



Penerapan Metode MVEP dalam Penyusunan Saham Portofolio LQ45 dan Perhitungan Ukuran Risiko dengan Simulasi Monte-Carlo Menggunakan R-GUI

Aigidya¹, Amelia Candra Wigati², Arif Ansori³, Dhea Anindita Ramadhanty⁴,
Kharisma Sofiana⁵, Di Asih I Maruddani⁶

^{1,2,3,4,5,6} Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

¹ aigidya@students.undip.ac.id

² ameliacann19@students.undip.ac.id

³ arifansori@students.undip.ac.id

⁴ dheear@students.undip.ac.id

⁵ kharismasofiana@students.undip.ac.id

⁶ maruddani@live.undip.ac.id

Corresponding author email: aigidya@students.undip.ac.id

Abstract: Diversifying investments across a portfolio of stocks is a prudent strategy to mitigate investment risk. By spreading investments across multiple stocks, the overall volatility of the portfolio tends to be lower compared to investing in a single asset. The Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) method is an effective approach for achieving an optimal balance between risk and return in portfolio construction. Prior to making investment decisions, it is essential to carefully assess the measure of risk. Utilizing the Value at Risk (VaR) calculation method with Monte Carlo Simulation provides a more accurate assessment of risk. This approach offers a comprehensive and realistic view of the potential outcomes and risks encountered by investors. In this study, three stocks from the LQ45 group were analyzed over the period from May 1, 2023, to April 30, 2024. The research findings reveal that the optimal portfolio comprises three stocks: ESSA(15,794%), ISAT(54,524%), and MAPI(12,56%). The VaR for this portfolio over the next six months is determined to be 25.466% at 95% confidence level, so when an investor will invest Rp50.000.000,00 the maximum estimated risk is Rp12.732.832.

Keyword: Value at Risk, Investments, Volatility, Optimal, Return

Abstrak: Pembentukan portofolio saham merupakan salah satu cara efektif untuk mendistribusikan risiko investasi. Diversifikasi investasi pada berbagai saham, mengakibatkan volatilitas keseluruhan portofolio lebih rendah dibandingkan dengan volatilitas aset tunggal. Metode Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) adalah salah satu pendekatan pembentukan portofolio yang mencapai keseimbangan optimal antara risiko dan return. Sebelum melakukan investasi, penting untuk mempertimbangkan ukuran risiko secara matang. Perhitungan risiko yang lebih akurat dapat dicapai melalui Value at Risk (VaR) dengan pendekatan simulasi Monte-Carlo. Metode ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan realistis tentang berbagai kemungkinan hasil dan risiko yang dihadapi investor. Penelitian ini menggunakan tiga saham anggota kelompok LQ45 pada periode 1 Mei 2023 hingga 30 April 2024. Berdasarkan hasil penelitian, portofolio terbaik terdiri dari tiga saham: ESSA(15,794%), ISAT(54,524%), and MAPI(12,56%). Nilai VaR untuk portofolio saham dalam enam bulan ke depan adalah 25,466% pada tingkat kepercayaan 95%, sehingga jika seorang menginvestasikan dananya sejumlah Rp50.000.000 resiko maksimum yang diperoleh sebesar Rp12.732.832.

Kata kunci: Value at Risk, Investasi, Volatilitas, Optimal, Return

I. PENDAHULUAN

Investasi merupakan pengeluaran modal yang dilakukan dengan tujuan memperoleh keuntungan oleh investor, baik lokal maupun internasional, dalam berbagai industri yang menerima investasi [1]. Saham merupakan salah satu instrumen investasi yang populer dan diminati banyak orang karena saham memberikan potensi imbal hasil yang lebih menarik. Bursa Efek Indonesia (BEI) menyediakan fasilitas menarik berupa papan indeks yang salah satunya adalah indeks LQ45. Indeks saham ini terdiri dari 45 perusahaan terpilih dengan likuiditas tinggi, kapitalisasi pasar besar, kondisi fundamental yang kuat, dan prospek pertumbuhan yang menjanjikan [2]. Daftar saham dalam Indeks LQ45 menjadi pilihan yang menarik untuk disusun sebuah portofolio.



