

Model Evaluasi Risiko Investasi dan Pembentukan Portofolio Menggunakan Monte Carlo Value at Risk dan Mean-Variance: Studi Kasus Saham Periode 24 April 2024 – 25 April 2025

1st Olfio Yovanda
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

olfioyovanda@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sinta Aryani
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sintatelu@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Almaududi P
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

almaududi@telkomuniversity.ac.id

Ketidakpastian yang terjadi di pasar modal Indonesia mencerminkan tingkat volatilitas yang cukup tinggi, terutama bagi investor individu. Untuk merespons tantangan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah model evaluasi risiko investasi sekaligus penyusunan portofolio optimal dengan fokus pada saham sektor perbankan selama periode 24 April 2024 hingga 25 April 2025. Estimasi risiko dilakukan melalui metode Value at Risk (VaR) berbasis simulasi Monte Carlo yang didasarkan pada model Geometric Brownian Motion (GBM), sedangkan strategi pembentukan portofolio mengacu pada pendekatan Mean-Variance dari Markowitz. Seluruh proses pemodelan ini dikemas ke dalam sebuah aplikasi interaktif menggunakan platform Streamlit agar mudah diakses dan digunakan. Temuan dari studi ini menunjukkan bahwa integrasi antara pendekatan VaR dan Mean-Variance tidak hanya menghasilkan estimasi risiko yang lebih realistis dan portofolio yang efisien, tetapi juga dapat digunakan sebagai sarana edukatif untuk meningkatkan pemahaman risiko dan mendukung pengambilan keputusan investasi yang lebih rasional, khususnya di kalangan investor pemula atau individu yang sedang belajar berinvestasi.

Kata kunci— value at risk, mean-variance portfolio, saham, risiko

I. PENDAHULUAN

Dalam satu tahun terakhir, pasar modal Indonesia mengalami tekanan signifikan yang tercermin dari penurunan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dari 24 April 2024 hingga 25 April 2025. Sementara itu, jumlah investor pasar modal terus meningkat secara signifikan. Berdasarkan data Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI), hingga Maret 2025 tercatat sebanyak 15.774.512 investor, di mana 15.728.203 di antaranya adalah investor individu [1]. Namun, peningkatan inklusi keuangan ini belum diimbangi dengan literasi yang memadai. Survei Nasional Literasi dan Inklusi Keuangan (SNLIK) oleh OJK menunjukkan indeks inklusi keuangan mencapai 80,51%, tetapi indeks literasi hanya 66,46%, bahkan literasi khusus terhadap instrumen pasar modal hanya 17,78% [2].

Ketimpangan antara inklusi dan literasi ini menunjukkan urgensi pengembangan model evaluasi risiko yang mudah diakses, akurat, dan edukatif bagi investor individu. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan metode *Monte*

Carlo Value at Risk berbasis *Geometric Brownian Motion* dan pembentukan portofolio optimal dengan pendekatan *Mean-Variance*. Selain menghasilkan estimasi risiko dan komposisi portofolio yang efisien, model ini divisualisasikan melalui aplikasi berbasis web Streamlit agar dapat digunakan secara interaktif oleh investor.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori ini bertujuan memberikan landasan konseptual terhadap pendekatan dan metode yang digunakan dalam penelitian. Dengan memahami teori dasar dari masing-masing metode, pembaca dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terkait relevansi dan keakuratan model yang dibangun.

Dalam konteks manajemen risiko dan pembentukan portofolio, pendekatan kuantitatif menjadi penting untuk memformulasikan keputusan investasi yang terukur. Tiga konsep utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Value at Risk* (VaR), simulasi Monte Carlo, dan pendekatan *Mean-Variance* dalam optimasi portofolio. Selain itu, validasi model menjadi bagian krusial untuk memastikan akurasi hasil simulasi dan rekomendasi portofolio.

