

RESPONSI
PEMODELAN DAN SIMULASI

**Simulasi Prediksi Harga Saham PT Bank Central Asia Tbk
(BBCA) Menggunakan Metode *Geometric Brownian Motion*
Dan Analisis Risiko *Value At Risk* (VaR)**

Dosen Pengampu:

Shaifudin Zuhdi, S.Si., M.Cs.



OLEH:

TRISHA GARNIS WAHNINGYUN

SAINS DATA

L0224012

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS DATA

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

2025

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasar modal merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian yang menawarkan alternatif investasi bagi masyarakat. Namun, investasi saham memiliki karakteristik *high risk high return*, di mana potensi keuntungan yang tinggi selalu diikuti dengan risiko ketidakpastian harga. Perubahan harga saham yang fluktuatif dan sulit diprediksi mengakibatkan keuntungan investasi menjadi tidak menentu, sehingga investor dihadapkan pada risiko kehilangan modal (*capital loss*) (Aulia et al., 2023). Oleh karena itu, penerapan metode kuantitatif sangat diperlukan untuk memproyeksikan pergerakan harga di masa depan guna meminimalisir risiko tersebut.

Salah satu metode stokastik yang menjadi standar dalam pemodelan harga aset keuangan adalah **Geometric Brownian Motion (GBM)**. Menurut **Glasserman (2004)**, model ini mengasumsikan bahwa logaritma harga saham bergerak secara acak (*random walk*) dengan nilai *drift* (tren) dan volatilitas yang konstan, sehingga cocok digunakan untuk mensimulasikan dinamika pasar yang tidak pasti. Untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih akurat, model GBM sering diintegrasikan dengan **Simulasi Monte Carlo**, yaitu metode komputasi yang membangkitkan ribuan skenario kemungkinan jalur harga berdasarkan karakteristik data historis (Asih Maruddani et al., 2017).

Selain prediksi harga, manajemen risiko juga menjadi aspek krusial dalam keputusan investasi. Salah satu alat ukur risiko yang paling banyak digunakan adalah **Value at Risk (VaR)**. Metode ini didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang mungkin terjadi pada tingkat kepercayaan tertentu dalam periode waktu yang ditetapkan (Glasserman, 2004b). Dengan menggabungkan simulasi Monte Carlo dan perhitungan VaR, investor dapat mengetahui batas toleransi kerugian secara terukur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil proyeksi pergerakan harga saham BBKA untuk 31 hari ke depan menggunakan simulasi Monte Carlo dengan model *Geometric Brownian Motion*?
2. Berapa nilai risiko (*Value at Risk*) maksimum yang mungkin terjadi pada investasi saham BBKA dengan tingkat kepercayaan 95%?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan laporan ini adalah:

1. Menerapkan metode simulasi Monte Carlo untuk memprediksi probabilitas harga saham BBCA di masa depan.
2. Menghitung estimasi potensi kerugian maksimal (*Value at Risk*) sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen risiko investasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar analisis lebih terfokus, diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data historis harga penutupan (Close Price) saham BBCA.
2. Model prediksi yang digunakan adalah Geometric Brownian Motion (GBM) tanpa memperhitungkan faktor fundamental eksternal (berita ekonomi/politik).
3. Simulasi dilakukan untuk horison waktu prediksi selama 31 hari kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi Saham dan Risiko

Saham didefinisikan sebagai tanda penyertaan modal seseorang atau pihak (badan usaha) dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Dalam investasi saham, terdapat dua komponen utama yang selalu beriringan, yaitu tingkat pengembalian (*return*) dan risiko (*risk*). *Return* adalah keuntungan yang diharapkan oleh investor, sedangkan risiko adalah besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan dengan tingkat pengembalian aktual (Aulia et al., 2023).

2.2 Geometric Brownian Motion (GBM)

Geometric Brownian Motion (GBM) adalah model stokastik waktu kontinu yang paling umum digunakan untuk memodelkan pergerakan harga aset keuangan. Model ini diperkenalkan oleh Samuelson (1965) dan menjadi dasar dari formula Black-Scholes.

Menurut Glasserman (2004), harga saham $S(t)$ dikatakan mengikuti proses GBM jika memenuhi persamaan diferensial stokastik berikut $\frac{dS(t)}{S(t)} = \mu dt + \sigma dZ(t)$

Solusi eksak dari persamaan di atas untuk memprediksi harga saham pada waktu $t + 1$ adalah:

$$S_{(t+1)} = S_t \times \exp \left(\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} Z \right)$$

Dimana:

- S_t : Harga saham pada waktu ke- t .
- μ (*Drift*): Nilai rata-rata pengembalian (*expected return*).
- σ (*Volatility*): Standar deviasi dari *log-return* harga saham.
- Z : Variabel acak berdistribusi normal standar $\sim N(0,1)$.
- Δt : Perubahan waktu (dalam simulasi harian $\Delta t = 1$).