Pemilihan saham yang tepat dari kumpulan saham untuk menyusun portofolio investasi yang optimal merupakan keputusan krusial bagi investor. Metode MVEP (*Mean-Variance Efficient Portfolio*) adalah salah satu teknik ilmiah yang terkenal dan efektif untuk memilih saham serta menentukan bobot saham dalam portofolio. Model ini dianggap sebagai kerangka standar dalam manajemen investasi modern, yang melibatkan pengoptimalan portofolio dengan meminimalkan nilai varian (risiko) dengan batasan tertentu [3]. Selain penentuan bobot dari saham-saham penyusun portofolio, perhitungan risiko portofolio merupakan aspek penting dalam pengambilan keputusan investasi yang cerdas. Metode Simulasi Monte-Carlo merupakan sebuah teknik untuk memperkirakan risiko dengan cara mensimulasikan berbagai kemungkinan hasil berdasarkan data yang tersedia dengan melibatkan variabel acak dan karakteristik distribusi data untuk menghitung probabilitas berbagai skenario yang mungkin terjadi [4]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menyusun sebuah portofolio yang optimal dari Indeks LQ45 dengan menggunakan metode MVEP serta menghitung risiko portofolionya dengan simulasi Monte-Carlo. Penelitian ini menggunakan bantuan GUI (*Graphical User Interface*) khusus untuk memudahkan perhitungan risiko portofolio dengan simulasi Monte-Carlo yang melibatkan pembangkitan banyak data.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan jenis data kuantitatif yang merupakan data yang diperoleh dalam bentuk numerik yang terdiri dari data harga penutupan saham (*close price*) harian untuk saham-saham yang terdaftar dalam Indeks LQ45 mulai dari tanggal 1 Mei 2023 – 30 April 2024. Data harga penutupan saham yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh melalui <https://finance.yahoo.com>, sedangkan informasi saham yang terdaftar dalam Indeks LQ45 diperoleh melalui <https://www.idx.co.id>. Berikut merupakan langkah-langkah dalam tahapan analisis data yang dilakukan.

1. Menentukan data *close price* harian yang konsisten pada 1 Mei 2023 hingga 30 April 2024;
2. Menghitung nilai *return* dari *close price* setiap saham LQ45;
3. Menghitung nilai *mean return* dari setiap saham;
4. Melakukan uji asumsi normalitas univariat pada data *return* saham yang mempunyai *mean return* positif;
5. Menyusun portofolio saham yang memenuhi asumsi normalitas univariat;
6. Melakukan uji asumsi normalitas multivariat pada *return* saham;
7. Menentukan bobot masing-masing saham penyusun portofolio menggunakan metode MVEP;
8. Menghitung *return* portofolio berdasarkan pembobotan yang diperoleh sebelumnya;
9. Melakukan uji asumsi normalitas pada data *return* portofolio;
10. Merancang program R-GUI untuk menghitung *VaR* dengan simulasi Monte-Carlo;
11. Menghitung nilai *VaR* menggunakan simulasi Monte-Carlo dengan bantuan R-GUI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Return Saham

Dalam melakukan investasi, penting bagi investor untuk memilih aset yang tepat agar memperoleh sebuah keuntungan. *Return* saham merupakan salah satu indikator yang dapat dijadikan tolak ukur untuk menilai kinerja suatu perusahaan, dengan membandingkan kenaikan dan penurunan dari return saham suatu perusahaan. Terdapat hubungan positif antara risiko dan *return*, artinya semakin tinggi

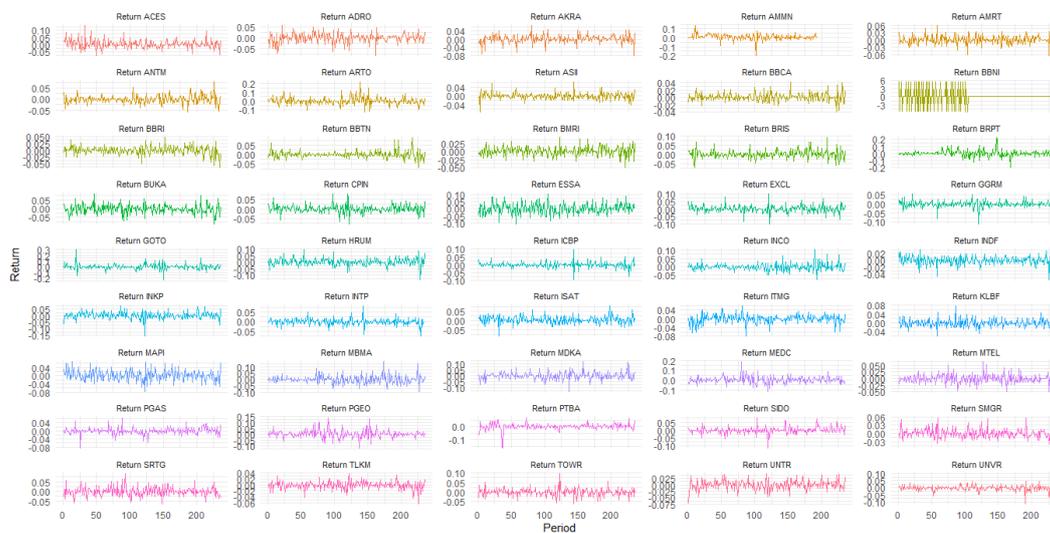


risiko yang ditanggung, semakin besar pula potensi return yang diharapkan [5]. Perhitungan *return* adalah sebagai berikut [6]:

$$R_t = \text{Ln} \left(\frac{X_t}{X_{t-1}} \right) \quad (1)$$

dimana: R_t = return pada periode t
 X_t = harga saham pada periode t
 X_{t-1} = harga saham pada periode t-1

Return dihitung menggunakan Persamaan (1) dan divisualisasikan ke dalam bentuk grafis yang digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Return Saham

Adanya *missing values* pada harga penutupan saham AMMN dapat menyebabkan masalah yang signifikan dalam proses analisis, sehingga saham tersebut akan dikecualikan dalam tahapan analisis selanjutnya.

