

**OPTIMASI VALUE AT RISK REKSA DANA MENGGUNAKAN METODE
ROBUST EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE (ROBUST EWMA)
DENGAN PROSEDUR VOLATILITY UPDATING HULL AND WHITE**

Khalida Hanum¹, Tarno², Sudarno³

¹Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Risk measurement is important in making investments. One tool to measure risk is Value at Risk (VaR), which is the worst possible loss on a given time horizon under normal market conditions with a certain confidence level. The successful implementation of VaR depends on conditional volatility estimates of portfolio returns. Robust Exponentially Weighted Moving Average (robust EWMA) is one approach in forecasting the conditional volatility of asset returns. Robust EWMA is suitable for financial data analysis which is heteroscedastic and not normally distributed. The final VaR is calculated using historical simulation method with updated data return through volatility updating Hull and White procedure. In this research, robust EWMA is used for portfolio VaR calculation with case study of mutual funds shares BNI AM Dana Berkembang (BNI), Manulife Dana Saham Utama (MDSU) and Mega Asset Greater Infrastructure (MAGI). Validity testing of VaR was conducted based on Basel rule and Kupiec's proportion of failures (PF) test. The result of backtesting test shows that the obtained VaR are valid to predict the loss of the equity fund portfolio at both 95% and 99% confidence level.

Keywords : mutual fund, Value at Risk, robust EWMA, volatility updating

1. PENDAHULUAN

Menurut Herlianto (2010), risiko investasi adalah hal-hal yang dapat menyebabkan ketidakstabilan pengembalian (*return*) investasi. Seringkali untuk memperkecil risiko, pemilik modal perlu melakukan investasi yang menyebar pada berbagai alat investasi. Perusahaan investasi reksa dana atau *mutual fund* adalah satu bentuk perusahaan investasi yang akan membantu investor dalam melakukan penyebaran investasi (Ahmad, 2004).

Pengelolaan risiko merupakan hal penting dalam melakukan investasi. Oleh karena itu, pengukuran risiko menjadi hal penting dalam hal ini. Menurut Ghazali (2007), salah satu alat untuk mengukur risiko adalah *Value at Risk* (VaR), yaitu ukuran kerugian terburuk yang mungkin terjadi pada horizon waktu tertentu pada kondisi pasar yang normal dengan tingkat kepercayaan tertentu. Keberhasilan penggunaan VaR bergantung pada estimasi volatilitas bersyarat dari *return* portofolio. Salah satu pendekatan untuk peramalan volatilitas bersyarat *return* adalah *Robust Exponentially Weighted Moving Average* (*robust EWMA*). *Robust EWMA* adalah EWMA alternatif yang kuat (*robust*) pada kondisi *return* tidak normal.

Pada umumnya terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi VaR yaitu *model building* dan *historical simulation*. Volatilitas pada pendekatan *model building* dapat diperbaharui menggunakan model EWMA, namun data *return* diasumsikan berdistribusi normal yang sulit dipenuhi oleh data finansial. Pada pendekatan *historical simulation* tidak ada asumsi tertentu yang harus dipenuhi, namun tidak terdapat *volatility updating* (pembaharuan volatilitas). Hull dan White kemudian menggabungkan pembaharuan

volatilitas dengan *historical simulation* yang disebut dengan prosedur *volatility updating Hull and White* (Hull dan White, 1998).

Penelitian ini membahas bagaimana prosedur pengukuran risiko pada investasi reksa dana dengan *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode *Robust Exponentially Weighted Moving Average* (*Robust EWMA*) dengan prosedur *Volatility Updating Hull and White*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Menurut Halim (2005), investasi merupakan penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan harapan untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Umumnya investasi dibedakan menjadi dua, yaitu : investasi pada aset-aset finansial (*financial assets*) dan investasi pada aset-aset riil (*real assets*).

