



PENERAPAN *VALUE-AT-RISK* DAN *CONDITIONAL-VALUE-AT-RISK* DALAM PENGUKURAN RISIKO PORTOFOLIO OPTIMAL MENGGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI MONTE CARLO

MUSTAFIAN^{1*}, MAULIDDIN², AINUN MAWADDAH ABDAL³

^{1,2,3}Progam Studi Ilmu Aktuaria, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

*penulis korespondensi: mustafianlcb@gmail.com

ABSTRAK

Saham merupakan salah satu jenis investasi yang banyak diminati karena memiliki potensi memberikan keuntungan yang tinggi dibandingkan dengan instrumen keuangan lainnya. Namun, seiring dengan potensi keuntungan yang tinggi, saham juga memiliki tingkat risiko yang sejalan dengan keuntungannya. Untuk meminimumkan risiko tersebut, pembentukan portofolio optimal menjadi salah satu strategi yang dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai risiko dari portofolio optimal dengan menerapkan metode *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo. Pembentukan portofolio optimal dilakukan menggunakan *single index model* untuk memilih saham-saham potensial yang akan dimasukkan dalam portofolio. Berdasarkan hasil analisis dari 29 saham yang konsisten masuk indeks LQ45 periode 01 oktober 2021 hingga 01 oktober 2023, diperoleh 2 saham terpilih yakni PT. Medco Energi Internasional Tbk dan PT. Bank Mandiri (Persero) Tbk, dengan besaran proporsi dana masing-masing sebesar 76,20% dan 23,80%. Selain itu, hasil pengukuran risiko portofolio tersebut menunjukkan bahwa nilai VaR sebesar -0,04185332 dan CVaR sebesar -0,05413795. Hal ini mengindikasikan bahwa besarnya kemungkinan kerugian maksimum dari portofolio tersebut adalah 4,185332% dari modal investasi. Namun, terdapat kemungkinan lebih buruk sehingga menyebabkan investor mengalami kerugian terbesar melebihi nilai VaR yakni 5,413795% dari dana investasi dalam jangka waktu 1 hari.

Kata Kunci: Portofolio Optimal, *Value at Risk*, *Conditional Value at Risk*, *Single Index Model*

ABSTRACT

Stocks are a type of investment in high demand because they have the potential to provide high returns compared to other financial instruments. However, along with high profit potential, stocks also have a level of risk that is in line with profits. Optimal portfolio formation is one of the strategies that can be implemented to minimize risk. This study aims to measure the risk value of the optimal portfolio by applying the value-at-risk (VaR) and conditional value-at-risk (CVaR) methods using the Monte Carlo simulation approach. Optimal portfolio formation is performed using a single-index model to select the potential stocks to be included in the portfolio. Based on the results of the analysis of 29 stocks consistently included in the LQ45 index for the period October 01, 2021, to October 01, 2023, two stocks were selected: PT Medco Energi International Tbk and PT Bank Mandiri (Persero) Tbk, with a proportion of funds of 76.20% and 23.80%, respectively. In addition, the results of the portfolio risk measurement show that the VaR values are -0.04185332 and -0.05413795. This indicates that the maximum possible loss of the portfolio is 4.185332% of investment funds. However, there is a worse possibility that causes investors to experience the largest loss exceeding the VaR value of 5.413795% of investment capital in a period of one day.

Keywords: *Optimal Portfolio, Value-at-Risk, Conditional-Value-at-Risk, Single-Index Model*

1 Pendahuluan

Investasi merupakan aktivitas umum yang banyak dilakukan oleh masyarakat di seluruh dunia. Salah satu bentuk investasi yang saat ini paling banyak diminati yaitu investasi saham. Saham merupakan pilihan investasi terbaik yang berbentuk kepemilikan dalam suatu perusahaan. Dalam berinvestasi saham, fluktuasi atau naik turun harga merupakan suatu kendala yang menjadi tantangan tersendiri bagi seorang investor. Sebagai seorang investor yang bijak, penting untuk memahami dengan baik cara memilih saham yang dapat memberikan imbal hasil atau keuntungan di masa depan dengan tingkat risiko tertentu. Salah satu cara untuk meminimumkan risiko serta mengoptimalkan tingkat *return* adalah dengan membentuk portofolio saham. Pembentukan portofolio saham dilakukan dengan strategi diversifikasi yang baik melalui kombinasi sejumlah aset agar dapat meminimalkan risiko [1].

Portofolio dapat dianggap efisien jika pada tingkat risiko yang sama, mampu memberikan tingkat keuntungan yang lebih tinggi atau pada tingkat keuntungan yang sama, risikonya lebih rendah. Di sisi lain, portofolio optimal adalah portofolio efisien yang dipilih oleh investor dan memberikan manfaat maksimal bagi mereka [2]. Salah satu metode untuk membentuk portofolio optimal adalah menggunakan *single index model*. Metode tersebut dikembangkan oleh William Sharpe pada tahun 1963 dengan menyederhanakan perhitungan pada model Markowitz [3]. Dasar penyederhanaannya adalah *return* saham dipengaruhi oleh satu faktor umum, yaitu *return* indeks pasar saham. Rachmatullah dkk. [4] dalam penelitiannya mengatakan bahwa metode *single index model* membentuk portofolio yang lebih optimal dibandingkan dengan metode Markowitz ditinjau dari indeks sharpe masing-masing portofolio.

