

## PENENTUAN PORTOFOLIO OPTIMAL DENGAN METODE *MULTI INDEX MODEL* DAN PENGUKURAN RISIKO DENGAN *EXPECTED SHORTFALL* (Studi Kasus: Kelompok Saham LQ45 Periode Januari 2017 – Desember 2021)

Wanda Zulfa Fauziah<sup>1\*</sup>, Tatik Widiharah<sup>2</sup>, Di Asih I Maruddani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

\*e-mail : [wandazulf@gmail.com](mailto:wandazulf@gmail.com)

DOI: 10.14710/j.gauss.12.2.209-220

### Article Info:

Received: 2023-02-15

Accepted: 2023-04-20

Available Online: 2023-07-28

### Keywords:

Optimal Portfolio; Multi Index Model; Expected Shortfall; Value at Risk.

**Abstract:** Various methods have been applied to determine the optimal portfolio, one of which is Multi Index Model. MIM is a method that uses more than one factors that affects stock price movements, this study uses ICI and exchange rate factors. Risk measurement is very important in financial analysis because almost all of them contain elements of risk. One form of risk measure that's relatively popular in financial risk analysis is Value at Risk. VaR has a disadvantage because it only measures the percentile of the loss distribution without considering losses that exceed VaR and VaR isn't coherent (it doesn't fulfill the property of subadditivity). The risk measure used to overcome the weakness of VaR is Expected Shortfall. The results of the study using MIM method obtained the optimal portfolio consisting of BBRI (45.777%), PTPP (2.952%), and UNTR (51.271%) which provide a profit rate of 0.383%. The calculation results show that with a 95% confidence level, ES and VaR values obtained are 26.639% and 11.210%, respectively. ES value will be more precise in the context of a portfolio so that the maximum loss that will be received by the optimal portfolio investor that has been formed one month ahead is 26.639%.

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan serta prestasi sebuah negara seringkali dinilai berdasarkan perkembangan perekonomiannya. Menurut Mulyati dan Murni (2018), perkembangan ekonomi secara keseluruhan bisa ditinjau dari perkembangan pasar modal serta industri sekuritas/efek pada sebuah negara. Pasar modal mempunyai kontribusi yang penting sebagai salah satu wadah investasi keuangan di dunia perekonomian. Investasi di pasar modal adalah investasi yang banyak menarik investor terutama di bidang keuangan. Saham merupakan salah satu efek yang paling banyak diperdagangkan di pasar modal. *Indonesia Stock Exchange (IDX)* menyiapkan 40 macam indeks saham satu diantara yang ada yaitu LQ45 yang merupakan kumpulan saham terbaik yang tersedia di pasar modal, terdiri dari 45 emiten dengan likuiditas tinggi, kapitalisasi pasar besar serta didukung oleh fundamental perusahaan yang baik.

Investor diharapkan membentuk portofolio optimal untuk mendapatkan keuntungan yang optimal dari suatu investasi. Beragam metode sudah diterapkan untuk membentuk portofolio yang optimal satu diantara yang ada yaitu penerapan metode *Multi Index Model*. *Multi Index Model* merupakan metode yang menganggap bahwa pergerakan saham dan adanya korelasi antar saham tidak hanya sensitif/dipengaruhi oleh pergerakan pasar yaitu Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) namun juga dipengaruhi oleh pergerakan faktor lain seperti faktor non pasar (Halim, 2005). Faktor lain yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu kurs. Penentuan portofolio optimal pada *Multi Index Model* dimulai dari pembentukan persamaan *Multi Index Model*, penyeleksian saham di konstruksi dan asumsi *Multi Index Model* hingga penentuan rasio yang membandingkan antara tingkat keuntungan dengan

risiko yang ada saat pembobotan saham *Multi Index Model* sehingga portofolio yang terbentuk dapat dikatakan optimal.

Penghitungan risiko adalah hal yang amat berarti di analisis finansial sebab hampir semuanya memuat unsur ketidakpastian dan risiko. Salah satu bentuk ukuran risiko yang relatif populer dan paling sering digunakan serta dianggap sebagai metode standar dalam pendugaan risiko keuangan adalah *Value at Risk* (VaR). VaR mempunyai kekurangan sebab hanya mengukur persentil dari distribusi kerugian atau keuntungan tanpa mengamati kerugian yang melebihi VaR (Saepudin dkk, 2017). VaR juga tidak koheren (tidak memenuhi sifat *subadditivity*, salah satu sifat koherensi ukuran risiko) sehingga tidak bisa mencerminkan efek diversifikasi dengan tepat yang berfungsi untuk meminimalkan risiko (Klugman dkk, 2019). *Subadditivity* dapat diartikan juga sebagai diversifikasi kerugian dapat mengurangi risiko. Ukuran risiko yang digunakan untuk mengatasi kelemahan VaR adalah *Expected Shortfall* (ES). Metode simulasi Monte Carlo merupakan salah satu metode dalam menduga VaR. Metode tersebut digunakan sebab bisa menduga nilai ES dan VaR dari bermacam-macam kumpulan *return* simulasi yang sama sifatnya seperti *return* historisnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi portofolio optimal saham dan besarnya proporsi dana dengan metode *Multi Index Model* pada kelompok saham LQ45 serta mengetahui besarnya risiko portofolio optimal saham yang terbentuk menggunakan ES dan VaR dengan simulasi Monte Carlo.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Saham merupakan surat berharga yang menjadi tanda kepemilikan dana/modal seseorang/individu ataupun badan usaha yang diterbitkan oleh suatu perusahaan (PT) (Maruddani, 2019). *Return* saham bisa disebut juga sebagai tingkat pengembalian dari suatu saham. *Return* dari suatu aset merupakan tingkat pengembalian/hasil (keuntungan maupun kerugian) yang didapatkan dari suatu kegiatan investasi. Analisis sekuritas pada umumnya menggunakan *continuously compounding return* yang dirumuskan seperti pada persamaan (1) (Trimono dkk, 2017).