4.2 Expected Return

Expected return merupakan estimasi tingkat pengembalian yang diharapkan dari suatu investasi, yang menjadi pertimbangan penting ketika mengambil keputusan mengenai investasi. Perhitungan *expected return* menurut dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^N R_{it}}{N} \quad (2)$$

Setelah memperoleh nilai *return* yang dihitung menggunakan Persamaan (1), langkah selanjutnya adalah mencari nilai *expected return* pada 44 saham perusahaan yang terdaftar pada LQ45 menggunakan Persamaan (2) sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Expected Return Saham LQ45

No	Emiten	$E(R_t)$	No	Emiten	$E(R_t)$	No	Emiten	$E(R_t)$
1	ACES	0,003169	16	CPIN	0,000327	31	MBMA	-0,001544
2	ADRO	-0,000467	17	ESSA	0,000770	32	MDKA	-0,001714
3	AKRA	0,000118	18	EXCL	0,001463	33	MEDC	0,001482
4	AMRT	0,000044	19	GGRM	-0,001559	34	MTEL	-0,000739
5	ANTM	-0,001036	20	GOTO	-0,002092	35	PGAS	-0,000220
6	ARTO	-0,000060	21	HRUM	-0,000209	36	PGE0	0,001951



No	Emiten	$E(R_t)$	No	Emiten	$E(R_t)$	No	Emiten	$E(R_t)$
7	ASII	-0,001208	22	ICBP	0,000111	37	PTBA	-0,001073
8	BBCA	0,000339	23	INCO	-0,002179	38	SIDO	-0,000392
9	BBNI	0,000383	24	INDF	-0,000218	39	SMGR	-0,001023
10	BBRI	-0,000326	25	INKP	0,000910	40	SRTG	-0,001157
11	BBTN	0,000200	26	INTP	-0,001196	41	TLKM	-0,001310
12	BMRI	0,001178	27	ISAT	0,001792	42	TOWR	-0,000986
13	BRIS	0,001696	28	ITMG	-0,001016	43	UNTR	-0,000333
14	BRPT	0,000597	29	KLBF	-0,001649	44	UNVR	-0,002255
15	BUKA	-0,002733	30	MAPI	0,000682			

Expected return menggambarkan jumlah estimasi keuntungan atau kerugian yang dapat diantisipasi oleh investor dalam kegiatan investasinya. *Expected return* negatif menunjukkan bahwa harga saham cenderung mengalami penurunan sehingga dapat menimbulkan kerugian bagi investor. Oleh karena itu, dalam analisis ini, saham yang dipilih untuk membentuk portofolio adalah saham-saham dengan *expected return* bernilai positif.

4.3 Uji Normalitas Univariat

Asumsi normal univariat dapat diuji menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov [8]. Hal ini dilakukan dengan membandingkan distribusi kumulatif data sampel dengan distribusi kumulatif normal teoritis [9].

$H_0 : F(x) = F_0(x)$ untuk semua x dari $-\infty$ sampai ∞ (Data berdistribusi normal univariat)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ untuk semua x dari $-\infty$ sampai ∞ (Data tidak berdistribusi normal univariat)

Statistik Uji

$$D = \sup_x |F(x) - F_0(x)| \quad (3)$$

dimana: D = nilai supremum untuk semua x dari mutlak $F(x) - F_0(x)$

$F(x)$ = fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

$F_0(x)$ = fungsi distribusi kumulatif dari distribusi normal

Kriteria Uji

H_0 ditolak jika $D > D^*(\alpha)$, dimana $D^*(\alpha)$ merupakan nilai kritis yang diperoleh dari tabel “Kolmogorov-Smirnov” atau H_0 ditolak jika $p - value < \alpha$.

