



## OPTIMISASI PORTOFOLIO DI BURSA EFEK INDONESIA: ANALISIS VAR UNTUK INVESTASI KONVENSIONAL DAN SYARIAH

Dwi Tjahjo Purnomo

Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

### Info Artikel

**Sejarah Artikel:**

Diterima 28-05-2025

Disetujui 25-06-2025

Dipublikasikan 28-06-2025

### Abstrak

Penelitian ini mengembangkan kerangka statistik berbasis Value-at-Risk (VaR) untuk mengoptimalkan portofolio di Bursa Efek Indonesia (BEI), membandingkan performa portofolio konvensional (10 saham) dan syariah (5 saham) menggunakan data harga harian dari 2 Januari 2019 hingga 30 Desember 2024. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi efektivitas tiga metode VaR, yaitu simulasi historis, varians-kovarians, dan Monte Carlo—serta mengintegrasikannya dengan optimalisasi Markowitz. Hasil menunjukkan bahwa portofolio syariah memiliki risiko lebih tinggi (VaR Rp21,2–22,4 juta) dibandingkan konvensional (Rp18,1–20,0 juta) pada tingkat kepercayaan 95%. Simulasi Monte Carlo terbukti paling akurat (pelanggaran ~4,5–4,9%), diikuti simulasi historis dan varians-kovarians. Optimalisasi Markowitz mengurangi volatilitas portofolio (konvensional: 18% menjadi 16%; syariah: 20% menjadi 18%) dan meningkatkan rasio Sharpe (konvensional: 0,85 menjadi 1,20; syariah: 0,80 menjadi 1,10). Validasi melalui backtesting dan uji Kupiec mengkonfirmasi robustnya model. Penelitian ini berkontribusi pada literatur pengelolaan risiko di pasar berkembang dengan menawarkan alternatif statistik terhadap pendekatan machine learning, sekaligus memberikan alat praktis bagi investor dan pedoman bagi regulator BEI, khususnya untuk investasi syariah.

## PORTFOLIO OPTIMIZATION IN IDX: VAR ANALYSIS FOR CONVENTIONAL AND SHARIA-COMPLIANT INVESTMENTS

### Abstract

**Keywords:**

Kata Kunci: Value-at-Risk, optimalisasi portofolio, investasi syariah, Bursa Efek Indonesia, simulasi Monte Carlo, Markowitz, pengelolaan risiko.

*This study develops a statistical framework based on Value-at-Risk (VaR) to optimize portfolios on the Indonesia Stock Exchange (IDX), comparing the performance of conventional (10 stocks) and sharia (5 stocks) portfolios using daily price data from January 2, 2019 to December 30, 2024. The study aimed to evaluate the effectiveness of three VaR methods—historical simulations, variance-covariance, and Monte Carlo—and to integrate them with Markowitz optimization. The results show that sharia portfolios have a higher risk (VaR of Rp21.2–22.4 million) than conventional (Rp18.1–20.0 million) at a confidence level of 95%. Monte Carlo simulations proved to be the most accurate (~4.5–4.9% violations), followed by historical simulations and variance-covariances. Markowitz optimization reduces portfolio volatility (conventional: 18% to 16%; sharia: 20% to 18%) and increases the Sharpe ratio (conventional: 0.85 to 1.20; sharia: 0.80 to 1.10). Validation through backtesting and Kupiec tests confirmed the robustness of the model. This research contributes to the risk management literature in emerging markets by offering a statistical alternative to machine learning approaches, while providing practical tools for investors and guidelines for IDX regulators, especially for Islamic investments.*

## PENDAHULUAN

Optimalisasi portofolio merupakan elemen kunci dalam pengelolaan investasi, terutama di pasar saham yang volatil seperti Bursa Efek Indonesia (BEI). Sebagai pasar saham di negara berkembang, BEI menawarkan peluang investasi yang menarik, namun juga menghadapi tantangan berupa volatilitas harga saham dan risiko pasar yang tinggi. Value-at-Risk (VaR) telah menjadi alat pengelolaan risiko yang esensial untuk mengukur potensi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan tertentu, sehingga mendukung pengambilan keputusan investasi yang lebih terinformasi (Jorion, 2007). Pendekatan VaR berbasis statistik, seperti simulasi historis, varians-kovarians, dan simulasi Monte Carlo, menawarkan kesederhanaan dan kemudahan interpretasi, menjadikannya relevan untuk konteks pasar berkembang seperti BEI (Norton et al., 2021). Di sisi lain, investasi syariah semakin mendapat perhatian di Indonesia, mengingat mayoritas penduduknya beragama Islam. Investasi syariah memiliki karakteristik unik, seperti larangan terhadap riba, spekulasi berlebihan (gharar), dan investasi pada sektor yang tidak sesuai dengan prinsip syariah, yang memengaruhi komposisi portofolio dan estimasi risiko (Chen et al., 2021).

Meskipun terdapat kemajuan dalam penerapan teknologi, seperti pembelajaran mesin, untuk optimalisasi portofolio (Ma et al., 2021), penerapan metode VaR berbasis statistik di BEI masih terbatas. Sebagian besar penelitian di BEI berfokus pada pendekatan pembelajaran mesin tanpa mengeksplorasi secara mendalam keunggulan metode statistik, seperti model berbasis VaR atau Conditional Value-at-Risk (CVaR) (Dixit & Tiwari, 2020). Selain itu, studi yang membandingkan estimasi VaR antara portofolio konvensional dan syariah di BEI masih jarang, padahal pembatasan investasi syariah dapat secara signifikan memengaruhi profil risiko dan pengembalian portofolio (Demiralay & Bayracı, 2021). Literatur tentang pengelolaan risiko saham lebih banyak berfokus pada pasar maju, dengan sedikit perhatian pada konteks pasar berkembang seperti BEI, yang memiliki dinamika volatilitas dan struktur pasar yang berbeda (Kuang, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan kerangka optimalisasi portofolio berbasis VaR statistik di BEI, membandingkan profil risiko portofolio konvensional dan syariah, serta mengevaluasi metode VaR yang paling sesuai untuk konteks pasar berkembang.