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

Pada persamaan (1),  $R_{i(v)}$  merupakan *continuously compounding return* saham ke- $i$  pada periode ke- $v$ ,  $P_{i(v)}$  merupakan harga saham ke- $i$  pada periode ke- $v$ , dan  $P_{i(v-1)}$  merupakan harga saham ke- $i$  pada periode ke- $v-1$ .

Menurut Kurniawan dan Yuniarto (2016), analisis korelasi merupakan analisis yang digunakan untuk melihat ada atau tidaknya hubungan/asosiasi antar variabel dan kekuatan hubungannya. Korelasi merupakan angka yang menyatakan kuat/besarnya serta arah hubungan antar variabel yang sedang diamati. Uji korelasi pada penulisan ini diperlukan untuk memenuhi konstruksi dan asumsi *Multi Index Model* yang terdapat pada persamaan (16), (17), dan (18). Uji korelasi pada penelitian ini dilakukan antar variabel prediktor yaitu faktor (IHSG dan kurs), antara residual *return* saham dengan faktor, dan antar residual *return* saham.

Menurut Iswardono (2001), langkah-langkah pengujian yang dilakukan yaitu:

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$  (korelasi antar variabel sama dengan nol)

$H_1 : \rho \neq 0$  (korelasi antar variabel tidak sama dengan nol)

Taraf Signifikansi:  $\alpha$

Statistik Uji:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

dengan  $r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$  dan r adalah korelasi sampel

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika nilai  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, (n-2)}$  pada taraf signifikansi  $\alpha$ .

Analisis portofolio optimal bisa dilakukan dengan berbagai metode, salah satu metodenya adalah *Multi Index Model*. Penentuan portofolio optimal pada *Multi Index Model* dimulai dari pembentukan persamaan *Multi Index Model*, penyeleksian saham di konstruksi dan asumsi *Multi Index Model* hingga penentuan rasio yang membandingkan antara tingkat keuntungan dengan risiko yang ada saat pembobotan saham *Multi Index Model* sehingga portofolio yang terbentuk dapat dikatakan optimal. *Multi Index Model* merupakan metode yang menganggap bahwa pergerakan saham dan adanya korelasi antar saham tidak hanya sensitif/dipengaruhi oleh pergerakan pasar yaitu Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) namun juga dipengaruhi oleh pergerakan faktor lain seperti faktor non pasar (Halim, 2005). Faktor lain yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu kurs. Apabila  $r_i$  merupakan *return* saham ke-i ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ), lalu *return* saham ke-i bisa dikaitkan dengan faktor yang mempengaruhinya yaitu:

$$r_i = a_i^* + b_{i1}^* I_1^* + b_{i2}^* I_2^* + \dots + b_{iL}^* I_L^* + c_i \quad (3)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, N$  dan  $j = 1, 2, \dots, L$

Pada persamaan (3),  $I_1^*$  merupakan *return* dari faktor ke-1,  $b_{i1}^*$  merupakan koefisien saham ke-i dengan faktor ke-1,  $a_i^*$  merupakan nilai harapan dari *unique return* i dan  $c_i$  merupakan nilai residual dari *return* saham ke-i.

Pada penulisan ini digunakan 2 faktor (IHSG dan kurs), maka bentuk persamaannya sebagai berikut:

$$r_i = a_i^* + b_{i1}^* I_1^* + b_{i2}^* I_2^* + c_i \quad (4)$$

Faktor-faktor ekonomi yang terdapat di *Multi Index Model* harus tidak berkorelasi. Uji korelasi perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui apakah faktor-faktor tersebut saling berkorelasi atau tidak. Jika tidak terdapat korelasi antar faktornya dapat langsung menuju persamaan (9) namun sebaliknya jika terdapat korelasi menurut Elton dkk (2014), untuk membuat faktor-faktor tersebut tidak saling berkorelasi bisa dilakukan dengan melakukan regresi antara masing-masing faktornya. Langkah-langkah yang dapat dilakukan sebagai berikut:

$$I_1^* = I_1 \quad (5)$$

$$I_2^* = \gamma_0 + \gamma_1 I_1 + d \quad (6)$$

$$d = I_2^* - (\gamma_0 + \gamma_1 I_1) \quad (7)$$

$$I_2 = d = I_2^* - (\gamma_0 + \gamma_1 I_1) \quad (8)$$

Nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$  perlu dicari untuk memperoleh nilai residual *return* saham yang nantinya akan digunakan untuk menguji konstruksi dan asumsi *Multi Index Model*. Nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$  dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai koefisien regresi dari masing-masing saham pembentuk portofolio dengan *return* IHSG dan *return* kurs ( $a_i^*$ ,  $b_{i1}^*$ , dan  $b_{i2}^*$ ) dan koefisien regresi faktor ( $\gamma_0$  dan  $\gamma_1$ ). Nilai  $a_i^*$ ,  $b_{i1}^*$ , dan  $b_{i2}^*$  dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$I^* I^* \mathbf{b} = I^* \mathbf{r}_i \quad (9)$$

$$\mathbf{b} = (I^* I^*)^{-1} I^* \mathbf{r}_i \quad (10)$$

dengan  $\mathbf{r}_i = \begin{pmatrix} r_{1N} \\ r_{2N} \\ r_{3N} \\ \vdots \\ r_{nN} \end{pmatrix}$ ,  $I^* = \begin{pmatrix} 1 & I_{11}^* & I_{12}^* \\ 1 & I_{21}^* & I_{22}^* \\ 1 & I_{31}^* & I_{32}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & I_{n1}^* & I_{n2}^* \end{pmatrix}$ , dan  $\mathbf{b} = \begin{pmatrix} a_i^* \\ b_{i1}^* \\ b_{i2}^* \end{pmatrix}$

Nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$  dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$a_i = (a_i^* + b_{i2}^* \gamma_0) \quad (11)$$

$$b_{i1} = (b_{i1}^* + b_{i2}^* \gamma_1) \quad (12)$$

$$b_{i2} = b_{i2}^* \quad (13)$$

Sehingga persamaan *return* menggunakan *Multi Index Model* dapat dituliskan seperti pada persamaan (14) (dengan 2 faktor):

$$r_i = a_i + b_{i1}I_1 + b_{i2}I_2 + c_i \quad (14)$$

Pada persamaan (14),  $I_1$  yaitu nilai baru dari faktor ke-1 yang tidak berkorelasi dengan faktor lainnya dan  $I_2$  yaitu nilai baru dari faktor ke-2 yang tidak berkorelasi dengan faktor lainnya.