2.2 Reksa Dana

Menurut Samsul (2006), reksa dana merupakan salah satu bentuk portofolio yang diterbitkan secara resmi oleh suatu perusahaan melalui Penawaran Umum pada Pasar Perdana, kemudian diperdagangkan di Bursa Efek untuk reksa dana yang bersifat *closed-end fund* dan diperdagangkan melalui manajer investasi untuk reksa dana yang bersifat *open-end fund*.

2.3 Return

Ghozali (2007) mendefinisikan *return* sebagai pendapatan yang akan diterima jika kita menginvestasikan uang pada suatu aktiva finansial (saham, obligasi) atau aktiva riil (property, tanah). *Return* saham dapat dihitung harian, mingguan, bulanan dan tahunan. Semakin pendek periodenya, misalkan harian, maka sebaiknya perhitungan *return* menggunakan model geometri yang memberikan *continuously compound return*. Menurut Jorion (2007), rumus perhitungan *return* suatu aset menggunakan model geometri adalah sebagai berikut:

$$R_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad , t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

dengan,

- R_t : *return* pada periode ke-t
- P_t : harga aset pada periode ke-t
- P_{t-1} : harga aset pada periode ke- (t - 1)

2.4 Risiko

Menurut Halim (2005), risiko merupakan besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) dengan tingkat pengembalian sebenarnya (*actual return*). Menurut Jorion (2007), jika terdapat T jumlah observasi, maka nilai *expected return* dapat diestimasi dengan mean sampel berikut:

$$E(R) = \hat{\mu} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T R_i \quad , i = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

dengan,

- $E(R)$: nilai *expected return* aset
- R_i : nilai *return* aset pada periode ke-i
- T : jumlah observasi
- $\hat{\mu}$: rata-rata *return*

Sedangkan varian *return* σ^2 dan standar deviasi *return* σ dapat diestimasi dengan:

$$\text{var}(R) = \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{(T-1)} \sum_{i=1}^T (R_i - \hat{\mu})^2 \quad , i = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

$$s_d(R) = \hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}^2}$$

2.5 Portofolio

Menurut Samsul (2006), portofolio adalah investasi dalam berbagai instrumen keuangan yang dapat diperdagangkan di Bursa Efek dan Pasar Uang dengan tujuan menyebarkan sumber perolehan *return* dan kemungkinan risiko. Menurut Jorion (2007), *return* portofolio dari N aset pada waktu ke-t dapat dirumuskan secara matematis dengan:

$$R_{p,t} = \sum_{j=1}^N w_j R_{j,t} \quad , j = 1, 2, \dots, N ; t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

dengan,

$R_{p,t}$: *return* portofolio pada periode ke-t

w_j : bobot aset ke-j dalam portofolio

$R_{j,t}$: *return* aset ke-j pada periode ke-t

N : jumlah aset

Return portofolio dapat ditulis menggunakan notasi matriks:

$$R_p = w_1 R_1 + w_2 R_2 + \dots + w_N R_N = [w_1 w_2 \dots w_N] \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_N \end{bmatrix} = \mathbf{w}^T \mathbf{R} \quad (5)$$

dengan,

\mathbf{w}^T : transpose vektor bobot

\mathbf{R} : vektor vertikal yang terdiri atas *return* aset tunggal

Menurut Ghozali (2007), untuk melihat hubungan dua saham ada dua konsep statistik yang dapat digunakan, yaitu kovarian (σ_{ij}) dan korelasi (ρ). Secara matematis, rumus kovarian antara saham A dan saham B dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{\sigma}_{AB} = \frac{\sum_{i=1}^T [(R_{A,i} - E(R_A))(R_{B,i} - E(R_B))]}{T-1} \quad , i = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

dengan,

$\hat{\sigma}_{AB}$ = kovarian antara saham A dan saham B

$R_{A,i}$ = *return* saham A berdasarkan pengamatan sampel

$E(R_A)$ = *expected return* saham A

$R_{B,i}$ = *return* saham B berdasarkan pengamatan sampel

$E(R_B)$ = *expected return* saham B

T = jumlah observasi

Sedangkan korelasi antara saham A dan saham B dapat dirumuskan dengan:

$$\rho_{A,B} = \frac{\hat{\sigma}_{AB}}{(\hat{\sigma}_A)(\hat{\sigma}_B)}$$

dengan,

$\rho_{A,B}$ = korelasi antara saham A dan saham B

$\hat{\sigma}_A$ = standar deviasi saham A

$\hat{\sigma}_B$ = standar deviasi saham B

Nilai *expected return* portofolio $E(R_p)$ dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{j=1}^N w_j \mu_j \quad , j = 1, 2, \dots, N$$

dengan,

μ_p : rata-rata *return* portofolio

μ_j : rata-rata *return* aset ke-j

Jika ditulis menggunakan notasi matriks, maka persamaan tersebut menjadi:

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

dengan $\boldsymbol{\mu}$ adalah vektor vertikal yang terdiri atas rata-rata *return* aset tunggal. Varian *return* portofolio dapat ditulis dengan notasi matriks sebagai berikut:

$$\sigma_p^2 = [w_1 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1N} \\ \vdots & & & & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \sigma_{N3} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w}$$

Menurut Maruddani dan Purbowati (2009), salah satu metode dalam pembentukan portofolio optimal yaitu *Mean Variance Efficient Portfolio* (MVEP). MVEP didefinisikan sebagai portofolio yang memiliki varian minimum diantara keseluruhan kemungkinan portofolio yang dapat dibentuk. Permasalahan optimalisasi dapat diselesaikan dengan fungsi Lagrange yaitu:

$$L = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} + \gamma_1 (\mu_p - \mathbf{w}^T \boldsymbol{\mu}) + \gamma_2 (1 - \mathbf{w}^T \mathbf{1}_N)$$

dengan,

L : fungsi Lagrange

γ : faktor pengali Lagrange

Untuk kasus portofolio dengan varian efisien, tidak ada pembatasan pada mean portofolio ($\gamma_1 = 0$), sehingga pembobotan pada MVEP dengan *return* $\mathbf{X} \sim N_N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ adalah:

$$\mathbf{w} = \frac{\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{1}_N} \quad (7)$$

dengan $\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$ invers matriks varian kovarian (Maruddani dan Purbowati, 2009).

2.6 Robust Exponentially Weighted Moving Average (Robust EWMA)

Menurut Guermat dan Harris (2001), EWMA standar dapat digunakan jika distribusi bersyarat *return* adalah normal. Pada kenyataannya distribusi *return* harian tidak normal, melainkan kelebihan (*excess*) kurtosis. Oleh karena itu Guermat dan Harris mengajukan *robust* EWMA yang tidak mensyaratkan data finansial berdistribusi normal. Estimator varian *robust* EWMA berdasarkan pada estimator varian *maximum likelihood* distribusi Laplace atau *double exponential*. Estimator varian *robust* EWMA diperoleh dengan mengambil rata-rata tertimbang secara eksponensial *return* absolut di periode yang lalu, dan diberikan dengan persamaan matematis berikut:

$$\sigma_{(t+1)}^2 = \{\lambda \sigma_t^2 + (1 - \lambda) \sqrt{2} |R_t|\}^2, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

dengan,

$\sigma_{(t+1)}^2$: varian *return* pada periode (t + 1)

σ_t : standar deviasi *return* pada periode sebelumnya (t)

λ : *decay factor*

R_t : *return* pada periode sebelumnya (t)

Morgan (1996) menyarankan memilih $\lambda = 0,94$ untuk *return* harian dan $\lambda = 0,97$ untuk *return* bulanan.