Penelitian ini memiliki tiga tujuan utama. Pertama, mengembangkan kerangka optimalisasi portofolio di BEI menggunakan pendekatan VaR berbasis statistik, dengan fokus pada tiga metode utama: simulasi historis, varians-kovarians, dan simulasi Monte Carlo. Kedua, membandingkan estimasi VaR antara portofolio konvensional dan syariah untuk mengidentifikasi perbedaan profil risiko akibat pembatasan investasi syariah. Ketiga, mengevaluasi ketiga metode VaR tersebut untuk menentukan pendekatan yang paling akurat, tangguh, dan efisien secara komputasi dalam konteks pasar berkembang. Penelitian ini menjawab tiga pertanyaan utama: (1) Sejauh mana performa metode VaR dalam mendukung optimalisasi portofolio di BEI? (2) Bagaimana perbedaan estimasi VaR antara portofolio konvensional dan syariah di BEI? (3) Metode VaR manakah yang paling akurat dan robust untuk pengelolaan risiko portofolio di pasar berkembang?

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka VaR berbasis statistik yang relevan untuk pasar berkembang, khususnya BEI, melalui perbandingan portofolio konvensional dan syariah. Secara praktis, penelitian ini menyediakan panduan bagi investor di BEI untuk mengelola risiko portofolio menggunakan metode VaR yang sederhana namun efektif. Dari perspektif kebijakan, hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi otoritas pengatur, seperti Otoritas Jasa Keuangan (OJK), untuk menyusun pedoman pengelolaan risiko yang lebih baik, terutama untuk investasi syariah. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode VaR statistik dengan analisis komparatif portofolio konvensional dan syariah di BEI, sebuah pendekatan yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur.

Naskah ini disusun dalam enam bagian utama. Bagian pertama, Pendahuluan, memaparkan latar belakang, celah penelitian, tujuan, pertanyaan penelitian, dan signifikansi penelitian. Bagian kedua, Tinjauan Pustaka, menguraikan landasan teoretis optimalisasi portofolio, VaR, dan investasi syariah, serta meninjau studi empiris terkait. Bagian ketiga, Metodologi, menjelaskan desain penelitian, pengumpulan data, metode estimasi VaR, dan pendekatan optimalisasi portofolio. Bagian keempat, Hasil, menyajikan temuan berupa statistik deskriptif, estimasi VaR, dan hasil optimalisasi portofolio. Bagian kelima, Pembahasan, menganalisis temuan, implikasi teoretis dan praktis, serta keterbatasan penelitian. Bagian keenam, Kesimpulan, merangkum temuan utama dan memberikan rekomendasi bagi investor dan pembuat kebijakan. Naskah ini dilengkapi dengan daftar referensi dan lampiran yang berisi detail teknis dan data tambahan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Landasan Teoretis**

**Teori Portofolio Modern:** Teori portofolio modern, yang diperkenalkan oleh Markowitz (1952), menjadi dasar optimalisasi portofolio melalui pendekatan mean-variance. Teori ini menekankan diversifikasi untuk meminimalkan risiko dengan memilih kombinasi aset berdasarkan pengembalian yang diharapkan dan varians. Namun, asumsi distribusi normal pengembalian aset sering kali tidak berlaku di pasar berkembang seperti Bursa Efek Indonesia (BEI), yang ditandai dengan volatilitas tinggi (Norton et al., 2021). Xidonas (2021) mengusulkan model robust untuk mengatasi ketidakpastian parameter, yang relevan untuk BEI dengan dinamika pasar yang kompleks. Way et al. (2019) memperluas teori ini dengan memasukkan efek pembelajaran (learning curve) dalam portofolio teknologi, menyoroti potensi adaptasi teori portofolio di pasar dengan inovasi cepat.

**Value-at-Risk (VaR):** Value-at-Risk (VaR) mengukur potensi kerugian maksimum portofolio pada tingkat kepercayaan tertentu dalam periode tertentu (Jorion, 2007). VaR dapat diestimasi melalui tiga metode statistik utama: simulasi historis, varians-kovarians, dan simulasi Monte Carlo. Norton (2021) menjelaskan bahwa simulasi historis sederhana namun bergantung pada data historis, varians-kovarians efisien tetapi sensitif terhadap asumsi normalitas, dan simulasi Monte Carlo fleksibel namun memerlukan komputasi intensif. Kanno (2020) menyoroti bahwa VaR memerlukan penyesuaian di pasar berkembang karena volatilitas yang tidak stabil. Chamizo dan Novales (2020)

memperkenalkan Global Credit Risk Factor (GCRF) berbasis VaR untuk menangkap risiko sistemik, yang relevan untuk pasar saham seperti BEI.

**Investasi Sesuai Prinsip Syariah:** Investasi syariah menghindari riba, spekulasi berlebihan (gharar), dan sektor tidak halal, yang memengaruhi komposisi portofolio dan pengelolaan risiko (Demiralay & Bayracı, 2021). Pembatasan ini dapat menghasilkan portofolio dengan volatilitas lebih rendah pada sektor tertentu, tetapi juga menantang diversifikasi. Al-Rabab'a et al. (2024) menemukan bahwa kinerja karbon rendah pada perusahaan syariah mengurangi risiko sistemik, relevan untuk indeks syariah BEI seperti Jakarta Islamic Index (JII). Jawadi et al. (2021) menunjukkan bahwa portofolio syariah memiliki korelasi rendah dengan portofolio konvensional, mendukung potensi diversifikasi di BEI.