Menurut Elton dkk (2014), terdapat konstruksi (1,2, dan 3) dan asumsi (4) *Multi Index Model* yaitu:

1. Rata-rata dari residual *return* saham ke-i sama dengan nol.

$$E(c_i) = 0, \text{ dengan } i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (15)$$

2. Kovarian antara faktor j dan k nilainya nol.

$$Cov(I_j, I_k) = E[(I_j - E(I_j))(I_k - E(I_k))] = E[(I_j - \bar{I}_j)(I_k - \bar{I}_k)] = 0 \quad (16)$$

3. Kovarian antara residual untuk saham i dan faktor j nilainya nol.

$$Cov(c_i, I_j) = E[c_i(I_j - E(I_j))] = E[c_i(I_j - \bar{I}_j)] = 0 \quad (17)$$

4. Kovarian antara residual *return* saham  $c_i$  dan  $c_j$  adalah nol.

$$Cov(c_i, c_j) = E(c_i c_j) = 0 \quad (18)$$

*Expected return Multi Index Model* digunakan dalam perhitungan proporsi atau bobot portofolio optimal yang persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E(r_i) = a_i + b_{i1}E(I_1) + b_{i2}E(I_2) + \dots + b_{iL}E(I_L) \quad (19)$$

Varian-Kovarian *Multi Index Model* juga digunakan dalam perhitungan proporsi atau bobot portofolio optimal yang persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Varian *Return* Saham menggunakan *Multi Index Model*

$$\sigma_i^2 = b_{i1}^2 \sigma_{I1}^2 + b_{i2}^2 \sigma_{I2}^2 + \dots + b_{iL}^2 \sigma_{iL}^2 + \sigma_{c_i}^2 \quad (20)$$

2. Kovarian *Return* Saham menggunakan *Multi Index Model*

$$\sigma_{ij} = b_{i1}b_{j1}\sigma_{I1}^2 + b_{i2}b_{j2}\sigma_{I2}^2 + \dots + b_{iL}b_{jL}\sigma_{iL}^2 \quad (21)$$

Menurut Halim (2005), dalam menetapkan bobot dana pada tiap-tiap saham diperlukan persamaan (22) yaitu:

$$\begin{aligned} E(r_1) - R_f &= Z_1\sigma_1^2 + Z_2\sigma_{12} + Z_3\sigma_{13} + \dots + Z_N\sigma_{1N} \\ E(r_2) - R_f &= Z_1\sigma_{21} + Z_2\sigma_2^2 + Z_3\sigma_{23} + \dots + Z_N\sigma_{2N} \\ E(r_3) - R_f &= Z_1\sigma_{31} + Z_2\sigma_{32} + Z_3\sigma_3^2 + \dots + Z_N\sigma_{3N} \\ &\vdots \\ E(r_N) - R_f &= Z_1\sigma_{N1} + Z_2\sigma_{N2} + Z_3\sigma_{N3} + \dots + Z_N\sigma_N^2 \end{aligned} \quad (22)$$

$R_f$  adalah tingkat bunga aset bebas risiko yang didapat dari rata-rata tingkat suku bunga SBI (Sertifikat Bank Indonesia).  $Z_i$  adalah skala tertimbang suatu saham yang akan dipakai dalam memperoleh bobot dana pada tiap-tiap saham dengan  $i = 1, 2, \dots, N$ . Nilai bobot dana tiap-tiap saham ( $w_i$ ) bisa dicari dengan persamaan (23).

$$w_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^N Z_i}, i = 1, 2, \dots, N \quad (23)$$

*Return* realisasi portofolio yaitu rata-rata tertimbang dari *return-return* realisasi tiap-tiap saham di dalam suatu portofolio. *Return* portofolio dituliskan sebagai berikut:

$$r_p = \sum_{i=1}^N (w_i r_i) \quad (24)$$

Pada persamaan (24),  $w_i$  merupakan bobot dari saham ke-i dan  $r_i$  merupakan *return* dari saham ke-i.

Sehingga *expected return* portofolio secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N (w_i E(r_i)) \quad (25)$$

dengan  $E(r_i)$  adalah *expected return* dari saham ke- $i$

$E(r_i)$  disubstitusikan ke dalam persamaan (25), maka rumus *expected return* portofolio menjadi:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N (w_i (a_i + b_{i1}E(I_1) + \dots + b_{iL}E(I_L)))$$

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N (w_i (a_i + \sum_{k=1}^L b_{ik}E(I_k))) \quad (26)$$

Uji normalitas merupakan sebuah pengujian yang dikerjakan untuk mengetahui apakah sebaran data pada suatu kelompok data/variabel berdistribusi normal ataupun tidak. Uji ini diterapkan pada data *return* portofolio. Langkah-langkah pengujian distribusi normal dengan *Kolmogorov-Smirnov* (Mustafid, 2003).

Hipotesis:

$H_0$  : Data *return* portofolio berdistribusi normal

$H_1$  : Data *return* portofolio tidak berdistribusi normal

Taraf Signifikansi:  $\alpha$

Statistik Uji:

$$D = \max |F_0(X) - F(X)| \quad (27)$$

dengan  $F_0(X)$  adalah distribusi frekuensi kumulatif data sampel dan  $F(X)$  adalah distribusi frekuensi kumulatif normal.