A. Value at Risk (VaR) dan Monte Carlo Simulation

Value at Risk (VaR) merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam mengukur risiko portofolio. VaR mengestimasi kerugian maksimum yang mungkin terjadi dalam suatu periode waktu tertentu pada tingkat keyakinan tertentu, misalnya 95% atau 99% [3]. Dalam studi ini, pendekatan VaR digunakan untuk menghitung potensi kerugian saham harian berdasarkan pergerakan harga historis.

Untuk memperkirakan VaR, penelitian ini menggunakan metode simulasi Monte Carlo. Simulasi ini dilakukan dengan membangkitkan ribuan jalur pergerakan harga berdasarkan model stokastik *Geometric Brownian Motion* (GBM) [4]. GBM mengasumsikan bahwa *return* logaritmik harga saham mengikuti distribusi normal dan bersifat kontinu dengan elemen drift dan volatilitas yang tetap [5].

B. Mean-Variance Portfolio

Teori portofolio *Mean-Variance* diperkenalkan oleh Harry Markowitz dan bertujuan untuk mengoptimalkan komposisi portofolio berdasarkan keseimbangan antara return ekspektasian dan risiko (variansi) [6]. Dalam konteks ini, investor rasional akan memilih portofolio yang memberikan return tertinggi pada tingkat risiko tertentu, atau sebaliknya, risiko terendah pada tingkat return yang diharapkan.

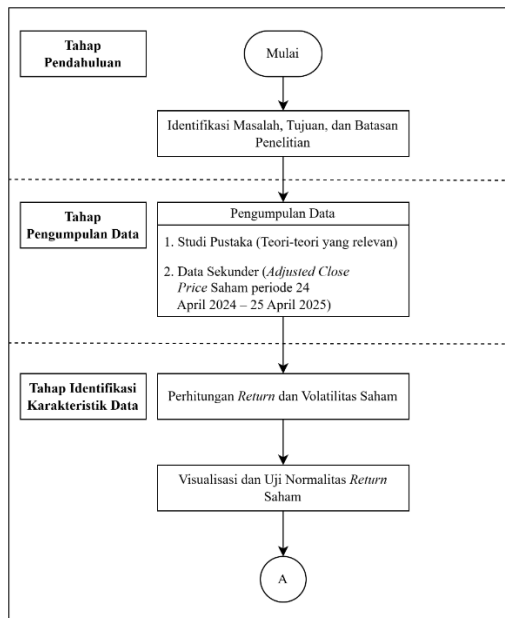
Langkah-langkah pembentukan portofolio melibatkan penghitungan return logaritmik dari harga saham historis dan pembuatan matriks kovarians antar saham. Return ini kemudian dinormalisasi agar memiliki skala yang seragam. Simulasi portofolio acak digunakan untuk mengeksplorasi berbagai kombinasi bobot saham, dan pendekatan optimasi *Mean-Variance* digunakan untuk menentukan alokasi aset optimal.

C. Validasi Model

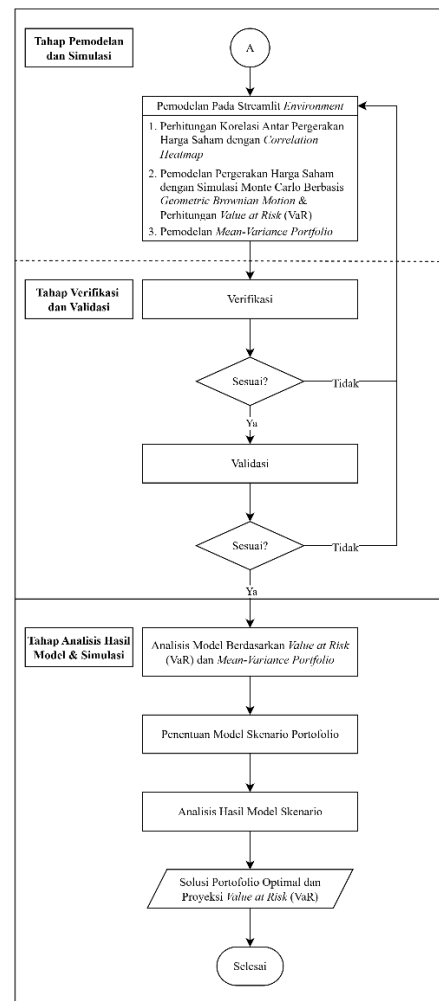
Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi bersifat akurat dan dapat diandalkan [7]. Salah satu teknik yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang mengukur rata-rata kesalahan prediksi model terhadap data aktual dalam satuan persentase [8].

