

PENERAPAN MODEL GEOMETRIC BROWNIAN MOTION UNTUK PREDIKSI SAHAM DAN ANALISIS RISIKO KERUGIAN

Tiurmaida Sianturi¹, Christoffel Mario², Tabita Paulina Simamora³, Linda Natasya Siahaan⁴

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan^{1,2,3,4}

Email: tiurmaidasanturi27@gmail.com¹, christoffelmario5@gmail.com²,
tabitapaulsimamora@gmail.com³, lindanatasya558@gmail.com⁴

Corresponding Author: Tabita Paulina Simamora email: tabitapaulsimamora@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga saham Apple Inc. (AAPL) menggunakan model Geometric Brownian Motion (GBM) serta menganalisis risiko melalui pendekatan Value at Risk (VaR) berbasis Simulasi Monte Carlo. Data harga saham harian Apple Inc. selama periode 1 Januari 2022 hingga 31 Desember 2024 digunakan dan dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian. Teknik analisis data dilakukan melalui perhitungan return saham menggunakan pendekatan geometric return, uji normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov, estimasi parameter model GBM, simulasi Monte Carlo menggunakan software R, pengukuran akurasi prediksi dengan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), serta analisis risiko kerugian dengan Value at Risk (VaR) dan uji backtesting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model GBM memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 12,32%. Analisis risiko menggunakan VaR pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% menunjukkan tidak adanya pelanggaran, yang mengindikasikan bahwa model bersifat konservatif. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang prediksi harga saham dan manajemen risiko investasi.

Kata Kunci: Geometric Brownian Motion, Simulasi Monte Carlo, Value at Risk, Prediksi Harga Saham, Apple Inc.

Abstract. This study aims to predict the stock price of Apple Inc. (AAPL) using the Geometric Brownian Motion (GBM) model and to analyze risk through a Monte Carlo Simulation-based Value at Risk (VaR) approach. Daily stock price data of Apple Inc. from January 1, 2022, to December 31, 2024, is used and split into training and testing datasets. The data analysis techniques involve calculating stock returns using the geometric return approach, testing normality with the Kolmogorov-Smirnov test, estimating GBM model parameters, simulating stock prices using Monte Carlo simulation in R software, evaluating prediction accuracy with Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and assessing risk using Value at Risk (VaR) along with backtesting. The results show that the GBM model has good accuracy, with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 12.32%. The VaR risk analysis at 95% and 99% confidence levels shows no violations, indicating a conservative model. This study contributes to stock price prediction and investment risk management.

Keywords: Geometric Brownian Motion, Monte Carlo Simulation, Value at Risk, Stock Price Prediction, Apple Inc.

A. Pendahuluan

Investasi adalah suatu kegiatan menempatkan dana pada satu atau lebih dari satu jenis aset selama periode tertentu dengan harapan dapat memperoleh penghasilan dan/atau peningkatan nilai investasi di masa mendatang (Hidayati, 2017). Salah satu investasi yang dapat menjadi pilihan adalah investasi saham. Saham merupakan surat berharga sebagai bukti tanda penyertaan atau kepemilikan seseorang atau badan hukum atas suatu perusahaan, khususnya perusahaan yang memperdagangkan sahamnya (Hadi, 2017). Kinerja keuangan yang baik dari sebuah perusahaan merupakan pertimbangan utama bagi investor. Semakin baik tingkat kinerja



keuangan suatu perusahaan maka diharapkan harga saham meningkat dan akan memberikan laba (return) bagi investor (Sutanto, 2021). Nilai return umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase dan berbanding lurus dengan nilai risiko, artinya semakin besar risiko yang mungkin akan diterima semakin besar pula return yang akan diperoleh, demikian juga sebaliknya (Mardhiyah, 2017).