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak apabila pada taraf signifikansi  $\alpha$  nilai  $D > D^*(\alpha)$ , dimana  $D^*(\alpha)$  merupakan nilai kritis yang didapatkan dari tabel KS.

Salah satu metode yang dipakai untuk mengukur risiko adalah metode *Value at Risk* (VaR) yang diperkenalkan oleh Morgan pada tahun 1994. Menurut Jorion (2001), VaR yaitu sebuah ukuran risiko guna mengestimasi besarnya kerugian maksimum yang dihadapi investor di kondisi pasar yang normal dengan *confidence level* tertentu dan *time period* tertentu. Perhitungan VaR menggunakan aturan konversi periode waktu dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$ , *time period*  $t$ , dan  $V_0$  sebagai investasi awal yaitu:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = V_0 R^* \sqrt{t} \quad (28)$$

Ada empat sifat yang harus dipenuhi oleh suatu ukuran risiko supaya dapat disebut *coherent* diantaranya *translational invariance*, *positive homogeneity*, *monotonicity*, dan *subadditivity*. VaR tidak memenuhi sifat *subadditivity* sehingga VaR tidak bisa disebut ukuran risiko yang memenuhi sifat koheren kemudian diperkenalkan *Expected Shortfall* (ES) yang dipakai sebagai alternatif untuk mengurangi masalah yang terjadi pada VaR. Menurut Rockafellar dan Uryasev (2000), ES yaitu sebuah ukuran risiko yang mengestimasi kerugian melampaui tingkat VaR. ES dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$ , *time period*  $t$ , dan  $V_0$  sebagai investasi awal yaitu:

$$ES_{(1-\alpha)}(t) = V_0 \left( \bar{r}_p + s \frac{\phi(VaR_{(1-\alpha)})}{\alpha} \right) \sqrt{t} \quad (29)$$

Pengaplikasian metode simulasi Monte Carlo untuk menduga risiko telah dipopulerkan oleh Boyle 1977. Pendugaan VaR dengan metode simulasi Monte Carlo pada basisnya yaitu melakukan suatu simulasi dengan membangkitkan bilangan random berdasarkan sifat/karakteristik dari data yang akan dibangkitkan yang kemudian dipakai untuk menduga nilai VaR-nya (Maruddani, 2019). Pembangkitan *return* akan menghasilkan data yang random oleh sebab itu nilai VaR yang didapatkan pada setiap simulasi akan berbeda. Jumlah minimal simulasi yang diperlukan agar memperoleh hasil yang stabil yaitu 500 kali (Driels, 2004). Simulasi sejumlah 1000 kali digunakan dalam tulisan ini.

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari situs penyedia data historis saham, yaitu <https://finance.yahoo.com/>. Data yang diambil merupakan data *closing price* saham bulanan pada 5 saham yang konsisten terdaftar di indeks LQ45 dari Januari 2017 – Desember 2021. Data lain juga digunakan peneliti diantaranya data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), data nilai tukar (kurs) rupiah terhadap USD, dan tingkat suku bunga SBI (Serifikat Bank Indonesia) pada periode bulanan yang sama.

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu  $I_1^*$  merupakan *return* Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG),  $I_2^*$  merupakan *return* nilai tukar (kurs) rupiah terhadap USD,  $r_1$  merupakan *return* saham PT Bank Rakyat Indonesia Tbk (BBRI),  $r_2$  merupakan *return* saham PT Kalbe Farma Tbk (KLBF),  $r_3$  merupakan *return* saham PT Pembangunan Perumahan Tbk (PTPP),  $r_4$  merupakan *return* saham PT United Tractors Tbk (UNTR), dan  $r_5$  merupakan *return* saham PT Unilever Indonesia Tbk (UNVR).

Tahapan analisis pada penelitian ini adalah (1) Mengumpulkan data *closing price* saham bulanan pada 5 saham yang konsisten terdaftar ke dalam kelompok saham LQ45, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), dan nilai tukar (kurs) rupiah terhadap USD dari Januari 2017 – Desember 2021; (2) Melakukan perhitungan nilai *return* dari tiap-tiap saham dan faktor menggunakan data *closing price*; (3) Menguji korelasi antar faktor, yaitu IHSG dan kurs; (4) Melakukan estimasi parameter  $\gamma_0, \gamma_1$  untuk membentuk nilai baru dari faktor yang tidak saling berkorelasi dengan faktor lainnya apabila terdapat korelasi antar faktor di langkah ke (3). Jika tidak terdapat korelasi antar faktor di langkah ke (3) dapat langsung menuju langkah (5). Nilai baru dari faktor yang tidak saling berkorelasi dengan faktor lainnya yang diperoleh kemudian diuji korelasinya kembali untuk memastikan bahwa antar faktornya benar-benar sudah tidak berkorelasi. Langkah selanjutnya dapat dilakukan jika sudah tidak terdapat korelasi antar faktornya; (5) Melakukan perhitungan nilai residual *return* saham dengan melakukan regresi pada *return* tiap-tiap saham dan faktor (IHSG dan kurs); (6) Melakukan uji korelasi antara residual *return* saham dan faktor; (7) Melakukan uji korelasi antar residual *return* saham; (8) Melakukan perhitungan *expected return* saham *Multi Index Model*; (9) Membuat matriks varian-kovarian *Multi Index Model*; (10) Melakukan perhitungan bobot tiap-tiap saham; (11) Melakukan perhitungan *return* dan *expected return* portofolio; (12) Melakukan uji normalitas pada data *return* portofolio. Jika uji normalitas tidak terpenuhi, maka dapat menggunakan distribusi lain; (13) Menghitung nilai parameter rata-rata  $\mu$  dan standar deviasi  $\sigma$  *return* portofolio apabila uji normalitas terpenuhi; (14) Mensimulasikan nilai *return* portofolio dengan melakukan bangkitkan data secara acak memakai rata-rata  $\mu$  dan standar deviasi  $\sigma$  sebagai parameter; (15) Melakukan perhitungan nilai kuantil *return* portofolio ke  $(1 - \alpha)$ ; (16) Melakukan perhitungan *Value at Risk* dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$ , *time period*  $t$ , dan  $V_0$  sebagai investasi awal; (17) Melakukan perhitungan *Expected Shortfall* dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$ , *time period*  $t$ , dan  $V_0$  sebagai investasi awal; (18) Poin (14) hingga poin (17) dilakukan pengulangan sejumlah 1000 kali agar didapatkan *Value at Risk* dan *Expected Shortfall* sejumlah 1000 kali pada *confidence level*  $(1 - \alpha)$ ; (19) Melakukan perhitungan rata-rata *Value at Risk* dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$  agar didapatkan nilai *Value at Risk* yang stabil karena nilai yang diperoleh dari setiap simulasi tidak sama; (20) Melakukan perhitungan rata-rata *Expected Shortfall* dengan *confidence level*  $(1 - \alpha)$  agar didapatkan nilai *Expected Shortfall* yang stabil karena nilai yang diperoleh dari setiap simulasi tidak sama.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 59 data *return* yang berasal dari data harga penutupan (*closing price*) saham bulanan 5 perusahaan yang konsisten terdaftar selama bulan Januari 2017 – Desember 2021 pada kelompok saham LQ45 yang berfungsi sebagai variabel respon dalam penelitian. Perusahaan-perusahaan tersebut yaitu PT Bank Rakyat Indonesia Tbk, PT Kalbe Farma Tbk, PT Pembangunan Perumahan Tbk, PT United Tractors Tbk, dan PT Unilever Indonesia Tbk. Data lainnya yang dipakai peneliti adalah data *return* IHSG dan data *return* nilai tukar (kurs) rupiah terhadap USD yang berfungsi sebagai variabel faktor dalam penelitian.

