

**MONTE CARLO SIMULATION METHOD  
APPLICATION FOR CALCULATING VAR AND  
CVAR IN PT BANK NEGARA INDONESIA  
(PERSERO) TBK AND PT BANK TABUNGAN  
NEGARA (PERSERO) TBK**

**APLIKASI METODE SIMULASI MONTE CARLO UNTUK  
MENGHITUNG VAR DAN CVAR PADA SAHAM PT. BANK  
NEGARA INDONESIA (PERSERO) TBK DAN PT BANK  
TABUNGAN NEGARA (PERSERO) TBK**

**Ervin Indarwati<sup>1\*</sup>, Rosita Kusumawati<sup>2\*</sup>**

**Abstrack**

*One way to develop wealth today is by investing in a portfolio. When investing in several stocks (portfolios), the owner of the capital must be prepared to face various risks that will occur one day in the future. One way to measure a portfolio risk is to use the Conditional Value at Risk (CVAR) which can provide information on losses above the maximum loss or Value at Risk (VAR). There are three methods to estimate VAR, namely variance-covariance, historical, and Monte Carlo simulation. Analyzing portfolio risk in PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI.JK) and PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk (BBTN.JK) through CVaR using the Monte Carlo simulation method will be discussed in this study. The daily closing prices of each BBNI and BBTN shares from January 6, 2019 to December 30, 2019 are used to measure the CVaR of the two banks' stock portfolios with this Monte Carlo simulation. The steps taken are determining the return value of assets, performing a return normality test of assets, looking for risk measures of the return of assets forming a normally distributed portfolio, simulating the return of assets with monte carlo, calculating portfolio weights. , looking for portfolio returns, calculating the quartile of portfolio returns as the VaR value, and calculating the average loss above the VaR value as the CVaR value. Estimation result of portfolio risk from CVaR value using Monte Carlo simulation in PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk and PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk at 90%, 95%, and 99% confidence levels are 5.82%, 6.39%, and 7.1% with standard errors of 0.58%, 0.59%, and 0.59%. If it is illustrated that the initial funds to be invested in this portfolio are IDR 100,000,000, it means that the maximum possible risk that investors will receive on the next day will not exceed IDR 5,820,000, IDR 6,390,000, and IDR 7,100,000.*

**Keywords:** Risk, Value at Risk (VaR), Monte Carlo simulation, Conditional Value at Risk (CVaR).

*\*Program Studi Matematika, FMIPA-UNY*

*Email : [ervinindarwati@gmail.com](mailto:ervinindarwati@gmail.com), [rosita\\_kusumawati@uny.ac.id](mailto:rosita_kusumawati@uny.ac.id)*



**Abstrak**

Salah satu cara untuk mengembangkan kekayaan di zaman sekarang yaitu dengan cara berinvestasi dalam bentuk portofolio. Saat berinvestasi beberapa saham (portofolio), pemilik modal harus siap menghadapi berbagai risiko yang akan terjadi suatu hari kedepan. Cara untuk mengukur suatu risiko portofolio salah satunya menggunakan *Conditional Value at Risk* (CVAR) yang dapat memberikan informasi kerugian diatas kerugian maksimum atau *Value at Risk* (VaR). Terdapat tiga metode untuk mengestimasi VaR yaitu *variance-covariance*, historis, dan simulasi Monte Carlo. Menganalisis risiko portofolio pada saham PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI.JK) dan PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk (BBTN.JK) melalui CVaR menggunakan metode simulasi Monte Carlo akan dibahas pada penelitian ini. Harga penutupan harian masing-masing saham BBNI dan BBTN dari tanggal 6 Januari 2019 sampai 30 Desember 2019 digunakan untuk mengukur CVaR portofolio saham kedua bank tersebut dengan simulasi Monte Carlo ini. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menentukan nilai *return* aset-aset, melakukan uji normalitas *return* aset-aset, mencari ukuran-ukuran risiko dari *return* aset-aset pembentuk portofolio yang berdistribusi normal, melakukan simulasi *return* aset-aset dengan monte carlo, menghitung bobot portofolio, mencari *return* portofolio, menghitung kuartil dari *return* portofolio sebagai nilai VaR, dan menghitung rata-rata kerugian diatas nilai VaR sebagai nilai CVaR. Hasil estimasi risiko portofolio dari nilai CVaR menggunakan simulasi Monte Carlo pada saham PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk dan PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% adalah 5.82%, 6.39%, dan 7.1% dengan standar error sebesar 0.58%, 0.59%, dan 0.59%. Jika diilustrasikan dana awal yang akan diinvestasikan pada portofolio ini sebesar Rp 100.000.000, maka dapat diartikan bahwa kemungkinan risiko maksimum yang akan diterima investor pada hari kedepan tidak akan melebihi Rp 5.820.000, Rp 6.390.000, dan Rp 7.100.000.

