

Perbandingan Kriteria Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* dalam Pembentukan Portofolio Saham Optimal

Emy Siswanah, Abdurakhman Abdurakhman, dan Di Asih I Maruddani



Volume 13, Issue 2, Pages 256–263, Aug. 2025

Diterima 20 Mei 2025, Direvisi 23 Juli 2025, Disetujui 31 Juli 2025, Diterbitkan 8 Agustus 2025

To Cite this Article : E. Siswanah, A. Abdurakhman, dan D. A. I. Maruddani, “Perbandingan Kriteria Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* dalam Pembentukan Portofolio Saham Optimal”, *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 256–263, 2025, <https://doi.org/10.37905/euler.v13i2.32846>

© 2025 by author(s)

JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI

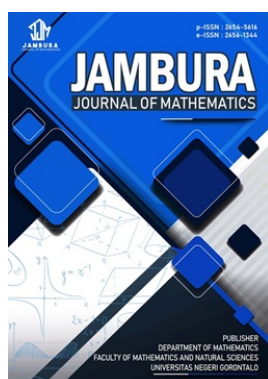


	Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/index
	Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
	Frequency	:	Three times a year
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	https://doi.org/10.37905/euler
	Online ISSN	:	2776-3706
	License	:	Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/oai
	Google Scholar ID	:	QF_r-gAAAAJ
	Email	:	euler@ung.ac.id

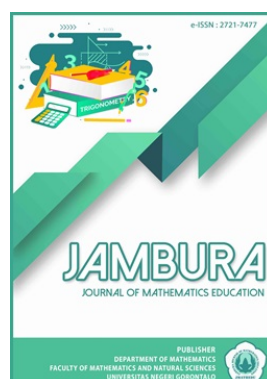
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



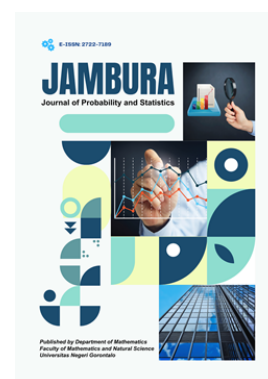
Jambura Journal of
Biomathematics



Jambura Journal of
Mathematics



Jambura Journal of
Mathematics Education



Jambura Journal of
Probability and Statistics

Perbandingan Kriteria Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* dalam Pembentukan Portofolio Saham Optimal

Emy Siswanah^{1,*}, Abdurakhman Abdurakhman², Di Asih I Maruddani³

¹Jurusan Matematika, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Semarang 50185, Indonesia

²Departemen Matematika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, Indonesia

³Departemen Statistika, Universitas Diponegoro, Semarang 50275, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Diterima 20 Mei 2025

Direvisi 23 Juli 2025

Disetujui 31 Juli 2025

Diterbitkan 8 Agustus 2025

KATA KUNCI

Portofolio
Kataoka *Safety First*
Mean Variance
Sharpe
Treynor

KEYWORDS

Portfolio
Kataoka *Safety First*
Mean Variance
Sharpe
Treynor

ABSTRAK. Portofolio *Mean Variance* Markowitz dan Kataoka *Safety First* mempunyai persamaan yaitu sama-sama metode yang mengontrol risiko dan cocok untuk investor yang menghindari risiko. Penelitian ini membandingkan kedua metode tersebut dalam membentuk portofolio optimal untuk mengetahui kinerja dari masing-masing portofolio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot portofolio yang dibentuk oleh kedua metode menghasilkan bobot yang positif. Secara empirik, ekspektasi return portofolio Kataoka *Safety First* selalu lebih besar dibandingkan metode *Mean Variance*. Namun, return yang lebih besar ini disertai dengan tingkat risiko yang lebih tinggi. Indeks Sharpe dan Treynor pada Kataoka *Safety First* lebih besar daripada *Mean Variance* baik pada portofolio 1 maupun pada portofolio 2. Hasil ini menegaskan kinerja portofolio Kataoka *Safety First* lebih baik dibandingkan metode *Mean Variance*. Kriteria Kataoka *Safety First* dapat menjadi salah satu metode pembentukan portofolio optimal bagi investor yang menghindari risiko.

ABSTRACT. The Markowitz *Mean-Variance* Portfolio and the Kataoka *Safety-First* criterion share similarities, as both serve as risk-control methods and suitable for risk-averse investors. This study compares these two approaches in constructing an optimal portfolio and evaluates their respective performances. The findings indicate that the portfolio weights derived from both methods are positive. Empirical evidence suggests that the expected return of the Kataoka *Safety-First* portfolio is consistently higher than that of the *Mean-Variance* method. However, this greater return is accompanied by a higher level of risk. Furthermore, the Sharpe and Treynor indices for the Kataoka *Safety-First* portfolio surpass those of the *Mean-Variance* method across both portfolio variations analyzed. These results confirm that the Kataoka *Safety-First* portfolio demonstrates superior performance compared to the *Mean-Variance* approach. Therefore, the Kataoka *Safety-First* criterion presents itself as a viable strategy for constructing an optimal portfolio tailored to risk-averse investors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. **Editorial of EULER:** Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Dalam membentuk portofolio saham, investor harus membentuk portofolio saham yang optimal. Portofolio ini merupakan preferensi investor tentang return atau risiko yang dipilih dari sekumpulan portofolio yang efisien. Portofolio efisien adalah portofolio yang mempunyai return lebih besar dengan tingkat risiko yang sama atau mempunyai risiko yang lebih kecil dengan tingkat return yang sama [1]. Ada dua hal utama yang perlu diperhatikan dalam pembentukan portofolio saham yang optimal yaitu cara pemilihan saham dan cara penentuan bobot saham. Telah banyak penelitian sebelumnya yang menganalisis tentang cara pemilihan dan penentuan bobot saham. Beberapa metode dalam pembentukan portofolio saham optimal adalah Capital Asset Pricing Model (CAPM) [2–8], Single Index Model [9–13], Multiple Index Model [14–16], Multipel Indeks Model dengan pendekatan environment, social responsibility and corporate governance (ESG)

[17], Black Litterman [7], integrasi Black-Litterman dengan simulasi Monte Carlo [18], Fama-French Three Factor Model [4], portofolio Deviasi Semi Absolut [19], model prediksi pengembalian sektor [20], pendekatan analisis envelopment data [21], metode Enhanced Portfolio Optimization [22], regret-based approach pada ukuran risiko volatilitas [23], metode kluster seperti K-Mean Clustering [24], Trimmed k-Means Clustering [25], Ward dan Complete Linkage Cluster Algorithm [26], dan kombinasi metode Geometric Brownian Motion-Kalman Filter dan Model Predictive Control [27].