Uji normalitas univariat dalam pembentukan portofolio saham membantu memastikan asumsi dari metode *Mean-Variance Efficient Portofolio* (MVEP) terpenuhi dan membuat perhitungan risiko dengan simulasi Monte-Carlo lebih akurat. Uji normalitas univariat menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dilakukan pada saham-saham yang memiliki *expected return* positif, dengan masing-masing nilai $p - value$ sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai $p - value$ K-S Test

No	Emiten	$p - value$	No	Emiten	$p - value$	No	Emiten	$p - value$
1	ACES	< 0,010	7	BMRI	< 0,010	13	ICBP	< 0,010
2	AKRA	< 0,010	8	BRIS	< 0,010	14	INKP	< 0,010
3	AMRT	< 0,010	9	BRPT	< 0,010	15	ISAT	0,074
4	BBCA	< 0,010	10	CPIN	< 0,010	16	MAPI	0,074
5	BBNI	< 0,010	11	ESSA	0,236	17	MEDC	< 0,010
6	BBTN	< 0,010	12	EXCL	< 0,010	18	PGEO	< 0,010

Berdasarkan tabel ringkasan di atas, nilai $p - value$ dari *return* saham ESSA, ISAT, dan MAPI lebih besar dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ yang menunjukkan bahwa ketiga saham tersebut memiliki *return*



yang berdistribusi normal univariat. Maka selanjutnya, saham ESSA, ISAT, dan MAPI akan dipilih sebagai saham pembentuk portofolio.

4.4 Uji Asumsi Normalitas Multivariat

Uji normalitas multivariat dalam analisis pembentukan portofolio menggunakan metode *Mean-Variance Efficient Portofolio* (MVEP) memiliki peran dalam memastikan kesesuaian hasil analisis dalam pembentukan portofolio sehingga dapat diandalkan. Pengujian asumsi normal multivariat dapat dilakukan secara visual dengan melihat plot kuantil-kuantil(QQ), maupun secara formal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dari jarak mahalanobis (d_f^2) [10].

Hipotesis

H_0 : Jarak mahalanobis berdistribusi chi-kuadrat dengan derajat bebas p
(Data berdistribusi normal multivariat)

H_1 : Jarak mahalanobis tidak berdistribusi chi-kuadrat dengan derajat bebas p
(Data tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik Uji

$$D = \sup_x |S(x) - F_0(X)| \quad (4)$$

dimana: $S(x)$ = fungsi distribusi kumulatif dari jarak mahalanobis

$F_0(x)$ = fungsi distribusi kumulatif dari distribusi chi-kuadrat

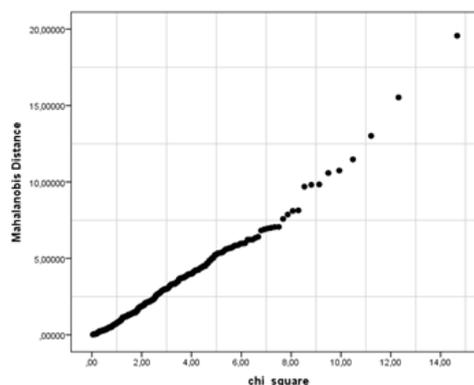
Kriteria Uji

H_0 ditolak jika nilai $D > D^*(\alpha)$, dimana $D^*(\alpha)$ merupakan nilai kritis yang diperoleh dari tabel “Kolmogorov-Smirnov” atau H_0 ditolak jika $p - value < \alpha$.

Berikut akan dilakukan pengujian asumsi normal multivariat pada aset-aset efisien, sebelum dibentuk ke dalam sebuah portofolio.

4.4.1. Uji Visual

Uji normalitas secara visual dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Normalitas Multivariat

Hasil uji normalitas multivariat secara visual menunjukkan bahwa data *return* saham ESSA, ISAT, dan MAPI secara bersama-sama memiliki karakteristik distribusi yang mendekati distribusi normal. Visualisasi Gambar 2 yang digunakan untuk menguji normalitas memberikan indikasi positif.



4.4.2. Uji Formal

Berdasarkan uji normalitas dengan menggunakan nilai mahalnobis dan juga *chi square*, diperoleh nilai korelasi antara keduanya sebesar 0,99295. Nilai korelasi antara mahalnobis dan juga *chi square* tersebut sangatlah tinggi. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa data *return* saham ESSA, ISAT, dan MAPI berdistribusi normal multivariat.

4.5 Pembentukan Portofolio

Portofolio saham adalah kombinasi antara beberapa saham yang disusun dengan tujuan untuk memaksimalkan pengembalian (*return*) yang diharapkan dengan tingkat risiko tertentu. Perhitungan *return* portofolio adalah sebagai berikut [6]:

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^N w_i R_{t,i} \text{ dengan } \sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (5)$$

dimana: $R_{p,t}$ = *return* portofolio pada waktu ke-t

$R_{t,i}$ = *return* pada waktu ke-t untuk saham ke-i

w_i = bobot saham ke-i

N = banyak saham

Adapun nilai ekspektasi dan variansi dari *return* portofolio dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu_p = w_1\mu_1 + w_2\mu_2 + \dots + w_N\mu_N = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_N] \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix} = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu} \quad (6)$$

$$\sigma_p^2 = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_N] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} \quad (7)$$

dengan $\boldsymbol{\Sigma}$ merupakan matriks variansi-kovariansi.