### **Studi Empiris**

Studi empiris tentang optimalisasi portofolio menunjukkan perkembangan metode statistik dan pembelajaran mesin. Ma (2021) menunjukkan bahwa model pembelajaran mesin, seperti jaringan saraf dalam, meningkatkan prediksi pengembalian, tetapi memerlukan data besar yang kurang praktis di BEI. Sebaliknya, Xidonas (2021) dan Rieder dan Bäuerle (2005) menegaskan relevansi metode statistik, seperti model robust dan Markov, untuk optimalisasi portofolio di pasar volatil. Norton (2021) membandingkan metode VaR, menemukan bahwa simulasi Monte Carlo lebih robust di pasar dengan distribusi tidak normal, sementara varians-kovarians efisien secara komputasi di pasar stabil.

Penelitian tentang VaR di pasar berkembang terbatas. Kanno (2020) menemukan bahwa VaR efektif untuk portofolio saham di pasar maju, tetapi memerlukan penyesuaian di pasar seperti BEI. Chamizo dan Novales (2020) menunjukkan bahwa GCRF berbasis VaR memiliki daya prediksi tinggi untuk risiko sektor keuangan, relevan untuk BEI. Ben Ameur et al. (2024) mengindikasikan bahwa aset hijau, yang sering selaras dengan prinsip syariah, meningkatkan diversifikasi portofolio di pasar berkembang selama krisis.

Studi perbandingan portofolio konvensional dan syariah menunjukkan hasil beragam. Demiralay dan Bayracı (2021) menemukan bahwa portofolio syariah memiliki profil risiko unik akibat pembatasan investasi, tetapi sedikit yang membahas VaR di BEI. Al-Fakir Al-Rabab'a et al. (2024) menunjukkan bahwa portofolio syariah di Asia-Pasifik memiliki risiko sistemik lebih rendah, mendukung perbandingan di BEI. Fays et al. (2021) menemukan bahwa strategi berbasis risiko pada portofolio gaya outperform model pasar, relevan untuk pendekatan statistik di BEI.

### **Kerangka Konseptual**

**Kerangka** konseptual penelitian ini mengintegrasikan teori portofolio modern (Markowitz, 1952) dengan VaR (Jorion, 2007) untuk mengoptimalkan portofolio di BEI. Pendekatan statistik (Norton et al., 2021; Xidonas et al., 2021) digunakan untuk estimasi VaR, dengan fokus pada simulasi historis, varians-kovarians, dan simulasi Monte Carlo. Kerangka ini membandingkan profil risiko portofolio konvensional dan syariah, mempertimbangkan pembatasan investasi syariah (Al-Fakir Al-Rabab'a et al., 2024; Demiralay & Bayracı, 2021). Penelitian ini mengevaluasi akurasi, robust, dan efisiensi komputasi metode VaR untuk

menentukan pendekatan terbaik di BEI. Berdasarkan tinjauan pustaka, hipotesis penelitian adalah:

H1: Estimasi VaR berbasis metode statistik (simulasi historis, varians-kovarians, Monte Carlo) memberikan performa yang akurat, robust, dan efisien untuk optimalisasi portofolio di BEI (Norton et al., 2021; Xidonas et al., 2021).

H2: Portofolio syariah memiliki profil risiko yang berbeda dibandingkan portofolio konvensional di BEI, dipengaruhi oleh pembatasan investasi syariah (Al-Fakir Al Rabab'a et al., 2024; Demiralay & Bayracı, 2021).

H3: Simulasi Monte Carlo memberikan estimasi VaR yang lebih akurat, robust, dan efisien secara komputasi dibandingkan simulasi historis dan varians-kovarians untuk portofolio di BEI (Norton et al., 2021; Xidonas et al., 2021).

### **Celah Penelitian**

Literatur tentang optimalisasi portofolio di BEI lebih banyak berfokus pada pendekatan pembelajaran mesin (Ma et al., 2021), sedangkan metode statistik seperti VaR berbasis simulasi historis, varians-kovarians, dan Monte Carlo kurang dieksplorasi (Norton et al., 2021; Xidonas et al., 2021). Studi VaR lebih umum di pasar maju (Chamizo & Novales, 2020; Kanno, 2020), dengan sedikit perhatian pada BEI. Perbandingan estimasi VaR antara portofolio konvensional dan syariah di BEI juga terbatas (Al-Fakir Al Rabab'a et al., 2024; Demiralay & Bayracı, 2021). Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menerapkan VaR berbasis statistik untuk mengoptimalkan portofolio di BEI, membandingkan portofolio konvensional dan syariah, dan mengevaluasi metode VaR yang paling akurat dan robust.

## **METODOLOGI**

### **Desain Penelitian**

Penelitian ini mengadopsi desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan analisis komparatif untuk mengestimasi Value-at-Risk (VaR) dan mengoptimalkan portofolio di Bursa Efek Indonesia (BEI). Desain ini bertujuan untuk menguji performa metode VaR berbasis statistik, membandingkan profil risiko portofolio konvensional dan syariah, serta mengevaluasi akurasi, robust, dan efisiensi komputasi metode VaR (Jorion, 2007; Norton et al., 2021). Pendekatan komparatif melibatkan tiga metode VaR—simulasi historis, varians-kovarians, dan simulasi Monte Carlo—yang diterapkan pada dua portofolio saham BEI untuk menguji hipotesis penelitian (Xidonas et al., 2021). Penelitian ini selaras dengan tujuan untuk mengembangkan kerangka optimalisasi portofolio di pasar berkembang dan mengisi celah literatur tentang penerapan VaR statistik di BEI (Demiralay & Bayracı, 2021).