Model ini mengasumsikan bahwa logaritma harga saham berdistribusi normal, sehingga harga saham itu sendiri tidak akan pernah bernilai negatif (Glasserman, 2004).

2.3 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah metode komputasi yang menggunakan pengambilan sampel acak berulang (*repeated random sampling*) untuk mendapatkan hasil numerik dari suatu sistem yang mengandung ketidakpastian.

Dalam konteks prediksi saham, simulasi ini bekerja dengan membangkitkan ribuan kemungkinan jalur harga (Z acak) berdasarkan parameter drift dan volatilitas historis. Menurut Asih Maruddani et al. (2017), metode ini sangat efektif untuk mengatasi masalah non-linearitas pada data keuangan dan memberikan gambaran distribusi probabilitas harga di masa depan yang lebih lengkap daripada sekadar prediksi satu titik.

2.4 Value at Risk (VaR)

Value at Risk (VaR) adalah metode standar dalam manajemen risiko untuk mengukur potensi kerugian maksimum pada suatu portofolio investasi selama periode waktu tertentu dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) tertentu.

Berdasarkan Glasserman (2004), VaR didefinisikan sebagai persentil (x_p) dari distribusi kerugian. Secara matematis, untuk tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$, VaR dihitung sebagai selisih antara modal awal (S_0) dengan harga saham pada kuantil batas bawah (α):

$$VaR_{(1-\alpha)} = S_0 - S_{(\alpha)}$$

Keterangan:

- S_0 : Nilai investasi awal.
- $S_{(\alpha)}$: Nilai portofolio pada persentil ke- α (misal persentil ke-5 untuk kepercayaan 95%).
- α : Tingkat signifikansi (toleransi risiko).

Jika $S_{(\alpha)}$ adalah skenario terburuk yang disimulasikan, maka VaR merepresentasikan jumlah uang maksimum yang mungkin hilang dalam kondisi pasar normal (Aulia et al., 2023)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan jenis data sekunder berupa data runtun waktu (*time series*) historis saham. Objek penelitian adalah saham **PT Bank Central Asia Tbk** dengan kode emiten **BBCA.JK**.

Data diperoleh secara daring melalui penyedia data keuangan **Yahoo Finance** menggunakan pustaka (*library*) *yfinance* pada bahasa pemrograman Python. Spesifikasi data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Variabel Data: Harga Penutupan (*Close Price*) harian yang telah disesuaikan (*Adjusted Close*).
2. Periode Data: 5 tahun terakhir.
3. Frekuensi: Harian (*Daily*).

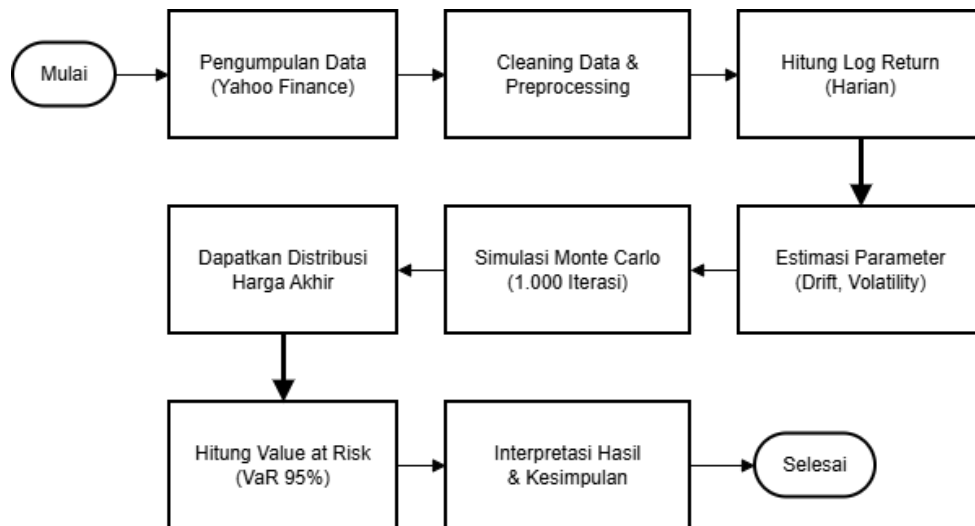
3.2 Alat dan Perangkat Lunak

Proses pengolahan data dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat komputasi dengan spesifikasi perangkat lunak sebagai berikut:

1. Bahasa Pemrograman: Python.
2. Lingkungan Pengembangan: Jupyter Notebook.
3. Pustaka (*Library*) Pendukung:
 - Pandas : Untuk manipulasi dan pembersihan data tabel (*dataframe*).
 - NumPy : Untuk operasi matematika, aljabar linear, dan pembangkitan bilangan acak (*random number generator*) dalam simulasi Monte Carlo.
 - Matplotlib : Untuk visualisasi data berupa grafik pergerakan harga dan histogram distribusi.
 - Yfinance : Untuk mengunduh data historis saham secara *real-time*.
 - SciPy : Untuk perhitungan fungsi distribusi normal.

3.3 Prosedur

Tahapan pelaksanaan simulasi dan analisis risiko dilakukan melalui langkah-langkah sistematis sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur

1. Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Mengunduh data historis harga saham BBKA selama 5 tahun terakhir dan melakukan pembersihan data (*data cleaning*) untuk memastikan tidak ada nilai yang kosong (*missing values*).

2. Perhitungan *Log Return*

Menghitung tingkat pengembalian harian (*return*) menggunakan metode *Logarithmic Return* karena sifatnya yang aditif dan mendekati distribusi normal. Rumus yang digunakan:

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

3. Estimasi Parameter Model

Menghitung parameter input untuk model *Geometric Brownian Motion*, yaitu:

- Drift (μ) Rata-rata dari *log return* harian.
- Volatilitas (σ): Standar deviasi dari *log return* harian.

4. Simulasi Monte Carlo

Melakukan iterasi simulasi sebanyak 1.000 skenario untuk memprediksi harga saham selama 31 hari ke depan. Prediksi dilakukan menggunakan persamaan diskrit GBM (Glasserman, 2004):

$$S_{t+1} = S_t \exp \left(\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) + \sigma Z \right)$$

5. Analisis Risiko (*Value at Risk*)

Menghitung nilai *Value at Risk* (VaR) pada tingkat kepercayaan 95%. VaR ditentukan dengan mencari selisih antara harga awal (S_0) dengan harga pada persentil ke-5 dari distribusi harga hasil simulasi akhir.

6. Interpretasi Hasil

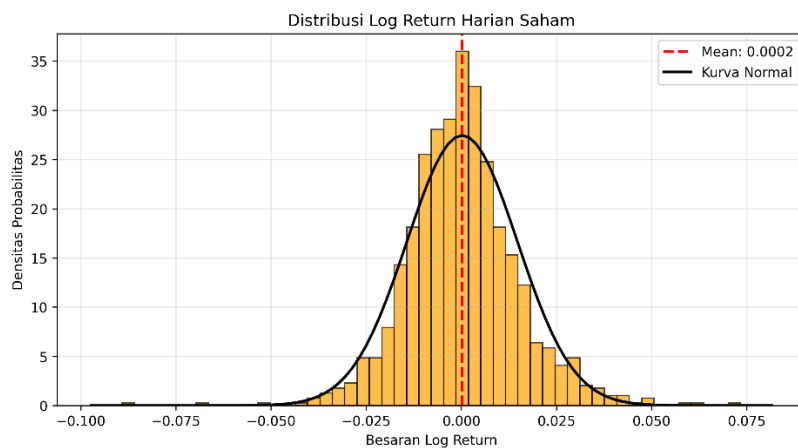
Menganalisis *output* berupa grafik *spaghetti plot*, histogram distribusi probabilitas, dan nilai nominal risiko untuk menarik kesimpulan investasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Historis dan Parameter Model

Langkah pertama dalam simulasi adalah menganalisis karakteristik pergerakan harga saham BBCA selama 5 tahun terakhir. Analisis ini dilakukan dengan menghitung *Log Return* harian untuk mendapatkan parameter *Drift* (tren rata-rata) dan *Volatility* (tingkat risiko).