III. METODE

Tahapan penelitian dalam studi ini disusun secara sistematis untuk menggambarkan alur proses pengembangan model secara menyeluruh. Diagram alir sistematis perancangan akan ditampilkan sebelum uraian tiap tahap berikut ini:



GAMBAR 1
Sistematika penyelesaian masalah



GAMBAR 2

Sistematika penyelesaian masalah lanjutan

A. Tahap Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah, tujuan penelitian, identifikasi kebutuhan literatur, serta penyusunan ruang lingkup. Selain itu, ditentukan pendekatan kuantitatif yang akan digunakan berdasarkan studi literatur yang relevan.

B. Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini mencakup pengambilan data historis harga penutupan harian dari enam saham sektor perbankan (BBCA, BBRI, BMRI, BBNI, BBTN, BNGA) selama periode 24 April 2024 hingga 25 April 2025.

C. Tahap Identifikasi Karakteristik Data

Setelah data dikumpulkan, dilakukan perhitungan return logaritmik, visualisasi tren harga, serta pembersihan data dari nilai hilang. Distribusi return diuji dengan Kolmogorov-Smirnov Test dan QQ Plot untuk mengonfirmasi asumsi distribusi normal.

D. Tahap Pemodelan dan Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan pendekatan Geometric Brownian Motion dengan parameter drift dan volatilitas historis. Selanjutnya, estimasi Value at Risk (VaR) dihitung menggunakan simulasi Monte Carlo. Model juga mencakup pembentukan portofolio menggunakan pendekatan Mean-Variance.

E. Tahap Verifikasi dan Validasi

Hasil simulasi divalidasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) terhadap data aktual. Evaluasi dilakukan untuk menilai ketepatan prediksi dan ketahanan model.

F. Tahap Analisis Hasil Model dan Simulasi

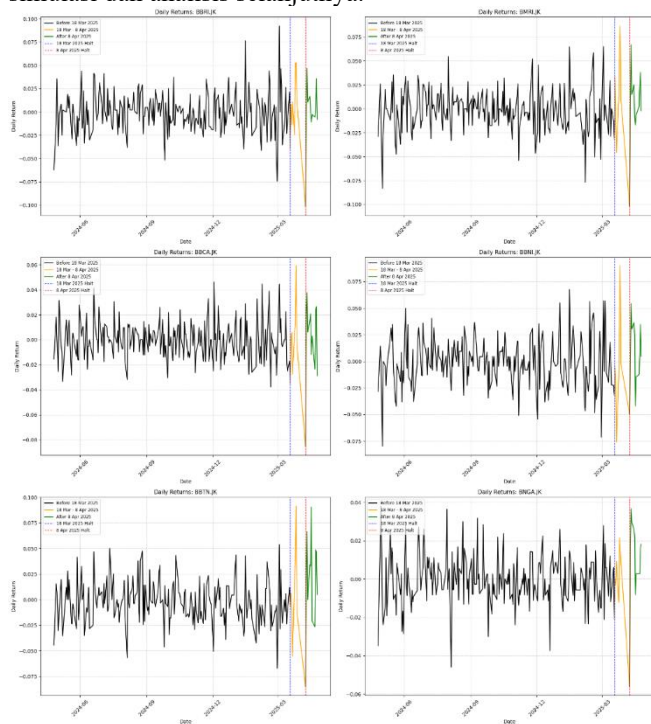
Hasil simulasi dan optimasi dianalisis secara komparatif. Perbandingan dilakukan antara return dan risiko portofolio acak dan portofolio optimal. Analisis ini juga disertai implementasi visual interaktif menggunakan dashboard Streamlit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada bagian ini mengikuti urutan tahapan dalam metode penelitian. Setiap subbagian menyajikan hasil yang relevan, termasuk tempat yang disediakan untuk menampilkan gambar visualisasi, grafik simulasi, dan output model dari aplikasi.

