

Perbandingan *Value at Risk* dan *Expected Shortfall* pada Portofolio Optimal menggunakan Metode *Downside Deviation*

Indah Nugrahaeni, Hendra Perdana, dan Neva Satyahadewi



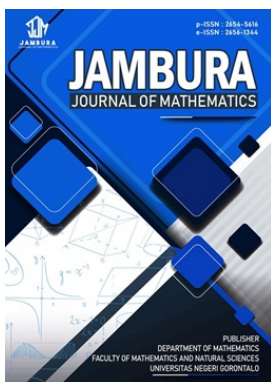
Volume 6, Issue 2, Pages 176–181, August 2024

Diterima 29 Januari 2024, Direvisi 10 Juli 2024, Disetujui 15 Juli 2024, Diterbitkan 1 Agustus 2024

To Cite this Article : I. Nugrahaeni, H. Perdana, dan N. Satyahadewi, “Perbandingan *Value at Risk* dan *Expected Shortfall* pada Portofolio Optimal menggunakan Metode *Downside Deviation*”, *Jambura J. Math*, vol. 6, no. 2, pp. 176–181, 2024, <https://doi.org/10.37905/jjom.v6i2.24326>

© 2024 by author(s)

JOURNAL INFO • JAMBURA JOURNAL OF MATHEMATICS



	Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjom/index
	Journal Abbreviation	:	Jambura J. Math.
	Frequency	:	Biannual (February and August)
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	https://doi.org/10.37905/jjom
	Online ISSN	:	2656-1344
	Editor-in-Chief	:	Hasan S. Panigoro
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjom/oai
	Google Scholar ID	:	iWLjgaUAAAAJ
	Email	:	info.jjom@ung.ac.id

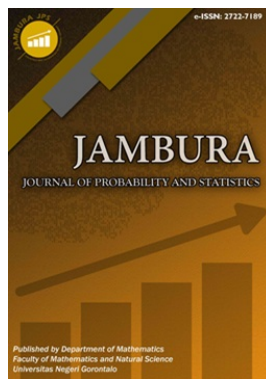
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



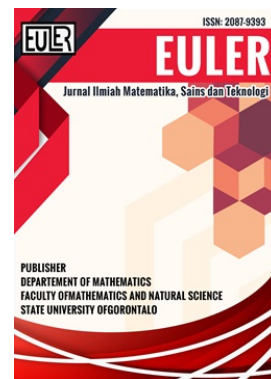
Jambura Journal of Biomathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics



EULER : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi

Perbandingan *Value at Risk* dan *Expected Shortfall* pada Portofolio Optimal menggunakan Metode *Downside Deviation*

Indah Nugrahaeni¹, Hendra Perdana¹ dan Neva Satyahadewi^{1,*} 

¹Jurusan Matematika, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Diterima 29 Januari 2024
Direvisi 10 Juli 2024
Disetujui 15 Juli 2024
Diterbitkan 1 Agustus 2024

KATA KUNCI

Portofolio
Downside Deviation
Value at Risk
Expected Shortfall

KEYWORDS

Portofolio
Downside Deviation
Value at Risk
Expected Shortfall

ABSTRAK. Pembentukan portofolio merupakan satu di antara strategi yang dapat dilakukan investor untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Pembentukan portofolio dapat menggunakan metode *Downside Deviation*. Portofolio optimal dengan metode ini menggunakan deviasi downside dan menetapkan return yang di bawah benchmark sebagai ukuran risiko. Setiap portofolio optimal tentunya tidak dapat terlepas dari risiko. Untuk mengukur risiko dapat menggunakan nilai *Value at Risk* (VaR) dan *Expected Shortfall*. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk portofolio yang optimal dengan menggunakan metode *Downside Deviation* dan dilanjutkan dengan membandingkan kemungkinan kerugian yang terjadi dari portofolio yang terbentuk menggunakan nilai VaR dan *Expected Shortfall*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data harga penutupan harian saham Indeks LQ-45 sektor perbankan pada periode bulan Februari-Juni 2023. Dari data saham tersebut dilakukan seleksi data dengan memilih saham yang memiliki *expected return* positif dan berdistribusi normal. Kemudian, dilanjutkan tahapan pembentukan portofolio optimal menggunakan metode *Downside Deviation* serta membandingkan kemungkinan risiko yang terbentuk dengan nilai VaR dan *Expected Shortfall*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan portofolio optimal dengan metode *Downside Deviation* terdiri dari empat saham, yaitu dengan kode saham BRIS.JK, BBRI.JK, BBNI.JK, dan BBKA.JK. Penelitian ini menggunakan contoh kasus dengan menginvestasikan modal sebesar Rp100.000.000 dengan periode waktu satu hari dan tiga tingkat kepercayaan, yaitu 90%, 95%, dan 99%. Berdasarkan perbandingan nilai risiko dari portofolio yang terbentuk menggunakan VaR dan *Expected Shortfall*, ditunjukkan bahwa kemungkinan risiko dengan metode *Expected Shortfall* lebih besar daripada nilai VaR. Oleh karena itu, *Expected Shortfall* lebih baik dalam mengestimasi risiko secara maksimal.