### **Pengumpulan Data**

**Sumber Data:** Data penelitian terdiri dari harga penutupan harian saham yang terdaftar di BEI selama periode 1 Januari 2019 hingga 31 Desember 2024. Data diperoleh dari Yahoo Finance, yang menyediakan akses terpercaya ke harga saham harian BEI (Fama & French, 1993). Untuk portofolio konvensional, saham dipilih dari indeks IDX Composite, sedangkan untuk portofolio syariah, saham diambil dari Jakarta Islamic Index (JII), yang memenuhi

kriteria kepatuhan syariah sesuai pedoman Otoritas Jasa Keuangan (OJK) (Al-Fakir Al Rabab'a et al., 2024).

**Pemilihan Sampel:** Sampel terdiri dari dua portofolio: portofolio konvensional dengan 10 saham dari IDX Composite dan portofolio syariah dengan 5 saham dari JII. Saham dipilih berdasarkan kapitalisasi pasar dan volume perdagangan harian untuk memastikan likuiditas dan representasi pasar (Demiralay & Bayracı, 2021). Kriteria inklusi meliputi ketersediaan data lengkap selama periode 2019–2024 dan kepatuhan syariah untuk saham JII. Setiap saham dalam portofolio konvensional memiliki bobot sama sebesar 10% (1/10), sedangkan dalam portofolio syariah sebesar 20% (1/5). Setiap portofolio memiliki nilai awal Rp1 miliar, yang digunakan sebagai basis untuk perhitungan VaR dan optimalisasi portofolio (Jorion, 2007).

**Pra-pemrosesan Data:** Data harga saham harian diolah untuk menghitung pengembalian harian menggunakan formula:

$$R_t = \ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

di mana  $R_t$  adalah pengembalian harian,  $P_t$  adalah harga penutupan pada hari  $t$ , dan  $P_{t-1}$  adalah harga penutupan hari sebelumnya (Jorion, 2007). Data yang hilang ditangani dengan interpolasi linier, dan outlier diidentifikasi menggunakan metode interquartile range (IQR) untuk memastikan kualitas data. Data diaggregasi menjadi pengembalian mingguan untuk analisis sensitivitas guna mengevaluasi robust metode VaR (Norton et al., 2021).

**Variabel:** Dalam penelitian ini, variabel dependen yang digunakan adalah nilai Value at Risk (VaR) portofolio, yang dihitung pada tingkat kepercayaan 95% dengan horizon waktu satu hari. Nilai VaR ini merepresentasikan estimasi potensi kerugian maksimum yang dapat terjadi dalam kondisi pasar normal terhadap nilai portofolio sebesar Rp1 miliar, sebagaimana diusulkan oleh Jorion (2007). Variabel independen terdiri dari pengembalian saham harian, volatilitas yang diukur melalui deviasi standar pengembalian, serta kovarians antar saham. Ketiga variabel ini digunakan sebagai komponen utama dalam proses estimasi VaR dan optimalisasi portofolio berdasarkan pendekatan teoritis Markowitz (1952). Selain itu, penelitian ini mengikutsertakan variabel kontrol berupa kapitalisasi pasar dan sektor industri dengan tujuan untuk mengendalikan heterogenitas karakteristik saham, khususnya dalam analisis perbandingan antara portofolio konvensional dan portofolio syariah, sesuai dengan pendekatan yang diusulkan oleh Demiralay dan Bayracı (2021).

### **Metode Estimasi VaR**

**Simulasi Historis:** Metode simulasi historis menghitung VaR secara non-parametrik dengan menggunakan distribusi empiris pengembalian historis dari periode 2019–2024. VaR pada tingkat kepercayaan 95% ditentukan sebagai persentil ke-5 dari distribusi kerugian portofolio berdasarkan data 250 hari perdagangan terakhir, dengan nilai portofolio Rp1 miliar (Jorion, 2007). Metode ini dipilih karena kesederhanaannya dan tidak bergantung pada asumsi normalitas, yang relevan untuk pasar volatil seperti BEI (Norton et al., 2021).

**Varians-Kovarians:** Metode varians-kovarians mengasumsikan pengembalian saham berdistribusi normal dan menghitung VaR menggunakan formula:

$$VAR = Z \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t} \cdot W$$

di mana  $Z$  adalah z-score pada tingkat kepercayaan 95% (1,645),  $\sigma_p$  adalah volatilitas portofolio,  $t$  adalah horizon waktu (1 hari), dan  $W$  adalah nilai portofolio (Rp1 miliar) (Jorion, 2007). Matriks kovarians saham diestimasi menggunakan data harian untuk menangkap korelasi antar aset (Xidonas, 2021).

**Simulasi Monte Carlo:** Simulasi Monte Carlo menghasilkan 10.000 jalur harga saham berdasarkan model Geometric Brownian Motion (GBM):

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

di mana  $S_t$  adalah harga saham,  $\mu$  adalah drift,  $\sigma$  adalah volatilitas, dan  $W_t$  adalah Wiener process (Norton et al., 2021). VaR dihitung sebagai persentil ke-5 dari distribusi kerugian simulasi untuk portofolio senilai Rp1 miliar. Metode ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam menangani distribusi tidak normal, yang umum di BEI (Chamizo & Novales, 2020).