A. Pengumpulan Data

Data historis saham sektor perbankan dikumpulkan dari enam emiten dengan total 237 data harga penutupan harian masing-masing. *Return* dihitung sebagai dasar untuk proses simulasi dan analisis selanjutnya.

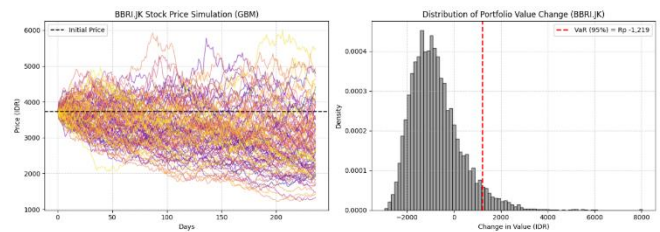


GAMBAR 3
Return saham yang dianalisis

Gambar 3 menunjukkan *return* harga masing-masing saham dari 24 April 2024 hingga 25 April 2025. Terlihat adanya tren fluktuatif dengan pola pergerakan berbeda-beda pada tiap emiten.

B. Simulasi Monte Carlo dan Value at Risk

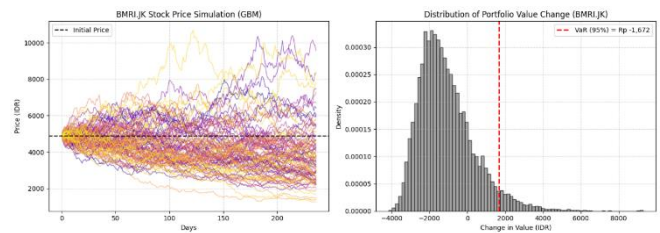
Model *Geometric Brownian Motion* digunakan untuk mensimulasikan beberapa jalur pergerakan harga saham. Dari hasil simulasi ini, dihitung nilai *Value at Risk* harian pada tingkat kepercayaan 95%. Hasilnya menunjukkan potensi kerugian maksimum yang mungkin terjadi pada masing-masing saham.



GAMBAR 4

Hasil Monte Carlo Value at Risk BBRI

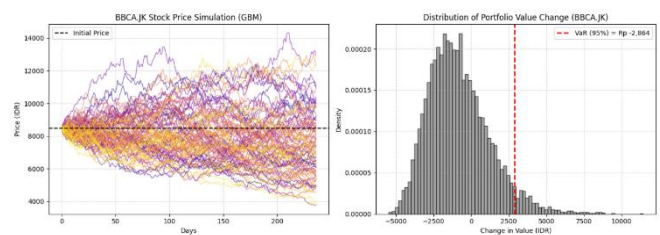
Gambar 4 menyajikan proyeksi harga saham BBRI melalui simulasi Monte Carlo menggunakan pendekatan Geometric Brownian Motion (GBM). Grafik ini memperlihatkan berbagai kemungkinan jalur pergerakan harga di masa mendatang yang dihitung dari data historis, serta menunjukkan estimasi Value at Risk (VaR).