ABSTRACT. Portfolio formation is one of the strategies that investors can do to get the best results. Portfolio formation can use the *Downside Deviation* method. The optimal portfolio with this method uses downside deviation and sets the return below the benchmark as a measure of risk. Every optimal portfolio certainly cannot be separated from risk. To measure risk, you can use the *Value at Risk* (VaR) and *Expected Shortfall* values. This study aims to form an optimal portfolio using the *Downside Deviation* method and continued by comparing the possible losses that occur from the formed portfolio using the VaR and *Expected Shortfall* values. The data used in this study is the daily closing price data of LQ-45 Index stocks in the banking sector in the period February-June 2023. From the stock data, data selection is carried out by selecting stocks that have a positive *expected return* and are normally distributed. Then, the optimal portfolio formation stage is continued using the *Downside Deviation* method and comparing the possible risks formed with the VaR and *Expected Shortfall* values. The results of this study show that the optimal portfolio with the *Downside Deviation* method consists of four stocks, namely with the stock codes BRIS.JK, BBRI.JK, BBNI.JK, and BBKA.JK. This study uses a case example by investing capital of Rp100,000,000 with a one-day time period and three levels of confidence, namely 90%, 95%, and 99%. Based on the comparison of the risk value of the portfolio formed using VaR and *Expected Shortfall*, it is shown that the possible risk with the *Expected Shortfall* method is greater than the VaR value. Therefore, *Expected Shortfall* is better in estimating the maximum risk.



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 JJoM: Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Investasi adalah suatu kegiatan penanaman sejumlah uang yang dilakukan saat ini dengan harapan untuk mendapatkan keuntungan di masa yang akan datang [1]. Investasi sebagai bentuk pengelolaan kesejahteraan kehidupan yang dilakukan oleh investor. Terdapat beberapa jenis instrument yang digunakan

dalam melakukan investasi, di antaranya saham, emas, obligasi, dan properti. Di Indonesia, jenis instrumen investasi yang paling diminati ialah investasi saham [2]. Dalam menjalankan kegiatan investasi, investor perlu memahami hubungan antara *return* yang diharapkan dan risiko yang mungkin terjadi [3]. Apabila investor dapat mengelola investasi dengan tepat, maka investor memiliki peluang lebih untuk memperoleh keuntungan atas investasi

*Penulis Korespondensi.

yang dilakukan. Oleh karena itu, investor perlu memahami dengan baik mengenai strategi dalam melakukan investasi, satu di antaranya yaitu dapat dengan membentuk portofolio optimal.

Portofolio optimal adalah gabungan beberapa aset yang bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan risiko seperti yang diharapkan oleh investor [4]. Pembentukan portofolio optimal umumnya menggunakan metode *mean-variance* [5]. Namun, pada metode ini memiliki kritikan karena menurut beberapa ahli terdapat ketidaksesuaian dengan praktik. Pada metode *mean-variance* memiliki asumsi bahwa nilai *return* harus berdistribusi normal dan investor memiliki fungsi utilitas kuadratik. Ketika kedua asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka hasil yang diperoleh tidak akan konsisten dalam memaksimalkan utilitas yang diharapkan. Seiring dengan perkembangan ilmu, maka dibentuklah pengembangan metode tersebut, yaitu metode *Downside Deviation*.

Metode *Downside Deviation* mengasumsikan standar deviasi dari *return* yang berada di bawah target (*Benchmark*) yang telah ditetapkan sebagai nilai risiko sehingga lebih sesuai dengan persepsi investor [6]. Metode ini mengukur risiko dengan cara yang lebih sesuai dengan persepsi investor karena menggunakan sebaran *return* di bawah *benchmark* sebagai risiko. Metode ini cenderung memperhatikan potensi kerugian daripada potensi keuntungan. Selain itu, metode ini juga tidak terbatas pada asumsi homoskedastisitas [7].

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian yang terkait dengan metode *Downside Deviation* dalam membentuk portofolio optimal. Atmaja [8], menyusun portofolio optimal dari 27 saham Indeks LQ45 dengan menggunakan metode *Downside Deviation* dan *Mean Absolut Deviation*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa model *Downside Deviation* memberikan *expected return* yang lebih besar dan kinerja yang lebih baik dari metode *Mean Absolut Deviation*. Kemudian, penelitian yang pernah dilakukan oleh Ramadhan [9] membandingkan metode dalam pembentukan portofolio optimal, yaitu menggunakan metode *Mean-Variance*, *Downside Deviation* dan *Mean Absolute Deviation*. Berdasarkan penelitian tersebut memberikan hasil bahwa metode *Downside Deviation* memberikan risiko yang paling kecil dari metode lainnya.