**Kata Kunci:** Risiko, Value at Risk (VaR), simulasi Monte Carlo, Conditional Value at Risk (CVaR).

**1. PENDAHULUAN**

Portofolio terbaik dalam berinvestasi adalah portofolio yang efisien yaitu portofolio dengan tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) maksimum untuk berbagai tingkat risiko, atau portofolio dengan tingkat risiko yang minimum untuk berbagai tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) [7]. Risiko portofolio merupakan besar penyimpangan *return* portofolio dengan *expected return* portofolio. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengukur suatu risiko portofolio, salah satunya yaitu dengan standar deviasi portofolio dimana hal ini mengukur risiko dari seberapa besar nilai tiap-tiap item [11]. Cara untuk menghitung suatu risiko dalam berinvestasi selain dengan standar deviasi portofolio yaitu menggunakan *Conditional Value at Risk* (CVaR).

*Conditional Value at Risk* merupakan ukuran risiko yang memperhitungkan kerugian dan nilainya di atas VaR. CVaR merupakan suatu ukuran risiko yang memiliki banyak keunggulan di antaranya yaitu ukuran risiko yang koheren serta bersifat *convex* dan *sub-additive*. Selain itu, CVaR juga mampu menghitung risiko pada data berdistribusi normal maupun tidak normal. CVaR memiliki sifat *sub-additive* yaitu CVaR pada suatu portofolio dapat terdiri dari dua aset lebih kecil atau sama dengan jumlah dari masing-masing CVaR dari dua aset tersebut. Hal tersebut dapat merefleksikan dengan tepat efek diversifikasi karena diversifikasi ditujukan untuk mengurangi risiko. Sifat *convex* membuat CVaR dapat digunakan dalam teknik optimalisasi [10].

*Value at Risk* (VaR) dapat diartikan sebagai penyimpangan maksimum *return* portofolio dari *expected return* portofolio pada tingkat kepercayaan tertentu. Tiga metode yang dikenal untuk mengestimasi *Value at Risk* (VaR), yaitu metode *variance-covariance* (metode analitik atau parametrik), data historis (*historical simulation data*), dan simulasi Monte-Carlo [7]. *Value at Risk* memiliki kelebihan diantaranya yaitu lebih fokus pada *downside risk*, tidak tergantung pada asumsi distribusi dari *return*, dan pengukuran ini dapat diaplikasikan pada semua produk-produk finansial yang ada diperdagangan. Nilai yang didapat dari pengukuran metode ini merupakan hasil perhitungan secara menyeluruh daripada angka kerugian yang telah ditetapkan [9]. Tetapi, VaR hanya mengukur persentil dari distribusi keuntungan atau kerugian tanpa memperhatikan setiap kerugian yang melebihi tingkat VaR, dan VaR tidak koheren karena tidak memiliki sifat *sub-additive*. Kekurangan lain dari pengukuran VaR adalah bahwa VaR tidak dapat mengestimasi atau memberikan informasi kerugian di atas kerugian maksimum sehingga untuk menghitung VaR pada portofolio yang optimal akan lebih sulit [10].