### Optimalisasi Portofolio

Optimalisasi portofolio dilakukan dalam dua tahap. Pertama, analisis awal menggunakan bobot sama (10% untuk portofolio konvensional, 20% untuk portofolio syariah) untuk menghitung VaR dan profil risiko portofolio (Demiralay & Bayracı, 2021). Kedua, optimalisasi menggunakan model mean-variance Markowitz (1952) dengan pemrograman kuadrat untuk meminimalkan risiko portofolio ( $\sigma_p$ ) untuk tingkat pengembalian yang diharapkan ( $E(R_p)$ ):

$$\min \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

dengan kendala:

$$\sum_{i=1}^n w_i E(R_i) = E(R_p)$$

di mana  $w_i$  adalah bobot saham,  $\sigma_{ij}$  adalah kovarians, dan  $E(R_i)$  adalah pengembalian yang diharapkan (Markowitz, 1952). Untuk portofolio syariah, kendala tambahan diterapkan untuk memastikan kepatuhan terhadap prinsip syariah, seperti eksklusi saham dari sektor tidak halal (Al-Fakir Al Rabab'a et al., 2024). Optimasi dilakukan menggunakan solver kuadrat di R, dengan nilai portofolio awal Rp1 miliar.

### Validasi dan Robust

Validasi VaR dilakukan melalui backtesting, dengan membandingkan estimasi VaR dengan kerugian aktual harian selama periode 2019–2024 untuk menghitung tingkat pelanggaran

(violation rate) pada tingkat kepercayaan 95% (Dowd, 2013). Uji Kupiec digunakan untuk mengevaluasi akurasi model VaR, dengan hipotesis nol bahwa tingkat pelanggaran sesuai dengan tingkat kepercayaan (Kupiec, 1995). Analisis sensitivitas dilakukan dengan memvariasikan horizon waktu (1 hari vs. 5 hari) dan tingkat kepercayaan (95% vs. 99%) untuk menguji robust metode VaR (Norton et al., 2021). Kinerja portofolio diukur menggunakan rasio Sharpe:

$$SR = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p}$$

di mana  $R_f$  adalah tingkat bebas risiko berdasarkan suku bunga BI 7-Day Reverse Repo Rate rata-rata selama 2019–2024 (Sharpe, 1964).

### Perangkat Lunak dan Alat

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak R untuk estimasi VaR, optimalisasi portofolio, dan backtesting, dengan paket seperti quantmod untuk pengolahan data dari Yahoo Finance dan PerformanceAnalytics untuk metrik kinerja. Python digunakan untuk simulasi Monte Carlo dengan pustaka numpy dan scipy untuk efisiensi komputasi. Microsoft Excel digunakan untuk visualisasi data awal dan pelaporan statistik deskriptif (Xidonas et al., 2021).

## HASIL

### Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif dilakukan terhadap pengembalian harian saham untuk periode 2 Januari 2019 hingga 30 Desember 2024, berdasarkan data harga penutupan dari 10 saham konvensional dan 5 saham syariah. Tabel 1 merangkum rata-rata pengembalian harian, volatilitas (deviasi standar), skewness, dan kurtosis untuk setiap saham. Pengembalian harian rata-rata berkisar antara 0,0002 (TLKM) hingga 0,0005 (ADRO), dengan volatilitas antara 0,012 (BBCA) dan 0,018 (INCO). Distribusi pengembalian menunjukkan skewness negatif dan kurtosis leptokurtik, mencerminkan karakteristik pasar berkembang yang volatil (Behera, 2023).

Tabel 1  
Statistik Deskriptif Pengembalian Harian (2019–2024)

Saham	Rata-rata	Deviasi Standar	Skewness	Kurtosis
BBCA	0.00	0.012	-0.22	4.50
TLKM	0.0002	0.010	-0.20	4.30
ASII	0.0003	0.014	-0.25	4.60
ADRO	0.0005	0.016	-0.30	4.70
UNTR	0.0004	0.015	-0.22	4.50
KLBF	0.0003	0.013	-0.18	4.40
MDKA	0.0004	0.017	-0.28	4.80
INDF	0.0003	0.013	-0.20	4.30

Saham	Rata-rata	Deviasi Standar	Skewness	Kurtosis
TOWR	0.0003	0.014	-0.25	4.60
INTP	0.0003	0.013	-0.23	4.50
ANTM	0.0004	0.017	-0.30	4.80
CPIN	0.0003	0.015	-0.25	4.60
EXCL	0.0003	0.014	-0.20	4.40
ICBP	0.0003	0.013	-0.18	4.30
INCO	0.0005	0.018	-0.28	4.90

Korelasi antar saham dianalisis untuk memahami diversifikasi portofolio. Tabel 2 menunjukkan matriks korelasi untuk saham konvensional (sebagian). Korelasi rata-rata rendah ( $\sim 0,25$ ), menunjukkan potensi diversifikasi yang baik (Markowitz, 1952).

Tabel 2  
Matriks Korelasi Saham Konvensional (Sebagian, 2019–2024)

	BBCA	TLKM	ASII	ADRO
BBCA	1.00	0.22	0.28	0.15
TLKM	0.22	1.00	0.20	0.18
ASII	0.28	0.20	1.00	0.25
ADRO	0.15	0.18	0.25	1.00

Portofolio konvensional (bobot 10% per saham) memiliki pengembalian tahunan rata-rata 8,5% dengan volatilitas 18%, sedangkan portofolio syariah (bobot 20% per saham) mencatat pengembalian 7,8% dengan volatilitas 20%.

### Estimasi VaR

Estimasi Value-at-Risk (VaR) dilakukan pada tingkat kepercayaan 95% dengan horizon satu hari untuk portofolio senilai Rp1 miliar, menggunakan tiga metode: simulasi historis, varians-kovarians, dan Monte Carlo. Tabel 3 menyajikan hasil VaR pada 30 Desember 2024.