Meskipun beberapa peneliti sebelumnya menghasilkan metode *Downside Deviation* memberikan risiko yang cenderung lebih kecil, tentunya portofolio tetap tidak dapat dipisahkan dengan unsur ketidakpastian atau risiko. Setiap investor harusnya dapat memperkirakan risiko investasi serta keuntungan yang akan diperoleh sebagai pertimbangan dalam setiap tahap untuk keputusan investasinya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis lanjut mengenai kemungkinan risiko terburuk yang akan terjadi apabila investor berinvestasi menggunakan portofolio yang telah terbentuk dari metode *Downside Deviation*.

Analisis kemungkinan risiko portofolio pada penelitian ini menggunakan perhitungan VaR dan *Expected Shortfall*. VaR merupakan pengukuran nilai risiko secara kuantitatif yang memperhitungkan kemungkinan kerugian maksimal yang bisa saja terjadi dikemudian hari dengan jangka waktu tertentu. Dengan kata lain, VaR memberikan jawaban seberapa besar (bisa dalam persen atau sejumlah uang) investor dapat mendapatkan keuntungan atau kerugian dengan tingkat kepercayaan tertentu [10]. Terdapat 3 metode utama dalam menghitung VaR, yaitu Simulasi

Historis, Varian-Kovarian serta Simulasi Monte Carlo. Penelitian ini akan menggunakan Simulasi Historis, yang mana mengesampingkan asumsi bahwa harus linier antara *return* portofolio dan *return* aset tunggalnya [10]. Selanjutnya, *Expected Shortfall* merupakan perhitungan risiko lainnya selain VaR yang memiliki sifat *subadditivity* [11]. Pada penelitian sebelumnya, Dewi dkk [12] menggunakan metode *Expected Shortfall* untuk menghitung risiko dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan metode *Single Index* dan menghasilkan nilai *Expected Shortfall* lebih besar daripada nilai VaR.

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan nilai kemungkinan risiko dari portofolio yang terbentuk menggunakan perhitungan VaR dan *Expected Shortfall* dengan tiga tingkat kepercayaan sehingga akan menghasilkan estimasi nilai risiko secara maksimal. Selain itu, disajikan contoh kasus dalam menginvestasikan modal dan akan dianalisis kemungkinan risikonya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kepada investor atas kemungkinan paling buruk atas investasi yang akan dilakukan. Penelitian ini juga diharapkan dapat berguna untuk para investor dalam mengambil keputusan investasi saham.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari website finance.yahoo.com yang mana saham tersebut termasuk pada Bursa Efek Indonesia sektor Perbankan. Data penelitian ini merupakan harga penutupan saham pada saham yang termasuk LQ-45 pada 1 Februari hingga 28 Juni 2023. Selanjutnya, dilakukan seleksi data dengan melakukan perhitungan untuk mencari nilai *expected return* dari setiap saham. Adapun saham yang digunakan dalam pembentukan portofolio optimal ini ialah saham yang *expected return*-nya bernilai positif dan saham yang berdistribusi normal. Pada penelitian ini menggunakan *software* Microsoft Excel dalam perhitungannya. Adapun tahapan pembentukan portofolio optimal menggunakan metode *Downside Deviation* sebagai berikut.

1. Return Saham

Return saham [6] dapat dihitung dengan **Persamaan (1)**.

$$R_{i,t} = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right), \quad (1)$$

dengan S_t merupakan harga saham ke- t dan S_{t-1} merupakan harga saham pada waktu $t - 1$.

2. Expected Return

Expected return merupakan keuntungan yang diharapkan oleh investor di masa mendatang atas investasi yang dilakukan [13]. *Expected return* dinyatakan pada **Persamaan (2)**.

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^T R_{i,t}}{T-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

dengan

- $E(R_i)$: *expected return* dari saham i
- $R_{i,t}$: *return* dari saham i pada periode waktu ke- t
- T : jumlah periode waktu saham.

3. Nilai Downside Deviation

Pengukuran risiko di bawah target dengan metode *Downside Deviation* [6] menggunakan **Persamaan (3)**.

$$DD_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\min(R_{i,t} - b, 0))^2}{T-1}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Simbol i menggambarkan kode saham, sedangkan simbol b merupakan nilai target (*benchmark*) yang dapat ditentukan oleh investor. *Benchmark* risiko dapat berupa variabel acak, seperti laju inflasi dan rata-rata harian suku bank. Jika investor mengasumsikan bahwa risiko adalah suatu kejadian ketika kehilangan modal, maka nilai b yang merupakan *benchmark* risiko sama dengan nol.