Dari berbagai metode yang ada, model portofolio mean-variance yang diperkenalkan oleh Markowitz [28] merupakan tonggak awal dalam pengembangan *Modern Portfolio Theory* (MPT) [29]. Kemudian pada tahun 1963, Kataoka [30] memperkenalkan teori optimasi pada masalah transportasi. Teori ini menitikberatkan pada pengontrolan risiko untuk memperoleh return yang maksimal. Teori optimasi pada transportasi ini kemudian dikembangkan dan diterapkan pada pemilihan saham dalam pemben-

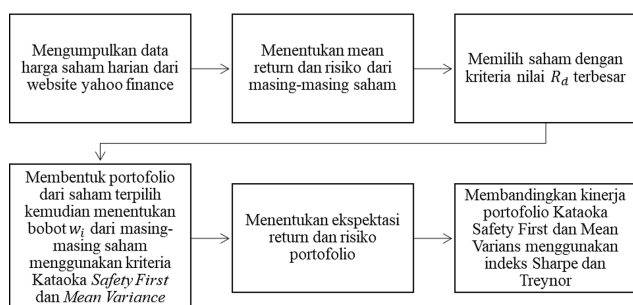
*Penulis Korespondensi.

tukan portofolio optimal oleh Elton & Gruber pada tahun 1987 [31]. Pembentukan portofolio berdasarkan Kataoka *Safety First* berfokus pada pengamanan modal dengan meminimalkan probabilitas terjadinya risiko kerugian. Pada tahun 2009, Ding dan Zhang mengembangkan solusi optimal untuk portofolio Kataoka *Safety First*. Ding dan Zhang [32] menghilangkan ketergantungan pada asumsi distribusi normal return yang seringkali tidak sesuai dengan karakteristik pasar keuangan modern yang cenderung menunjukkan skewness dan kurtosis. Dengan memungkinkan penggunaan distribusi return yang lebih umum, model Kataoka *Safety-First* tetap relevan untuk diterapkan dalam kondisi pasar yang volatile atau pada periode krisis, di mana asumsi normalitas sering kali tidak terpenuhi. Pada tahun 2019, Ding dan Lu membandingkan kinerja antara Telser *Safety First* dan Kataoka *Safety First*. Ding dan Lu mengungkapkan bahwa secara umum, Kataoka *Safety First* mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan Telser *Safety First* karena mempunyai Sharpe Rasio yang lebih tinggi [33].

Baik Markowitz maupun Kataoka *Safety First* semuanya mempunyai kelebihan masing-masing. Sebagai model dasar, model mean-variance Markowitz sering kali berfungsi sebagai pembanding dalam mengevaluasi performa berbagai pendekatan optimasi portofolio yang lebih kompleks termasuk kriteria Kataoka *Safety First* yang dikembangkan oleh Ding dan Zhang [32]. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan teori *Mean Variance* dari Markowitz dan kriteria Kataoka *Safety First* dalam membentuk portofolio optimal. Kinerja kedua portofolio dibandingkan menggunakan Indeks Sharpe dan Treynor. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi investor risk averse dalam menerapkan teori portofolio yang tepat untuk membentuk portofolio optimal guna meminimalkan risiko dan memaksimalkan keuntungan.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang menerapkan Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* dalam pembentukan portofolio optimal saham. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah seperti alur pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

2.1. Mengumpulkan Data Harga Saham Harian

Data saham yang dikumpulkan adalah data dari dua puluh saham dengan kapitalisasi pasar terbesar di Indonesia pada Desember 2024. Data saham bersumber dari website Bursa Efek Indonesia [34], sementara data harga saham diperoleh dari Yahoo Finance [35]. Data dua puluh saham disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dua puluh saham dengan kapitalisasi pasar terbesar di Indonesia pada Desember 2024

No	Kode Saham	Kapitalisasi Pasar (RP)
1	BBCA	122.042.299.500
2	ASII	40.483.553.140
3	DSSA	7.705.523.200
4	DCII	2.383.745.900
5	BREN	133.786.220.000
6	BYAN	33.333.335.000
7	TPIA	86.511.545.092
8	BBRI	150.043.411.587
9	AMMN	72.518.217.656
10	BMRI	92.399.999.996
11	TLKM	99.062.216.600
12	PANI	16.883.595.500
13	BBNI	36.924.339.786
14	DNET	14.184.000.000
15	ICBP	11.661.908.000
16	BRIS	45.667.877.639
17	SMMA	6.367.664.717
18	AMRT	41.524.501.700
19	GOTO	1.140.573.267.220
20	UNTR	3.730.135.136

2.2. Menentukan Mean Return dan Risiko Saham

Untuk menentukan nilai *mean return* dan risiko saham, diperlukan data return saham. Formula perhitungan return saham ke- i pada waktu ke- t diberikan oleh:

$$R_{it} = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}. \quad (1)$$

Selanjutnya, nilai rata-rata return (mean return) saham ke- i dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{R}_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_{it}. \quad (2)$$

Adapun risiko saham ke- i , yang didefinisikan sebagai simpangan baku (standar deviasi) dari return saham tersebut, dihitung dengan:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_{it} - \bar{R}_i)^2}, \quad (3)$$

dimana S_t adalah harga saham pada waktu t , dan S_{t-1} adalah harga saham pada waktu $t-1$.

2.3. Memilih Saham dengan Kriteria Nilai R_d Terbesar

Portofolio saham merupakan kombinasi linier dari beberapa saham yang dinyatakan dalam bentuk $y = x_1w_1 + x_2w_2 + \dots + x_pw_p$. Dalam konteks ini, investor memilih p saham x_i dan menentukan bobot masing-masing saham w_i , dengan $i = 1, 2, \dots, p$. Dalam penelitian ini, terdapat 20 saham yang dianalisis. Dari 20 saham tersebut, akan dibentuk dua portofolio, masing-masing terdiri dari 5 saham. Pemilihan 10 saham terbaik dari 20 saham awal dilakukan dengan menggunakan prinsip Kataoka *Safety First*.