Pembentukan portofolio yang optimal menjadi kurang lengkap jika tidak memperhitungkan potensi kerugian atau nilai risiko yang mungkin terjadi karena fluktuasi harga. Risiko memang tidak dapat dihindari sepenuhnya, namun dapat dikelola dan diestimasi. Pengukuran nilai risiko dalam saham dapat diukur menggunakan *Value at Risk* (VaR) yang merupakan salah satu metode standar yang sering digunakan dalam mengukur risiko investasi. VaR dapat didefinisikan sebagai perkiraan jumlah kerugian maksimum yang mungkin terjadi selama periode waktu tertentu dalam situasi pasar yang normal, dengan tingkat kepercayaan tertentu. Terdapat tiga metode umum dalam menghitung VaR, yaitu metode simulasi historis, metode *Variance Covariance*, dan metode simulasi Monte Carlo [5]. Metode simulasi Monte Carlo dianggap sebagai salah satu pendekatan terkuat dalam mengestimasi VaR. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya dalam mengukur beragam jenis risiko dan eksposur, termasuk risiko harga, volatilitas, risiko harga *non-linear*, serta risiko harga yang lebih kompleks [6]. Pengukuran VaR menggunakan simulasi Monte Carlo telah banyak diaplikasikan dan dianggap sebagai metode efektif dalam menentukan risiko. Dimas dkk. [7] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa simulasi Monte Carlo memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan simulasi historis dikarenakan simulasi monte carlo melakukan iterasi yang berulang ulang dengan mengikutsertakan pembangkitan secara acak.

Selain memiliki kelebihan dalam pengukuran risiko saham, VaR juga memiliki kelemahan, yaitu hanya mengukur persentil dari distribusi *return* tanpa memperhatikan setiap nilai yang melebihi tingkat VaR. Meskipun demikian, kekurangan VaR dapat diatasi dengan menggunakan metode *Conditional Value at Risk* (CVaR). Menurut Rahmawati dkk. [8], CVaR menggambarkan seberapa besar kerugian yang dapat timbul jika kerugian melebihi nilai VaR yang telah ditetapkan sebelumnya karena adanya ketidakpastian pada investasi saham. Nilai CVaR dapat memberikan pandangan yang lebih komprehensif tentang risiko portofolio. Dalam penelitian ini, perhitungan CVaR digunakan untuk menguatkan penelitian-penelitian terdahulu yang hanya mempertimbangkan nilai VaR dalam pengukuran risiko portofolio. Urgensi penggunaan kedua metode ini sangatlah penting dalam menghadapi ketidakpastian pasar, dimana investor perlu memahami risiko secara mendalam untuk mengambil keputusan investasi yang tepat. Dengan menggunakan VaR dan CVaR, investor dapat memperoleh

pemahaman yang lebih baik tentang risiko yang dihadapi sehingga memungkinkan untuk mengelola portofolio dengan lebih efektif dan mengurangi potensi kerugian yang tidak terduga. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini membahas tentang Penerapan *Value-at-Risk* dan *Conditional-Value-at-Risk* Dalam Pengukuran Risiko Portofolio Optimal Menggunakan Pendekatan Simulasi Monte Carlo.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Return

Return adalah imbal hasil yang diperoleh seorang investor sebagai hasil dari investasinya dalam suatu instrumen keuangan atau aset selama periode waktu tertentu. Adapun rumus perhitungan *return* realisasi atau *return actual* adalah sebagai berikut [9] :

$$R_{i(t)} = \left(\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) \quad (1)$$

Sedangkan *expected return* atau tingkat keuntungan yang diharapkan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$E[R_i] = \frac{\sum_{t=1}^n R_t}{n} \quad (2)$$

2.2 Risiko

Varians dan standar deviasi adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat risiko investasi dengan menghitung seberapa besar penyimpangan atau fluktuasi dari *return* yang diharapkan. Secara matematis varians dan standar deviasi saham dapat dirumuskan sebagai berikut [10] :

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - E[R])^2 \quad (3)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - E[R])^2} \quad (4)$$

2.3 Portofolio

Portofolio saham merupakan kombinasi saham-saham yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu dengan maksud untuk menghindari atau meminimalkan risiko yang mungkin terjadi [11]. Adapun rumus perhitungan *realized return* pada portofolio saham adalah sebagai berikut:

$$R_p = \sum_{i=1}^n W_i \cdot R_i \quad (5)$$

Selain itu, *expected return* portofolio yang merupakan rata-rata tertimbang dari masing-masing saham sekuritas dalam portofolio dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$E[R_p] = \sum_{i=1}^n W_i \cdot E[R_i] \quad (6)$$

Risiko dalam konteks portofolio investasi terkait erat dengan konsep standar deviasi dan varians yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_p^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_{p(t)} - E[R_p])^2 \quad (7)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_{p(t)} - E[R_p])^2} \quad (8)$$

2.4 Single Index Model

Single index model (model indeks tunggal) adalah sebuah model pembentukan portofolio optimal yang memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan investasi. *Single index model* mengasumsikan bahwa tingkat *return* dari aset atau saham tersebut memiliki hubungan linier dengan tingkat *return* dari indeks pasar secara keseluruhan. Dengan kata lain, perubahan dalam tingkat *return* aset atau saham dapat dijelaskan oleh perubahan dalam tingkat *return* pasar. Secara matematis, model indeks tunggal dirumuskan sebagai berikut [12].