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan estimasi risiko portofolio diantaranya menggunakan simulasi Monte Carlo untuk mengukur VaR portofolio pada dua saham dengan hasil rata-rata nilai VaR portofolio pada 25 perulangan simulasi yang dijalankan sehingga didapat kemungkinan kerugian yang dialami portofolio pada saham TLKM dan UNVR [13]. Penelitian yang terkait lainnya menggunakan fungsi Gaussian Copula untuk mengestimasi CVaR pada portofolio dengan hasil kemungkinan kerugian yang dialami melebihi nilai VaR sehingga nilai CVaR lebih akurat dari nilai VaR [5].

Pada penelitian ini, penulis akan mencari estimasi risiko portofolio dari nilai CVaR menggunakan simulasi Monte Carlo dari dua saham bank BUMN yaitu PT. Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk dan PT. Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk. Metode simulasi Monte Carlo ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur VaR karena dapat menghitung bermacam-macam susunan eksposur (saham) dan risiko dalam berinvestasi pada suatu portofolio.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Investasi**

Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumberdaya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa yang akan datang [14]. Seorang pemodal atau investor membeli sejumlah saham saat ini dengan harapan memperoleh keuntungan dari kenaikan harga saham ataupun sejumlah dividen di masa yang akan datang, sebagai imbalan atas waktu dan risiko yang terkait dengan investasi tersebut.

### **2.2 Portofolio**

Secara harafiah arti dari portofolio adalah sekumpulan surat-surat berharga. Sedangkan secara umum portofolio merupakan kumpulan dari berbagai macam aset seperti saham, obligasi, *future contract*, opsi, *real estate*, berlian, emas, tabungan, dan aset lainnya dengan tingkat keuntungan dan risiko yang berbeda-beda dalam jangka waktu tertentu. Portofolio bisa berupa aset riil maupun aset finansial yang dimiliki oleh pemodal [6].

### **2.3 Return**

Tingkat pengembalian investasi (*return*) adalah presentase pendapatan terhadap investasi yang diperoleh dari pemodal jika pemodal ingin melakukan investasi.

#### *a. Net Return*

*Net Return* merupakan pendapatan relatif atau tingkat keuntungan (*profit rate*). Secara umum *net return* antara periode  $t - 1$  sampai  $t$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (2.3.1)$$

dengan:  $R_t$  = *net return*  
 $P_t$  = harga investasi pada periode  $t$   
 $P_{t-1}$  = harga investasi pada periode  $t - 1$ .

b. *Gross Return*

Nilai *return* dalam *gross return* selalu memiliki nilai positif. *Gross return* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$1 + R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (2.3.2)$$

dengan:  $1 + R_t$  = *gross return*  
 $P_t$  = investasi pada periode  $t$   
 $P_{t-1}$  = investasi pada periode  $t - 1$ .

c. *Log Return*

*Log return* merupakan kata lain dari *continuously compounded returns*. Jika periode yang digunakan semakin pendek atau dengan periode harian, maka sebaiknya perhitungan *return* menggunakan model geometri yang memberikan *continuously compound return*. Cara yang digunakan untuk menghitung nilai *log return* sebagai berikut:

$$r_t = \log(1 + R_t) = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \log(P_t) - \log(P_{t-1}) \quad (2.3.3)$$

dengan:  $r_t$  = *log return*  
 $P_t$  = harga investasi pada periode  $t$   
 $P_{t-1}$  = harga investasi pada periode  $t - 1$ .

*Return* portofolio merupakan rata-rata dari *return* setiap sekuritas tunggal pembentuk portofolio. Dalam bentuk matriks, *return* portofolio dapat ditulis sebagai berikut:

$$Rp = w_1 r_1 + w_2 r_2 + \dots + w_n r_n = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{bmatrix} = \mathbf{w}' \mathbf{r} \quad (2.3.4)$$

dengan:  $\mathbf{w}'$  = vektor matriks transpose dari  $w_i$   
 $\mathbf{r}$  = vektor matriks *return* aset tunggal.