Prinsip *Safety First* ini bertujuan untuk memaksimalkan nilai R_d , yaitu batas bawah return yang dapat dijamin agar risiko

tetap terkendali. Formula pemilihan saham berdasarkan prinsip ini dinyatakan sebagai berikut:

$$R_d = \mu_i + z_\alpha \sigma_i, \quad (4)$$

dengan $\mu_i = \bar{R}_i$ adalah ekspektasi return dari saham ke- i , σ_i adalah standar deviasi (risiko) saham tersebut, dan z_α adalah nilai z -score dari distribusi normal baku dengan tingkat signifikansi α .

Dalam model Kataoka, diasumsikan bahwa return saham mengikuti distribusi normal. Oleh karena itu, nilai z_α diperoleh dari tabel distribusi normal baku dan untuk mengontrol risiko seminimal mungkin, digunakan nilai z_α yang bernilai negatif. Saham yang dipilih adalah saham dengan nilai R_d terbesar, karena semakin tinggi nilai R_d , semakin tinggi pula batas bawah return minimum yang dapat dijamin dengan risiko yang terukur.

2.4. Membentuk Portofolio dan Menentukan Bobot w_i Dari Masing-Masing Saham Terpilih

Saham yang terpilih digunakan untuk membentuk portofolio yang terdiri dari 5 saham. Setelah memilih saham selanjutnya menentukan bobot dari masing-masing saham. Metode penentuan bobot saham menggunakan metode Kataoka Safety First dan Mean Variance.

2.4.1. Penentuan Bobot Menggunakan Kataoka Safety First

Penentuan bobot optimal saham dengan menggunakan prinsip Kataoka Safety First dalam penelitian ini mengacu pada formula yang dikembangkan oleh Ding dan Zhang [36]. Fungsi tujuan portofolio berdasarkan kriteria Kataoka adalah:

$$\max_w w^T \mu + z_\alpha \sqrt{w^T \Sigma w}, \quad (5)$$

dengan batasan $w^T \mathbf{1} = 1$. $w^T \mu$ merupakan ekspektasi return portofolio, sedangkan $\sqrt{w^T \Sigma w}$ menunjukkan risiko (standar deviasi) dari portofolio tersebut. Nilai z_α adalah skor z dari distribusi normal baku untuk tingkat signifikansi α , yang umumnya bernilai negatif untuk mencerminkan prinsip minimisasi risiko.

Fungsi tujuan pada pers. (5) diselesaikan dengan pendekatan optimasi menggunakan metode pengali Lagrange. Fungsi Lagrange yang dibentuk dengan batasan $w^T \mathbf{1} = 1$ adalah:

$$L = w^T \mu + z_\alpha \sqrt{w^T \Sigma w} + \lambda (w^T \mathbf{1} - 1). \quad (6)$$

Solusi optimal dari fungsi Lagrange pada pers. (5) diberikan oleh:

$$w = \frac{1}{\sqrt{\Delta}} \left[\Sigma^{-1} \mu + \left(\frac{-B + \sqrt{\Delta}}{C} \right) \Sigma^{-1} \mathbf{1} \right], \quad (7)$$

dengan $\Delta = Cz_\alpha^2 - D$, $A = \mu^T \Sigma^{-1} \mu$, $B = \mu^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}$, $C = \mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}$, $D = AC - B^2$. Dalam notasi tersebut:

- μ adalah vektor ekspektasi return saham berukuran $p \times 1$.
- Σ adalah matriks varians-kovarian return saham berukuran $p \times p$.
- $\mathbf{1}$ adalah vektor dengan semua elemen bernilai 1 berukuran $p \times 1$.
- w adalah vektor bobot saham yang akan dioptimalkan, berukuran $p \times 1$.

2.4.2. Penentuan Bobot Menggunakan Mean Variance

Fungsi tujuan dalam pendekatan portofolio Mean-Variance adalah meminimalkan risiko portofolio yang direpresentasikan oleh bentuk kuadratik:

$$L = \frac{1}{2} w^T \Sigma w - \lambda (w^T \mathbf{1} - 1), \quad (8)$$

dengan kendala bahwa total bobot portofolio harus bernilai satu, yaitu $w^T \mathbf{1} = 1$.

Fungsi Lagrange pada pers. (8) digunakan untuk menentukan bobot portofolio saham yang optimal. Penyelesaian dari masalah optimasi ini menghasilkan rumus eksplisit untuk bobot optimal sebagai berikut:

$$w = \frac{\Sigma^{-1} \mathbf{1}}{\mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}}. \quad (9)$$

Dalam hal ini:

- Σ adalah matriks varians-kovarian dari return saham, berukuran $p \times p$,
- $\mathbf{1}$ adalah vektor satuan (semua elemennya 1) berukuran $p \times 1$,
- w adalah vektor bobot portofolio optimal yang akan dicari, berukuran $p \times 1$ [1].

2.5. Menentukan Ekspektasi Return dan Risiko Portofolio

Portofolio yang telah terbentuk selanjutnya dianalisis untuk menentukan nilai ekspektasi return dan risiko portofolio. Ekspektasi return portofolio dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$E(R_p) = w^T \mu. \quad (10)$$

Sementara itu, risiko portofolio yang direpresentasikan oleh standar deviasi return portofolio dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{R_p} = \sqrt{w^T \Sigma w}, \quad (11)$$

dengan:

- w adalah vektor bobot saham dalam portofolio ($p \times 1$),
- μ adalah vektor ekspektasi return masing-masing saham ($p \times 1$),
- Σ adalah matriks varians-kovarian return saham ($p \times p$).