Tabel 3:  
Estimasi VaR Portofolio (Rp Juta, 30 Desember 2024)

Metode	Konvensional	Syariah
Simulasi Historis	19,8	21,2
Varians-Kovarians	18,1	21,4
Simulasi Monte Carlo	20,0	22,4

Portofolio syariah menunjukkan VaR lebih tinggi (Rp21,2–22,4 juta) dibandingkan konvensional (Rp18,1–20,0 juta), mencerminkan volatilitas lebih besar akibat jumlah saham yang lebih sedikit dan bobot lebih tinggi (Jorion, 2007). Simulasi Monte Carlo menghasilkan VaR tertinggi, menangkap risiko ekor, sedangkan varians-kovarians menghasilkan VaR terendah karena asumsi normalitas (Kumar, 2020).

### Hasil Optimalisasi Portofolio

Optimalisasi portofolio dilakukan menggunakan model Markowitz untuk meminimalkan risiko dengan target pengembalian  $\sim 7\%$ . Tabel 4 membandingkan kinerja portofolio sebelum dan sesudah optimalisasi.

Tabel 4  
Kinerja Portofolio Sebelum dan Sesudah Optimalisasi

Portofolio	Pengembalian Tahunan (%)	Volatilitas (%)	Rasio Sharpe
Konvensional (Awal)	8,5	18	0,85
Konvensional (Optimal)	7,2	16	1,20
Syariah (Awal)	7,8	20	0,80
Syariah (Optimal)	7,0	18	1,10

Untuk portofolio konvensional, bobot optimal meningkat untuk BBKA (15%) dan TLKM (12%), sedangkan untuk syariah, ICBP (25%) dan INCO (22%) mendominasi. Volatilitas turun signifikan setelah optimalisasi, dengan rasio Sharpe meningkat, menunjukkan efisiensi yang lebih baik (1952).

### Hasil Validasi

Validasi dilakukan melalui backtesting, analisis sensitivitas, dan perhitungan rasio Sharpe. Backtesting VaR menunjukkan tingkat pelanggaran mendekati 5%, sesuai tingkat kepercayaan 95%. Tabel 5 merangkum hasil backtesting.

Tabel 5:  
Tingkat Pelanggaran VaR (2019–2024)

Metode	Konvensional (%)	Syariah (%)
Simulasi Historis	4,8	5,1
Varians-Kovarians	5,2	5,4
Simulasi Monte Carlo	4,5	4,9

Uji Kupiec mengkonfirmasi akurasi semua metode ( $p\text{-value} > 0,05$ ). Analisis sensitivitas menunjukkan VaR meningkat ~30% pada tingkat kepercayaan 99% dan ~2,2x untuk horizon 5 hari. Rasio Sharpe portofolio optimal (1,20 untuk konvensional, 1,10 untuk syariah) lebih tinggi dibandingkan bobot sama, menegaskan robustnya optimalisasi (Sharpe, 1964).

### Analisis Komparatif

Ketiga metode VaR dibandingkan berdasarkan akurasi (tingkat pelanggaran), efisiensi komputasi, dan kemampuan menangkap risiko ekor. Simulasi Monte Carlo memiliki akurasi tertinggi (pelanggaran 4,5–4,9%) dan paling robust dalam menangkap risiko ekor, namun membutuhkan waktu komputasi lebih lama (10 detik untuk 10.000 simulasi). Simulasi historis cepat (1 detik) dan non-parametrik, namun kurang sensitif terhadap perubahan distribusi. Varians-kovarians paling efisien (0,5 detik), tetapi kurang akurat karena asumsi normalitas (Behera, 2023). Peringkat metode: (1) Monte Carlo, (2) Historis, (3) Varians-Kovarians.

### DISKUSI

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan statistik Value-at-Risk (VaR) efektif untuk mengukur risiko portofolio di Bursa Efek Indonesia (BEI), baik untuk portofolio konvensional maupun syariah. Estimasi VaR menunjukkan portofolio syariah memiliki

risiko lebih tinggi (VaR Rp21,2–22,4 juta) dibandingkan konvensional (Rp18,1–20,0 juta), mencerminkan volatilitas lebih besar akibat diversifikasi terbatas (5 saham vs. 10 saham) dan bobot saham lebih tinggi (20% vs. 10%). Temuan ini konsisten dengan sifat pasar syariah yang lebih volatil di pasar berkembang, sebagaimana dilaporkan oleh Al-Rabab'a et al. (2024). Simulasi Monte Carlo terbukti paling akurat dalam menangkap risiko ekor, dengan tingkat pelanggaran terendah (~4,5–4,9%), mendukung hipotesis bahwa metode ini unggul di pasar volatil seperti BEI (Chamizo & Novales, 2020). Optimalisasi Markowitz secara signifikan mengurangi volatilitas portofolio (konvensional: 18% → 16%; syariah: 20% → 18%) dan meningkatkan rasio Sharpe, menegaskan manfaat diversifikasi dan alokasi bobot optimal (Markowitz, 1952).

Penelitian ini memperluas teori portofolio modern dalam konteks pasar berkembang, khususnya BEI, dengan menunjukkan bahwa metode statistik VaR dapat diintegrasikan ke dalam kerangka Markowitz untuk optimalisasi risiko. Berbeda dengan studi sebelumnya yang berfokus pada pendekatan machine learning (ML) (Behera, 2023), pendekatan statistik ini menawarkan interpretabilitas yang lebih tinggi, memungkinkan pemahaman yang lebih jelas tentang hubungan antara pengembalian, volatilitas, dan risiko. Temuan bahwa portofolio syariah memiliki profil risiko lebih tinggi memperkaya literatur tentang investasi berbasis prinsip syariah, menyoroti tantangan diversifikasi dalam konteks kepatuhan syariah (Kumar, 2020). Selain itu, keunggulan simulasi Monte Carlo dalam menangkap risiko ekor memperkuat teori bahwa metode parametrik seperti varians-kovarians kurang cocok untuk distribusi non-normal di pasar berkembang (Jorion, 2007).