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + e_i \quad (9)$$

$$E[R_i] = \alpha_i + \beta_i E[R_m] \quad (10)$$

Dimana:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \quad (11)$$

$$\alpha_i = E[R_i] - \beta_i E[R_m] \quad (12)$$

Dalam penerapannya menentukan portofolio optimal, *single index model* membandingkan *excess return to beta* dengan *cut-off rate*. *Excess return to beta* didefinisikan sebagai berikut:

$$ERB_i = \frac{E[R_i] - R_f}{\beta_i} \quad (13)$$

Cut-off rate dirumuskan sebagai berikut:

$$C_i = \frac{\sigma_m^2 \sum_{j=1}^i A_j}{1 + \sigma_m^2 \sum_{j=1}^i B_j} \quad (14)$$

Dimana nilai A_j dan B_j dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A_i = \frac{(E[R_i] - R_f) \cdot \beta_i}{\sigma_{ei}^2} \quad (15)$$

$$B_i = \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2} \quad (16)$$

Sedangkan σ_{ei}^2 diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\sigma_{ei}^2 = \sigma_i^2 - \beta_i^2 \sigma_m^2 \quad (17)$$

Besarnya *Cut-off point* (C^*) ditentukan oleh nilai C_i terbesar. C^* berfungsi sebagai batasan atau titik pembatas yang menentukan apakah nilai ERB suatu saham dapat dianggap tinggi atau tidak, sehingga saham-saham yang membentuk portofolio optimal merupakan saham-saham yang memiliki $ERB \geq C^*$ [13].

Setelah menentukan saham-saham terbaik yang memenuhi kriteria $ERB \geq C^*$, langkah selanjutnya adalah menentukan bobot atau proporsi masing-masing saham tersebut dalam portofolio optimal. Adapun perhitungan bobot masing-masing saham adalah sebagai berikut:

$$W_i = \frac{Z_i}{\sum_{j=1}^k Z_j} \quad (18)$$

dengan nilai Z_i diperoleh dari

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2} (ERB_i - C^*) \quad (19)$$

2.5 Indeks Sharpe

Indeks Sharpe digunakan untuk menilai besarnya kompensasi yang diperoleh oleh investor untuk setiap tingkat risiko yang diambil dalam portofolio tersebut [12]. Semakin tinggi nilai suatu indeks menandakan kinerja portofolio tersebut semakin baik. Persamaan yang digunakan dalam indeks Sharpe dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{S}_p = \frac{E[R_p] - R_f}{\sigma_p} \quad (20)$$

2.6 Uji Normalitas

Uji Jarque-Bera merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kenormalan data. Uji Jarque-Bera dapat dinyatakan sebagai berikut [14]:

Uji Hipotesis:

H_0 = data *return* berdistribusi normal

H_1 = data *return* tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$JB = n \left(\frac{S^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right) \quad (21)$$

Uji Jarque-Bera mempunyai distribusi *chi-square* dengan derajat bebas dua ($\chi^2_{(2;\alpha)}$). Jika $JB > \chi^2_{(2;\alpha)}$ maka H_0 ditolak yang berarti bahwa data *return* tidak berdistribusi normal dan jika sebaliknya maka gagal menolak H_0 sehingga dianggap data *return* berdistribusi normal.

2.7 Pengukuran Risiko

2.7.1 Value at Risk

Menurut Sunaryo [15], *Value at Risk* (VaR) mengukur sejauh mana kerugian yang dapat diantisipasi atau ditoleransi oleh seorang investor atau perusahaan dengan tingkat kepercayaan tertentu. Dalam penentuan nilai VaR digunakan fungsi kepadatan peluang (*probability density function*) dari nilai *return* di masa depan yang disimbolkan dengan $f(R)$ dimana R sebagai tingkat pengembalian aset, baik itu aset tunggal maupun portofolio [16]. Dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$, kemudian akan dicari kemungkinan nilai terburuk R^* , dimana peluang untuk nilai *return* melebihi R^* adalah $(1 - \alpha)$.

$$(1 - \alpha) = \int_{R^*}^{\infty} f(R) dR$$

Sementara peluang untuk nilai *return* kurang dari atau sama dengan R^* ,

$$\alpha = \int_{-\infty}^{R^*} f(R) dR = P(R \leq R^*) = p$$

Jika W_0 sebagai dana awal yang diinvestasikan dalam suatu aset, maka nilai aset pada akhir periode dapat dihitung menggunakan rumus $W = W_0(1 + R)$ dan nilai aset minimum pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ yang dinyatakan sebagai W^* , dapat dihitung dengan $W^* = W_0(1 + R^*)$. Dengan demikian, nilai VaR pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)} = W_0 \cdot R^*$$

dengan R^* bernilai negatif dan diformulasikan sebagai berikut:

$$R^* = E[R] - Z_{(1-\alpha)} \sqrt{Var(R)}$$

Expected return meningkat secara linear terhadap waktu (t), sedangkan standar deviasi meningkat secara linear dengan akar kuadrat waktu, dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$E[R] = \mu(t) = \mu t$$

$$Var(R) = \sigma^2(t) = \sigma^2 t \rightarrow \sqrt{Var(R)} = \sigma(t) = \sigma \sqrt{t}$$