GAMBAR 5

Hasil Monte Carlo Value at Risk BMRI

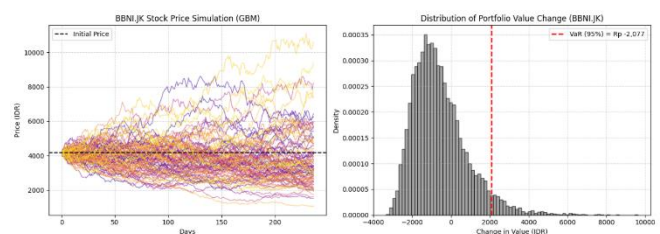
Gambar 5 menggambarkan hasil simulasi Monte Carlo terhadap saham BMRI. Visualisasi ini menampilkan berbagai skenario harga saham ke depan yang diperoleh dari proses simulasi acak, dengan garis batas bawah yang menunjukkan perkiraan risiko kerugian maksimum atau nilai VaR.



GAMBAR 6

Hasil Monte Carlo Value at Risk BBKA

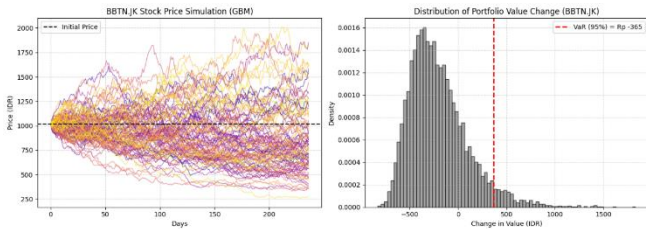
Gambar 6 menampilkan proyeksi harga untuk saham BBKA berdasarkan simulasi Monte Carlo. Grafik ini menunjukkan distribusi kemungkinan harga yang dihitung dari parameter historis, dengan bagian bawah kurva mencerminkan estimasi nilai Value at Risk.



GAMBAR 7

Hasil Monte Carlo Value at Risk BBNI

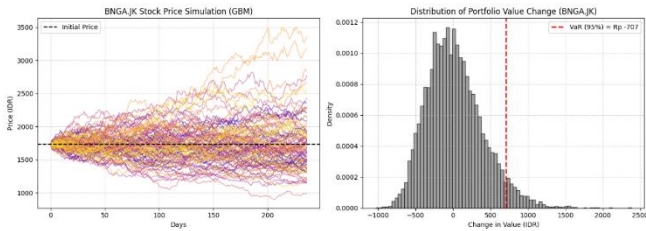
Gambar 7 memperlihatkan hasil proyeksi harga saham BBNI melalui pendekatan Monte Carlo. Visualisasi ini menunjukkan penyebaran simulasi harga dengan batas bawah yang digunakan untuk memperkirakan potensi kerugian maksimum, yaitu nilai VaR.



GAMBAR 8

Hasil Monte Carlo Value at Risk BBTN

Gambar 8 menyajikan hasil simulasi harga masa depan untuk saham BBTN menggunakan model stokastik. Dalam grafik ini, berbagai kemungkinan pergerakan harga divisualisasikan, termasuk estimasi batas bawah risiko melalui perhitungan Value at Risk.



GAMBAR 9

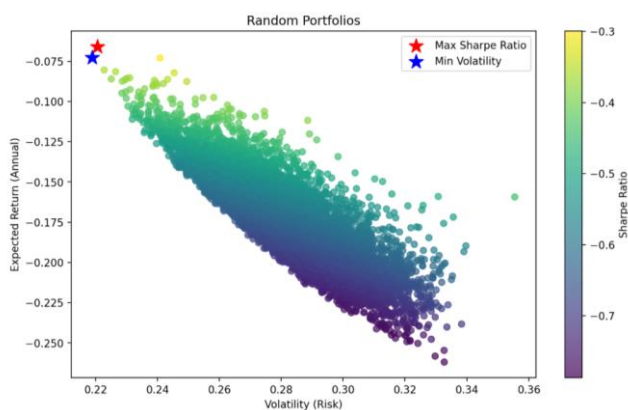
Hasil Monte Carlo Value at Risk BNGA

Gambar 9 memperlihatkan hasil simulasi Monte Carlo untuk saham BNGA. Grafik ini menampilkan prediksi distribusi harga saham dengan pendekatan acak dan memperlihatkan nilai VaR sebagai batas bawah dari proyeksi tersebut.