2.6. Membandingkan Kinerja Portofolio

Kinerja portofolio optimal yang dibentuk menggunakan kriteria Kataoka Safety First maupun metode Mean-Variance dievaluasi menggunakan dua ukuran kinerja, yaitu indeks Sharpe dan indeks Treynor. Indeks Sharpe (S_p) mengukur kelebihan return portofolio terhadap tingkat return bebas risiko dibandingkan dengan total risiko portofolio, sedangkan indeks Treynor (T_p) mengukur kelebihan return tersebut terhadap risiko sistematis portofolio. Rumus indeks Sharpe dinyatakan sebagai:

$$S_p = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_{R_p}}. \quad (12)$$

Rumus indeks Treynor dinyatakan sebagai:

$$T_p = \frac{E(R_p) - R_f}{\beta_{R_p}}, \quad (13)$$

dengan risiko sistematis portofolio dihitung sebagai:

$$\beta_{R_p} = w^T \beta. \quad (14)$$

Dalam hal ini:

Tabel 2. Mean return, risiko, dan batas bawah return

No	Kode Saham	Mean	Risiko	R_d	Urutan
1	BBCA	0,0003	0,01459	-0,023735	1
2	ASII	-0,0004	0,017307	-0,028841	4
3	DSSA	0,0066	0,04267	-0,063545	
4	DCII	0,0053	0,044048	-0,067153	
5	BREN	0,0025	0,0521	-0,083208	
6	BYAN	0,0004	0,015516	-0,025142	2
7	TPIA	0,0040	0,048448	-0,075745	
8	BBRI	-0,0004	0,020359	-0,033905	9
9	AMMN	0,0005	0,032152	-0,052386	
10	BMRI	-0,0002	0,0202	-0,033408	8
11	TLKM	-0,0010	0,019358	-0,032889	7
12	PANI	0,0041	0,042748	-0,066242	
13	BBNI	0,0001	0,020862	-0,034253	10
14	DNET	0,0025	0,02757	-0,042891	
15	ICBP	0,0002	0,018544	-0,030325	5
16	BRIS	0,0021	0,025866	-0,040453	
17	SMMA	0,0005	0,023091	-0,037512	
18	AMRT	-0,0004	0,019599	-0,032598	6
19	GOTO	0,0016	0,039195	-0,062843	
20	UNTR	0,0002	0,017575	-0,028667	3

- $E(R_p)$ adalah ekspektasi return portofolio,
- R_f adalah rata-rata suku bunga bebas risiko,
- σ_{R_p} adalah standar deviasi (risiko total) portofolio,
- β_{R_p} adalah beta portofolio (risiko sistematis),
- β adalah vektor beta (risiko sistematis) dari masing-masing saham, berukuran $p \times 1$,
- w adalah vektor bobot saham dalam portofolio.

Risiko sistematis setiap saham (β_i) dihitung sebagai rasio antara kovariansi return saham terhadap return pasar dan variansi return pasar. Dalam penelitian ini, return pasar diwakili oleh return dari IHSG (Indeks Harga Saham Gabungan).

Pengukuran kinerja portofolio dengan menggunakan indeks Sharpe dan Treynor bertujuan untuk menentukan portofolio yang memberikan performa terbaik. Semakin besar nilai S_p dan T_p , maka semakin baik kinerja portofolio dalam menghasilkan return yang optimal terhadap risiko yang ditanggung.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Harga Saham Harian

Periode penutupan harga saham harian yang digunakan adalah 1 November 2023 – 6 Maret 2025. Data harga saham diperoleh dari website Yahoo Finance.

3.2. Mean Return dan Risiko Saham

Perhitungan nilai *mean return* berdasarkan persamaan pers. (2), risiko saham berdasarkan pers. (3), dan batas bawah return (*Kataoka Safety First*) berdasarkan pers. (4) dilakukan dengan menggunakan data harga penutupan harian dari 20 saham dengan kapitalisasi pasar terbesar di Indonesia. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 2.

3.3. Pemilihan Saham dengan Kriteria Nilai R_d Terbesar

Pada masing-masing saham besarnya risiko yang ditetapkan adalah $\alpha = 5\%$, sehingga $z_\alpha = -1,645$ dan diperoleh nilai R_d seperti pada Tabel 2. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, dipilih 10 saham dengan nilai R_d terbesar, yaitu saham BBKA, BYAN, UNTR, ASII, ICBP, AMRT, TLKM, BMRI, BBRI, dan BBNI.

BYAN, UNTR, ASII, ICBP, AMRT, TLKM, BMRI, BBRI, dan BBNI.

3.4. Pembentukan Portofolio dan Penentuan Bobot w_i Dari Saham Terpilih

Sepuluh saham yang terpilih dibentuk menjadi dua portofolio dengan satu portofolio masing-masing terdiri dari 5 saham. Portofolio 1 terdiri dari saham BBKA, UNTR, ICBP, TLKM, dan BBRI sementara portofolio 2 terdiri dari saham BYAN, ASII, AMRT, BMRI, dan BBNI. Dalam menentukan bobot saham menggunakan *Kataoka Safety First* dibutuhkan matriks μ , matriks varians kovarians Σ dan inversnya Σ^{-1} , serta matriks 1. Sementara itu, matriks varians kovarians Σ dan inversnya Σ^{-1} serta matriks 1 diperlukan dalam menentukan bobot saham menggunakan *Mean Variance*.

Matriks return saham μ dan matriks 1 dari portofolio 1 dan portofolio 2 adalah sebagai berikut:

$$\mu_{P1} = \begin{bmatrix} 0.000265 \\ 0.000244 \\ 0.000179 \\ -0.001045 \\ -0.000414 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{1}_{P1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$\mu_{P2} = \begin{bmatrix} 0.000382 \\ -0.000371 \\ -0.000358 \\ -0.000229 \\ 0.000065 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{1}_{P2} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Matriks varians-kovarian Σ dan inversnya Σ^{-1} untuk Portofolio 1 dan 2 telah dihitung dan digunakan dalam proses optimasi bobot berdasarkan pers. (7) (*Kataoka*) dan pers. (9) (*Mean Variance*).