Sehingga R^* dapat dirumuskan menjadi

$$R^* = \mu t - Z_{(1-\alpha)} \sigma \sqrt{t} \quad (22)$$

Apabila ingin menghitung VaR dengan mempertimbangkan periode investasi (t) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 \cdot R^* \sqrt{t} \quad (23)$$

Metode simulasi Monte Carlo dianggap sebagai salah satu pendekatan terkuat dalam mengestimasi VaR. Dalam penerapannya, simulasi monte carlo melakukan simulasi berulang kali dengan membangkitkan bilangan secara acak berdasarkan karakteristik dari data yang akan dibangkitkan. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk memodelkan berbagai skenario yang mungkin terjadi dan memperoleh perkiraan VaR yang lebih akurat [17].

2.7.2 Conditional Value at Risk

Conditional Value at Risk (CVaR) adalah ukuran risiko yang mengukur rata-rata kerugian yang mungkin terjadi jika risiko pada portofolio investasi melebihi tingkat VaR pada tingkat kepercayaan tertentu. Secara matematis, CVaR dapat dituliskan sebagai berikut [18]:

$$CVaR_{(1-\alpha)} = E[R | R \leq R^*]$$

Jika $R \sim N(\mu, \sigma^2)$, maka CVaR dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CVaR_{(1-\alpha)} = \left(\mu + \sigma \frac{\phi[Z_{(\alpha)}]}{\alpha} \right) \quad (24)$$

Kemudian dengan tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dan periode t hari dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CVaR_{(1-\alpha)} = \left(\mu + \sigma \frac{\phi[Z_{(\alpha)}]}{\alpha} \right) \cdot \sqrt{t} \quad (25)$$

Dimana $\phi[Z_{(\alpha)}]$ merupakan *probability density function* dari distribusi normal baku pada nilai $Z_{(\alpha)}$.

2.8 Backtesting atau Validasi Model

Backtesting adalah tahap penting yang digunakan untuk menguji keakuratan model *Value at Risk* (VaR). Metode *Backtesting* yang digunakan adalah *Kupiec Test*. Pada metode ini, setiap estimasi VaR akan dibandingkan dengan nilai *return* yang sebenarnya, lalu dihitung tingkat kegagalan (*failure rate*) [19]. Dalam menilai validitas pengujian model VaR tersebut, dapat digunakan pendekatan *loglikelihood ratio* dengan rumus berikut.:

$$LR = -2 \ln \left(\frac{(1 - \alpha)^{T-N} \alpha^N}{\left(1 - \frac{N}{T}\right)^{T-N} \left(\frac{N}{T}\right)^N} \right) \quad (26)$$

Uji Hipotesis:

H_0 = Model VaR akurat

H_1 = Model VaR tidak akurat

Kriteria uji ialah jika $LR > \chi^2_{(1;\alpha)}$ maka tolak H_0

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Data

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harian saham yang secara konsisten terdaftar dalam indeks LQ45 selama periode Oktober 2021 hingga Oktober 2023. Data saham LQ45 ini diperoleh melalui *website* resmi Bursa Efek Indonesia (BEI), yakni www.idx.co.id sedangkan data harga penutupan saham harian diperoleh dari *website* resmi *yahoo finance* yaitu www.finance.yahoo.com. Selain itu, Data tingkat suku bunga juga

digunakan untuk menghitung tingkat pengembalian bebas risiko (*risk free rate*) yang diperoleh dari *website* resmi Bank Indonesia yang diakses melalui www.bi.go.id pada periode yang sama.

3.2 Pembentukan Portofolio Optimal dengan *Single Index Model*

3.2.1 Menghitung *Expected Return*, Standar Deviasi Beta, Alpha dan Varians dari Kesalahan Residu Masing-Masing Saham

Dari tabel di bawah, terlihat 29 saham yang akan digunakan untuk memilih saham-saham terbaik menggunakan *single index model* dalam pembentukan portofolio optimal. Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung *actual return* dari masing-masing saham tersebut. Selanjutnya, akan dihitung dan dianalisis nilai *expected return*, standar deviasi, beta, alpha, dan varians dari kesalahan residu yang nilainya ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1: *Expected Return*, Standar Deviasi, Beta, Alpha, dan Varians dari Kesalahan Residu