Visualisasi memperlihatkan variasi proyeksi harga saham ke depan berdasarkan parameter drift dan volatilitas historis. Estimasi VaR ditunjukkan dalam bentuk batas bawah dari distribusi hasil simulasi.

C. Mean-Variance Portfolio Optimization

Return hasil simulasi digunakan dalam pendekatan *Mean-Variance* untuk mengoptimalkan bobot portofolio. Simulasi 10.000 portofolio acak dilakukan untuk memetakan risiko dan return, menghasilkan portofolio efisien yang memberikan kompromi terbaik antara risiko dan keuntungan.



GAMBAR 10

Hasil simulasi portofolio

Gambar 10 menunjukkan sebaran portofolio acak dalam ruang risiko-return. Portofolio menandakan suatu kombinasi yang didasarkan pada tujuan minimisasi risiko dan maksimisasi *return*.

D. Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai MAPE simulasi dibandingkan dengan data aktual untuk menilai akurasi prediksi. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang digunakan akurat dan dapat diterima secara statistik.

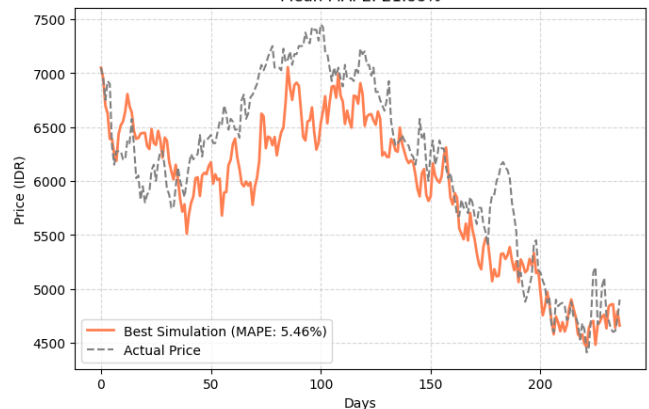
BBRI - Simulation vs Actual
Mean MAPE: 21.00%



GAMBAR 11
MAPE BBRI

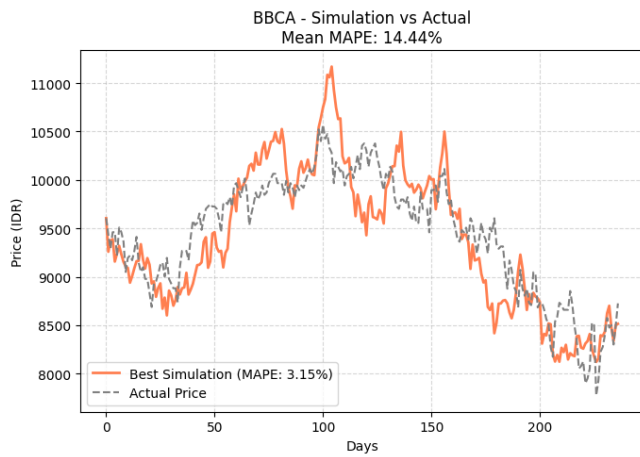
Gambar 11 menunjukkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebagai hasil validasi model terhadap data aktual untuk saham BBRI. Grafik ini digunakan untuk mengukur tingkat akurasi model dalam memprediksi pergerakan harga berdasarkan data historis.