MVEP merupakan salah satu metode pembentukan portofolio saham yang memiliki variansi minimum dari *expected return*nya. Hal ini sama dengan mengoptimalkan bobot $\mathbf{w} = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_N]^T$ berdasarkan *expected return* dari variansi yang diberikan. Portofolio dengan variansi minimum dibentuk menggunakan vektor pembobotan (\mathbf{w}) dengan mempertimbangkan dua batasan (*constraints*) berikut:

1. Spesifikasi awal dari *mean return* μ_p harus tercapai, yaitu $\mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu}$.
2. Jumlah proporsi dari portofolio yang terbentuk sama dengan satu, yaitu $\mathbf{w}^T \mathbf{1}_N = 1$, dimana $\mathbf{1}_N$ adalah vektor satu dengan dimensi $N \times 1$.

Permasalahan optimalisasi dapat diselesaikan dengan fungsi *Lagrange*, yaitu:

$$L = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} + \lambda_1 (\mu_p - \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu}) + \lambda_2 (1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1}_N) \quad (8)$$

dengan, L = fungsi *Lagrange* dan λ = faktor pengali *Lagrange*

Sehingga pembobotan pada metode *Mean Variance Efficient Portfolio* (MVEP) adalah sebagai berikut:

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

dengan $\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$ adalah invers matriks varian-kovarian.



Sebelum perhitungan bobot masing-masing saham dalam pembentukan portofolio dengan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP), pertama akan dilakukan perhitungan rata-rata (*mean*) dan varian masing-masing saham Hasil perhitungan tersebut dituliskan ke dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata dan Varian Saham

Emiten	Rata-Rata	Varian
ESSA	0,00077	0,00013
ISAT	0,00179	0,00037
MAPI	0,00068	0,00061

Nilai μ_i bisa dituliskan ke dalam bentuk $\boldsymbol{\mu}$, yang umumnya ditulis sebagai vektor kolom dengan panjang n dimensi ($n \times 1$) dengan n merupakan banyaknya aset dalam portofolio. $\boldsymbol{\mu}$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00077 \\ 0,00179 \\ 0,00068 \end{bmatrix} \quad (10)$$

maka, didapatkan nilai $\boldsymbol{\mu}^T = [0.00077 \quad 0.00179 \quad 0.00068]$ dengan jumlah emiten yang digunakan ($\mathbf{1}_N$) adalah 3, maka $\mathbf{1}_3^T = [1 \quad 1 \quad 1]$.

Selanjutnya, dengan menggunakan nilai varian pada Tabel 3 secara bersama-sama dengan nilai kovarian antar saham untuk membentuk matriks kovarian ($\boldsymbol{\Sigma}$), sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} 0,00132 & -0,00001 & 0,00006 \\ -0,00001 & 0,00038 & 0,00005 \\ 0,00006 & 0,00005 & 0,00061 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Diperoleh nilai invers matriks kovarian ($\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$):

$$\boldsymbol{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} 761,83137 & 38,08338 & -77,31423 \\ 38,08338 & 2683,37864 & -226,88092 \\ -77,31423 & -226,88092 & 1662,23414 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Berdasarkan matriks invers kovarian ($\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$) bobot masing-masing saham diperoleh sebagai berikut:

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \frac{\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}_N}$$

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} 761,83137 & 38,08338 & -77,31423 \\ 38,08338 & 2683,37864 & -226,88092 \\ -77,31423 & -226,88092 & 1662,23414 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 761,83137 & 38,08338 & -77,31423 \\ 38,08338 & 2683,37864 & -226,88092 \\ -77,31423 & -226,88092 & 1662,23414 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,15794 \\ 0,54524 \\ 0,29682 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Keterangan:

$w_1 = ESSA$

$w_2 = ISAT$

$w_3 = MAPI$

Perhitungan bobot dengan metode *Mean-Variance* masing-masing saham dituliskan dalam Tabel 4.



Tabel 4. Bobot Saham

Emiten	Bobot
ESSA	15,794%
ISAT	54,524%
MAPI	29,682%

Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk mencapai portofolio yang optimal, alokasi dana investasi ketiga saham tersebut adalah 15,794% pada saham ESSA, 54,524% pada saham ISAT, dan 29,682% untuk saham MAPI. Dari hasil di atas tidak terdapat bobot yang bernilai negatif. Hal tersebut berarti tidak terjadi kondisi *short selling*.

4.6 Pengukuran Value at Risk

Setelah membentuk sebuah portofolio, diperlukan pengukuran risiko portofolio menggunakan Value at Risk (*VaR*). *VaR* merupakan metode untuk menentukan risiko kerugian maksimum yang dapat terjadi pada suatu portofolio, baik *single-instrument* ataupun *multi-instruments*, pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) tertentu, selama *holding period* tertentu, dan dalam kondisi pasar yang normal [11]. Terdapat tiga metode utama dalam menghitung *VaR*, yaitu metode *historical simulation*, metode simulasi Monte-Carlo, dan metode varian-kovarian [12].