No.	Kode	$E[R_i]$	σ_i	β_i	α_i	σ_{ei}^2
1	ADRO	0,0013416	0,0273389	1,1887565	0,0011191	0,0006413
2	ANTM	-0,0001148	0,0247317	0,8831843	-0,0002801	0,0005531
3	ASII	0,0004322	0,0178364	1,0423189	0,0002371	0,0002366
4	BBCA	0,0006336	0,0129603	0,9852199	0,0004492	0,0000951
5	BBNI	0,0014933	0,0165945	1,1873720	0,0012710	0,0001696
6	BBRI	0,0007083	0,0145287	1,1391119	0,0004950	0,0001137
7	BBTN	-0,0002380	0,0183311	0,9172872	-0,0004097	0,0002729
8	BMRI	0,0025387	0,0524136	1,0594584	0,0023404	0,0026629
9	BRPT	0,0009655	0,0255261	0,8445513	0,0008074	0,0005980
10	CPIN	-0,0001197	0,0186064	0,5988412	-0,0002318	0,0003193
11	EXCL	0,0170218	0,4232501	-0,3831380	0,0170935	0,1791296
12	ICBP	0,0006966	0,0147377	0,3498495	0,0006311	0,0002080
13	INCO	0,0007562	0,0245040	0,7698147	0,0006121	0,0005560
14	INDF	0,0002047	0,0130075	0,2520270	0,0001575	0,0001644
15	INKP	0,0007930	0,0213184	0,8583746	0,0006323	0,0003992
16	INTP	0,0001892	0,0195340	0,3515511	0,0001234	0,0003723
17	ITMG	0,0010251	0,0276755	0,7571991	0,0008834	0,0007229
18	KLBF	0,0006374	0,0185563	0,5912643	0,0005267	0,0003181
19	MDKA	0,0007439	0,0291835	1,5359724	0,0004564	0,0006746
20	MEDC	0,0028686	0,0349301	1,0051920	0,0026805	0,0011443
21	PGAS	0,0003724	0,0212870	0,7624836	0,0002297	0,0004095
22	PTBA	0,0003627	0,0244701	0,9328073	0,0001881	0,0005335
23	SMGR	-0,0002686	0,0205236	0,8733622	-0,0004321	0,0003640
24	TBIG	-0,0006213	0,0193534	0,5151175	-0,0007177	0,0003546
25	TLKM	0,0001656	0,0152097	0,7820544	0,0000192	0,0001854
26	TOWR	-0,0004911	0,0168843	0,6425607	-0,0006114	0,0002541
27	TPIA	0,0009273	0,0191867	0,4594060	0,0008413	0,0003523
28	UNTR	0,0004130	0,0220131	0,9229267	0,0002403	0,0004206
29	UNVR	0,0001544	0,0211639	0,5471768	0,0000520	0,0004254

Dari 29 saham tersebut, 6 saham menunjukkan performa kurang baik dengan *expected return* yang negatif. Standar deviasi terbesar diperoleh oleh saham EXCL, yakni sebesar 0,4232501. EXCL juga memiliki nilai risiko tidak sistematis (σ_{ei}^2) dan *return unik* (α_i) tertinggi dibandingkan saham lain, masing-masing sebesar 0,1791296 dan 0,0170935. Di sisi lain, saham dengan standar deviasi terendah adalah BBCA dengan nilai 0,0129603. Selain itu, terdapat 7 saham yang memiliki nilai beta lebih dari 1, yaitu MEDC (1,0051920), MDKA (1,5359724),

BBRI (1,1391119), BBNI (1,1873720), ASII (1,0423189), ADRO (1,1887565), dan BMRI (1,0594584). Nilai beta yang melebihi 1 menunjukkan bahwa saham-saham tersebut sangat sensitif terhadap pergerakan pasar.

3.2.2 Menghitung *Return Aset Bebas Risiko / Risk Free Rate*

Risk free rate berfungsi sebagai dasar untuk mengukur imbal hasil minimum atau tingkat pengembalian yang diharapkan tanpa adanya risiko signifikan. Pengukuran *risk free rate* (R_f) harian tersebut dilakukan dengan menentukan rata-rata dari BI7DRR selama dua tahun (Periode Oktober 2021 – Oktober 2023) kemudian dibagi dengan 30 hari.

Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R_f = \frac{\sum_{i=1}^m SB_i}{n}$$

Diperoleh *risk free rate* 0,0015312. Saham-saham yang dianggap sebagai kandidat optimal adalah saham-saham yang memiliki nilai *expected return* yang lebih tinggi dari *risk free rate* ($E[R_i] > R_f$) sehingga nilai *excess return to beta* menjadi positif.