## 2.4 Risiko

Risiko adalah besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) dengan tingkat pengembalian aktual (*actual return*) [4]. Risiko dinyatakan sebagai seberapa jauh hasil yang diperoleh akan menyimpang dari hasil yang diharapkan, maka digunakan ukuran penyebaran untuk mengukur risiko. Alat statistik yang digunakan sebagai ukuran penyebaran tersebut adalah variansi atau standar deviasi. Oleh karena itu jika semakin besar nilainya, berarti semakin besar penyimpangannya atau risiko akan semakin tinggi pula.

Risiko portofolio dapat dinyatakan sebagai penyimpangan *return* portofolio dari *expected return* yang dapat dinyatakan sebagai variansi *return* portofolio dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \quad (3.1.1)$$

dengan:  $\sigma_p^2$  = proporsi *variance* + proporsi *covariance*

$\sigma_p^2$  = variance return portofolio

$\sigma_i^2$  = variance return aset  $i$

$\sigma_{ij}$  = covariance antara return aset  $i$  dan  $j$

$w_i$  = bobot yang diinvestasikan pada aset  $i$

$w_j$  = bobot yang diinvestasikan pada aset  $j$

dimana  $i \neq j$ .

## 2.5 Uji Normalitas

Uji Lilliefors merupakan metode untuk menguji data apakah data berasal dari distribusi normal atau tidak. Metode ini menggunakan statistik uji tipe Kolmogorov-Smirnov yaitu pada jarak vertikal maksimum antara fungsi  $S(X)$  distribusi empirik sampel random  $X_1, X_2, \dots, X_n$  dengan fungsi normal standar yang disebut  $F^*(X)$  [2].

Uji Hipotesis:

$H_0$ : data return saham diasumsikan berdistribusi normal

$H_1$ : data return saham tidak dapat diasumsikan berdistribusi normal

Taraf Signifikansi:  $\alpha$

Statistik Uji:

$$D = \sup_x |F^*(X) - S(x)| \quad (2.5.1)$$

dengan:  $D$  = nilai supremum untuk semua  $x$  dari mutlak beda  $F^*(X) - S(x)$

$F^*(X)$  = fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

$S(x)$  = fungsi distribusi kumulatif dari distribusi normal.

Kriteria Keputusan:

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

## 2.6 Mean Variance Efficient Portofolio (MVEP)

*Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP) atau portofolio efisien Markowitz adalah salah satu metode dalam pembentukan portofolio yang optimal yang memberikan return tertinggi diantara portofolio yang ada dengan tingkat risiko yang sama [3]. Pembobotan pada *mean varian efficient* portofolio dengan return  $X \sim N_n(\mu, \Sigma)$  dan  $\mathbf{i}$  sebagai vektor satuan dimensi  $n \times 1$  adalah

$$\mathbf{w} = \frac{\Sigma^{-1}\mathbf{i}}{\mathbf{i}'\Sigma^{-1}\mathbf{i}} \quad (2.6.1)$$

dengan  $\mathbf{w}$  adalah vektor pembobotan dan  $\Sigma^{-1}$  adalah invers matriks varian kovarian.

## 2.7 Value at Risk

Definisi *Value at Risk* (VaR) yaitu estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu (*time periode*) tertentu dalam kondisi pasar normal pada tingkat kepercayaan (*confidence interval*) tertentu [7]. *Value at Risk* (VaR) merupakan salah satu ukuran yang dapat digunakan untuk menilai kerugian atau risiko terburuk yang mungkin terjadi bagi investor atas investasinya dalam sekuritas atau aset-aset yang dimiliki, baik secara satu per satu sahamnya atau dalam portofolio pada suatu waktu tertentu dan tingkat peluang yang ditetapkan akan lebih rendah dibanding limit yang dibentuk dengan VaR. Namun, bisa saja terdapat kemungkinan kerugian lebih buruk, karena keterbatasan dari VaR adalah tidak dapat menyatakan seberapa besar kerugian yang benar-benar terjadi dan secara definitif tidak menegaskan kemungkinan kerugian paling buruk. VaR hanya menyatakan kerugian yang mungkin didapat oleh investor, tetapi investor dapat menggunakan VaR sebagai salah satu tolak ukur menetapkan seberapa besar target risiko.