Simulasi Monte-Carlo merupakan metode yang paling kuat untuk mengukur *VaR* karena dapat menghitung bermacam-macam susunan eksposur dan risiko meliputi risiko harga nonlinier, risiko volatilitas, dan risiko model tetap. Simulasi dapat membangkitkan seluruh fungsi kepadatan peluang, tidak hanya satu kuantil dan dapat digunakan untuk menentukan ekspektasi kerugian yang melampaui nilai *VaR*. Perhitungan *VaR* menggunakan metode simulasi Monte-Carlo mengasumsikan bahwa *return* portofolio berdistribusi normal [13]. Berikut langkah-langkah umum dalam perhitungan *VaR* portofolio menggunakan simulasi Monte-Carlo [14]:

1. Menentukan korelasi antar variabel dan nilai parameter untuk variabel-variabel (seperti *ln return* aset). Karena diasumsikan bahwa *ln return* aset portofolio mengikuti distribusi normal multivariat, maka parameter yang diperlukan meliputi rata-rata *return* aset portofolio dan matriks varians-kovarian.
2. Melakukan simulasi nilai *ln return* dengan menghasilkan secara acak *ln return* dari aset-aset yang mengikuti distribusi normal multivariat berdasarkan parameter yang diperoleh pada langkah (1) sebanyak *n* kali.
3. Hasil dari *ln return* untuk setiap aset pada waktu *t*, misalnya $R_{1,t}$ dan $R_{2,t}$ yang dihasilkan dalam langkah (2), digunakan untuk menghitung *ln return* portofolio pada waktu *t*, yaitu

$$Rp_t = w_1R_{1,t} + w_2R_{2,t} + \dots + w_mR_{m,t} \quad (14)$$

dengan Rp_t adalah nilai *return* portofolio pada waktu *t*, di mana w_1, w_2, \dots, w_m merupakan proporsi atau komposisi dari aset-aset ke-1 hingga ke-*m*.

4. Mencari estimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ yaitu sebagai nilai kuantil ke- α dari distribusi empiris *return* portofolio yang diperoleh pada langkah (3) yang dinotasikan dengan R_p^* .
5. Menghitung nilai *VaR* pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dalam periode waktu *t* hari yaitu:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0Rp^*\sqrt{t} \quad (15)$$

dengan $VaR_{1-\alpha}(t)$ = besarnya risiko maksimum yang diderita

W_0 = nilai investasi awal



Rp^* = nilai persentil ke- $(1 - \alpha)$

t = lama waktu investasi

Nilai VaR yang diperoleh merupakan kerugian maksimum yang akan diderita portofolio.

6. Mengulangi langkah (2) sampai langkah (5) sebanyak m sehingga mencerminkan berbagai kemungkinan nilai VaR aset tunggal yaitu $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_m$.
7. Menghitung rata-rata dari hasil dalam langkah (6) untuk menjaga konsistensi nilai, karena nilai VaR yang dihasilkan oleh setiap simulasi bisa berbeda-beda.

Variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan kerugian maksimum dengan VaR simulasi Monte-Carlo adalah dana investasi awal pembentukan portofolio, nilai persentil ke- α , banyaknya simulasi yang akan dilakukan, *mean* portofolio, dan standar deviasi portofolio. Inisiasi investasi awal portofolio yang digunakan pada penelitian ini sebesar Rp50.000.000 dengan nilai $\alpha = 95\%$ diperoleh nilai persentil ke $(1 - \alpha)$ dari 100.000 kali data simulasi *return* Monte-Carlo yang telah diurutkan sebesar -0,0231506, dan lama waktu berinvestasi 6 bulan (121 hari kerja), maka kerugian maksimum yang akan diperoleh adalah:

$$\begin{aligned} VaR_{(1-\alpha)}(t) &= W_0Rp^*\sqrt{t} \\ &= Rp50.000.000 \times -0,0231506 \times \sqrt{121} \\ &= -12.732.832 \end{aligned} \quad (16)$$

Dengan tingkat kepercayaan 95% dan seratus ribu kali simulasi, rata-rata nilai VaR yang dihasilkan adalah -12.732.832 (tanda negatif menunjukkan kerugian). Setelah memperoleh nilai kerugian, akan dilakukan perhitungan persentase kerugian terhadap modal awal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase kerugian} &= \frac{(VaR)}{V_0} \times 100\% \\ &= \left(\frac{12.732.832}{50.000.000} \right) \times 100\% \\ &= 25,46566 \% \end{aligned} \quad (17)$$

Maka diperoleh tingkat kerugian maksimum yang mungkin terjadi adalah Rp12.732.832 atau sebesar 25,46566 % dengan durasi rata-rata 121 hari (6 bulan) untuk seorang investor menahan sahamnya.