Matriks varians kovarians Σ dan Σ^{-1} dari portofolio 1 ada-

lah sebagai berikut:

$$\Sigma_{P1} = \begin{bmatrix} 0,000213 & 0,000026 & 0,000039 & 0,000084 & 0,000145 \\ 0,000026 & 0,000309 & 0,000019 & 0,000037 & 0,000066 \\ 0,000039 & 0,000019 & 0,000344 & 0,000061 & 0,000056 \\ 0,000084 & 0,000037 & 0,000061 & 0,000375 & 0,000111 \\ 0,000145 & 0,000066 & 0,000056 & 0,000111 & 0,000414 \end{bmatrix},$$

$$\Sigma_{P1}^{-1} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} & s_{15} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} & s_{25} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} & s_{35} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} & s_{45} \\ s_{51} & s_{52} & s_{53} & s_{54} & s_{55} \end{bmatrix},$$

dimana:

$$\begin{aligned} s_{11} &= 6419,044923; & s_{12} &= -12,446325; \\ s_{13} &= -257,832940; & s_{14} &= -810,016006; \\ s_{15} &= -1988,761184; & s_{21} &= -12,446325; \\ s_{22} &= 3365,647864; & s_{23} &= -79,643341; \\ s_{24} &= -179,049526; & s_{25} &= -471,507664; \\ s_{31} &= -257,832940; & s_{32} &= -79,643341; \\ s_{33} &= 3041,214526; & s_{34} &= -365,222945; \\ s_{35} &= -212,614640; & s_{41} &= -810,016006; \\ s_{42} &= -179,049526; & s_{43} &= -365,222945; \\ s_{44} &= 3062,177648; & s_{45} &= -456,527977; \\ s_{51} &= -1988,761184; & s_{52} &= -471,507664; \\ s_{53} &= -212,614640; & s_{54} &= -456,527977; \\ s_{55} &= 3332,865080. \end{aligned}$$

Matriks varians kovarians Σ dan Σ^{-1} dari portofolio 2 adalah sebagai berikut:

$$\Sigma_{P2} = \begin{bmatrix} 0,000241 & 0,000001 & 0,000015 & 0,000021 & -0,000005 \\ 0,000001 & 0,000300 & 0,000080 & 0,000114 & 0,000132 \\ 0,000015 & 0,000080 & 0,000384 & 0,000089 & 0,000088 \\ 0,000021 & 0,000114 & 0,000089 & 0,000407 & 0,000273 \\ -0,000005 & 0,000132 & 0,000088 & 0,000273 & 0,000435 \end{bmatrix},$$

$$\Sigma_{P2}^{-1} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} & s_{15} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} & s_{25} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} & s_{35} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} & s_{45} \\ s_{51} & s_{52} & s_{53} & s_{54} & s_{55} \end{bmatrix},$$

dimana:

$$\begin{aligned} s_{11} &= 4207,600846; & s_{12} &= 38,609724; \\ s_{13} &= -151,497425; & s_{14} &= -421,471408; \\ s_{15} &= 334,241624; & s_{21} &= 38,609724; \\ s_{22} &= 4023,285129; & s_{23} &= -543,335413; \\ s_{24} &= -459,035529; & s_{25} &= -825,991082; \\ s_{31} &= -151,497425; & s_{32} &= -543,335413; \\ s_{33} &= 2843,745999; & s_{34} &= -315,080374; \\ s_{35} &= -213,674278; & s_{41} &= -421,471408; \\ s_{42} &= -459,035529; & s_{43} &= -315,080374; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{44} &= 4388,596959; & s_{45} &= -2552,311419; \\ s_{51} &= 334,241624; & s_{52} &= -825,991082; \\ s_{53} &= -213,674278; & s_{54} &= -2552,311419; \\ s_{55} &= 4195,901323. \end{aligned}$$

Pada portofolio ini besarnya risiko yang ditetapkan adalah $\alpha = 5\%$, sehingga $z_\alpha = -1,645$. Nilai A, B, C, D , dan Δ pada portofolio 1 adalah $A = 0,005476; B = 0,516445; C = 9553,704945; D = 52,052097$; dan $\Delta = 25800,512328$. Pada portofolio 2, nilai A, B, C, D , dan Δ adalah $A = 0,001750; B = 0,037393; C = 9440,039095; D = 16,515976$; dan $\Delta = 25528,465817$.

Bobot portofolio optimal pada portofolio 1 dengan kriteria Kataoka Safety First dan metode Mean Variance yang berturut-turut dihitung berdasarkan pers. (7) dan pers. (9) ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan postofolio 2 ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Bobot Portofolio 1

Saham	Portofolio 1	
	w Kataoka Safety First	w Mean Variance
BBCA	0,370206	0,35065
UNTR	0,281048	0,27455
ICBP	0,227578	0,22252
TLKM	0,109801	0,13098
BBRI	0,011368	0,02130
$E(R_p)$	0,000087977	0,000054057
σ_{Rp}^2	0,000104883	0,000104671
σ_{Rp}	0,010241221	0,010230906

Tabel 4. Bobot Portofolio 2

Saham	Portofolio 2	
	w Kataoka Safety First	w Mean Variance
BYAN	0,435467	0,4245198
ASII	0,228842	0,2366021
AMRT	0,166485	0,1716262
BMRI	0,061301	0,0678703
BBNI	0,107905	0,0993816
$E(R_p)$	0,000014911	0,000003961
σ_{Rp}^2	0,000106	0,000105932
σ_{Rp}	0,010295645	0,010292316

3.5. Ekspektasi Return dan Risiko Portofolio

Ekspektasi return portofolio 1 dengan kriteria Kataoka Safety First adalah 0,000087977 sedangkan dengan metode Mean Variance adalah 0,000054057. Pada portofolio 1, risiko yang dihasilkan kriteria Safety First dan Mean Variance berturut-turut adalah 0,010241221 dan 0,010230906. Ekspektasi return dan risiko dengan kriteria Kataoka Safety First pada portofolio 2 adalah 0,000014911 dan 0,010295645. Metode Mean Variance menghasilkan ekspektasi return 0,000003961 dan risiko 0,010292316 pada portofolio 2.

Pada portofolio 1, kriteria Kataoka Safety First memberikan nilai ekspektasi return yang lebih besar dibandingkan metode Mean Variance. Namun, risiko yang dihasilkan kriteria Kataoka Safety First juga lebih besar dibandingkan metode Mean Variance. Pada portofolio 2, kriteria Kataoka Safety First memberikan nilai ekspektasi return yang jauh lebih besar namun dengan risiko yang sedikit lebih kecil dibandingkan metode Mean Variance.