Harga saham yang terus berubah secara tidak terduga mengakibatkan harga saham sulit diprediksi. Hal tersebut menyebabkan tidak pastinya nilai return atau keuntungan saham, sehingga dibutuhkan model matematis yang dapat memprediksi harga saham pada waktu mendatang (Aulia et al., 2023). Salah satu pemodelan yang umum digunakan dalam keuangan kuantitatif untuk melihat pergerakan harga saham yaitu model Geometric Brownian Motion (GBM) (Putri & Hasibuan, 2020). GBM merupakan model yang populer dalam keuangan kuantitatif karena kesederhanaannya dan kemampuannya dalam menangkap karakteristik dasar pergerakan harga saham, seperti sifat stokastik dan pertumbuhan eksponensial. Geometric Brownian Motion (GBM) adalah model matematika yang digunakan untuk memodelkan pergerakan harga aset keuangan seperti saham, obligasi, dan komoditas. Model ini mengasumsikan bahwa harga aset tersebut mengikuti pola pergerakan acak dengan pertumbuhan rata-rata yang konstan seiring waktu (Putra & Noviyanti, 2023).

Dalam perhitungan estimasi ukuran risiko, sebagai pendekatan pada kondisi yang sebenarnya dapat dilakukan melalui simulasi untuk mengestimasi return (Wijaya, 2022). Salah satu metode untuk memprediksi nilai risiko kerugian berdasarkan nilai return masa lalu adalah Value at Risk (VaR) dengan pendekatan simulasi Monte Carlo (Li et al., 2018). Value at Risk (VaR) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk menilai risiko portofolio investasi. VaR mengestimasi potensi kerugian maksimal yang mungkin terjadi dalam sebuah portofolio dengan tingkat kepercayaan tertentu selama periode waktu tertentu (Kurnia Rahman, 2024).

Penggunaan metode simulasi Monte Carlo dalam menghitung VaR memungkinkan kita untuk mensimulasikan berbagai skenario pergerakan harga saham berdasarkan data historis, sehingga memberikan estimasi yang lebih akurat mengenai potensi kerugian investasi (Sutanto, 2021). Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan pergerakan harga saham adalah dengan menggunakan pendekatan proses pembangkitan bilangan acak atau yang dikenal dengan simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo merupakan metode yang memberikan segala kemungkinan nilai dari suatu peubah acak yang menggunakan rata-ratanya sebagai penaksir nilai eksaknya, serta mengasumsikan bahwa return saham berdistribusi normal (Busrah & Asrun, 2020). Dengan keunggulannya dalam menangkap ketidakpastian pasar, simulasi Monte Carlo menjadi metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi harga saham, serta membantu investor dalam mengambil keputusan investasi yang lebih optimal.

Kajian ini memanfaatkan model Geometric Brownian Motion (GBM) untuk memprediksi harga saham Apple Inc. (AAPL) dengan dukungan simulasi Monte Carlo, serta mengevaluasi potensi risiko kerugian menggunakan pendekatan Value at Risk (VaR). Akurasi model diuji menggunakan metrik Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan utama penelitian ini adalah membangun model prediksi harga saham yang andal dan mampu mengestimasi risiko secara kuantitatif. Strategi ini diharapkan tidak hanya memperkuat analisis teknikal, tetapi juga memberikan panduan pengambilan keputusan investasi yang lebih terukur.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan metode Simulasi Monte Carlo berbasis Geometric Brownian Motion (GBM) untuk memprediksi harga saham Apple Inc. (AAPL). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga saham harian Apple



Inc. dimulai 1 Januari 2022 hingga 31 Desember 2024 ($n=753$), yang diperoleh dari web resmi Investing.com.

Tahapan penelitian dimulai dengan pembagian data menjadi data training dan data testing. Data training digunakan untuk membangun model prediksi, sedangkan data testing digunakan untuk menguji akurasi model. Data training sebesar 602, dan data testing sebesar 151. Setelah data dikumpulkan, dilakukan pengolahan data awal untuk memastikan kelengkapan dan konsistensinya sebelum dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, dilakukan perhitungan return saham. Return merupakan keuntungan yang diterima investor dari hasil investasinya di pasar modal (Nafi'a et al., 2024). Perhitungan return saham menggunakan pendekatan geometric return, persamaannya sebagai berikut:

$$R_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$$

Dimana:

S_t = harga saham pada periode t.