4. Kovarians

Perhitungan kovarians pada metode *Downside Deviation* [6] menggunakan [Persamaan \(4\)](#).

$$\sigma_{in} = \frac{\sum_{t=1}^T \min [R_{i;t} - b, 0] \min [R_{n;t} - b, 0]}{T - 1}, \quad (4)$$

$t = 1, 2, \dots, T.$

Selanjutnya, hasil perhitungan [Persamaan \(3\)](#) dan [Persamaan \(4\)](#) dapat dapat dinyatakan dalam [Persamaan \(5\)](#).

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

5. Bobot Saham

Pembobotan pada portofolio dengan pendekatan Heuristik [6] menggunakan [Persamaan \(6\)](#).

$$w = \frac{\sum_d^{-1} \mathbf{1}_n}{(\mathbf{1}_n)^T \sum_d^{-1} \mathbf{1}_n} \quad (6)$$

dengan

- w : matriks bobot saham
- \sum^{-1} : invers matriks varians-kovarians
- $\mathbf{1}_n$: matriks kolom element 1 dengan dimensi $n \times 1$.

6. *Expected Return* Portofolio

Perhitungan *expected return* dapat dihitung menggunakan rumus pada [Persamaan \(7\)](#).

$$E(R_P) = \sum_{i=1}^n w_i E(R_i) \quad (7)$$

dengan

- $E(R_P)$: *expected return* dari portofolio
- w_i : bobot portofolio dari saham i
- $E(R_i)$: *expected return* dari saham i .

7. Risiko Portofolio

Perhitungan risiko portofolio dapat menggunakan varians [6]. Adapun rumus dari varians portofolio dapat dihitung menggunakan rumus pada [Persamaan \(8\)](#).

$$\sigma_P^2 = [w_1 \ w_2 \ \cdots \ w_n] M \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}. \quad (8)$$

dengan

$$M = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix},$$

- σ_P^2 : varians portofolio
- σ_{12} : kovarians antara saham ke-1 dan ke-2
- w_1 : bobot yang diinvestasikan untuk aset ke-1
- w_n : bobot yang diinvestasikan untuk aset ke- n .

Berdasarkan portofolio yang terbentuk akan dilakukan analisis pada kemungkinan risiko yang terjadi dengan menggunakan perhitungan VaR dengan Simulasi Historis dan perhitungan *Expected Shortfall*. Dengan analisis kemungkinan risiko tersebut akan memberikan gambaran kepada investor kemungkinan kerugian secara maksimal selama periode waktu dan tingkat kepercayaan tertentu. Berikut merupakan penjelasan perhitungan VaR dan *Expected Shortfall*.

1. Perhitungan risiko VaR

VaR merupakan estimasi kerugian pada tingkat kepercayaan tertentu yang mungkin terjadi dengan periode waktu tertentu dan pada kondisi pasar yang normal. VaR dapat dicari dengan tiga metode, yaitu metode Varians-Kovarians, Monte Carlo, dan Simulasi Historis [14]. Perhitungan VaR menggunakan metode Simulasi Historis dapat menggunakan [Persamaan \(9\)](#).

$$VaR = V_0 P_\alpha \sqrt{t}, \quad (9)$$

dengan

- V_0 : modal awal investasi
- P_α : nilai persentil ke- α
- t : periode waktu ke- t .

2. *Expected Shortfall* (ES)

Expected Shortfall merupakan pengukuran risiko lainnya. *Expected Shortfall* sebagai ukuran risiko bersifat koheren dan juga memiliki sifat yang *convex* dan *sub-additive*. *Expected Shortfall* dapat dikatakan koheren jika memenuhi aksioma sebagai berikut [12]:

- (a) Invarian terhadap translasi, yaitu penurunan atau penambahan kerugian sebesar α akan menurunkan atau meningkatkan risiko sebesar α pada setiap variabel random. Pada setiap variabel random risiko X dan semua bilangan real α akan berlaku:

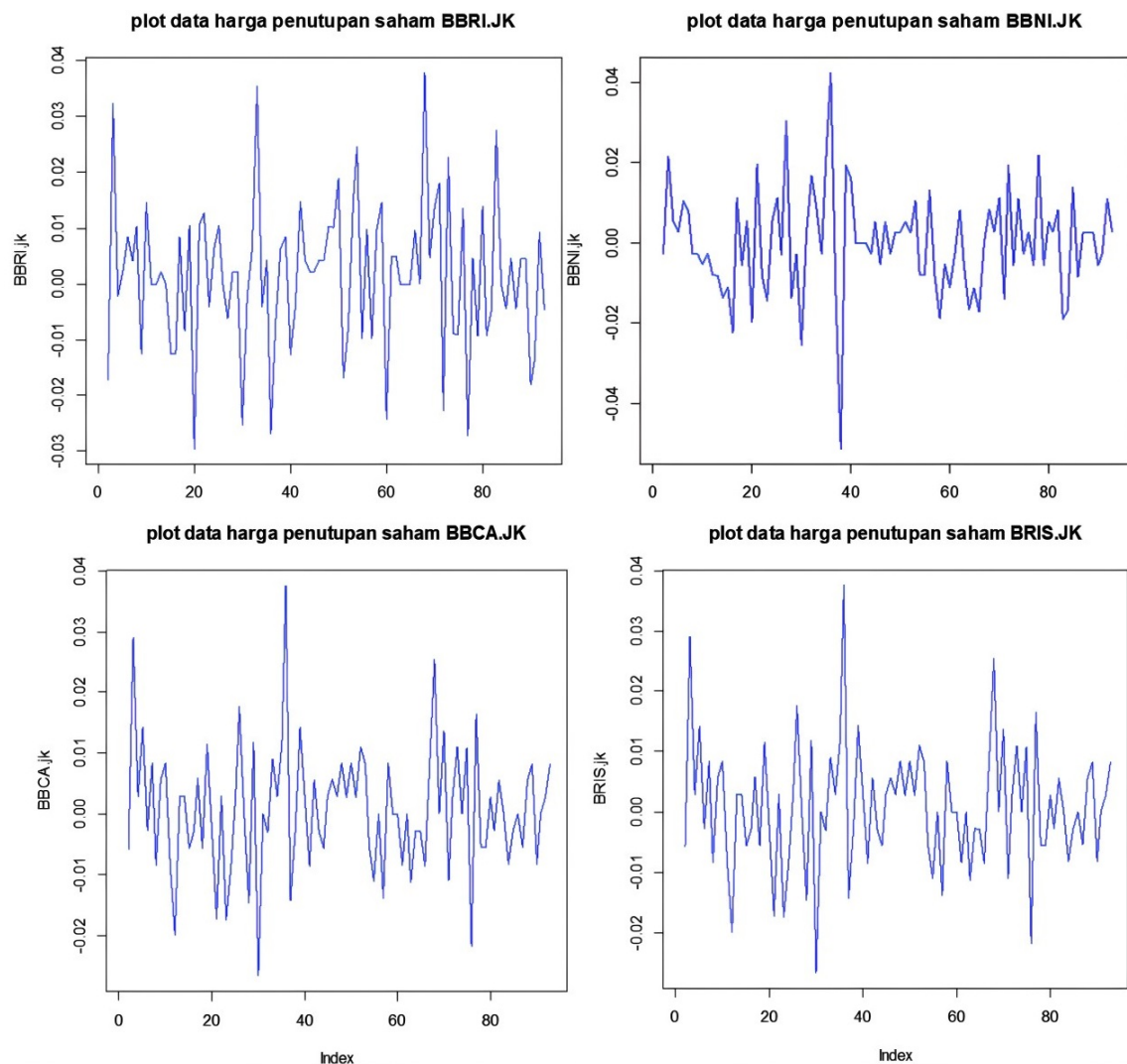
$$ES(X + \alpha) = ES(X) + \alpha.$$

- (b) *Subadditivity*, yaitu risiko tidak bisa diperkecil dengan cara memisahkan kerugian yang ada atau bisa dikatakan diversifikasi kerugian akan mengurangi risiko. Pada setiap variabel risiko X_1 dan X_2 akan berlaku:

$$ES(X_1 + X_2) \leq ES(X_1) + ES(X_2).$$

- (c) Positif homogen, yaitu perkalian kerugian dengan konstanta α menghasilkan ukuran risiko menjadi α kali dari ukuran risiko sebelumnya. Pada setiap variabel random risiko X dan konstanta yang bukan negatif λ akan berlaku:

$$ES(\lambda X) = \lambda ES(X).$$



Gambar 1. Return saham

- (d) Kemonotonan, yaitu apabila terdapat dua variabel random risiko dan satu di antara variabel random risiko ada yang lebih kecil dari variabel risiko lainnya, maka ukuran risikonya juga akan lebih kecil. Pada setiap variabel random risiko X_1 dan X_2 , jika dengan $X_1 \leq X_2$ akan berlaku:

$$ES(X_1) \leq ES(X_2).$$

Expected Shortfall dikatakan *convex* memenuhi aksioma *subadditivity* serta positif homogen [15]. Kelebihan lain dari Expected Shortfall ialah mampu menghitung risiko pada data yang berdistribusi normal maupun tidak normal. Oleh karena itu, Expected Shortfall juga dapat menggambarkan risiko dari diversifikasi dalam meminimumkan risiko. Expected Shortfall di tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dengan periode waktu t dengan besar modal awal investasi V_0 dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$ES_{(1-\alpha)} = V_0 \left(\bar{r} + \sigma \frac{\phi(v_{1-\alpha})}{\alpha} \right) \sqrt{T}, \quad (10)$$

dengan ϕ merupakan fungsi densitas normal standar, \bar{r} didefinisikan sebagai rata-rata return portofolio dan σ adalah

standar deviasi portofolio.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini dibahas pembentukan portofolio optimal menggunakan metode *Downside Deviation*. Setelah diperoleh portofolio optimal, dilakukan analisis lanjutan mengenai kemungkinan risiko yang akan terjadi menggunakan nilai VaR dan *Expected Shortfall*. Berdasarkan kedua perhitungan kemungkinan risiko, dilakukan perbandingan perhitungan mana yang lebih baik dalam mengestimasi risiko secara maksimal.