2.7 Volatility Updating Hull and White

Diasumsikan bahwa varian dari masing-masing variabel pasar (*return*) selama periode yang dicakup oleh data historis dapat dipantau dengan baik menggunakan model EWMA. *Updating* volatilitas dilakukan dengan mengganti setiap *return* $R_{j,t}$ dengan *return* yang diperbaharui $R_{j,t}^*$, sesuai persamaan berikut:

$$R_{j,t}^* = \sigma_{j,T} \frac{R_{j,t}}{\sigma_{j,t}}, \quad j = 1, 2, \dots, N; \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

dengan,

$R_{j,t}^*$: *return* aset j yang diperbaharui pada hari ke-t

$R_{j,t}$: *return* aset j pada hari ke-t ($t < T$)

$\sigma_{j,t}$: estimasi volatilitas dengan EWMA untuk *return* aset j pada hari t

$\sigma_{j,T}$: estimasi volatilitas terbaru aset j dengan EWMA

dan diasumsikan bahwa $(R_{j,t}/\sigma_{j,t})$ stasioner (Hull dan White, 1998).

2.8 Historical Simulation

Menurut Jorion (2007), pendekatan *historical simulation* (HS) adalah metode nonparametrik yang tidak memiliki asumsi tertentu yang harus dipenuhi sehingga HS bersifat *robust*. Rumus yang digunakan untuk menghitung VaR dengan menggunakan *historical simulation* adalah:

$$VaR = S_0 \times \text{persentil ke } -\alpha \times \sqrt{hp} \quad (10)$$

dengan,

VaR : *Value at Risk*

S_0 : nilai investasi awal

α : tingkat kesalahan

hp : *holding period*, yaitu periode investor memegang suatu aset

Persentil ke- α dapat diperoleh dengan cara mengalikan banyaknya data *return* (T) dengan nilai α , atau dirumuskan dengan:

$$\text{persentil ke } -\alpha = T \times \alpha \quad (11)$$

2.9 Backtesting

Backtesting merupakan kerangka statistik yang berisi verifikasi terhadap kerugian yang sesungguhnya terjadi sesuai dengan kerugian yang diramalkan atau diproyeksikan (Ghozali, 2007). Menurut Kupiec (1995), statistik uji terbaik berdasarkan tingkat kegagalan adalah dengan *Likelihood Ratio* (LR) yang dirumuskan dengan:

$$LR = -2 \ln[(1-p)^{T-m} p^m] + 2 \ln \left[\left(1 - \frac{m}{T}\right)^{T-m} \left(\frac{m}{T}\right)^m \right] \quad (12)$$

dengan,

LR : *likelihood ratio*

p : probabilitas kegagalan

T : jumlah observasi

m : jumlah kegagalan

Kupiec menyebut persamaan LR pada (12) dengan uji *proportion of failures* (PF). Di bawah hipotesis nol VaR akurat, LR mengikuti distribusi Chi-Square (χ^2) dengan derajat

bebas 1. Nilai kritis jumlah kegagalan untuk uji PF menggunakan aturan Basel dalam tabel berikut.

Tabel 1. Nilai Kritis Tingkat Kegagalan untuk Uji PF

| Probabilitas kegagalan (p) | Daerah Penerimaan untuk m Banyaknya Kegagalan | | |
|----------------------------|---|---------------|----------------|
| | T = 255 hari | T = 510 hari | T = 1000 hari |
| 0,010 | $m < 7$ | $1 < m < 11$ | $4 < m < 17$ |
| 0,025 | $2 < m < 12$ | $6 < m < 21$ | $15 < m < 36$ |
| 0,050 | $6 < m < 21$ | $16 < m < 36$ | $37 < m < 65$ |
| 0,075 | $11 < m < 28$ | $27 < m < 51$ | $59 < m < 92$ |
| 0,100 | $16 < m < 36$ | $38 < m < 65$ | $81 < m < 120$ |

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa Nilai Aktiva Bersih atau disingkat NAB dengan periode waktu harian yang diterbitkan oleh reksa dana. Data NAB harian ini diunduh dari <http://www.kontan.co.id>. Data ini merupakan data reksa dana saham sejumlah 264 data yang dimulai dari tanggal 1 Desember 2015 sampai dengan 30 Desember 2016. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Reksa dana jenis saham yang diterbitkan oleh PT. BNI Asset Management dengan nama BNI AM Dana Berkembang, disingkat dengan BNI atau P_1 .
2. Reksa dana jenis saham yang diterbitkan oleh PT. Manulife Aset Manajemen Indonesia dengan nama Manulife Dana Saham Utama (MDSU) atau P_2 .
3. Reksa dana jenis saham yang diterbitkan oleh PT. Mega Asset Management dengan nama Mega Asset Greater Infrastructure (MAGI) atau P_3 .