S_{t-1} = harga saham periode sebelumnya.

Return saham ini digunakan sebagai dasar dalam pemodelan statistik (Trimono et al., 2017). Setelah return dihitung, dilakukan uji normalitas Kolmogrov-Smirnov untuk memastikan bahwa data return mengikuti distribusi normal. Data berdistribusi normal diperlukan sebagai syarat pemenuhan asumsi model dalam penelitian ini yang menggunakan model Black-Scholes, yaitu log-return saham menyebar normal (Lesmana et al., 2023).

Hipotesis uji Kolmogrov-Smirnov untuk menguji normalitas data adalah:

$$H_0: F(x) = F_0(x)$$

$$H_1: F(x) \neq F_0(x)$$

Statistik uji nya yaitu:

$$D = \text{Max} |F_0(x) - F(x)|$$

Dengan:

$F_0(x)$ = Peluang kumulatif sebaran normal.

$F(x)$ = Peluang kumulatif sebaran empiris.

H_0 ditolak jika nilai D lebih besar dari kuantil $(1 - \alpha)$ Tabel Uji Kolmogrov-Smirnov, atau nilai $p < \alpha$ (Quraisy, 2022).

Selanjutnya dilakukan pemodelan harga saham menggunakan Geometric Brownian Motion (GBM). Model ini digunakan untuk mensimulasikan pergerakan harga saham di masa depan dengan persamaan sebagai berikut (Sari & Rosha, 2019):

$$\hat{S}_t = \hat{S}_{t-1} \exp \left[\left(\hat{\mu} - \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2 \right) (t - (t - 1)) + \hat{\sigma} \sqrt{t - (t - 1)} Z_{t-1} \right]$$

Keterangan:

\hat{S}_t = Harga saham periode ke-t.

\hat{S}_{t-1} = Harga saham periode ke-t - 1.

$\hat{\mu}$ = Nilai return harapan saham.

$\hat{\sigma}^2$ = Ragam return saham.

$\hat{\sigma}$ = Volatilitas return saham.

Z_{t-1} = Bilangan acak normal baku.

Simulasi Monte Carlo dijalankan dengan ribuan iterasi menggunakan software R, menghasilkan distribusi kemungkinan harga saham di masa depan berdasarkan parameter yang diperoleh dari data historis. Setelah proses simulasi selesai, dilakukan evaluasi akurasi model



dengan membandingkan hasil prediksi terhadap harga saham aktual menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

Y_t = Nilai aktual pada waktu ke-t.

F_t = Nilai prediksi pada waktu ke- t.

n = Banyaknya amatan. (Trimono et al., 2017).

Menurut Rachim et al., (2020), jika nilai MAPE semakin kecil maka teknik peramalan semakin akurat. Interpretasi dari nilai MAPE yang dihasilkan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- MAPE < 10% kemampuan teknik peramalan sangat baik.
- 10% ≤ MAPE < 20% kemampuan teknik peramalan baik.
- 20% ≤ MAPE < 50% kemampuan teknik peramalan cukup.
- MAPE ≥ 50% kemampuan teknik peramalan buruk (Br Manik et al., 2024).