3.2.3 Menghitung nilai *Excess Return to Beta (ERB)* dan *Cut-Off Rate (C_i)*

Tabel 2: Hasil Perhitungan ERB dan C_i

No.	Kode	ERB_i	C_i	Keterangan
1	MEDC	0,0013305	0,0000827	Masuk
2	BMRI	0,0009509	0,0001077	Masuk
3	BBNI	-0,0000320	0,0000571	Tidak Masuk
4	ADRO	-0,0001595	0,0000381	Tidak Masuk
5	MDKA	-0,0005126	-0,0000291	Tidak Masuk
6	ITMG	-0,0006684	-0,0000464	Tidak Masuk
7	BRPT	-0,0006699	-0,0000706	Tidak Masuk
8	BBRI	-0,0007225	-0,0002476	Tidak Masuk
9	INKP	-0,0008601	-0,0002734	Tidak Masuk
10	BBCA	-0,0009111	-0,0003937	Tidak Masuk
11	INCO	-0,0010068	-0,0004055	Tidak Masuk
12	ASII	-0,0010545	-0,0004554	Tidak Masuk
13	UNTR	-0,0012116	-0,0004802	Tidak Masuk
14	PTBA	-0,0012527	-0,0005001	Tidak Masuk
15	TPIA	-0,0013147	-0,0005077	Tidak Masuk
16	KLBF	-0,0015118	-0,0005246	Tidak Masuk
17	PGAS	-0,0015199	-0,0005459	Tidak Masuk
18	TLKM	-0,0017463	-0,0006026	Tidak Masuk
19	ANTM	-0,0018638	-0,0006275	Tidak Masuk
20	BBTN	-0,0019288	-0,0006815	Tidak Masuk
21	SMGR	-0,0020609	-0,0007194	Tidak Masuk
22	ICBP	-0,0023857	-0,0007321	Tidak Masuk
23	UNVR	-0,0025163	-0,0007483	Tidak Masuk
24	CPIN	-0,0027569	-0,0007769	Tidak Masuk
25	TOWR	-0,0031473	-0,0008248	Tidak Masuk
26	INTP	-0,0038175	-0,0008371	Tidak Masuk
27	TBIG	-0,0041787	-0,0008677	Tidak Masuk
28	INDF	-0,0052635	-0,0008884	Tidak Masuk
29	EXCL	-0,0404307	-0,0008888	Tidak Masuk

Berdasarkan Tabel 2 di atas, terlihat bahwa nilai *cut-off point* (C^*) dimiliki oleh BMRI yakni sebesar 0,0001077. Dengan demikian, dari 29 saham diperoleh 2 saham yang memenuhi kriteria sebagai saham pembentuk portofolio optimal yaitu saham MEDC dan BMRI yang memiliki nilai $ERB \geq C^*$. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua saham tersebut memiliki potensi untuk memberikan *excess return* yang lebih tinggi, sehingga layak dimasukkan dalam pembentukan portofolio optimal.

3.2.4 Menghitung Proporsi Dana untuk Setiap Saham yang Terpilih dalam Pembentukan Portofolio Optimal

Penentuan proporsi dana bertujuan untuk menciptakan kombinasi saham dengan tingkat *return* maksimal pada tingkat risiko tertentu dalam portofolio. Berikut hasil penentuan proporsi dana masing-masing saham terpilih.

Tabel 3: Proporsi Dana Masing-Masing Saham Terpilih

Saham	W_i
MEDC	76,20%
BMRI	23,80%
Jumlah	100%

3.3 Mengukur Kinerja Portofolio dengan Menggunakan Metode Indeks Sharpe

Sebelum menghitung indeks sharpe, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung *return* portofolio terlebih dahulu. Kemudian dari *return* portofolio tersebut dapat dihitung *expected return* dan standar deviasi portofolio sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

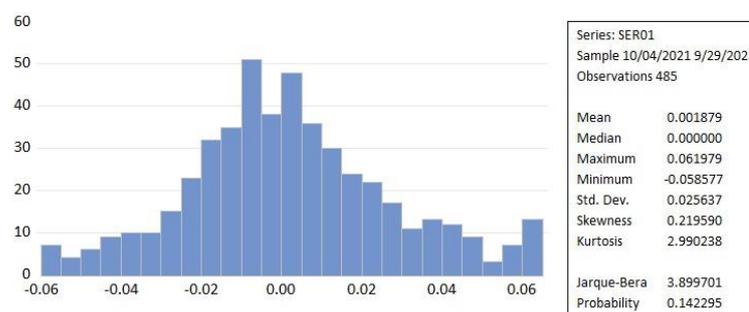
Tabel 4: *Expected Return* dan Standar Deviasi Portofolio

<i>Expected Return</i> Portofolio	0,0018785
Standar Deviasi Portofolio	0,0256371

Dengan demikian, diperoleh nilai Indeks Sharpe yang positif yakni sebesar 0,0135462. Hal ini mengindikasikan bahwa portofolio tersebut dianggap baik dengan tingkat pengembalian yang lebih tinggi dibandingkan dengan *risk free rate*.

3.4 Uji Normalitas

Dengan bantuan software EViews 12 diperoleh hasil uji normalitas Jarque-Bera sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil Uji Normalitas Jarque-Bera

Berdasarkan Tabel *chi-square* diketahui bahwa nilai $\chi^2_{(2;\alpha)}$ adalah 5,991. Dikarenakan $3,899 < 5,991$. Oleh karena itu, H_0 tidak dapat ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa data *return* berdistribusi normal.

3.5 Analisis Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR) Menggunakan Simulasi Monte Carlo

Pada Tabel 4 di atas, telah diperoleh nilai *expected return* sebesar 0,0018785 dan standar deviasi *return* sebesar 0,0256371. Selanjutnya, dilakukan simulasi nilai *return* sebanyak 485 kali untuk menciptakan berbagai skenario *return* portofolio yang mungkin terjadi. Proses ini bertujuan untuk memodelkan variasi yang mungkin terjadi dalam *return* portofolio.

