boston: Prentice Hall.
- Lusiana, Martha, S., & Rizki, S. W. (2018). Simulasi Pergerakan Harga Saham Menggunakan Pendekatan Metode Monte Carlo. *Buletin Ilmiah Math.Stat. Dan Terapannya (Bimaster).* Vol. 7(2), 119–126.
- Maruddani, D. A. I. (2019). *Value at Risk untuk Pengukuran Risiko Investasi Saham: Aplikasi Program R.* Jawa Timur: WADE grup.
- Maruddani, D. A. I., Trimono, T., & Mas'ad, M. (2022). Implementation of Stochastic Model for Risk Assessment on Indonesian Stock Exchange. *Media Statistika.* Vol. 15(2), 151–162.
- Nugroho, V. C., Hulu, E., & Ugut, G. S. (2021). Faktor yang Mempengaruhi Volume Transaksi pada Harga Saham PT. Bank Central Asia Tbk. *Jurnal Manajemen Terapan Dan Keuangan.* Vol. 10(1), 99–109.
- Sugito, S., Prahatama, A., Santoso, R., & Wardhani, J. K. (2017). Model Antrean Kontinu (Studi Kasus di Gerbang Tol Banyumanik). *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang.* Vol. 5(1), 51–56.
- Taylor, H. M., & Karlin, S. (1998). *An Introduction to Stochastic Modeling, Third Edition.* San Diego: Academic Press.
- Widyarti, E. T., Maruddani, D. A. I., Trimono, T., & Hersugondo, H. (2021). Blue Chip Stocks Valuation And Risk Prediction On The Indonesia Stock. *Academy of Accounting and Financial Studies Journal.* Vol. 25(6), 1–14.
- Widyawati, Satyahadewi, N., & Sulistianingsih, E. (2013). Penggunaan Model Black Scholes Untuk Penentuan Harga Opsi Jual Tipe Eropa. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya.* Vol. 2(1), 13–20.
- Yusli, P. R. A., Lestari, R., & Asdi, Y. (2017). Penerapan Simulasi Monte Carlo Dalam Penentuan Harga Opsi Asia. *Jurnal Matematika UNAND.* Vol. 6(3), 40–46.