3.6. Perbandingan Kinerja Portofolio

Untuk membandingkan kinerja kedua metode tersebut, yaitu kriteria Kataoka *Safety First* dan metode *Mean Variance* dalam membentuk portofolio optimal maka digunakan Indeks Sharpe dan Treynor. Dalam menghitung indeks Sharpe dan Treynor dibutuhkan nilai R_f yang merupakan rata-rata suku bunga bebas risiko. Rata-rata suku bunga bebas risiko dari periode November 2023 – Maret 2025 adalah 6,02941%/tahun. Suku bunga tersebut perlu dikonversi menjadi suku bunga perhari karena return yang digunakan adalah return harian. Jadi, $R_f = 0,01652\%/hari$. Sebelum menghitung indeks Treynor maka perlu menghitung nilai β masing-masing saham terlebih dahulu. Nilai β masing-masing saham pada portofolio 1 dinyatakan dalam bentuk matriks berikut:

$$\beta = \begin{bmatrix} 0,9021365 \\ 0,5647952 \\ 0,4831045 \\ 0,9275659 \\ 1,5070643 \end{bmatrix}.$$

Pada portofolio 2, nilai matriks β adalah sebagai berikut:

$$\beta = \begin{bmatrix} 0,2269512 \\ 0,8709609 \\ 0,7639305 \\ 1,4709054 \\ 1,4784067 \end{bmatrix}.$$

Nilai β_{Rp} berdasarkan pers. (14) pada portofolio 1 yang dibentuk menggunakan kriteria Kataoka *Safety First* adalah 0,7216338 sementara yang dibentuk menggunakan metode *Mean Variance* adalah 0,7324881. Pada portofolio 2, nilai β_{Rp} adalah 0,6750204 untuk kriteria Kataoka *Safety First* dan 0,6802842 untuk metode *Mean Variance*.

Setelah diperoleh nilai β_{Rp} , selanjutnya dihitung indeks Sharpe dan indeks Treynor menggunakan pers. (12) dan pers. (13). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

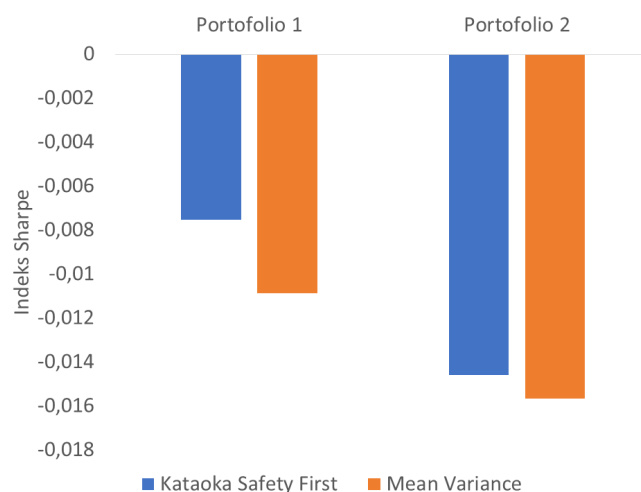
Tabel 5. Indeks Sharpe dan Treynor

Indeks	Kataoka Safety First	Mean Variance
Portofolio 1		
S_p	-0,007539398	-0,010862417
T_p	-0,000106997	-0,000151719
Portofolio 2		
S_p	-0,014596287	-0,015664919
T_p	-0,000222628	-0,000237001

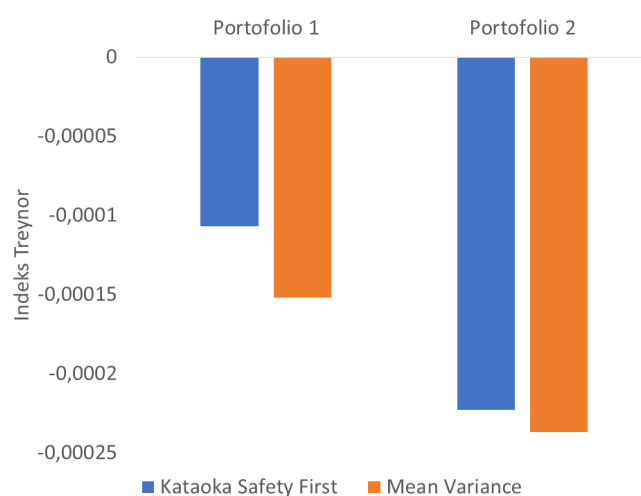
Berdasarkan Tabel 5, indeks Sharpe dan Treynor dari portofolio Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* mempunyai nilai yang negatif. Nilai negatif menunjukkan bahwa return portofolio lebih kecil dibandingkan suku bunga bebas risiko yang artinya kinerja portofolio yang terbentuk berada di bawah kinerja pasar. Selama periode waktu 1 November 2023 – 6 Maret 2025, beberapa saham mempunyai tren harga yang menurun yang menyebabkan rata-rata return bernilai negatif. Rata-rata return saham yang negatif berdampak pada return portofolio. Namun, bobot portofolio yang dibentuk oleh kedua metode tetap menghasilkan bobot yang positif sehingga investor dapat menghindari short selling. Secara empirik, ekspektasi return portofolio Kataoka *Safety First* selalu lebih besar dibandingkan metode *Mean Variance*. Hal ini

sejalan dengan risiko, yaitu tingkat risiko portofolio Kataoka *Safety First* juga lebih besar dibandingkan *Mean Variance*. Oleh karena itu, untuk mengetahui kinerja kedua portofolio digunakan indeks Sharpe dan Treynor. Indeks tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengetahui bagaimana performa dari kedua portofolio tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa indeks Sharpe Kataoka *Safety First* lebih besar daripada *Mean Variance* pada portofolio 1. Hal yang sama juga terjadi pada portofolio 2. Indeks Treynor Kataoka *Safety First* lebih besar daripada *Mean Variance* baik pada portofolio 1 maupun portofolio 2. Hal ini menunjukkan bahwa kriteria Kataoka *Safety First* memberikan kinerja yang lebih baik daripada metode *Mean Variance*. Jadi, kriteria Kataoka *Safety First* menjadi salah satu metode pembentukan portofolio optimal yang dapat digunakan oleh investor yang menghindari risiko, terutama saat kinerja portofolio menunjukkan nilai yang negatif.