Tabel 5: Data Simulasi *Return* Portofolio

No	Simulasi <i>Return</i> Portofolio
1	0,0008968
2	-0,0193928
3	-0,0318887
4	0,0340105
5	-0,0231731
:	:
485	0,0125844

Setelah memperoleh data simulasi *return* portofolio, kemudian dihitung nilai *expected return* dan standar deviasi dari data tersebut dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 6: *Expected Return* dan Standar Deviasi Data Simulasi

<i>Expected Return</i> Data Simulasi	0,0017334
Standar Deviasi Data Simulasi	0,0271018

Selanjutnya, nilai *Value at Risk* (VaR) dihitung pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ dengan alpha sebesar 5%. Dari simulasi *return* portofolio, diperoleh bahwa nilai VaR sebesar -0,0428452 atau -4,28%. Kemudian untuk memperoleh nilai VaR yang optimal, dilakukan 1000 iterasi berdasarkan nilai VaR yang telah dihitung sebelumnya, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan perkiraan yang lebih akurat dan stabil karena nilai VaR yang dihasilkan oleh tiap simulasi berbeda seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7: Iterasi Nilai VaR Portofolio

Simulasi Ke-	<i>Value at Risk</i>
1	-0,0418264
2	-0,0418152
3	-0,0420590
4	-0,0418002
5	-0,0418312
:	:
1000	-0,0418073

Berdasarkan hasil perhitungan *Value at Risk* (VaR) menggunakan simulasi Monte Carlo, diperoleh nilai VaR sebesar -0,04185332. Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat keyakinan sebesar 95% bahwa tingkat kerugian yang akan diderita investor tidak akan melebihi -4,185332% dari modal investasi dalam jangka waktu satu hari setelah tanggal 01 Oktober 2023. atau dengan redaksi lain dapat dikatakan ada kemungkinan sebesar 5% bahwa tingkat kerugian investasi pada portofolio yang terdiri dari saham MEDC dan BMRI melebihi -4,185332%.

Setelah memperoleh nilai (VaR), selanjutnya melakukan estimasi nilai *Conditional Value at Risk* (CVaR) untuk mengetahui besarnya kemungkinan kerugian yang akan ditanggung, apabila kerugiannya melebihi nilai VaR yang sudah ditentukan. Pada Tingkat kepercayaan 95%, diperoleh nilai CVaR sebesar -0,05416995 yang berarti bahwa misalkan investor menginvestasikan dananya ke portofolio optimal yang telah dibentuk, ada keyakinan 95% tingkat kerugian maksimal yang mungkin akan dialami sebesar 4,185332% dari modal investasi. Namun, terdapat kemungkinan lebih buruk sehingga menyebabkan investor

mengalami kerugian terbesar melebihi nilai VaR yakni 5,416995% dari modal investasi dalam jangka waktu 1 hari.

3.6 Backtesting

Tabel 8: Iterasi Nilai VaR Portofolio

t	Return Portofolio	Estimasi VaR	Failure
251	-0,0115456	-0,0374683	0
252	0,0188298	-0,0403551	0
:	:	:	:
313	-0,0579114	-0,0388727	1
314	0,0260648	-0,0407796	0
:	:	:	:
485	-0,0152214	-0,0394277	0
Jumlah			12

Berdasarkan tabel *chi-square* diketahui nilai *chi-square* dengan derajat kebebasan 1 dan tingkat signifikansi 5% adalah 3,841. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam *backtesting* model.

$$\begin{aligned}
 LR &= -2 \ln \left(\frac{(1-\alpha)^{T-N} \alpha^N}{\left(1-\frac{N}{T}\right)^{T-N} \left(\frac{N}{T}\right)^N} \right) \\
 &= -2 \ln \left(\frac{(1-0,05)^{235-12} 0,05^{12}}{\left(1-\frac{12}{235}\right)^{235-12} \left(\frac{12}{235}\right)^{12}} \right) \\
 &= 0,0055619
 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai *loglikelihood* sebesar 0,0055619. Selanjutnya nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(1;\alpha)}=3,841$ sebagai kriteria uji hipotesis. Dikarenakan $0,0055619 < 3,841$ maka tidak dapat menolak Hipotesis nol (H_0). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model VaR portofolio optimal yang diperoleh dari hasil estimasi menggunakan simulasi Monte Carlo pada Tingkat kepercayaan 95% dianggap akurat dan valid untuk digunakan.

Hasil dari *backtesting* tersebut dapat memperkuat validitas dan keandalan model yang digunakan dalam mengukur risiko sehingga memberikan landasan yang kuat bagi investor untuk meyakini hasil analisis dalam mengelola risiko portofolio serta pengambilan keputusan investasi.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pembentukan portofolio optimal yang telah dilakukan terhadap 29 saham yang konsisten masuk pada indeks LQ45 periode 01 Oktober 2021 – 01 Oktober 2023 dengan menggunakan *single index model*, diperoleh 2 saham terpilih yang potensial membentuk portofolio optimal dengan nilai $ERB \geq C^*$ yaitu PT. Medco Energi Internasional Tbk. (MEDC) dan PT. Bank Mandiri (Persero) Tbk. (BMRI) dengan besaran proporsi dana masing-masing adalah sebesar 76,20% untuk MEDC dan 23,80% untuk BMRI.