3.1. Pembentukan Portofolio Optimal dengan Metode Downside Deviation

Pada penelitian ini sebanyak tujuh saham dengan banyak data adalah 93 data. Kemudian, dari data tersebut akan dicari nilai *expected return* dari masing-masing saham. Nilai *expected return* adalah keuntungan yang diinginkan oleh investor atas investasi yang dilakukan dan nilainya bisa berupa positif maupun negatif. Dilakukan perhitungan *return* terlebih dahulu menggunakan Persamaan (1), kemudian dapat dilanjutkan perhitungan nilai *expected return* menggunakan Persamaan (2). Hasil *expected return* secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *expected return* saham

No	Nama Perusahaan	Kode Saham	$E(R_i)$
1.	PT. Bank Jago Tbk	ARTO.JK	-0,000034
2.	PT. Bank Central Asia Tbk	BBCA.JK	0,000801
3.	PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk	BBNI.JK	0,000030
4.	PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	BBRI.JK	0,001606
5.	PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk	BBTN.JK	-0,000364
6.	PT. Bank Mandiri (Persero) Tbk	BMRI.JK	0,000757
7.	PT. Bank BRI Syariah Tbk	BRIS.JK	0,002482

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa ada saham yang memiliki nilai *expected return* positif dan negatif. Saham yang dengan *expected return* bernilai positif artinya harga saham menunjukkan kenaikan nilai *return*, sedangkan ARTO.JK dan BBTN.JK menunjukkan nilai *expected return* negatif yang artinya saham mengalami tren penurunan.

Pada penelitian ini, digunakan saham yang memiliki nilai *expected return* positif dan data *return* berdistribusi normal. Berdasarkan uji normalitas data menggunakan uji Kolmogrov-Smirnov, terdapat satu saham yang tidak berdistribusi normal, yaitu saham dengan kode BMRI.JK. Pergerakan *return* saham yang memiliki *expected return* positif dan berdistribusi normal dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 merupakan saham yang memiliki *expected return* bernilai positif dan berdistribusi normal. Terlihat dari grafik yang terbentuk, data bergerak secara fluktuatif karena harga saham dapat berubah setiap harinya.

Tahapan selanjutnya adalah menghitung nilai *Downside Deviation* dari saham untuk mengukur nilai risiko berdasarkan *return* di bawah *benchmark*. *Benchmark* yang digunakan sebesar nol karena penelitian ini akan berfokus pada investasi dari portofolio yang terbentuk apabila mengalami kerugian secara maksimal. Perhitungan nilai *Downside Deviation* menggunakan Persamaan (3) dan nilai kovarians dihitung dengan menggunakan Persamaan (4). Kedua perhitungan tersebut digunakan untuk penyusunan bobot portofolio optimal dan hasilnya disajikan menggunakan matriks varians-kovarians menggunakan Persamaan (5), yaitu

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0,01829 & 0,00004 & 0,00006 & 0,00003 \\ 0,00004 & 0,00851 & 0,00003 & 0,00002 \\ 0,00006 & 0,00003 & 0,00922 & 0,00003 \\ 0,00003 & 0,00002 & 0,00003 & 0,00666 \end{bmatrix}$$

Hasil nilai varians yang cenderung rendah mengartikan kemungkinan tingkat pengembalian akan tidak terlalu berisiko atau memberikan keuntungan dengan tingkat pengembalian rata-rata. Kemudian, untuk nilai kovarians yang positif mengartikan pengembalian dari kedua saham cenderung naik ataupun turun di waktu bersamaan sehingga dapat mengukur pergerakan dua saham.