Perhitungan VaR dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  setelah  $t$  periode dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (2.7.1)$$

dengan:  $VaR_{(1-\alpha)}(t)$  = VaR dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  setelah periode  $t$

$W_0$  = investasi awal aset

$R^*$  = kuantil ke-  $\alpha$  dari distribusi *return*.

## 2.8 Simulasi Monte Carlo

Metode simulasi Monte Carlo adalah metode yang digunakan untuk menganalisis perambatan ketidakpastian dengan tujuan untuk menentukan bagaimana variansi acak atau *error* yang mempengaruhi sensitivitas, performa, atau reliabilitas dari sistem yang sedang dimodelkan [12]. Simulasi ini merupakan metode *sampling* karena untuk *input* dibangkitkan secara acak dari suatu distribusi probabilitas untuk suatu proses *sampling* dari suatu populasi nyata yang dapat diketahui dan ditentukan. Oleh karena itu, suatu model harus memilih suatu distribusi *input* yang paling mendekati data yang dimiliki.

Model yang umum digunakan pada simulasi ini adalah model *geometric Brownian motion* (GBM), yang mendasari banyak teori penetapan dari suatu harga. Model ini mengasumsikan bahwa inovasi dalam harga aset tidak berkorelasi dari waktu ke waktu dan pergerakan kecil dalam harga dapat dijelaskan sebagai:

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz \quad (2.8.1)$$

dengan parameter  $\mu_t$  dan  $\sigma_t$  adalah pergeseran *drift* dan *volatility* pada waktu  $t$  sedangkan  $dz$  adalah variabel acak yang berdistribusi normal. Dalam mensimulasikan jalur harga untuk  $S$ , langkah awal dengan  $S_t$ , dan menghasilkan urutan epsilon ( $\epsilon$ 's) untuk  $i=1,2,\dots,n$ . Sehingga untuk harga pada waktu  $t$  dapat dirumuskan sebagai:

$$S_t = S_{t-1} \left( 1 + \frac{\mu}{n} + \frac{(\epsilon - \frac{1}{2}) * \sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (2.8.2)$$

## 2.9 Conditional Value at Risk (CVaR)

*Conditional Value at Risk* (CVaR) merupakan ukuran risiko yang sifatnya diturunkan untuk distribusi kerugian [10]. Secara umum CVaR didefinisikan sebagai ukuran risiko yang nilainya di atas VaR. Selain itu, CVaR dapat digunakan pada distribusi kerugian yang kontinu, diskrit maupun distribusi kerugian dengan diskontinuitas yang mungkin (*possible discontinuity*). CVaR mampu menghitung risiko pada data berdistribusi normal maupun tidak normal. Rumus pendekatan integral dapat dicari dengan  $z$  adalah nilai kerugian dan  $f_X(z)$  adalah fungsi densitas probabilitas dari kerugian sebagai berikut:

$$CVaR_{(1-\alpha)}(X) = E[X^{(1-\alpha)}] \quad (2.9.1)$$

$$CVaR_{(1-\alpha)}(X) = \frac{1}{\alpha} \int_{VaR_{(1-\alpha)}(X)}^{\infty} z f_X(z) dz \quad (2.9.2)$$

## 2.10 Uji Backtesting

Metode ini akan membandingkan setiap nilai VaR yang telah dihitung dengan *profit* atau kerugian yang sebenarnya dan kemudian mencatat tingkat kegagalan (*failure rate*) yang terjadi. *Backtesting* dengan *Kupiec test* pendekatan *loglikelihood ration* dapat digunakan untuk menentukan validasi pengujian model VaR [7]. Statistik uji metode *backtesting*:

$$\zeta LR = -2 \ln[(1-p)^{T-N} \times p^N] \times 2 \ln \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{N}{T} \right) \right]^{T-N} \times \left( \frac{N}{T} \right)^N \right\} \quad (2.10.1)$$