Gambar 4. 1 Distribusi Log Return Harian Saham BBCA

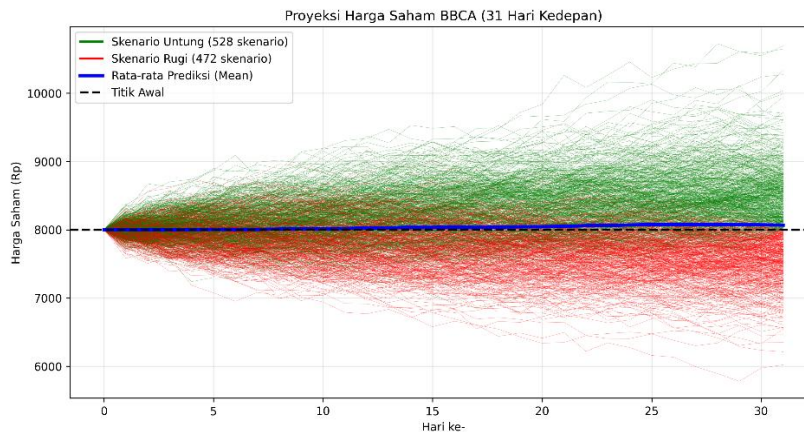
Berdasarkan Gambar 4.1, terlihat bahwa distribusi pengembalian harian (*return*) saham BBCA membentuk kurva lonceng (*bell curve*) yang mendekati distribusi normal. Hal ini mengonfirmasi bahwa asumsi normalitas yang digunakan dalam model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dapat diterima.

Dari data tersebut, diperoleh dua parameter kunci untuk simulasi:

1. Drift Positif: Rata-rata *return* bernilai positif, mengindikasikan bahwa secara tren jangka panjang, harga saham BBCA memiliki kecenderungan untuk naik (*uptrend*).
2. Volatilitas Terukur: Sebaran data di sekitar rata-rata menunjukkan tingkat fluktuasi harga. Nilai ini menjadi basis pengali acak (*random shock*) dalam simulasi Monte Carlo.

4.2 Hasil Simulasi Monte Carlo (Proyeksi Pergerakan Harga)

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan membangkitkan 1.000 skenario kemungkinan jalur harga untuk periode 31 hari ke depan. Hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk *Spaghetti Plot* berikut:



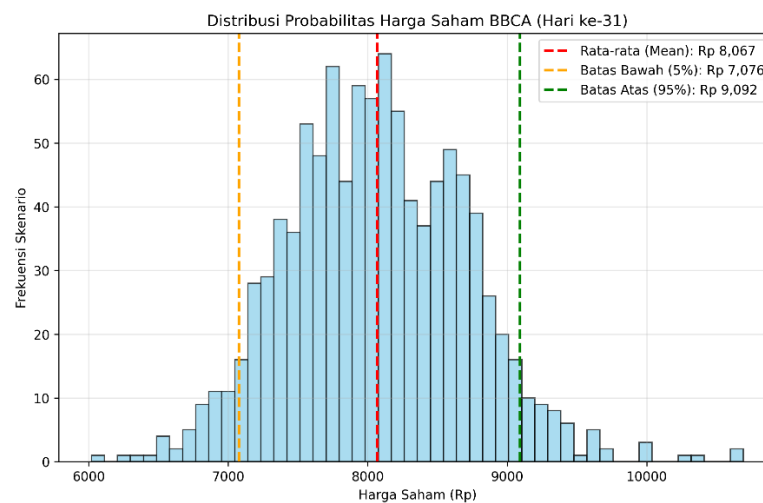
Gambar 4. 2 Spaghetti Plot Proyeksi Harga Saham BBKA (1.000 Skenario)

Grafik di atas menunjukkan visualisasi ketidakpastian harga di masa depan:

- **Garis Biru (Mean):** Menunjukkan rata-rata dari seluruh skenario. Garis ini merepresentasikan "Ekspektasi Harga Wajar" di masa depan.
- **Sebaran Jalur:** Semakin jauh hari prediksi (ke kanan), sebaran garis semakin melebar. Hal ini sesuai dengan prinsip *Time Value of Money* dan ketidakpastian, di mana semakin panjang horison waktu investasi, semakin tinggi tingkat ketidakpastiannya.
- Meskipun terdapat skenario ekstrem di mana harga turun drastis (garis merah paling bawah) atau naik drastis (garis hijau paling atas), mayoritas skenario berkumpul di sekitar area rata-rata (pusat distribusi).

4.3 Analisis Distribusi Probabilitas Akhir

Untuk menentukan probabilitas harga pada hari ke-31 (akhir periode prediksi), dilakukan analisis distribusi frekuensi dari harga akhir seluruh skenario.



Gambar 4. 3 Histogram Distribusi Harga Saham pada Hari ke-31

Histogram di atas menunjukkan sebaran probabilitas harga akhir:

1. Mean (Garis Merah): Menunjukkan harga yang paling mungkin terjadi secara statistik (*expected value*).
2. Confidence Interval 95%: Area di antara garis oranye (Batas Bawah/q5) dan garis hijau (Batas Atas/q95) adalah area probabilitas 90%. Artinya, investor memiliki tingkat keyakinan yang tinggi bahwa harga saham BBKA bulan depan akan bergerak di dalam rentang tersebut.
3. Skewness: Distribusi harga saham bersifat *Lognormal*, yang berarti harga tidak mungkin bernilai negatif (terbatas di nol) namun bisa naik tanpa batas (ekor kanan lebih panjang).