Selain itu, dilakukan perhitungan Value at Risk (VaR) menggunakan Simulasi Monte Carlo untuk mengukur risiko kerugian dalam investasi saham Apple Inc (Trimono et al., 2017). Backtesting dilakukan untuk menilai tingkat akurasi perhitungan aktual lebih kecil dari nilai VaR yang dihitung, maka terjadi pelanggaran (violation), dan rasio pelanggaran dihitung untuk mengukur keandalan model. Rasio pelanggaran (violation ratio) dihitung dengan membandingkan jumlah pelanggaran yang terjadi (v_1) dengan dugaan jumlah pelanggaran, dimana m_0 merupakan peluang pelanggaran yang diduga, maka:

$$VR = \frac{v_1}{m_0 \times K_u}$$

Keterangan:

VR = Violation Ratio atau besarnya rasio pelanggaran.

v_1 = Banyaknya η_1 yang bernilai 1 (banyaknya hari terjadi pelanggaran).

m_0 = Peluang pelanggaran yang di duga.

K_u = Jendela uji (Agista et al., 2023).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Setelah data dibagi menjadi data training dan data testing, selanjutnya akan dilakukan proses perhitungan nilai return. Tabel 1 menampilkan hasil perhitungan nilai return pada data training yang dihitung menggunakan program R.

Tabel 1. Nilai Return Data Training

K	Date	Price	Return
1	2022-01-03	182,01	
2	2022-01-03	179,70	0,0127
...			
747	2022-01-03	254,49	0,01864
748	2022-01-03	255,27	0,00306



Selanjutnya, dilakukan uji normalitas terhadap data return saham untuk memastikan apakah data tersebut mengikuti distribusi normal.

Hipotesis yang digunakan untuk menguji normalitas return saham pada data training adalah:

H_0 : Return saham dalam data training mengikuti distribusi normal.

H_1 : Return saham dalam data training tidak mengikuti distribusi normal.

Adapun statistik ujinya melalui R

```
> # Tampilkan hasil uji
> print(ks_test)

Asymptotic two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: log_return and simulated_t
D = 0.033245, p-value = 0.8003
alternative hypothesis: two-sided
```

Gambar 1. Uji normalitas data training.

Pada Tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$, H_0 tidak dapat ditolak karena nilai $p = 0,8003 > \alpha = 0,05$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa return saham pada data training berdistribusi normal.

Setelah uji normalitas, dilakukan estimasi parameter untuk membangun model Geometric Brownian Motion (GBM) yang digunakan untuk memprediksi harga saham. Parameter yang diestimasi dalam model Geometric Brownian Motion (GBM) meliputi return harapan saham ($\hat{\mu}$), ragam return saham ($\hat{\sigma}^2$), dan volatilitas return saham ($\hat{\sigma}^2$). Dengan menggunakan program R, diperoleh nilai:

```
> # PARAMETER GBM
> mu <- mean(datamatkeu1$Return, na.rm = TRUE)
> sigma <- sd(datamatkeu1$Return, na.rm = TRUE)
> print(mu)
[1] 0.0004243057
> print(sigma)
[1] 0.01703691
```

Gambar 2. Parameter GBM

Maka pada gambar 2, diperoleh nilai dari $\hat{\mu} = 0.0004243057$, nilai $\hat{\sigma} = 0.01703691$, nilai $\hat{\sigma}^2 = 0,00029025$.

Sehingga model harga saham Apple Inc. adalah:

$$\hat{S}_t = \hat{S}_{t-1} \exp\left(\left(0.0004243057 - \frac{0,00029025}{2}\right)(t - (t - 1)) + 0.01703691\sqrt{t - (t - 1)}Z_{t-1}\right)$$

Dimana:

\hat{S}_t = Nilai dugaan harga saham pada waktu ke t

\hat{S}_{t-1} = Nilai dugaan harga saham pada waktu ke t - 1

Z_{t-1} = Kuantil sebaran normal standar pada titik t - 1

t = 1, 2, ..., 151

Pada tahap berikutnya, model diterapkan untuk meramalkan harga saham selama 151 periode mendatang, yaitu dari 2024-05-28 hingga 2024-12-31. Hasil prediksi harga saham Apple Inc. disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Return Data Training

K	Tanggal	Harga	
		Aktual	Prediksi
1	2014-05-28	189,99	189,9638
2	2024-05-29	190,29	188,0729
3	2024-05-30	191,29	187,0729
....