3.2 Metode Analisis

1. Menghitung nilai *return* dari masing-masing NAB reksa dana dengan menggunakan rumus *return* geometrik.
2. Menghitung nilai *return* portofolio berdasarkan MVEP.
3. Menguji stasioneritas *return* dari masing-masing NAB dengan uji Augmented Dickey-Fuller. Apabila *return* tidak stasioner, maka lakukan *differencing*.
4. Menguji kenormalan *return* dari masing-masing NAB dengan uji normalitas Jarque-Bera. Apabila *return* berdistribusi normal, maka lakukan estimasi VaR dengan *model building*. Apabila *return* tidak berdistribusi normal dan leptokurtik, maka lanjutkan pengujian heteroskedastisitas.
5. Menguji heteroskedastisitas *return* dari masing-masing NAB dengan uji White. Apabila *return* bersifat homoskedastis, maka hitung VaR dengan metode *historical simulation*. Apabila *return* bersifat heteroskedastis, maka hitung volatilitas menggunakan metode *robust EWMA*.
6. Menghitung nilai *return* baru dengan prosedur *volatility updating Hull and White*.
7. Menghitung VaR portofolio menggunakan *return* baru dengan *historical simulation*.
8. Melakukan uji *backtesting* dari VaR yang diperoleh dengan menggunakan uji PF Kupiec.
9. Menentukan besar alokasi dana investasi untuk setiap aset portofolio.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembentukan Portofolio

Nilai *return* masing-masing aset tunggal reksa dana digunakan untuk perhitungan portofolio. *Return* dihitung menggunakan persamaan (1). Mengatur alokasi dana atau pembobotan merupakan suatu cara untuk mengoptimalkan portofolio. Langkah pertama dalam pembentukan portofolio adalah menghitung nilai *expected return* atau rata-rata *return* reksa dana BNI, MDSU dan MAGI menggunakan persamaan (2) sehingga didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}\mu_{BNI} &= 0,000492 \\ \mu_{MDSU} &= 0,000696 \\ \mu_{MAGI} &= 0,000181\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai *expected return*, langkah selanjutnya adalah menghitung varian dari *return* dengan persamaan (3) sehingga didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}\sigma_{BNI}^2 &= 0,000111 \\ \sigma_{MDSU}^2 &= 0,000126 \\ \sigma_{MAGI}^2 &= 0,000104\end{aligned}$$

Perhitungan kovarian dilakukan menggunakan persamaan (6) sehingga didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}\sigma_{BNI,MDSU} &= 0,000034 \\ \sigma_{BNI,MAGI} &= 0,000102 \\ \sigma_{MDSU,MAGI} &= 0,000038\end{aligned}$$

Dari perhitungan varian dan kovarian, dapat disusun matriks varian kovarian:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0,000111 & 0,000034 & 0,000102 \\ 0,000034 & 0,000126 & 0,000038 \\ 0,000102 & 0,000038 & 0,000104 \end{bmatrix}$$

Invers matriks varian kovarian dinyatakan dengan:

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 8735,063 & 2928,980 & -86723,912 \\ 2928,980 & 9069,734 & -6237,877 \\ -86723,912 & -6237,877 & 96998,099 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan (7) didapatkan bobot optimal untuk masing-masing reksa dana yaitu:

$$\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} 8735,063 & 2928,980 & -86723,912 \\ 2928,980 & 9069,734 & -6237,877 \\ -86723,912 & -6237,877 & 96998,099 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 8735,063 & 2928,980 & -86723,912 \\ 2928,980 & 9069,734 & -6237,877 \\ -86723,912 & -6237,877 & 96998,099 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} 0,264880 \\ 0,432259 \\ 0,302861 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Berdasarkan hasil perhitungan bobot pada (13), dapat ditentukan bahwa proporsi reksa dana BNI sebesar 26,488% dari total investasi. Sedangkan proporsi reksa dana MDSU dan MAGI masing-masing sebesar 43,2259% dan 30,2861% dari total investasi. Bobot ini kemudian digunakan untuk menghitung *return* portofolio dengan persamaan (4).

4.2 Perhitungan Volatilitas dengan *Robust* EWMA

Sebelum menghitung volatilitas dengan *robust* EWMA, terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi normalitas, heteroskedastisitas dan stasioneritas. Dari ketiga pengujian tersebut disimpulkan bahwa data *return* tidak berdistribusi normal, bersifat heteroskedastis dan stasioner. Oleh karena itu pembaharuan volatilitas menggunakan *robust* EWMA.

Perhitungan varian menggunakan persamaan (8) dan dilakukan berulang-ulang (*recursive*). Volatilitas didapatkan dengan menghitung akar dari varian.

Setelah volatilitas tiap periode dihitung dengan *robust EWMA*, langkah selanjutnya adalah menghitung *return* baru menggunakan prosedur *volatility updating Hull and White*. Pembaharuan *return* menggunakan persamaan (9) dengan diasumsikan bahwa $(R_{j,t}/\sigma_{j,t})$ stasioner. *Return* baru ini nantinya digunakan untuk perhitungan VaR dengan *historical simulation*.

4.3 Estimasi VaR dengan *Historical Simulation*

Setelah semua *return* portofolio diperbaharui, prosedur selanjutnya adalah estimasi VaR menggunakan metode *historical simulation*. Langkah pertama adalah mengurutkan data *return* portofolio yang telah diperbaharui dari nilai *return* terkecil hingga *return* terbesar. Kemudian hitung nilai persentil sesuai dengan tingkat kepercayaan yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, akan dibandingkan VaR dengan tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Dengan jumlah data *return* sebanyak 263 data, maka persentil ke-5% dan ke-1% dapat dihitung dengan persamaan (11). Dari persamaan (11) didapat persentil ke-5% adalah data *return* pada urutan ke- 13,15 atau dibulatkan ke atas menjadi data ke- 14. Sedangkan persentil ke-1% adalah data *return* pada urutan ke- 2,63 atau dibulatkan ke atas menjadi data ke- 3.

VaR dihitung menggunakan persamaan (10). Hasil perhitungan VaR portofolio untuk periode waktu 1 hari ke depan dan 20 hari ke depan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Perhitungan VaR dengan *Historical Simulation*

| Tingkat Kesalahan (α) | Nilai Persentil ke- α | VaR | |
|--------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | | 1 Hari | 20 Hari |
| 5% | -0,01838074 | -0,01838074 | -0,08220117 |
| 1% | -0,030200834 | -0,030200834 | -0,135062234 |

Dari Tabel 2 disimpulkan bahwa VaR optimal pada portofolio tiga aset kombinasi antara reksa dana saham BNI, MDSU dan MAGI adalah sebesar $-0,01838074$ atau 1,84% dari nilai investasi awal dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$) dalam jangka waktu 1 hari setelah portofolio dibentuk.

4.4 *Backtesting*

Uji *backtesting* dilakukan untuk menentukan valid tidaknya suatu VaR dalam memprediksi risiko. Hal pertama yang dilakukan dalam uji *backtesting* adalah membandingkan VaR yang telah dihitung dengan kerugian sebenarnya. Kemudian banyaknya kegagalan yang terjadi dibandingkan dengan nilai kritis tingkat kegagalan sesuai dengan aturan Basel pada Tabel 1.