BMRI - Simulation vs Actual
Mean MAPE: 21.88%



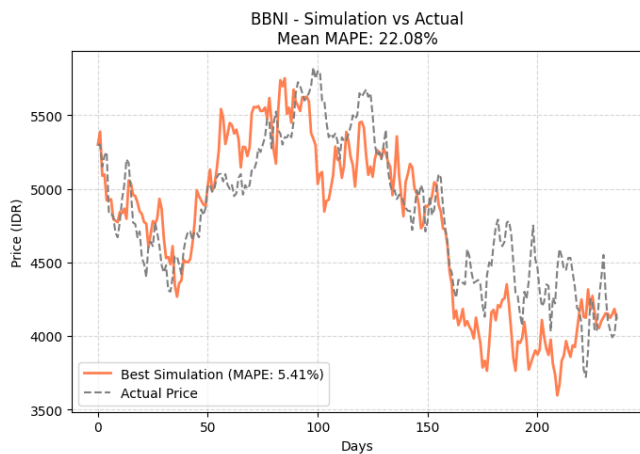
GAMBAR 12
MAPE BMRI

Gambar 12 menampilkan hasil evaluasi akurasi model dengan menggunakan MAPE untuk saham BMRI. Nilai ini menjadi indikator seberapa besar deviasi antara hasil simulasi dengan data riil, sehingga dapat menilai keandalan model.



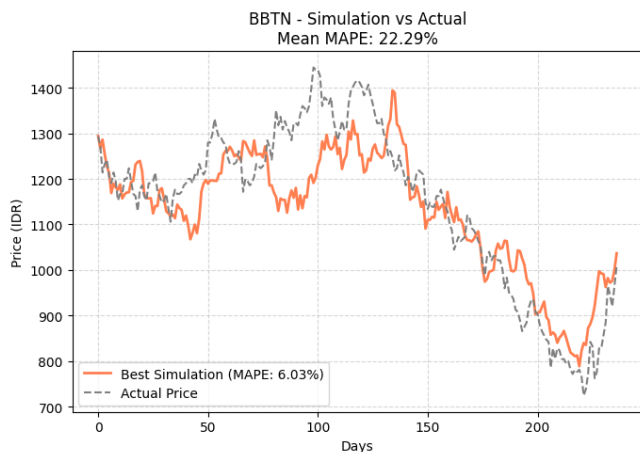
GAMBAR 13
MAPE BBKA

Gambar 13 menyajikan hasil validasi model menggunakan MAPE terhadap data saham BBKA. Grafik ini memberikan gambaran seberapa dekat hasil simulasi dengan data aktual dan menjadi tolok ukur kinerja prediktif dari model.



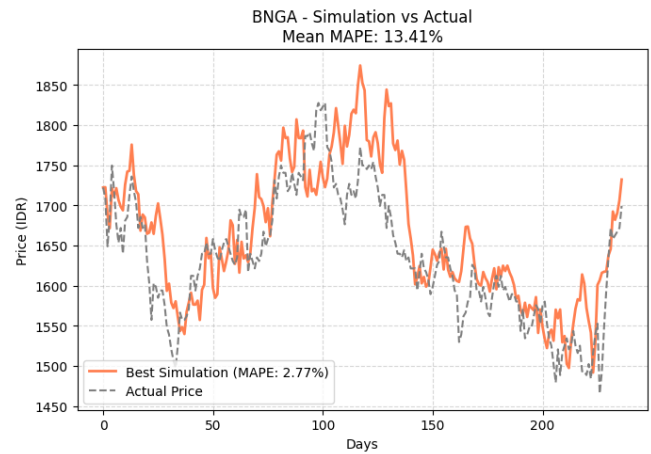
GAMBAR 14
MAPE BBNI

Gambar 14 menggambarkan tingkat kesalahan prediksi (MAPE) untuk saham BBNI. Nilai ini digunakan untuk mengevaluasi presisi model simulasi Monte Carlo dalam merepresentasikan kondisi pasar nyata.



GAMBAR 15
MAPE BBTN

Gambar 15 memperlihatkan nilai MAPE yang dihitung untuk saham BBTN sebagai bagian dari proses validasi. Hasil ini digunakan untuk menunjukkan sejauh mana model dapat mereproduksi data historis secara akurat.



GAMBAR 16
MAPE BNGA

Gambar 16 menampilkan evaluasi akurasi model melalui nilai MAPE untuk saham BNGA. Grafik ini mengukur efektivitas model dalam menghasilkan simulasi harga yang mendekati kenyataan, menunjukkan validitas pendekatan yang digunakan.