Adapun grafik perbandingan harga saham prediksi dengan harga saham aktual untuk data testing terdapat pada Gambar berikut.



Gambar 3. Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi

Berdasarkan Gambar tersebut, pergerakan harga saham aktual dan prediksi terlihat memiliki pola yang mirip, tetapi dengan selisih yang cukup jelas. Grafik harga prediksi (garis merah) cenderung lebih rendah dibandingkan harga aktual (garis biru) di sepanjang periode. Meskipun model prediksi sudah cukup baik dalam menangkap tren, masih ada perbedaan yang menunjukkan kemungkinan bias dalam hasilnya. Untuk memastikan seberapa akurat prediksi ini, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut, salah satunya menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yang dapat memberikan gambaran seberapa besar kesalahan prediksi dibandingkan dengan harga sebenarnya.

Dengan menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE), kita dapat mengukur tingkat kesalahan dalam hasil prediksi.

```
> # Cetak hasil
> cat("Mean Absolute Percentage Error (MAPE):", mape,
Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 12.31705 %
```

Gambar 4. Nilai MAPE

Berdasarkan perhitungan menggunakan program R, diperoleh nilai MAPE sebesar 12,31705%. Nilai ini berada di atas 10%, yang berarti bahwa prediksi harga saham termasuk dalam kategori baik.

Setelah perhitungan MAPE, dilanjutkan dengan menguji normalitas return saham prediksi. Hipotesis yang digunakan untuk menguji normalitas distribusi return saham prediksi adalah sebagai berikut:



- H_0 : Return saham prediksi terdistribusi normal
- H_1 : Return saham prediksi tidak terdistribusi normal

```
> print(ks_test_test)

Asymptotic two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: log_return_test and simulated_t_test
D = 0.099338, p-value = 0.4456
alternative hypothesis: two-sided
```

Gambar.5 Uji normalitas data testing

Pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, H_0 tidak dapat ditolak karena *nilai p* = 0,4456 lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa return saham prediksi terdistribusi normal.

Berikutnya, menghitung Value at Risk (VaR) harga saham prediksi dengan pendekatan simulasi Monte Carlo. Untuk menghitung Value at Risk, digunakan program R, di mana hasilnya sebagian akan ditampilkan sebagai berikut.

```
> # Tampilkan hasil dalam bentuk tabel
> print(backtest_results)
  Date      Return      VaR_95      VaR_99 Violation_95 Violation_99
1 2024-05-28 5.263573e-05 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
2 2024-05-29 1.577785e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
3 2024-05-30 5.241377e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
4 2024-05-31 5.006007e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
5 2024-06-03 9.216178e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
6 2024-06-04 1.647871e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
7 2024-06-05 7.790517e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
8 2024-06-06 -7.121844e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
9 2024-06-07 1.231587e-02 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
10 2024-06-10 -1.933344e-02 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
11 2024-06-11 7.013141e-02 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
12 2024-06-12 2.817758e-02 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
13 2024-06-13 5.476132e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
14 2024-06-14 -8.201954e-03 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
15 2024-06-17 1.948053e-02 -0.02912986 -0.04111297      FALSE      FALSE
```

Gambar 6. Nilai VaR

Pada output tersebut, terlihat bahwa nilai VaR₉₅ dan VaR₉₉ masing-masing adalah $-0,02912986$ dan $-0,04111297$, yang bersifat konstan selama periode pengamatan. Tidak ditemukan pelanggaran (Violation) baik pada tingkat kepercayaan 95% maupun 99%, yang ditunjukkan dengan nilai FALSE pada semua baris di kolom Violation₉₅ dan Violation₉₉. Hal ini menunjukkan bahwa return harian portofolio tidak pernah berada di bawah nilai VaR yang telah dihitung. Sebagai contoh, pada tanggal 14 Juni 2024, return harian portofolio tercatat sebesar $-0,0082$, yang masih lebih besar dibandingkan dengan batas VaR₉₅ ($-0,02912986$) dan VaR₉₉ ($-0,04111297$). Dengan demikian, tidak terjadi pelanggaran pada tanggal tersebut, sebagaimana tercatat pada kolom Violation₉₅ dan Violation₉₉. Hasil ini menunjukkan bahwa model VaR yang digunakan cukup konservatif dalam memprediksi kemungkinan terjadinya kerugian pada saham.