4.7 R-GUI (Graphical User Interface)

Graphical User Interface (GUI) adalah antarmuka program yang berfungsi sebagai jembatan interaksi antara pengguna dan perangkat lunak [15]. Pembuatan *Graphical User Interface* (GUI) pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman R dengan *software* RStudio. Pembuatannya dilakukan menggunakan bantuan *package* R-*Shiny* dengan pembentukan dua komponen utama yaitu UI dan server. Pembuatan R-GUI ini bertujuan untuk *end-user* (investor) dalam melakukan perhitungan resiko portofolio dengan *Value at Risk* (VaR) simulasi Monte-Carlo.

4.7.1. Perancangan *User Interface* (UI)

User Interface (UI) merupakan tampilan antarmuka untuk pengguna GUI (*Graphical User Interface*). Penyusunan tampilan R-GUI yang berada pada objek UI dilakukan dengan

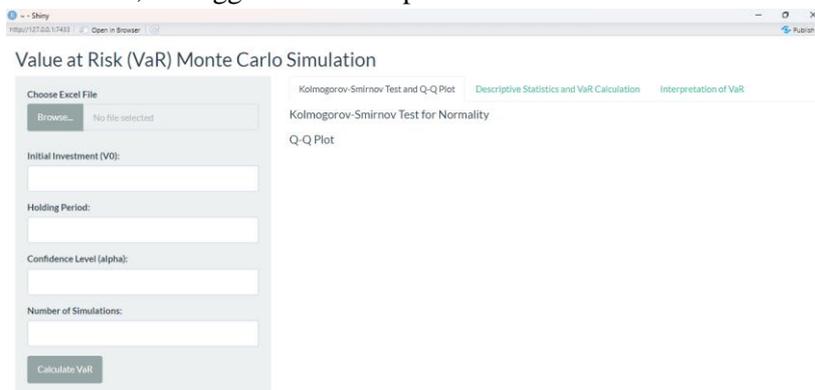
menggunakan perintah dasar `ui<-fluidPage()`. Perintah `fluidPage()` akan mendefinisikan jendela tampilan dasar GUI dengan cara memindahkan `ui<-fluidPage(navbarPage())`. Rancangan UI (*User Interface*) dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

4.7.2. Perancangan Server

Server berperan dalam mengelola logika dan pemrosesan data di balik antarmuka pengguna (UI) aplikasi Shiny. Perancangan *server* dimulai dengan mendefinisikan fungsi *server* menggunakan `server <- function(input, output) {}`. Di dalamnya, menggunakan fungsi *render* seperti `renderPlot`, aplikasi merespons input pengguna dengan menghasilkan output yang sesuai. Logika pemrosesan data kompleks juga ditempatkan di sini untuk memastikan aplikasi berfungsi sesuai harapan.

4.7.3. Langkah Penggunaan GUI

1. Jalankan *syntax* R-GUI, sehingga muncul tampilan awal.



Gambar 3. Tampilan Awal GUI

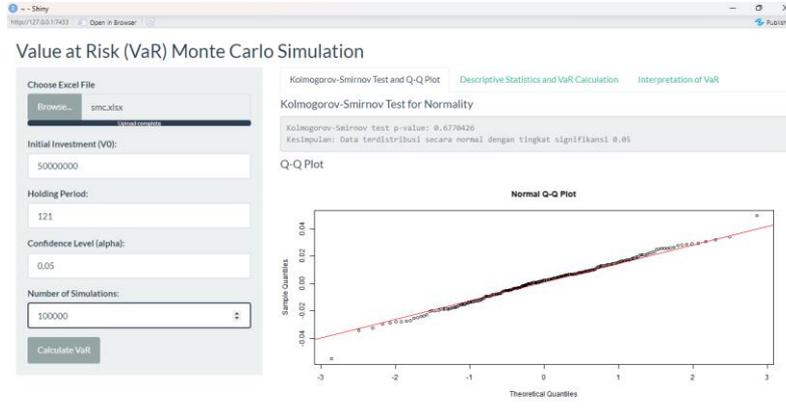
2. *Import* dataset return portofolio yang telah dibentuk dalam format `.xlsx`