4.4 Perhitungan Risiko (*Value at Risk*)

Berdasarkan distribusi harga akhir pada Gambar 4.3, risiko investasi dihitung menggunakan metode Value at Risk (VaR) pada tingkat kepercayaan 95%.

Hasil perhitungan risiko adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Value at Risk (VaR 95%)

Komponen Analisis	Nilai	Keterangan
Horizon Waktu Prediksi	31 Hari	Periode proyeksi ke depan
Tingkat Kepercayaan (Confidence Level)	95%	Probabilitas kerugian tidak melebihi estimasi
Harga Saham Awal (S0)	Rp 8.000	Harga penutupan terakhir data historis
Estimasi Harga Terburuk (S0.05)	Rp 7.076	Batas bawah harga pada persentil ke-5
Risiko Kerugian (VaR) Nominal	Rp 924,24	Selisih antara S0 dan S0.05 (per lembar)
Risiko Kerugian (VaR) Persentase	-11,55%	Persentase penurunan maksimum yang diantisipasi
Skenario Simulasi Investasi	100 Lot	Asumsi volume pembelian (10.000 lembar)
Total Modal Investasi	Rp 80.000.000	Modal awal yang dikeluarkan
Total Potensi Kerugian Maksimal	Rp 9.242.385	Estimasi uang hilang terbesar dalam kondisi normal

Interpretasi Hasil:

1. Batas Risiko Wajar

Dengan tingkat keyakinan 95%, risiko penurunan harga maksimal diperkirakan sebesar **Rp 924,24** per lembar. Artinya, terdapat probabilitas 95% bahwa kerugian investor tidak akan melebihi jumlah tersebut dalam kondisi pasar normal.

2. Acuan Stop Loss

Secara statistik, harga saham diprediksi memiliki batas bawah (support) kuat di level **Rp 7.076**. Angka ini ideal dijadikan acuan untuk memasang titik *Stop Loss* guna membatasi kerugian.

3. Simulasi Portofolio Riil

Jika investor membeli 100 Lot saham BBKA hari ini (Modal \approx Rp 80.000.000), maka estimasi risiko modal yang mungkin hilang (*Maximum Potential Loss*) adalah sebesar **Rp 9.242.385**.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo dan perhitungan *Value at Risk* (VaR) terhadap harga saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) untuk periode prediksi 31 hari ke depan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proyeksi Pergerakan Harga

Penerapan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dengan 1.000 iterasi menunjukkan bahwa pergerakan harga saham BBCA memiliki tren probabilistik yang mengikuti distribusi lognormal. Meskipun terdapat ketidakpastian (*random walk*), rata-rata dari seluruh skenario simulasi menunjukkan ekspektasi harga yang rasional sesuai dengan tren historisnya. Dalam skenario terburuk (*worst-case*) pada persentil ke-5, harga saham diprediksi akan tertahan pada level **Rp 7.076**.

2. Estimasi Risiko (*Value at Risk*)

Risiko investasi pada saham BBCA tergolong terukur. Pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95%, potensi kerugian maksimum yang mungkin dialami investor dalam kurun waktu 31 hari adalah sebesar **Rp 924,24** per lembar (penurunan estimasi - 11,55% dari harga awal Rp 8.000). Artinya, terdapat peluang sebesar 95% bahwa kerugian investor tidak akan melebihi angka tersebut dalam kondisi pasar normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asih Maruddani, D. I., Ispriyanti, D., & Trimono. (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>
- Aulia, F. R., Sulistianingsih, E., & Andani, W. (2023). Penerapan Model Geometric Brownian Motion Dan Perhitungan Nilai Value At Risk Pada Saham Bank Central Asia Tbk. *Epsilon: Jurnal Matematika Murni Dan Terapan*, 17(2), 149–159. <https://doi.org/10.20527/epsilon.v17i2.9537>
- Glasserman, P. (2004a). 3 . 2 Geometric Brownian Motion. In *Monte Carlo Methods in Financial Engineering* (Issue 0, pp. 93–107).
- Glasserman, P. (2004b). Applications in Risk Management. In *Monte Carlo Methods in Financial Engineering* (pp. 481–537). https://doi.org/10.1007/978-0-387-21617-1_9