Tahap terakhir ialah uji backtesting. Backtesting dilakukan untuk mengevaluasi dan memeriksa nilai-nilai perkiraan VaR yang dihasilkan melalui perhitungan rasio pelanggaran (violation). Rasio pelanggaran VaR dihitung menggunakan pendekatan Simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%, dengan simulasi nilai dugaan peluang pelanggaran (m_0) sebesar 1% dan 5%.

```
> cat("Pelanggaran VaR 95:", violations_95, "\n")  
Pelanggaran VaR 95: 0  
> cat("Pelanggaran VaR 99:", violations_99, "\n")  
Pelanggaran VaR 99: 0
```

Gambar 7. Rasio Pelanggaran

Berdasarkan output tersebut maka model VaR yang digunakan cukup konservatif karena tidak ada pelanggaran pada kedua tingkat kepercayaan (95% dan 99%).

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan dari Trimono et al. (2017), yang menggunakan pendekatan serupa dengan model Geometric Brownian Motion dan Value at Risk pada saham PT Ciputra Development Tbk. Mereka juga menunjukkan bahwa model tersebut mampu memberikan estimasi harga saham yang akurat dan menghasilkan nilai VaR yang konservatif. Selain itu, Aulia et al. (2023) juga membuktikan bahwa penerapan model GBM pada saham sektor perbankan (BCA) menghasilkan performa prediksi yang baik serta estimasi risiko yang dapat diandalkan. Temuan dalam penelitian ini juga didukung oleh Li et al. (2018), yang menunjukkan bahwa pendekatan simulasi Monte Carlo dalam menghitung VaR cenderung menghasilkan nilai yang stabil dan konservatif, sehingga dapat digunakan untuk pengambilan keputusan investasi yang lebih hati-hati.

D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil memprediksi harga saham Apple Inc. (AAPL) dengan akurasi yang baik menggunakan model Geometric Brownian Motion (GBM) dan Simulasi Monte Carlo, dengan nilai MAPE 12,32%. Analisis risiko menggunakan Value at Risk (VaR) menunjukkan model ini konservatif dan dapat diandalkan untuk mengestimasi potensi kerugian pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%.

Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan model prediksi harga saham dengan mengintegrasikan GBM dan Simulasi Monte Carlo, serta memperkuat pemahaman tentang penggunaan VaR dalam manajemen risiko investasi. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat membantu investor dan analis keuangan dalam pengambilan keputusan investasi yang lebih informatif dan terukur. Untuk penelitian mendatang, disarankan untuk menguji model pada sektor saham lain, memperpanjang periode analisis, memasukkan faktor makroekonomi, atau mengeksplorasi metode Machine Learning untuk meningkatkan akurasi prediksi dan analisis risiko.

DAFTAR PUSTAKA

Agista, F., Wijayanti, H., & Faridhan, Y. E. (2023). Penerapan Model GBM untuk Prediksi Harga Saham dan Nilai Risiko Kerugian Menggunakan Program R. *Jurnal EurekaMatika*, 11(1), 59–68. <https://doi.org/10.17509/jem.v11i1.57238>

Aulia, rizky F., Sulistianingsih, E., & Andani, W. (2023). PENERAPAN MODEL GEOMETRIC BROWNIAN MOTION DAN PERHITUNGAN NILAI VALUE AT RISK PADA SAHAM BANK CENTRAL ASIA TBK. 17(2), 149–159.