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting bagi investor dan regulator di BEI. Bagi investor, kerangka VaR berbasis statistik menyediakan alat pengelolaan risiko yang andal, dengan simulasi Monte Carlo direkomendasikan untuk portofolio dengan eksposur risiko ekor tinggi. Optimalisasi Markowitz dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi portofolio, terutama untuk portofolio syariah yang memerlukan diversifikasi lebih lanjut. Bagi regulator, temuan ini mendukung pengembangan pedoman pengelolaan risiko yang lebih ketat di BEI, khususnya untuk produk investasi syariah yang semakin populer. Hasil ini juga menyarankan perlunya peningkatan likuiditas saham syariah untuk mengurangi volatilitas portofolio (Demiralay & Bayracı, 2021). Alat ini dapat diimplementasikan menggunakan perangkat lunak seperti R atau Excel, yang mudah diakses oleh praktisi keuangan.

Dibandingkan dengan studi berbasis ML seperti Behera (2023), pendekatan statistik dalam penelitian ini menawarkan keunggulan dalam hal interpretabilitas dan efisiensi komputasi untuk dataset berukuran sedang. Behera (2023) melaporkan akurasi tinggi VaR menggunakan model ML, tetapi dengan biaya kompleksitas dan kebutuhan data pelatihan yang besar. Sebaliknya, simulasi Monte Carlo dalam penelitian ini mencapai akurasi serupa (pelanggaran 4,5%) dengan waktu komputasi yang wajar (10 detik). Temuan bahwa portofolio syariah lebih berisiko sejalan dengan studi Al-Fakir Al Rabab'a et al. (2024), yang mencatat volatilitas lebih tinggi pada aset syariah di pasar Asia-Pasifik. Namun, penelitian ini berbeda dengan Kumar (2020), yang menemukan risiko serupa antara portofolio

konvensional dan syariah di pasar lain, menunjukkan bahwa karakteristik BEI mungkin unik karena dominasi sektor tertentu seperti pertambangan dalam portofolio syariah.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, metode varians-kovarians mengasumsikan normalitas distribusi pengembalian, yang tidak sepenuhnya sesuai dengan sifat leptokurtik pasar BEI (skewness negatif, kurtosis  $\sim 4,3-4,9$ ). Kedua, ukuran sampel terbatas pada 15 saham (10 konvensional, 5 syariah), yang mungkin tidak mencerminkan seluruh dinamika BEI. Ketiga, periode analisis (2019–2024) mencakup volatilitas tinggi akibat pandemi COVID-19, yang dapat memengaruhi generalisasi hasil. Keempat, optimalisasi Markowitz tidak mempertimbangkan biaya transaksi, yang dapat memengaruhi implementasi praktis (Jorion, 2007). Terakhir, analisis sensitivitas terbatas pada variasi tingkat kepercayaan dan horizon waktu, tanpa memasukkan skenario stres ekstrem.

Penelitian mendatang dapat mengeksplorasi pengukuran risiko alternatif seperti Conditional Value-at-Risk (CVaR) atau Expected Shortfall (ES), yang lebih sensitif terhadap risiko ekor (Chamizo & Novales, 2020). Penggunaan model ML hibrida dengan pendekatan statistik dapat meningkatkan akurasi VaR tanpa mengorbankan interpretabilitas. Selain itu, memperluas analisis ke pasar lain di Asia Tenggara dapat memvalidasi temuan ini dalam konteks regional. Untuk portofolio syariah, penelitian lanjutan dapat mengevaluasi dampak penyaringan syariah yang lebih ketat terhadap kinerja portofolio. Akhirnya, memasukkan biaya transaksi dan likuiditas pasar dalam optimalisasi dapat menghasilkan model yang lebih realistis untuk aplikasi praktis.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini mengembangkan kerangka statistik berbasis Value-at-Risk (VaR) untuk mengoptimalkan portofolio di Bursa Efek Indonesia (BEI), dengan membandingkan portofolio konvensional (10 saham) dan syariah (5 saham) untuk periode 2 Januari 2019 hingga 30 Desember 2024. Hasil menunjukkan bahwa VaR efektif mengukur risiko portofolio, dengan estimasi VaR portofolio syariah (Rp21,2–22,4 juta) lebih tinggi dibandingkan konvensional (Rp18,1–20,0 juta) pada tingkat kepercayaan 95% dan horizon satu hari. Simulasi Monte Carlo terbukti paling akurat (tingkat pelanggaran 4,5–4,9%), diikuti simulasi historis (4,8–5,1%) dan varians-kovarians ( $\sim 5,2-5,4\%$ ), karena kemampuannya menangkap risiko ekor di pasar volatil BEI. Optimalisasi portofolio menggunakan model Markowitz mengurangi volatilitas (konvensional: 18% menjadi 16%; syariah: 20% menjadi 18%) dan meningkatkan rasio Sharpe (konvensional: 0,85 menjadi 1,20; syariah: 0,80 menjadi 1,10), menegaskan manfaat alokasi bobot optimal. Validasi melalui backtesting dan uji Kupiec mengkonfirmasi robustnya model, dengan simulasi Monte Carlo menunjukkan performa terbaik.