Perbandingan indeks Sharpe dan Treynor antara portofolio Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance* diilustrasikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan Indeks Sharpe antara Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance*



Gambar 3. Perbandingan Indeks Treynor antara Kataoka *Safety First* dan *Mean Variance*

4. Kesimpulan

Saat Kataoka *Safety First* digunakan dalam rangkaian langkah pembentukan portofolio optimal, portofolio yang dihasilkan mempunyai kinerja yang baik. Dalam penelitian ini, portofolio Kataoka *Safety First* dibandingkan dengan portofolio *Mean Variance* yang sama-sama merupakan metode yang mengontrol risiko dalam penentuan bobot saham untuk mengetahui performa dari kinerja portofolio Kataoka *Safety First*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja portofolio Kataoka *Safety First* lebih baik dibandingkan metode *Mean Variance*. Hal ini dapat dilihat dari indeks Sharpe dan Treynor. Portofolio Kataoka *Safety First* mempunyai indeks Sharpe dan Treynor yang lebih besar dibandingkan *Mean Variance*. Selain itu, jika kinerja portofolio bernilai negatif hasil penelitian ini juga memberikan gambaran bagi investor agar dapat memilih metode yang tepat untuk mengamankan modal dan menghindari kerugian. Penelitian ini masih menggunakan asumsi normalitas. Untuk penelitian ke depan data return dapat mengakomodasi distribusi return yang lebih luas seperti distribusi eliptikal, atau distribusi yang lebih realistis sehingga menghasilkan portofolio yang lebih stabil menghadapi ketidakpastian pasar.

Kontribusi Penulis. Emy Siswanah: Konseptualisasi, metodologi, perangkat lunak, analisis formal, sumber daya, kurasi data, penulisan—persiapan draf asli, penulisan—tinjauan dan penyuntingan, visualisasi, administrasi proyek, perolehan pendanaan. Abdurakhman: Konseptualisasi, investigasi, validasi, penulisan—tinjauan dan penyuntingan, supervisi. Di Asih I Maruddani : metodologi, validasi, penulisan—tinjauan dan penyuntingan. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan.

Ucapan Terima Kasih. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini dan dalam penyusunan manuskrip. Kami sangat menghargai editor dan reviewer atas masukan serta dukungannya dalam menyempurnakan karya ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Konflik Kepentingan. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

Ketersediaan Data. Tidak tersedia.

Referensi

- [1] E. J. Elton, M. J. Gruber, S. J. Brown, and W. N. Goetzmann, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 9th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2014.
- [2] A. M. Abdal, I. Wynn, A. U. Islami, and D. Safriadi, "Estimasi Return dan Risiko Portofolio Optimal pada Indeks LQ-45 Periode 2020–2022 menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM)," *J. Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 19, no. 3, pp. 506–519, 2023, doi: [10.20956/j.v19i3.25005](#).
- [3] M. W. Aunillah and Wahyudi, "Analisis Portofolio Optimal CAPM dan Single Index Model pada Perusahaan IDX30," *J. Ilm. Ekon. Islam*, vol. 8, no. 2, pp. 2231–2240, 2022, doi: [10.29040/jiei.v8i2.5772](#).
- [4] N. B. D. Dotulong, L. M. Amali, and Selvi, "Analisis Komparasi Capital Asset Pricing Model dan Fama-French Three Factor Model untuk Penentuan Investasi Pada Saham Indeks IDX30 (Periode 2016–2018)," *J. Apl. Manaj. dan Inov. Bisnis*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2020, doi: [10.47201/jamin.v2i2.47](#).
- [5] K. Frajtova-Michalikova, E. Spuch-Jakova, and M. Misankova, "Portfolio Optimization," *Procedia Econ. Financ.*, vol. 26, pp. 1102–1107, 2015, doi: [10.1016/S2212-5671\(15\)00936-3](#).
- [6] E. F. Komara and E. Yulianti, "Pembentukan Portofolio Optimal dengan Menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM) pada Indeks LQ-45 periode 2016–2018," *J. Ilmu Manaj. dan Bisnis*, vol. 12, no. 2, pp. 173–183, 2021, doi: [10.17509/jimb.v12i2.37371](#).
- [7] E. W. Ningdiyah and W. Wahidahwati, "Portofolio CAPM atau Model Black Litterman? (Studi pada Perusahaan Indeks LQ45 Periode 2017–2018)," *Bilancia J. Ilm. Akunt.*, vol. 5, no. 3, pp. 291–296, 2021.
- [8] F. Seru and A. D. Saputro, "Pendekatan Optimalisasi Portofolio dengan Capital Asset Pricing Model dan Model Markowitz sebagai Strategi Investasi Cerdas bagi Investor Milenial," *J. Math. Theory Appl.*, vol. 6, no. 2, pp. 214–224, 2024, doi: [10.31605/jomta.v6i2.4117](#).
- [9] I. V. Silalahi, N. Nugraha, M. Sari, and H. F. Ningrum, "Analisis Single Index Model dalam Membentuk Portofolio Optimal pada Saham Perusahaan Jakarta Islamic Index (JII) Periode 2016–2020," *Sains J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 14, no. 2, pp. 203–221, 2022, doi: [10.35448/jmb.v14i2.13876](#).
- [10] N. N. A. Salmah, Y. Arafat, T. Darmawati, and R. Damayanti, "Pembentukan Portofolio Optimal Menggunakan Single Index Model Pada Saham IDX Value 30," *Ekon. J. Econ. Bus.*, vol. 7, no. 1, pp. 691–699, 2023, doi: [10.33087/ekonomis.v7i1.1093](#).
- [11] Y. Wagafir, H. Rasjid, and Y. I. Pongoliu, "Analisis Penerapan Metode Single Index Model dan Constant Correlation Model dalam Optimalisasi Portofolio Saham Indeks LQ-45 di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2019–2021," *Islam. Econ. Financ. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 93–114, 2022, doi: [10.55657/iefj.v1i2.40](#).
- [12] M. G. Rimbawan, I. Slamet, and Y. Susanti, "Analisis Portofolio Optimal Saham BEI Menggunakan Single Index Model dan Stochastic Dominance," 2023.
- [13] S. Triharjono, "Single Index Model Sebagai Alat Analisis Optimalisasi Portofolio Investasi Saham (Studi Kasus pada Kelompok Saham LQ-45 di BEI Tahun 2009–2011)," *J. Ilmu Manaj. dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, 2014, doi: [10.17509/jimb.v5i1.1012](#).
- [14] R. Emilia, A. N. Trixie, E. Tania, L. Noviyanti, and E. H. Widastika, "Penentuan Portofolio Optimal Saham MNC36 Menggunakan Metode SIM dan MIM," *BIAStatistics J. Stat. Theory Apl. Spec. Issue*, vol. 4, no. 1, pp. 98–110, 2024, doi: [10.1234/biassi.v2024i.291](#).
- [15] B. Rusli, E. Sulistianingsih, and S. W. Rizki, "Analisis Portofolio Optimal Pada Index Saham LQ 45 dengan Multi-Index Models," *Bul. Ilm. Mat. Stat. dan Ter.*, vol. 7, no. 2, pp. 135–140, 2018, doi: [10.26418/bbmst.v7i2.24899](#).
- [16] M. Arja'i and M. F. Qudratullah, "Analisis Portofolio Optimal Saham Syariah Menggunakan Multi Index Models," *J. Fourier*, vol. 2, no. 2, pp. 105–111, 2013, doi: [10.14421/fourier.2013.22.105-111](#).
- [17] A. Varmaz, C. Fieberg, and T. Poddig, "Portfolio optimization for sustainable investments," *Ann. Oper. Res.*, vol. 341, pp. 1151–1176, 2024, doi: [10.1007/s10479-024-06189-w](#).
- [18] P. Meher and R. K. Mishra, "Risk-Adjusted Portfolio Optimization: Monte Carlo Simulation and Rebalancing," *Australas. Accounting, Bus. Financ. J.*, vol. 18, no. 3, pp. 85–101, 2024, doi: [10.14453/aabfj.v18i3.06](#).
- [19] G. Nurkhair, D. Saepudin, and A. Atiqi, "Portfolio Optimization Based on Return Prediction and Semi Absolute Deviation (SAD)," *Int. J. Inf. Commun. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 14–26, 2023, doi: [10.21108/ijocit.v9i1.698](#).
- [20] W. Bessler and D. Wolff, "Portfolio Optimization with Sector Return Prediction Models," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 17, no. 6, p. 254, 2024, doi: [10.3390/jrfm17060254](#).
- [21] M. M. Hosseinzadeh, S. O. Lozza, F. H. Lotfi, and V. Moriggia, "Portfolio optimization with asset preselection using data envelopment analysis," *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, vol. 31, pp. 287–310, 2023, doi: [10.1007/s10100-022-00808-2](#).
- [22] L. H. Pedersen, A. Babu, and A. Levine, "Enhanced Portfolio Optimization," *Financ. Anal. J.*, vol. 77, no. 2, pp. 124–151, 2021, doi: [10.1080/0015198X.2020.1854543](#).
- [23] A. Larni-Foeeik, S. J. Sadjadi, and E. Mohammadi, "Stochastic portfolio optimization: A regret-based approach on volatility risk measures: An empirical evidence from The New York stock market," *PLoS One*, vol. 19, no. 4, p. e0299699, 2024, doi: [10.1371/journal.pone.0299699](#).
- [24] L. Gubu, D. Rosadi, and A., "Robust Mean-Variance Portfolio Selection Using Cluster Analysis: A Comparison between Kamila and Weighted K-Mean Clustering," *Asian Econ. Financ. Rev.*, vol. 10, no. 10, pp. 1169–1186, 2020, doi: [10.18488/journal.aefr.2020.1010.1169.1186](#).
- [25] L. Gubu, D. Rosadi, and A. Abdurakhman, "A New Approach for Robust Mean-Variance Portfolio Selection Using Trimmed k-Means Clustering," *Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 20, no. 4, pp. 782–794, Dec. 2021, doi: [10.7232/iems.2021.20.4.782](#).
- [26] L. Gubu, D. Rosadi, and Abdurakhman, "Robust Mean-Variance Portfolio Selection With Ward and Complete Linkage Cluster Algorithm," *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, vol. 54, no. 3, p. 17, 2020, doi:

- 10.24818/18423264/54.3.20.07.
- [27] W. H. Syaifudin and E. R. M. Putri, "The Application of Model Predictive Control on Stock Portfolio Optimization with Prediction Based on Geometric Brownian motion-Kalman Filter," *J. Ind. Manag. Optim.*, vol. 18, no. 5, pp. 3433–3443, 2022, doi: [10.3934/jimo.2021119](https://doi.org/10.3934/jimo.2021119).
- [28] H. Markowitz, "Portfolio Selection," *J. Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91, 1952. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/2975974>
- [29] H. M. Markowitz, "Foundations of Portfolio Theory," *J. Finance*, vol. 46, no. 2, pp. 469–477, 1991, doi: [10.2307/2328831](https://doi.org/10.2307/2328831).
- [30] S. Kataoka, "A Stochastic Programming Model," *Econometrica*, vol. 31, no. 1/2, pp. 181–196, 1963, doi: [10.2307/1910956](https://doi.org/10.2307/1910956).
- [31] E. J. Elton and M. J. Gruber, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 1987.
- [32] Y. Ding and B. Zhang, "Optimal portfolio of safety-first models," *J. Stat. Plan. Inference*, vol. 139, no. 9, pp. 2952–2962, 2009, doi: [10.1016/j.jspi.2009.01.018](https://doi.org/10.1016/j.jspi.2009.01.018).
- [33] Y. Ding and Z. Lu, "How's the Performance of the Optimized Portfolios By Safety-First Rules: Theory With Empirical Comparisons," *J. Ind. Manag. Optim.*, vol. 16, no. 6, pp. 2703–2721, 2019, doi: [10.3934/jimo.2019076](https://doi.org/10.3934/jimo.2019076).
- [34] IDX, "50 Biggest Market Capitalization - Desember 2024," 2024. [Online]. Available: <https://idx.co.id>. [Accessed: 03-march-2025].
- [35] Yahoo!Finance, "Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News," 2024. [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com/>. [Accessed: 03-march-2025].
- [36] Y. Ding and B. Zhang, "Risky asset pricing based on safety first fund management," *Quant. Financ.*, vol. 9, no. 3, pp. 353–361, 2009, doi: [10.1080/14697680802392488](https://doi.org/10.1080/14697680802392488).