Hal pertama yang harus dilakukan pada perhitungan *Multi Index Model* adalah menguji korelasi antar faktor di dalam model. Uji korelasi ini akan dilakukan untuk membuktikan bahwa kovarian antar faktor bernilai nol sesuai dengan salah satu konstruksi *Multi Index Model*.

Hipotesis:

$$H_0 : \rho = 0 \text{ (korelasi antar faktor sama dengan nol)}$$

$$H_1 : \rho \neq 0 \text{ (korelasi antar faktor tidak sama dengan nol)}$$

Taraf Signifikansi:  $\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = -4,2208 \text{ dengan } r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = -0,48798$$

$$t_{0,025;57} = 2,00247$$

Kriteria Uji:

$$H_0 \text{ ditolak jika nilai } |t_{hitung}| > t_{\alpha/2, (n-2)} \text{ pada taraf signifikansi } \alpha = 5\%.$$

Kesimpulan:

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$   $H_0$  ditolak karena nilai  $|t_{hitung}|(4,2208) > t_{0,025;57}(2,00247)$  yang artinya terdapat korelasi antara *return* IHSG dengan *return* kurs. Kemudian untuk meniadakan korelasi antar *return* faktor dibutuhkan dengan mencari persamaan regresi antar faktornya supaya diperoleh bentuk faktor yang tidak berkorelasi.

Perhitungan untuk memperoleh nilai koefisien regresi  $\gamma_0$  dan  $\gamma_1$  sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \gamma_0 \\ \gamma_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n & \sum_{v=1}^n I_{v1} \\ \sum_{v=1}^n I_{v1} & \sum_{v=1}^n I_{v1}^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{v=1}^n I_{v2}^* \\ \sum_{v=1}^n I_{v2}^* I_{v1} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \gamma_0 \\ \gamma_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59 & 0,21767 \\ 0,21767 & 0,10637 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 0,07011 \\ -0,02611 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \gamma_0 \\ \gamma_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,00211 \\ -0,24976 \end{pmatrix}$$

Persamaan untuk membentuk faktor yang tidak saling berkorelasi yaitu antara IHSG dan kurs dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_1^* &= I_1 \\ I_1 &= I_1^* \end{aligned} \tag{30}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_2^* - \gamma_0 - \gamma_1 I_1 \\ I_2 &= I_2^* - 0,00211 - (-0,24976)I_1 \\ I_2 &= I_2^* - 0,00211 + 0,24976I_1 \end{aligned} \tag{31}$$

Persamaan (30) dan persamaan (31) akan menghasilkan nilai baru dari faktor IHSG dan kurs. Uji korelasi ini akan dilakukan terhadap nilai baru IHSG dan nilai baru kurs untuk memastikan bahwa nilai baru IHSG dan nilai baru kurs sudah tidak berkorelasi sehingga memenuhi salah satu konstruksi *Multi Index Model* yaitu kovarian antar faktor bernilai nol sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$  (korelasi antar nilai baru faktor sama dengan nol)

$H_1 : \rho \neq 0$  (korelasi antar nilai baru faktor tidak sama dengan nol)

Taraf Signifikansi:  $\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = -0,00066 \text{ dengan } r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = -0,00009$$

$$t_{0,025;57} = 2,00247$$

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika nilai  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2,(n-2)}$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ .

Kesimpulan:

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$  gagal tolak  $H_0$  karena nilai  $-t_{0,025;57}(-2,00247) < |t_{hitung}|(0,00066) < t_{0,025;57}(2,00247)$  yang artinya bahwa tidak terdapat korelasi antara nilai baru IHSG dengan nilai baru kurs.

Nilai residual *return* saham digunakan untuk menguji konstruksi dan asumsi *Multi Index Model*. Nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$  digunakan untuk memperoleh nilai residual *return* saham. Nilai  $a_i^*$ ,  $b_{i1}^*$ , dan  $b_{i2}^*$  perlu dicari terlebih dahulu sebelum mencari nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$ . Tabel 1 merupakan nilai  $a_i^*$ ,  $b_{i1}^*$ , dan  $b_{i2}^*$  serta Tabel 2 merupakan nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$ .