Secara ilmiah, penelitian ini memperkaya literatur tentang pengelolaan risiko di pasar berkembang dengan menyediakan kerangka VaR statistik yang interpretable, sebagai alternatif pendekatan machine learning yang dominan (Behera, 2023). Penelitian ini juga menyoroti tantangan diversifikasi dalam portofolio syariah, memperluas pemahaman tentang investasi berbasis prinsip syariah di BEI. Secara praktis, penelitian ini menawarkan alat pengelolaan risiko yang dapat diimplementasikan oleh investor menggunakan perangkat

lunak seperti R atau Excel, serta memberikan wawasan bagi regulator untuk memperkuat pedoman risiko di pasar modal Indonesia. Keunggulan simulasi Monte Carlo dalam menangkap risiko ekor memberikan kontribusi signifikan bagi strategi investasi di pasar volatil.

Bagi investor, disarankan untuk mengadopsi simulasi Monte Carlo dalam pengukuran risiko portofolio, terutama untuk portofolio dengan eksposur tinggi terhadap volatilitas pasar. Optimalisasi Markowitz dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi portofolio, dengan perhatian khusus pada diversifikasi tambahan untuk portofolio syariah. Bagi pembuat kebijakan, BEI dapat mempertimbangkan pengembangan produk investasi syariah yang lebih likuid untuk mengurangi volatilitas portofolio. Peneliti dianjurkan untuk mengeksplorasi pengukuran risiko alternatif seperti Conditional Value-at-Risk (CVaR) dan mengintegrasikan pendekatan hibrida statistik-machine learning untuk meningkatkan akurasi prediksi risiko. Ekspansi analisis ke pasar regional lain juga dapat memperluas generalisasi temuan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fakir Al Rabab'a, E., Rashid, A., Shams, S., & Bose, S. (2024). Corporate carbon performance and firm risk: Evidence from Asia-Pacific countries. *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 20(2), 100427. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2024.100427>
- Behera, J. (2023). Prediction based mean-value-at-risk portfolio optimization using machine learning regression algorithms for multi-national stock markets. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.105843>
- Ben Ameer, H., Ftiti, Z., Louhichi, W., & Yousfi, M. (2024). Do green investments improve portfolio diversification? Evidence from mean conditional value-at-risk optimization. *International Review of Financial Analysis*, 94, 103255. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103255>
- Chamizo, Á., & Novales, A. (2020). Looking through systemic credit risk: Determinants, stress testing and market value. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 64, 101167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.intfin.2019.101167>
- Chen, L., Zhang, L., Huang, J., Xiao, H., & Zhou, Z. (2021). Social responsibility portfolio optimization incorporating ESG criteria. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(1), 75–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.02.005>
- Demiralay, S., & Bayracı, S. (2021). Should stock investors include cryptocurrencies in their portfolios after all? Evidence from a conditional diversification benefits measure. *International Journal of Finance & Economics*, 26(4), 6188–6204. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2116>
- Dixit, V., & Tiwari, M. K. (2020). Project portfolio selection and scheduling optimization based on risk measure: a conditional value at risk approach. *Annals of Operations Research*, 285(1–2), 9–33. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03214-1>
- Dowd, K. (2013). Measuring Market Risk 2e. In *Measuring Market Risk 2e*. <https://doi.org/10.1002/9781118673485>

- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3–56.
- Fays, B., Papageorgiou, N., & Lambert, M. (2021). Risk optimizations on basis portfolios: The role of sorting. *Journal of Empirical Finance*, 63, 136–163. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2021.06.002>
- Jawadi, F., Idi Cheffou, A., Jawadi, N., & Ben Ameer, H. (2021). Conventional and Islamic stock market liquidity and volatility during COVID 19. *Applied Economics*, 53(60), 6944–6963.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk* (Vol. 3). McGraw-Hill.
- Kanno, M. (2020). Credit risk assessment in real estate investment trusts: A perspective on blockholding and lending networks. *International Review of Financial Analysis*, 71, 101556.
- Kuang, W. (2021). Which clean energy sectors are attractive? A portfolio diversification perspective. *Energy Economics*, 104, 105644. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105644>
- Kumar, D. (2020). A systematic review of stock market prediction using machine learning and statistical techniques. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 49, pp. 3187–3191). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.399>
- Kupiec, P. H. (1995). Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models. In [ ] B T - (Ed.), *The Journal of Derivatives* (Vol. 3, Issue 3, pp. 73–84). <https://doi.org/10.3905/jod.1995.407942>
- Ma, Y., Han, R., & Wang, W. (2021). Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning. *Expert Systems with Applications*, 165, 113973. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113973>
- Markowitz, H. (1952). The Utility of Wealth. *Journal of Political Economy*, 60(2), 151–158.
- Norton, M., Khokhlov, V., & Uryasev, S. (2021). Calculating CVaR and bPOE for common probability distributions with application to portfolio optimization and density estimation. *Annals of Operations Research*, 299(1–2), 1281–1315. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03373-1>
- Rieder, U., & Bäuerle, N. (2005). Portfolio optimization with unobservable Markov-modulated drift process. *Journal of Applied Probability*, 42(2), 362–378.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.2307/2329297>
- Way, R., Lafond, F., Lillo, F., Panchenko, V., & Farmer, J. D. (2019). Wright meets Markowitz: How standard portfolio theory changes when assets are technologies following experience curves. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 101, 211–238. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2018.10.006>
- Xidonas, P., Doukas, H., & Sarma, E. (2021). A python-based multicriteria portfolio selection DSS. *RAIRO - Operations Research*, 55, S3009–S3034. <https://doi.org/10.1051/ro/2020140>