dengan:  $LR = \text{Loglikelihood Ratio}$

$N =$  jumlah *failure* antar nilai VaR dengan kerugian aktual

$T =$  jumlah data obeservasi

$p =$  probabilitas kegagalan  $(1 - \alpha)$

Kriteria keputusan pada uji *backtesting* ini yaitu  $H_0$  ditolak jika  $\zeta LR > \chi^2_{(1,\alpha)}$  atau  $H_0$  ditolak jika  $p - \text{value} < \alpha$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### **Analisis Risiko Portofolio pada Saham PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk dan PT bank Tabungan Negara Tbk Melalui *Conditional Value at Risk* Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo**

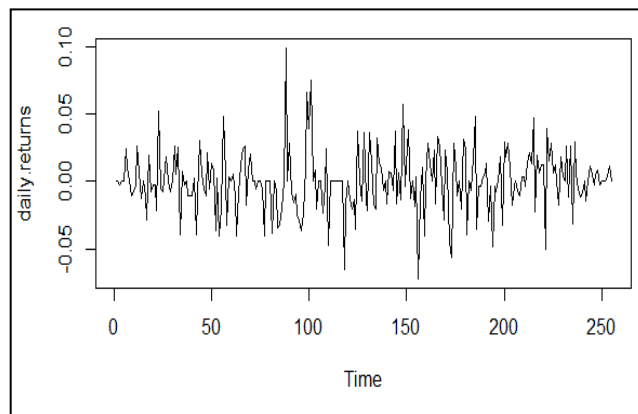
Menganalisis risiko portofolio melalui CVaR menggunakan simulasi Monte Carlo dalam perhitungannya menggunakan harga penutupan harian saham bank BNI dan bank BTN pada tanggal 6 Januari 2019 sampai 30 Desember 2019. Saham yang digunakan adalah saham bank BUMN (Badan Usaha Milik Negara) dengan rata-rata harga penutupan saham pada tahun 2019 tertinggi (BNI) dan terendah (BTN).

PT Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk merupakan Bank BUMN pertama yang menjadi perusahaan publik setelah mencatat sahamnya di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya pada tahun 1996. Sedangkan PT Bank Tabungan Negara (Persero) adalah BUMN yang bergerak dibidang perbankan dengan komitmen menjadi bank yang melayani dan mendukung pembiayaan sector perumahan melalui tiga produk utama yaitu perbankan perseorangan, bisnis, dan syariah.

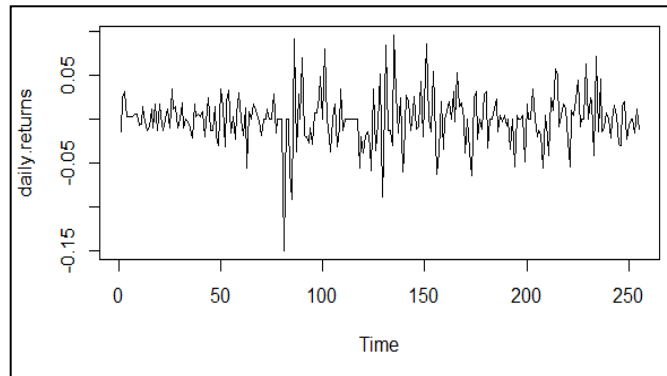
Berikut langkah-langkah untuk perhitungan CVaR dengan metode simulasi Monte Carlo sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *return* aset-aset

Data harga penutupan kedua saham diperoleh dari [www.yahooofinance.com](http://www.yahooofinance.com) melalui program RStudio. Nilai *return* dari kedua saham yang diperoleh menggunakan program RStudio dapat dilihat pada grafik berikut:



**Gambar 3.1. grafik *return* saham bank BNI**



Gambar 3.2. grafik *return* saham bank BTN

2. Melakukan uji normalitas *return* aset-aset

Sebelum melakukan uji normalitas, terlebih dahulu mendeteksi adanya *outlier*. Langkah yang dilakukan yaitu menghapus data yang terindikasi sehingga tidak memberikan dampak pada proses analisis data terutama pada asumsi uji normalitas. Uji normalitas dilakukan pada data yang baru tanpa data *outlier* dengan total pengamatan 245. Uji normalitas dari *return* saham bank BNI dan bank BTN menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai  $p - value > 0.05$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa *return* kedua saham berdistribusi normal.