Tabel 3. Pengujian Keakuratan VaR dengan Aturan Basel

| Tingkat Kesalahan (α) | Banyaknya Kegagalan (m) | Daerah Penerimaan Jumlah Kegagalan | Kesimpulan |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------|
| 5% | 13 | $6 < m < 21$ | Valid |
| 1% | 2 | $m < 7$ | Valid |

Dari hasil uji *backtesting* menggunakan aturan Basel, disimpulkan bahwa semua nilai VaR yang didapatkan adalah valid. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan uji PF Kupiec.

Pengujian keakuratan VaR dengan uji PF Kupiec dilakukan dengan membandingkan nilai *likelihood ratio* (LR) pada masing-masing VaR dengan nilai kritis distribusi chi-square derajat bebas 1. *Likelihood ratio* dihitung menggunakan persamaan (12). Berikut hasil uji *backtesting* menggunakan uji PF Kupiec.

Tabel 4. Pengujian Keakuratan VaR dengan Uji PF Kupiec

| Probabilitas Kegagalan (p) | Jumlah Kegagalan (m) | Nilai LR | $\chi^2_{p,1}$ | Kesimpulan |
|----------------------------|----------------------|-----------|----------------|------------|
| 5% | 13 | 0,0018076 | 3,841 | VaR akurat |
| 1% | 2 | 0,1661765 | 6,635 | VaR akurat |

Dari uji PF Kupiec disimpulkan bahwa VaR akurat untuk tingkat kepercayaan 95% maupun 99%. Kedua uji *backtesting* di atas menghasilkan kesimpulan yang sama, yaitu VaR valid digunakan untuk mengukur potensi kerugian maksimum investasi pada portofolio tiga aset kombinasi antara reksa dana saham BNI, MDSU dan MAGI.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Perhitungan volatilitas dengan *robust EWMA* cocok digunakan untuk data *return* yang tidak berdistribusi normal dan bersifat heteroskedastis.
2. Volatilitas yang dihasilkan dari perhitungan *robust EWMA* dapat diperbaharui dengan prosedur *volatility updating Hull and White* sehingga diperoleh *return* baru untuk perhitungan VaR akhir.
3. Hasil perhitungan VaR menunjukkan bahwa VaR optimal untuk portofolio tiga aset BNI, MDSU dan MAGI adalah -0,01838074 atau 1,84% dari nilai investasi awal untuk tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$ dengan periode waktu 1 hari.
4. Semua VaR yang didapatkan valid untuk memprediksi kerugian portofolio berdasarkan uji *backtesting* dengan uji PF Kupiec dan aturan Basel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, K. 2004. *Dasar-Dasar Manajemen Investasi dan Portofolio*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Ghozali, I. 2007. *Manajemen Risiko Perbankan*. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Guermat, C., dan Harris, R.D.F. 2001. *Robust Conditional Variance Estimation and Value-At-Risk*. *Journal of Risk*, 4, 25-41.
- Halim, A. 2005. *Analisis Investasi*. Jakarta : Salemba Empat.
- Herlianto, D. 2010. *Seluk Beluk Investasi di Pasar Modal Indonesia*. Yogyakarta : Gosyen Publishing.
- Hull, J., dan White, A. 1998. *Incorporating Volatility Updating Into The Historical Simulation Method for Value at Risk*. *Journal of Risk* (Fall), 1, 5-19.
- Jorion, P. 2007. *Value at Risk : The New Benchmark for Managing Financial Risk Third Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kupiec, P.H. 1995. *Techniques for Verifying The Accuracy of Risk Measurement Models*. *The Journal of Derivatives* Vol. 3, No.2 : Hal. 73-84.

- Maruddani, D.A.I, dan Purbowati, A. 2009. *Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo*. Media Statistika Vol. 2, No.2 : Hal. 93-104.
- Morgan, J.P. 1996. *RiskMetricsTM Technical Document, Fourth Edition*. New York: Morgan Guaranty Trust Company.
- Samsul, M. 2006. *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*. Jakarta : Erlangga.