Berdasarkan matriks varians-kovarian yang telah ada, maka perhitungan bobot portofolio optimal dengan menggunakan Persamaan (6) dapat diperoleh dan disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh komposisi bobot terbesar dari saham BBCA.JK, yaitu sebesar 34,948% dan yang terkecil dari saham BRIS.JK. Dari portofolio optimal yang terbentuk, diperoleh

Tabel 2. Bobot saham optimal

Saham	Bobot
BRIS.JK	12,612%
BBRI.JK	27,316%
BBNI.JK	25,135%
BBCA.JK	34,948%

perhitungan nilai *return* portofolio dengan menggunakan Persamaan (7), yaitu sebesar 0,104 yang artinya ketika investor melakukan investasi dengan portofolio tersebut akan memungkinkan keuntungan yang akan diperoleh sebesar 10,4% dari modal awal. Selanjutnya, untuk risiko portofolio dapat dihitung menggunakan Persamaan (8) dan menghasilkan nilai $7,5868 \times 10^{-5}$, sehingga nilai standar deviasi portofolio $\sigma_p = 0,00871$ yang artinya kemungkinan kerugian yang terjadi sebesar 0,871% dari modal awal.

3.2. Perbandingan Nilai Value at Risk dan Expected Shortfall

Berdasarkan portofolio yang telah terbentuk selanjutnya dilakukan analisis terhadap kemungkinan risiko yang akan terjadi ketika menggunakan portofolio tersebut. Analisis menggunakan nilai VaR dengan Simulasi Historis dengan persamaan (9) dan nilai *Expected Shortfall* dengan menggunakan persamaan (10). Hasil kemungkinan kerugian yang akan terjadi ketika menginvestasikan modal awal sebesar Rp100.000.000 menggunakan tingkat kepercayaan bervariasi dan periode satu hari dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai VaR dan *Expected Shortfall*

α	VaR	ES
1%	Rp1.959.544	Rp2.428.404
5%	Rp1.070.650	Rp1.898.822
10%	Rp889.200	Rp1.631.418

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai α yang digunakan, hasil estimasi kerugian akan semakin besar sehingga mengurangi peluang kesalahan dari hasil estimasi kerugian portofolio. Begitu pula sebaliknya, dengan nilai α yang besar akan menghasilkan nilai estimasi kerugian yang kecil sehingga memperbesar peluang dari kesalahan estimasi kerugian portofolio. Kemudian, apabila ditinjau berdasarkan nilai estimasi kerugiannya, untuk tingkat signifikansi 99% menghasilkan nilai *Expected Shortfall* lebih besar Rp 468.860,- daripada VaR. Selisih nilai VaR dan *Expected Shortfall* pada tingkat signifikansi 95%, yaitu nilai *Expected Shortfall* lebih besar Rp 828.172,- daripada VaR. Sementara, pada tingkat signifikansi 90% nilai *Expected Shortfall* lebih besar Rp 742.218,-. Hal ini menunjukkan nilai *Expected Shortfall* dapat memberikan gambaran risiko pada pasar kepada investor lebih jelas dan maksimal daripada nilai VaR. Analisis ini dapat membantuk investor dalam membuat strategi dalam keputusan investasi karena telah memberikan gambaran secara maksimal atas kemungkinan kerugian yang akan terjadi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di bagian sebelumnya diperoleh portofolio optimal dengan menggunakan metode *Downside Deviation* menghasilkan kombinasi bobot yang dengan rincian saham dengan kode BRIS.JK sebesar 12,612%, BBRI.JK se-

besar 27,316%, BBNI.JK sebesar 25,135%, dan BBKA.JK sebesar 34,938%. Adapun nilai *expected return* portofolio sebesar 0,104 dan dengan kepercayaan 99% diperoleh nilai *Expected Shortfall* dengan nilai estimasi sebesar 0,0243 lebih akurat daripada VaR yang sebesar 0,0196. Hal ini mengartikan apabila investor melakukan investasi sebesar Rp100.000.000 dengan rentang waktu satu hari ke depan dan menggunakan tingkat kepercayaan 99% kerugian yang mungkin terjadi tidak akan melebihi Rp2.428.404. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *Expected Shortfall* lebih maksimal dalam pengukuran kemungkinan risiko yang terjadi dalam berinvestasi.

Kontribusi Penulis. Indah Nugrahaeni: Konseptualisasi, metodologi, perangkat lunak, validasi, analisis formal, investigasi, sumber daya, kurasi data, penulisan — persiapan draf awal. Hendra Perdana: Penulisan — tinjauan dan penyuntingan, visualisasi, supervisi. Neva Satyahadewi: Penulisan — tinjauan dan penyuntingan, administrasi proyek, perolehan dana. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan.

Ucapan Terima Kasih. Para penulis menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer atas pembacaan yang cermat, kritik yang mendalam, dan rekomendasi yang praktis untuk meningkatkan kualitas tulisan ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pembiayaan eksternal.