Tabel 1. Nilai  $a_i^*$ ,  $b_{i1}^*$ , dan  $b_{i2}^*$

	BBRI	KLBF	PTPP	UNTR	UNVR
$a_i^*$	0,00636	-0,00245	-0,03128	-0,00472	-0,01552
$b_{i1}^*$	1,21121	0,85895	3,09294	0,95944	0,66611
$b_{i2}^*$	-1,11088	0,93460	-1,65528	1,18605	1,07067

Tabel 2. Nilai  $a_i$ ,  $b_{i1}$ , dan  $b_{i2}$

	BBRI	KLBF	PTPP	UNTR	UNVR
$a_i$	0,00402	-0,00048	-0,03477	-0,00222	-0,01326
$b_{i1}$	1,48867	0,62553	3,50637	0,66321	0,39870
$b_{i2}$	-1,11088	0,93460	-1,65528	1,18605	1,07067

Persamaan untuk memperoleh nilai residual *return* saham adalah sebagai berikut:

$$\widehat{r}_{vi} = a_i + b_{i1}I_{v1} + b_{i2}I_{v2} \quad (32)$$

$$c_{vi} = r_{vi} - \widehat{r}_{vi} \quad (33)$$

Persamaan (32) dan persamaan (33) akan menghasilkan nilai residual *return* saham.

Nilai residual *return* saham yang sudah diperoleh kemudian digunakan untuk menguji korelasi untuk membuktikan bahwa kovarian antara residual *return* saham dengan faktor bernilai nol. Konstruksi *Multi Index Model* ini yaitu residual *return* saham harus tidak mempunyai korelasi dengan faktor, dilakukan pengujian sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$  (Tidak terdapat korelasi antara residual *return* saham dengan faktor)

$H_1 : \rho \neq 0$  (Terdapat korelasi antara residual *return* saham dengan faktor)

Taraf Signifikansi:  $\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \text{ dengan } r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

dapat dibentuk Tabel 3 hasil nilai korelasi antara residual *return* saham dan faktor.

Tabel 3. Nilai Korelasi antara Residual *Return* Saham dan Faktor

	Korelasi	t hitung	t tabel	Keputusan
BBRI dan $I_1$	$-4,02977 \times 10^{-5}$	-0,00030	-2,00247	Tidak Ada Korelasi
BBRI dan $I_2$	$1,77367 \times 10^{-5}$	0,00013	2,00247	Tidak Ada Korelasi
KLBF dan $I_1$	$2,85085 \times 10^{-5}$	0,00022	2,00247	Tidak Ada Korelasi
KLBF dan $I_2$	$-9,31143 \times 10^{-6}$	-0,00007	-2,00247	Tidak Ada Korelasi
PTPP dan $I_1$	$-2,81686 \times 10^{-5}$	-0,00021	-2,00247	Tidak Ada Korelasi
PTPP dan $I_2$	0,00015	0,00114	2,00247	Tidak Ada Korelasi
UNTR dan $I_1$	$2,36061 \times 10^{-5}$	0,00018	2,00247	Tidak Ada Korelasi
UNTR dan $I_2$	$5,04341 \times 10^{-5}$	0,00038	2,00247	Tidak Ada Korelasi
UNVR dan $I_1$	$3,04281 \times 10^{-5}$	0,00023	2,00247	Tidak Ada Korelasi
UNVR dan $I_2$	$2,16790 \times 10^{-6}$	0,00002	2,00247	Tidak Ada Korelasi

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika nilai  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2,(n-2)}$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ .

Kesimpulan:

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$  gagal tolak  $H_0$  karena nilai  $-t_{0,025;57}(-2,00247) < t_{hitung} < t_{0,025;57}(2,00247)$  yang artinya bahwa korelasi antara tiap-tiap residual *return* saham dan tiap-tiap nilai baru faktor tidak ada, untuk itu tiap-tiap saham tersebut memenuhi konstruksi dan akan dibentuk menjadi portofolio optimal *Multi Index Model*.

Uji korelasi selanjutnya akan dilakukan untuk membuktikan bahwa kovarian antar residual *return* saham bernilai nol. Asumsi *Multi Index Model* ini yaitu residual *return* tiap-tiap saham harus tidak mempunyai korelasi, dilakukan pengujian sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$  (Tidak terdapat korelasi antar residual *return* saham)

$H_1 : \rho \neq 0$  (Terdapat korelasi antar residual *return* saham)

Taraf Signifikansi:  $\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \text{ dengan } r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

dapat dibentuk Tabel 4 hasil nilai korelasi antar residual *return* saham.

Tabel 4. Nilai Korelasi antar Residual *Return* Saham

	Korelasi	t hitung	t tabel	Keputusan
BBRI dan KLBF	-0,02158	0,16294	2,00247	Tidak Ada Korelasi
BBRI dan PTPP	0,04646	0,35118	2,00247	Tidak Ada Korelasi
BBRI dan UNTR	0,04240	0,32043	2,00247	Tidak Ada Korelasi
BBRI dan UNVR	0,04835	0,36543	2,00247	Tidak Ada Korelasi
KLBF dan PTPP	0,13900	1,0597	2,00247	Tidak Ada Korelasi
KLBF dan UNTR	-0,02120	0,1601	2,00247	Tidak Ada Korelasi
KLBF dan UNVR	0,49775	4,3328	2,00247	Ada Korelasi
PTPP dan UNTR	0,14178	1,0813	2,00247	Tidak Ada Korelasi
PTPP dan UNVR	-0,05733	0,43355	2,00247	Tidak Ada Korelasi
UNTR dan UNVR	-0,06580	0,49786	2,00247	Tidak Ada Korelasi

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika nilai  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2,(n-2)}$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ .

Kesimpulan:

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$  gagal tolak  $H_0$  karena nilai  $-t_{0,025;57}(-2,00247) < |t_{hitung}| < t_{0,025;57}(2,00247)$  untuk residual *return* saham

BBRI dan KLBF, KLBF dan UNTR, PTPP dan UNVR, UNTR dan UNVR, BBRI dan PTPP, BBRI dan UNTR, BBRI dan UNVR, KLBF dan PTPP, PTPP dan UNTR yang artinya bahwa tidak ada korelasi antara masing-masing residual *return* saham tersebut. Kesimpulan selanjutnya yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$   $H_0$  ditolak untuk residual *return* saham KLBF dan UNVR karena nilai  $|t_{hitung}| > t_{0,025;57}(2,00247)$  yang artinya bahwa terdapat korelasi antara residual *return* saham KLBF dengan residual *return* saham UNVR. *Multi Index Model* mengasumsikan bahwa residual *return* saham ke-*i* tidak berkorelasi dengan residual *return* saham ke-*j* maka saham KLBF dan UNVR tersebut tidak memenuhi asumsi untuk dibentuk menjadi portofolio optimal *Multi Index Model*.

Tiap-tiap saham yang memenuhi maupun tidak memenuhi konstruksi dan asumsi *Multi Index Model* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tiap Saham pada Konstruksi dan Asumsi *Multi Index Model*

No	Saham	Kovarian antara Residual Return Saham dengan Faktor Bernilai Nol (Konstruksi)	Kovarian antar Residual Return Saham Bernilai Nol (Asumsi)
1	BBRI	Memenuhi	Memenuhi
2	KLBF	Memenuhi	Tidak Memenuhi
3	PTPP	Memenuhi	Memenuhi
4	UNTR	Memenuhi	Memenuhi
5	UNVR	Memenuhi	Tidak Memenuhi

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan Tabel 5 yaitu dapat diketahui bahwa saham-saham yang memenuhi konstruksi dan asumsi *Multi Index Model* adalah saham BBRI, PTPP, dan UNTR. Tiap-tiap saham tersebut terpilih untuk dibentuk menjadi portofolio optimal *Multi Index Model*.

Nilai *expected return Multi Index Model* digunakan dalam perhitungan proporsi atau bobot portofolio optimal. *Expected return* merupakan imbalan yang diharapkan akan diperoleh investor di waktu yang akan datang. Nilai *expected return* saham menggunakan *Multi Index Model* diperoleh hasil untuk saham BBRI sebesar 0,00951, saham PTPP sebesar -0,02184, dan saham UNTR sebesar 0,00023. Hasil perhitungan yang bernilai positif menunjukkan investasi yang dilakukan untung, sebaliknya bila perhitungan bernilai negatif menyatakan investasi yang dilakukan rugi.

Matriks varian-kovarian *Multi Index Model* digunakan dalam perhitungan proporsi atau bobot portofolio optimal disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Matriks Varian Kovarian Saham *Multi Index Model*

	BBRI	PTPP	UNTR
BBRI	0,00662	0,01017	0,00132
PTPP	0,01017	0,03309	0,00352
UNTR	0,00132	0,00352	0,00841

Saham yang memiliki bobot tertinggi pada portofolio optimal adalah saham UNTR dengan nilai bobot sebesar 0,51271 (51,271%) dan saham yang memiliki bobot terendah adalah saham PTPP dengan nilai bobot sebesar 0,02952 (2,952%). Besar proporsi dana atau bobot untuk saham BBRI sebesar 45,777%, saham PTPP sebesar 2,952%, dan saham UNTR sebesar 51,271%.

Besarnya nilai *expected return* portofolio yang didapatkan dari saham BBRI, PTPP, dan UNTR yaitu sebesar 0,00383 yang artinya profit yang nantinya diperoleh apabila menanamkan dana di portofolio optimal tersebut yaitu saham BBRI, PTPP, dan UNTR yaitu sebesar 0,383% untuk periode bulanan.

Uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* diterapkan pada data *return* portofolio untuk menguji kenormalannya. Pengujian normalitas *return* portofolio yaitu:

Hipotesis:

$H_0$  : Data *return* portofolio berdistribusi normal

$H_1$  : Data *return* portofolio tidak berdistribusi normal

Taraf Signifikansi:  $\alpha$

Statistik Uji:

$$D = \max|F_0(X) - F(X)| = 0,04713; D^*(5\%) = 0,17706$$

Kriteria Uji:

$H_0$  ditolak jika pada taraf signifikansi  $\alpha$  nilai  $D > D^*(\alpha)$ , dimana  $D^*(\alpha)$  adalah nilai kritis yang diperoleh dari tabel *Kolmogorov-Smirnov*.

Kesimpulan:

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$  gagal tolak  $H_0$  karena nilai  $D (0,04713) < D^*(5\%) (0,17706)$  yang artinya *return* portofolio berdistribusi normal.

Perhitungan nilai *Value at Risk* dan nilai *Expected Shortfall* dengan simulasi Monte Carlo pada data *return* portofolio saham BBRI, PTPP, dan UNTR dikerjakan dengan melakukan bangkitan data acak yang memiliki distribusi normal univariat dengan rata-rata = 0,00383 dan standar deviasi = 0,06890 sebagai parameternya.