Selain itu, hasil perhitungan *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) dari portofolio optimal dengan menggunakan simulasi Monte Carlo diperoleh nilai VaR sebesar -0,04185332 dan CVaR sebesar -0,05416995. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa jika investor menginvestasikan dananya sebanyak Rp. 100.000.000 pada portofolio optimal yang dibentuk menggunakan *single index model* tersebut, maka ada keyakinan 95% kerugian maksimal yang mungkin akan dialami sebesar Rp. 4.185.332. Namun, terdapat kemungkinan

lebih buruk sehingga menyebabkan investor mengalami kerugian terbesar melebihi nilai VaR yakni Rp. 5.416.995 dalam jangka waktu 1 hari setelah 01 Oktober 2023.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. Bakar and S. Rosbi, "Evaluation of Risk Reduction for Portfolio in Islamic Investment Using Modern Portfolio Theory", *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 5, no. 11, article 266180, 2018.
- [2] H. Jogiyanto, *Teori Portofolio dan Analisis Investasi (Edisi 3)*, Yogyakarta: BPFE UGM, 2003.
- [3] Zubir, Zalmi, *Manajemen Portofolio: Penerapannya dalam Investasi Saham (Edisi Pertama)*, Jakarta: Salemba Empat, 2011.
- [4] I. Rachmatullah, J. Nawir, and T. Siswantini, "Analisis Portofolio Optimal Markowitz dan Single Index Model pada Jakarta Islamic Index", *JEB*, vol. 8, no. 1, pp. 50–69, 2021.
- [5] P. S. Devi, K. Dharmawan and L. P. I. Harini, "Estimasi Value at Risk Portofolio Menggunakan Metode Quasi Monte Carlo Dengan Pembangkit Bilangan Acak Halton". *E-Jurnal Matematika*, vol. 11, no. 2, pp. 122–126, 2022.
- [6] R. Lahi, A. Atti, M. A. Kleden and R. D. Guntur, "Perhitungan Risiko Value at Risk (VaR) Aset Tunggal Menggunakan Pendekatan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus: PT. Indofood CBP Sukses Makmur TBK dan PT. Astra Internasional TBK)", *JCI*, vol. 2, no. 8, pp. 3297–3310, 2023.
- [7] A. Dimas, M. Azhari and K. Khairunnisa, "Perhitungan Value at Risk (VaR) dengan Metode Historis dan Monte Carlo pada Saham sub Sektor Rokok". *Jurnal Riset Bisnis dan Manajemen*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [8] R. Rahmawati, A. Rusgiyono, A. Hoyyi, and D. A. I. Maruddani, "Expected Shortfall dengan Simulasi Monte-Carlo untuk Mengukur Risiko Kerugian Petani Jagung". *Media Statistika*, vol. 12, no. 1, pp. 117–128, 2019.
- [9] L. J. Gitman and C. J. Zutter, *Principles of Managerial Finance (13 th edition)*. Boston: Pearson, 2012.
- [10] D. A. I. Maruddani, and A. Purbowati, "Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo". *Media Statistika*, vol. 2, no. 2, pp. 93–104, 2009.
- [11] M. Samsul, *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [12] I. M. Adnyana, *Manajemen Investasi dan Portofolio*, Jakarta Selatan: LPU-UNAS, 2020.
- [13] H. Jogiyanto, *Teori Portofolio dan Analisis Investasi (Edisi 7)*, Yogyakarta: BPFE UGM, 2015.
- [14] D. C. Kabasarang, "Uji Normalitas Menggunakan Statistik Jarque-Bera Berdasarkan Metode Bootstrap", *Diss. Program Studi Matematika FSM-UKSW*, 2013.
- [15] T. Sunaryo, *Manajemen risiko finansial*, Jakarta: Salemba Empat, 2007.
- [16] Y. Yuliah and L. Triana, "Pengukuran Value at Risk Pada Aset Perusahaan dengan Simulasi Monte Carlo", *Manage Account Res Econ Entrep*, vol. 1, no. 1, pp. 48–57, 2021.
- [17] L. P. Tupan, T. Manurung and J. D. Prang, "Pengukuran Value at Risk pada Aset Perusahaan dengan Metode Simulasi Monte Carlo", *Jurnal MIPA*, vol. 2, no. 1, pp. 5–11, 2013.
- [18] F. Seru, "Analisis Risiko VaR dan CVaR Pada Hasil Prediksi Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk", *Jurnal Silogisme: Kajian Ilmu Matematika dan Pembelajarannya*, vol. 8, no. 1, pp. 23–30, 2023.
- [19] I. A. Sofwan, A. Rusgiyono, and S. Suparti, "Analisis Nilai Risiko (Value at Risk) Menggunakan Uji Kejadian Bernoulli (Bernoulli Coverage Test)(Studi Kasus Pada Indeks Harga Saham Gabungan). *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 2, pp. 233 - 242, 2014.