Gambar 4. Tampilan *Import* Data



3. Masukkan nilai atau parameter yang diinginkan pada variabel dalam *sidebar panel*

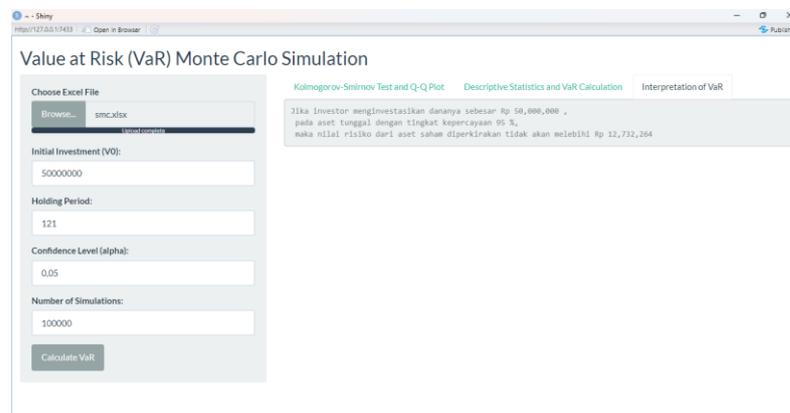


Gambar 5. Tampilan Input Parameter

4. Setelah itu, klik *Calculate VaR* dan akan muncul hasil perhitungan.



Gambar 6. Hasil VaR Simulasi Monte-Carlo



Gambar 7. Interpretasi VaR Monte-Carlo

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dari 45 saham yang tergabung dalam Indeks LQ45, dapat disusun portofolio optimal yang terdiri dari tiga saham unggulan, yaitu ESSA, ISAT, dan MAPI. Penerapan metode MVEP (*Mean-Variance Efficient Portfolio*) menghasilkan alokasi dana investasi



yang optimal untuk ketiga saham tersebut, yaitu ESSA sebesar 15,794%, ISAT sebesar 54,524%, dan MAPI sebesar 29,682%. Dengan modal awal investasi sebesar Rp50.000.000, tingkat kepercayaan 95%, dan periode investasi selama 6 bulan (121 hari), simulasi Monte-Carlo menghasilkan nilai *Value at Risk* (*Value at Risk*) sebesar 25,46566%. Angka ini menunjukkan bahwa kerugian maksimum yang diharapkan dari investasi sebesar Rp50.000.000 tidak akan melebihi Rp12.732.832. Portofolio optimal ini menawarkan peluang menarik bagi investor yang mencari keseimbangan antara potensi keuntungan tinggi dan risiko terkendali. Diversifikasi dengan 3 saham pilihan ini membantu meminimalkan risiko dan meningkatkan stabilitas portofolio dalam jangka panjang. Penggunaan GUI dalam perhitungan *Value at Risk* (*Value at Risk*) menggunakan simulasi Monte-Carlo membantu proses perhitungan menjadi lebih mudah, efisien, dan akurat dalam menangani banyaknya bangkitan data yang terlibat dalam simulasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapat pendanaan dari Penelitian Riset Madya di luar APBN Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro tahun Anggaran 2024, dengan nomor kontrak 25.III.E/UN7.F8/PP/II/2024. Tim penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan keuangan yang diberikan pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Salim, H.S.; Sutrisno, B. *Hukum Investasi di Indonesia*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada, 2008.
- [2] Prasetyo, S. *Apa Itu LQ45, Indeks Saham Paling Populer di Indonesia?*. Available online: <https://pina.id/artikel/detail/mengenal-apa-itu-lq45-indeks-saham-paling-populer-di-indonesia-5wykju3txhz> (accessed on 9 June 2024).
- [3] Ahmad, K. *Dasar-Dasar Manajemen Investasi dan Portofolio*. Jakarta : PT Rineka Cipta, 2004.
- [4] Alijoyo, A.; Wijaya, B.; Jacob, I. *Monte Carlo Simulation*. Center for Risk Management & Sustainability (CRMS), 2024. Available online: <https://lspmks.co.id/wp-content/uploads/2021/02/Monte-Carlo-Simulation.pdf> (accessed on 9 June 2024).
- [5] Samsul, M. *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*. Jakarta : Erlangga, 2006.
- [6] Jorion, P. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. 2nd ed. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc., 2002.
- [7] Hartono, J. *Teori dan Praktik Portofolio Excel*. 1st ed. Yogyakarta : BPFE, 2013.
- [8] Conover, W.J. *Practical Nonparametric Statistics*. New York : John Wiley and Sons, 2000.
- [9] Daniel, W.W. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta : PT Gramedia, 1989.
- [10] Johnson, R.A.; Wichern, D. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. United States of America : Prentice Hall: Prentice Hall: Inc , 2007.
- [11] Jorion, P. *Value at Risk: The New Benchmarkfor Managing Financial Risk*. 3rd ed. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc., 2007.
- [12] Wicaksono, B.H.; Yuciana W.; Agus R. “Perbandingan Metode Variance Covariance dan Historical Simulation untuk Mengukur Risiko Investasi Reksa Dana”, *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 4, pp. 585-594, 2014.
- [13] Down, K. *An Introduction to Market Risk Measurement*. New York : John Wiley, 2002.
- [14] Maruddani, D.A.I.; Ari, P, “Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo”, *Media Statistika*, vol. 2, no.2, pp. 93-104, 2009.
- [15] Suman; R.S.Chhillar. *A Review: GUI Testing*. India: International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 2014.