Perhitungan VaR dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (28), dimana  $R^* = 0,10310$  merupakan nilai kuantil ke 95% dari *return* portofolio. Nilai VaR pada tingkat kepercayaan 95% dalam periode waktu 1 bulan ke depan dengan investasi awal sebesar 1 adalah sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = V_0 R^* \sqrt{t}$$

$$VaR_{(95\%)}(1) = V_0 R^* \sqrt{t} = 1(0,10310)(\sqrt{1}) = 0,10310$$

*Value at Risk* tidak memenuhi sifat koherensi (ukuran kebaikan risiko). Banyak faktor juga yang menyebabkan risiko investasi yang terjadi melebihi nilai *Value at Risk* seperti perubahan suku bunga, inflasi, peristiwa politik, pandemi, dan lain-lain. Untuk mengukur besarnya kerugian yang akan ditanggung apabila terjadi kerugian yang nilainya melebihi VaR maka dapat digunakan nilai *Expected Shortfall* (ES) dan ES memenuhi sifat koherensi. Perhitungan ES dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (29) sebagai berikut:

$$ES_{(1-\alpha)}(t) = V_0 \left( \bar{r}_p + s \frac{\phi(VaR_{(1-\alpha)})}{\alpha} \right) \sqrt{t}$$

$$ES_{(95\%)}(1) = 1 \left( 0,01153 + 0,05938 \frac{\phi(-1,26408)}{5\%} \right) \sqrt{1} = 0,22464$$

Setiap pembangkitan *return* portofolio menghasilkan data random oleh karena itu nilai VaR dan ES yang diperoleh pada setiap simulasi berbeda. Hasil yang tidak berbeda jauh namun akan didapatkan sebab *return* dibangkitkan dengan parameter yang sama. Hal yang perlu dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan banyak simulasi lalu diambil rata-rata nilainya. Perhitungan di atas untuk mencari nilai VaR dan ES diulang sebanyak 1000 kali, kemudian dihitung rata-rata nilai VaR dan ES. Nilai rata-rata *Value at Risk* dan nilai rata-rata *Expected Shortfall* pada tingkat kepercayaan 95% dan periode waktu satu bulan ke depan didapatkan nilai *Value at Risk* sebesar 0,11210 sedangkan nilai *Expected Shortfall* sebesar 0,26639. Hal tersebut mengartikan bahwa kemungkinan kerugian terbesar yang nantinya terjadi dan didapatkan oleh investor 1 bulan ke depan yang nilainya melampaui nilai VaR yaitu sebesar 26,639% dari investasi bulan ini. Nilai ES akan lebih tepat dibandingkan nilai VaR dalam konteks portofolio sehingga kerugian maksimal

yang akan didapatkan oleh investor portofolio optimal yang telah terbentuk menggunakan *Multi Index Model* satu bulan ke depan yaitu sebesar 26,639% dari investasi bulan ini.

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan metode *Multi Index Model* didapatkan portofolio optimal dengan bobot atau proporsi dana PT Bank Rakyat Indonesia Tbk sebesar 45,777%, PT Pembangunan Perumahan Tbk sebesar 2,952%, dan PT United Tractors Tbk sebesar 51,271% yang memberikan tingkat keuntungan sebesar 0,383%. Hasil perhitungan dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa nilai ES dari portofolio optimal yang telah terbentuk yaitu sebesar 26,639% dalam prediksi satu bulan ke depan. Nilai VaR dengan tingkat kepercayaan yang sama diperoleh hasil sebesar 11,210% dalam prediksi satu bulan ke depan. Hal tersebut mengartikan bahwa kemungkinan kerugian terbesar yang nantinya terjadi dan didapatkan oleh investor 1 bulan ke depan yang nilainya melampaui nilai VaR yaitu sebesar 26,639% dari investasi bulan ini. Nilai ES akan lebih tepat dibandingkan nilai VaR dalam konteks portofolio sehingga kerugian maksimal yang akan didapatkan oleh investor portofolio optimal yang telah terbentuk menggunakan *Multi Index Model* 1 bulan ke depan yaitu sebesar 26,639% dari investasi bulan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boyle, P., Broadie, M., dan Glasserman, P. 1997. Monte Carlo Methods for Security Pricing. *Journal of Economic Dynamics and Control* 21: 1267-1321.
- Driels, M.R. 2004. *Determining The Number of Iteration for Monte-Carlo Simulations of Weapon Effectiveness*. California: NPS.
- Elton, E., Gruber, M.J., Brown, S.J., dan Goetzman, W.N. 2014. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. Ninth Edition. Canada: Wiley.
- Halim, A. 2005. *Analisis Investasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Iswardono. 2001. *Sekelumit Analisa Regresi & Korelasi*. Yogyakarta: BPFE.
- Jorion, P. 2001. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. Second Edition. United States of America: Mc Graw-Hill.
- Klugman, S.A., Panjer, H.H., dan Willmot, G.E. 2019. *Loss Models from Data to Decisions*. Fifth Edition. Hoboken: John Wiley & Son, Inc.
- Kurniawan, R., dan Yuniarto, B. 2016. *Analisis Regresi Dasar dan Penerapannya dengan R*. Jakarta: Kencana.
- Maruddani, D.A.I. 2019. *Value at Risk untuk Pengukuran Risiko Investasi Saham: Aplikasi dengan Program R*. Ponorogo: PT Wade Group.
- Mulyati, S., dan Murni, A. 2018. Analisis Investasi dan Penentuan Portofolio Saham Optimal dengan Metode Indeks Tunggal (Studi Empiris pada IDX 30 yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode Agustus 2017-Januari 2018). *Jurnal Akuntansi dan Keuangan* 6(2): 129-138.
- Mustafid. 2003. *Buku Ajar Statistika Elementer*. Semarang: Universits Diponegoro.
- Rockafellar, R., dan Uryasev, S. 2000. Optimization of Conditional Value at Risk. *Journal of Risk* 2(3).
- Saepudin, Y., Yasin, H., dan Santoso, R. 2017. Analisis Risiko Investasi Saham Tunggal Syariah dengan Value at Risk (VaR) dan Expected Shortfall (ES). *Jurnal Gaussian* 6(2): 271-280.
- Trimono, Maruddani, D.A.I., dan Ispriyanti, D. 2017. Pemodelan Harga Saham dengan Geometric Brownian Motion dan Value at Risk PT Ciputra Development Tbk. *Jurnal Gaussian* 6(2): 261-270.