Hasil perhitungan MAPE menunjukkan bahwa seluruh saham memiliki nilai MAPE di bawah 50%, dengan rata-rata sekitar 13–23%, menunjukkan bahwa hasil simulasi dapat dikategorikan akurat [9].

E. Solusi Implementatif bagi Investor

Model yang dikembangkan diimplementasikan dalam bentuk dashboard interaktif menggunakan Streamlit. Streamlit merupakan library Python berbasis *open-source* yang dirancang untuk memudahkan pembuatan aplikasi web interaktif berbasis data secara cepat, cukup dengan menggunakan kode Python [10]. Investor dapat memilih saham, periode, dan parameter analisis secara langsung untuk memperoleh informasi risiko dan portofolio optimal secara *real time*.



GAMBAR 15

Tampilan *interface* aplikasi

Gambar 15 menampilkan antarmuka aplikasi yang menyediakan fitur upload data, pemilihan saham, dan visualisasi grafik simulasi serta hasil portofolio. Hal ini memberikan pengalaman pengguna yang lebih interaktif dan mudah digunakan.

V. KESIMPULAN

Model gabungan *Monte Carlo Value at Risk* dan *Mean-Variance Portfolio* terbukti mampu memberikan estimasi

risiko dan pembentukan portofolio yang efisien. Implementasi dalam bentuk aplikasi Streamlit memberikan nilai tambah edukatif dan interaktif. Model ini diharapkan dapat menjadi referensi pengambilan keputusan investasi yang lebih terinformasi, khususnya bagi investor individu.

REFERENSI

- [1] KSEI. “Statistik Pasar Modal Indonesia Maret 2025.” Internet: https://www.ksei.co.id/files/Statistik_Publik_Maret_2025.pdf, [Accessed: Jul. 31, 2025].
- [2] Otoritas Jasa Keuangan. “Indeks literasi dan inklusi keuangan masyarakat meningkat: OJK dan BPS umumkan hasil Survei Nasional Literasi dan Inklusi Keuangan (SNLIK) Tahun 2025.” Internet: <https://ojk.go.id/id/berita-dan-kegiatan/siaran-pers/Pages/OJK-dan-BPS-Umumkan-Hasil-Survei-Nasional-Literasi-Dan-Inklusi-Kuangan-SNLIK-Tahun-2025.aspx>, [Accessed: Jul. 31, 2025].
- [3] Z. Bodie, A. Kane, and A. J. Marcus, *Investments*, 10th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [4] R. Gupta, E. A. Drzazga-Szcześniak, S. Kais, and D. Szcześniak, “Entropy corrected geometric Brownian motion,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 28384, 2024.
- [5] V. Stojkoski, T. Sandev, L. Basnarkov, L. Kocarev, and R. Metzler, “Generalised geometric Brownian motion: Theory and applications to option pricing,” *Entropy*, vol. 22, no. 12, p. 1432, 2020.
- [6] N. T. Laopodis, *Understanding Investments*, 2nd ed. New York: Routledge, 2020.
- [7] C. L. Ramspek, K. J. Jager, F. W. Dekker, C. Zoccali, and M. van Diepen, “External validation of prognostic models: what, why, how, when and where?,” *Clin. Kidney J.*, vol. 14, no. 1, pp. 49–58, 2021.
- [8] Ü. Yılmaz and S. S. Kavaklıgil, “Evaluating the prediction success of soil organic carbon stock in pasture land using different modeling performance metrics,” *Eurasian J. Soil Sci.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2024, doi:10.18393/ejss.1558316.
- [9] P. A. Febriani and V. Mandailina, “Accuracy rate of least square support vector machine method and its various modifications: A forecasting evaluation on multi-type data,” *Ingén. Syst. Inf.*, vol. 29, no. 3, 2024.
- [10] Y. Akkem, B. S. Kumar, and A. Varanasi, “Streamlit application for advanced ensemble learning methods in crop recommendation systems—a review and implementation,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 48, pp. 4688–4702, 2023.