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

Referensi

- [1] E. Tandililin, "Dasar-dasar manajemen investasi," *Manajemen Investasi*, vol. 34, pp. 117-121, 2010.
- [2] F. S. Mar'ati, "Mengenal Pasar Modal (Instrumen Pokok dan Proses Go Public)," *Among Makarti*, vol. 3, no. 1, pp. 79-88, 2010. doi: [10.52353/ama.v3i1.19](https://doi.org/10.52353/ama.v3i1.19).
- [3] S. Hasbiah, Anwar, and B. Bado, "Model Markowitz dalam Keputusan Investasi Saham pada Index LQ45 di Bursa Efek Indonesia," *Jekpend*, vol. 5, no. 1, pp. 69-77, 2022. doi: [10.26858/jekpend](https://doi.org/10.26858/jekpend).
- [4] I. W. E. Sultra, M. R. Katili, and M. R. F. Payu, "Metode Simulasi Historis untuk Perhitungan Nilai Value At Risk pada Portofolio dengan Model Markowitz," *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 9, no. 2, pp. 94-102, Dec. 2021. doi: [10.34312/euler.v9i2.11518](https://doi.org/10.34312/euler.v9i2.11518).
- [5] E. P. Setiawan and D. Rosadi, "Model Pengoptimasian Portofolio Mean-Variance dan Perkembangan Praktisnya," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 25-36, May 2019. doi: [10.25077/josi.v18.n1.p25-36.2019](https://doi.org/10.25077/josi.v18.n1.p25-36.2019).
- [6] I. B. A. Darmayuda, K. Dharmawan, and K. Sari, "Estimasi Expected Shortfall dalam Optimalisasi Portofolio dengan Metode Downside Deviation pada Saham IDXHEALTH," *E-Jurnal Matematika*, vol. 12, no. 2, pp. 114-120, 2023. doi: [10.24843/MTK.2023.v12.i02.p408](https://doi.org/10.24843/MTK.2023.v12.i02.p408).
- [7] Y. Konan, D. Kusnandar, and N. Imro'ah, "Penerapan Metode Exponentially Weighted Moving Average dan Metode Semi Varians dalam Perhitungan Risiko Portofolio Saham," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 11, no. 2, pp. 309-318, 2022. doi: [10.26418/bbimst.v11i02.53482](https://doi.org/10.26418/bbimst.v11i02.53482).
- [8] H. J. Atmaja, "Analisis Pemilihan Portofolio Optimal pada 27 Saham LQ45 BEI," Universitas Terbuka, 2011.
- [9] R. D. Ramadhan, S. R. Handayani, and M. G. W. Endang, "Analisis pemilihan Portofolio Optimal dengan Model dan Pengembangan dari Portofolio Markowitz (Studi pada Indeks BISNIS-27 di Bursa Efek Indonesia periode 2011-2013)," *Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2014.
- [10] S. A. Heryanti, "Perhitungan Value at Risk pada Portofolio Optimal : Studi Perbandingan Saham Syariah dan Saham Konvensional," *IKONOMIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 75-84, May 2017. doi: [10.24042/febi.v2i1.943](https://doi.org/10.24042/febi.v2i1.943).
- [11] R. Rahmawati, A. Rusgiyono, A. Hoyyi, and D. A. I. Maruddani, "Expected Shortfall untuk Mengukur Risiko Kerugian Petani Jagung," *Media Statistika*, vol. 12, no. 1, pp. 117-128, Jul. 2019. doi: [10.14710/medstat.12.1.117-128](https://doi.org/10.14710/medstat.12.1.117-128).
- [12] E. K. Dewi, D. Ispriyanti, and A. Rusgiyono, "Expected Shortfall pada Portofolio Optimal dengan Metode Single Index Model (Studi Kasus pada Saham IDX30)," *Jurnal Gaussian*, vol. 10, no. 2, pp. 269-278, May. 2021. doi: [10.14710/j.gauss.10.2.269-278](https://doi.org/10.14710/j.gauss.10.2.269-278).
- [13] R. T. M. C. Simorangkir, "Pengaruh Kinerja Keuangan terhadap Return Saham Perusahaan Pertambangan," *Jurnal Bisnis dan Akuntansi*, vol. 21, no. 2, pp. 155-164, Dec. 2019. doi: [10.34208/jba.v21i2.616](https://doi.org/10.34208/jba.v21i2.616).
- [14] A. Solihatun, L. Gubu, E. Cahyono, and L. O. Saidi, "Perhitungan Value at Risk (VaR) pada Portofolio Saham IDX Sektor Keuangan (IDXFİNANCE) menggunakan Metode Simulasi Historis (Historical Simulation Method)," *JMKS (Jurnal Matematika dan Statistika)*, vol. 3, no. 1, pp. 245-254, 2023.
- [15] Y. Saepudin, H. Yasin, and R. Santoso, "Analisis Risiko Investasi Saham Tunggal Syariah dengan Value at Risk (VaR) dan Expected Shortfall (ES)," *Jurnal Gaussian*, vol. 6, no. 2, pp. 271-280, 2017. doi: [10.14710/j.gauss.6.2.271-280](https://doi.org/10.14710/j.gauss.6.2.271-280).