3. Menentukan ukuran-ukuran risiko

Ukuran-ukuran risiko untuk setiap *return* saham BNI dan BTN yang sudah berdistribusi normal meliputi:

- a. *Mean* yang didapat sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\mu} = \begin{bmatrix} -0.001312416 \\ -0.002406666 \end{bmatrix}$$

- b. Standar deviasi yang didapat sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{bmatrix} 0.01501824 \\ 0.01797667 \end{bmatrix}$$

- c. Varian-kovarian yang didapat sebagai berikut:

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} 0.0002255476 & 0.0001269921 \\ 0.0001269921 & 0.0003231605 \end{bmatrix}$$

4. Mensimulasikan nilai *return*

Nilai *return* disimulasikan dengan membangkitkan bilangan acak dari setiap *return* aset yang sudah berdistribusi normal dengan ukuran-ukuran risiko yang sudah didapat.

5. Menentukan bobot portofolio

Bobot atau proporsi portofolio yang diberikan kepada masing-masing saham dalam perhitungan menggunakan metode ini memerlukan vektor satu dengan dimensi  $2 \times 1$  dan invers dari matriks varian-kovarian secara berturut-turut didapat sebagai berikut:

$$\vec{1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ dan}$$

$$\boldsymbol{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} 5693.346 & -2237.309 \\ -2237.309 & 3973.630 \end{bmatrix}$$

Persamaan (2.6.1) digunakan sebagai perhitungan pembobotan untuk setiap saham menggunakan metode MVEP sehingga didapat:

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6656006 \\ 0.3343994 \end{bmatrix}$$

6. Menghitung nilai *return* portofolio



Berdasarkan hasil perhitungan bobot menggunakan metode MVEP, maka proporsi yang diberikan pada saham bank BNI sebesar 67% dan proporsi yang diberikan pada saham bank BTN sebesar 33%. Bobot portofolio diasumsikan jika masih dalam periode kepemilikan portofolio.

Sehingga untuk pembentukan *return* portofolio dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3.4) dengan besar bobot setiap saham yang sudah diperoleh dari nilai *return* aset-aset setelah dibangkitkan secara acak.

7. Mencari estimasi kerugian Maksimum

Kerugian maksimum atau nilai VaR dapat dicari dari nilai kuartil *return* portofolio dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Nilai VaR pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% adalah nilai persentil 90, 95, dan 99.

8. Mencari estimasi CVaR

Nilai CVaR atau nilai kerugian diatas kerugian maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9.2).

9. Mengulangi langkah

Langkah ke-4 sampai langkah ke-8 diulangi sebanyak 100 kali. Karena semakin banyak perulangan maka hasil yang didapat semakin baik.

10. Menghitung nilai CVaR

Nilai CVaR dapat dihitung dengan mencari rata-rata dari langkah ke-8. Berikut hasil perhitungan rata-rata dari nilai VaR dan CVaR menggunakan metode simulasi Monte Carlo setelah dilakukan perulangan sebanyak 100:

**Tabel 3.1. Nilai VaR dan Standar Error VaR**

Tingkat kepercayaan	90%	95%	99%
Nilai VaR	0.0485	0.0569	0.0677
Se VaR	0.0059	0.0058	0.0058

**Tabel 3.2. Nilai CVaR dan Standar Error CVaR**

Tingkat kepercayaan	90%	95%	99%
Nilai CVaR	0.0582	0.0639	0.0710
Se CVaR	0.0058	0.0059	0.0059

11. Menguji kelayakan metode

Uji kelayakan metode menggunakan uji *backtesting*. Hasil *p – value* dengan bantuan RStudio yang akan digunakan sebagai kriteria keputusan perhitungan uji *backtesting* sebagai berikut:

**Tabel 3.3. P-value Uji Backtesting**

Tingkat kepercayaan	90%	95%	99%
Parametrik	0	0	0
Historis	0	0	0
Monte Carlo	1	1	0.9221

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil *p – value* menggunakan simulasi Monte Carlo dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% besarnya *p – value* > 0.1, 0.05, dan 0.01 sehingga  $H_0$  diterima, jadi semua nilai VaR akurat atau dapat diterima. Sedangkan menggunakan metode Parametrik dan Historis pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan

99% menunjukkan nilai  $p - value < 0.1, 0.05, \text{ dan } 0.01$  sehingga  $H_0$  ditolak, jadi semua nilai VaR menggunakan metode Parametrik dan Historis tidak layak atau tidak dapat diterima pada kasus ini.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan mengenai analisis risiko portofolio pada saham BNI dan BTN melalui CVaR menggunakan simulasi Monte Carlo yang telah diuraikan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil rata-rata VaR dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% pada portofolio yang terdiri dari dua saham bank BNI dan BTN dengan 100 kali perulangan kerugian maksimum pada satu hari kedepan sebesar 4.85%, 5.69%, dan 6.77% dengan standar error sebesar 0.59%, 0.58%, dan 0.59%. Sedangkan untuk hasil rata-rata nilai CVaR sebagai nilai diatas kerugian maksimum pada satu hari kedepan dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% pada portofolio yang terdiri dari dua saham bank BNI dan BTN dengan 100 kali perulangan dengan kerugian maksimum yang nilainya melebihi VaR sebesar 5.82%, 6.39%, dan 7.1% dengan standar error sebesar 0.58%, 0.59%, dan 0.59%. Berdasarkan Uji validasi dan pengujian pada metode parametrik dan historis, metode simulasi Monte Carlo yang digunakan cukup akurat atau nilai VaR memiliki kelayakan sehingga metode dapat diterapkan untuk mencari kerugian yang akan dialami dari suatu portofolio yang terdiri dari dua saham yaitu saham bank BNI dan saham bank BTN pada satu hari kedepan.

##### **4.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan penulis pada penelitian selanjutnya yaitu penelitian selain hanya menggunakan simulai Monte Carlo dapat juga dikembangkan dengan tambahan metode lain seperti GARCH, *Calyton Copula*, dll.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J-M., Heath, D. 1999. Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*. Vol. 9, No. 3, 203-228.
- [2] Conover. 1980. *Practical Nonparametric Statistics*. New York: John Willey & Sons.
- [3] Fabozzi, F. J. 1999. *Manajemen Invetasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- [4] Halim, A. 2005. *Analisis Investasi*. Jakarta : Salemba Empat.
- [5] Hidayati, H., Dharmawan, K., & Sumarjaya, I. W. 2015. Estimasi Nilai Conditional Value at Risk Menggunakan Gaussian Copula. *E-Jurnal Matematika*. Vol. 4, No.4, 188-194.
- [6] Husnan, Suad. 2002. *Dasar-dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. Edisi ketiga. Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- [7] Jorion, P. 2007. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. Third Edition. New York: The Mc Graw-Hill Companies.
- [8] Markowitz, Harry. 1959. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- [9] Purnamasari, N. A. 2017. Backtesting untuk Value at Risk pada Data Return Saham Syariah Menggunakan Quantile Regression. *Tesis*. Surabaya: Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10] Rockafellar, R. & Uryasev. 2000. Optimization of Conditional Value at Risk. *Journal of Risk*. Vol.2, No.3, 21-41.
- [11] Rodoni, Ahmad & Herni Ali. 2014. *Manajemen Keuangan Modern*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [12] Rubinstein, R.Y. 1981. *Simulation and Monte Carlo Method*. New York: Willey & Sons.
- [13] Sofiana, Nita. 2011. Pengukuran Value at Risk pada Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Skripsi*. Yogyakarta: Program Studi Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.
- [14] Tandellin, Eduardus. 2007. *Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio*. Yogyakarta: BPF.