Br Manik, M. B., Nasution, K. P., Suyanto, & Yanti, M. (2024). Metode Simulasi Monte Carlo. 7(2), 232–242. <https://pdfcoffee.com/qdownload/makalah-simulasi-monte-carlo-pdf-free.html>



- Busrah, Z., & Asrun, B. (2020). Simulasi Monte Carlo Pada Penentuan Perubahan Harga Saham Adhi.Jk Melalui Pendekatan Proses Wiener Dan Lemma Itô. *Prosiding Seminar Nasional*, 02(1), 807–816. www.finance.yahoo.com
- Hadi, N. (2017). *Pasar Modal: Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan*. Graha Ilmu.
- Hidayati, A. N. (2017). *Investasi: Analisis dan Relevansinya dengan Ekonomi Islam*. 8(2), 227–242.
- Kurnia Rahman, W. (2024). Analisis Value At Risk (Var) Pada Saham Sektor Perbankan Indonesia Dengan Metode Simulasi Monte Carlo. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 5895–5899. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10062>
- Lesmana, D. C., Sinaga, R. H., Hadiva, C. R., Salsabilla, M. R., Pratiwi, H. D., Salsabila, A. S., & Nugraha, R. (2023). Penentuan Harga Opsi Bermuda Menggunakan Simulasi Monte Carlo Reduksi Antithetic Variates. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 20(3), 341. <https://doi.org/10.12962/limits.v20i3.17054>
- Li, Y. S., Li, A. H., & Liu, Z. D. (2018). Two Ways of Calculating VaR in Risk Management - An Empirical Study Based on CSI 300 Index. *Procedia Computer Science*, 139, 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.259>
- Mardhiyah, A. (2017). Peranan Analisis Return Dan Risiko Dalam Investasi. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Islam*, 2(1). <https://doi.org/10.32505/jebis.v2i1.120>
- Nafi'a, Z. I., Nuraliya, A. Y., Mukti, G. A., Trenggono, I., & Ramadhanu. (2024). Peramalan Harga Saham ADRO dengan Geometric Brownian Motion. *PERWIRA: Jurnal Pendidikan Kewirausahaan Indonesia*, 7(2), 108–116.
- Putra, W. A., & Noviyanti, L. (2023). Pemodelan Harga Saham Dengan Metode Geometric Brownian Motion PT Kalbe Farma Tbk. *Seminar Nasional Statistika Aktuaria Ii (2023)*, Vol. 2 (Seminar Nasional Statistika Aktuaria II), 8.
- Putri, D. M., & Hasibuan, L. H. (2020). Penerapan Gerak Brown Geometrik Pada Data Saham Pt. Antm. *MAP (Mathematics and Applications) Journal*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.15548/map.v2i2.2258>
- Quraisy, A. (2022). Normalitas Data Menggunakan Uji Kolmogorov Smirnov dan Saphiro-Wilk. *J-HEST Journal of Health Education Economics Science and Technology*, 3(1), 7–11. <https://doi.org/10.36339/jhest.v3i1.42>
- Sari, I. M., & Rosha, M. (2019). Pemodelan Indeks Harga Saham pada Jakarta Islamic Index Menggunakan Generalisasi Proses Wiener. *UNPjoMath*, 2(3), 27.
- Sutanto, C. (2021). Literature Review: Pengaruh Inflasi Dan Leverage Terhadap Profitabilitas Dan Return Saham. *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, 2(5), 589–603. <https://doi.org/10.31933/jimt.v2i5.567>
- Trimono, Asih Maruddani, D. I., & Ispriyanti, D. (2017). PEMODELAN HARGA SAHAM DENGAN GEOMETRIC BROWNIAN MOTION DAN VALUE AT RISK PT



CIPUTRA DEVELOPMENT Tbk. Jurnal Gaussian, 6(2), 261–270. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>

Wijaya, E. M. (2022). Estimasi risiko portofolio optimal model markowitz dan mean absolute deviation dengan simulasi monte carlo.

