

## ESTIMASI VALUE AT RISK PORTOFOLIO MENGGUNAKAN METODE QUASI MONTE CARLO DENGAN PEMBANGKIT BILANGAN ACAK HALTON

Putu Savitri Devi<sup>1§</sup>, Komang Dharmawan<sup>2</sup>, Luh Putu Ida Harini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [putusavitri58@gmail.com](mailto:putusavitri58@gmail.com)]

<sup>2</sup>Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [k.dharmawan@unud.ac.id](mailto:k.dharmawan@unud.ac.id)]

<sup>3</sup>Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [ballidah@unud.ac.id](mailto:ballidah@unud.ac.id)]

<sup>§</sup>Corresponding Author

### ABSTRACT

*Estimating the value at risk (VaR) is an important aspect of investment. VaR is a standard method of measuring risk defined as the maximum loss over a certain period of time at a certain level of confidence. The purpose of this study is to estimate the risk of a portfolio represented as a VaR where the volatilities were simulated by the Monte Carlo and Quasi Monte Carlo methods. The Monte Carlo method involves generating random numbers and the Quasi Monte Carlo method uses Halton's quasi-random sequences. This study uses secondary data, namely daily stock price closing data. Based on the calculation, the VaR of the Quasi Monte Carlo Portfolio produces a maximum loss greater than that of the Monte Carlo Portfolio. This is due to randomization performed with different random number generators for each method and the number of simulations performed. It can be concluded that the Quasi Monte Carlo method is a better method than the Monte Carlo method in estimating the risk of portfolio losses in stocks in the telecommunications sector.*

**Keywords:** Portofolio, Monte Carlo, Quasi Monte Carlo, Halton Sequence, Value at Risk.

### 1. PENDAHULUAN

Investasi saham merupakan penanaman modal perusahaan berdasarkan kepemilikan terhadap perusahaan tersebut. Dalam berinvestasi saham, investor dapat menggabungkan beberapa saham dan menjadikannya sebagai portofolio. Dalam menggabungkan beberapa saham yang harus diperhatikan yakni nilai keuntungan (*return*) dan risiko pada portofolio. Risiko sebagai volatility dari suatu hasil yang tidak diekspektasi secara general nilai dari aset (Jorion, 2006).

Hubungan *return* dan tingkat risiko adalah linier, yang berarti semakin besar tingkat risiko yang ditanggung maka semakin besar pula tingkat pengembaliannya (Tandelilin, 2010). Dalam meminimalkan tingkat risiko sejak dini, maka investor dapat memperhitungkan nilai VaR. VaR merupakan salah satu metode standar pengukuran nilai risiko yang sering digunakan. Terdapat tiga metode dalam menghitung VaR yaitu metode Historis, metode *Variance Covariance*, dan metode simulasi *Monte Carlo* (Manganelli et al, 2001).

Metode *Quasi Monte Carlo* adalah metode *Monte Carlo* menggunakan barisan acak sebagai pengganti dari bilangan acak semu (*pseudo random*). Pada penelitian ini, metode Quasi Monte Carlo diterapkan menggunakan pembangkit bilangan acak Halton. Adapun dalam penelitian ini 4 saham dari perusahaan telekomunikasi di Indonesia yang memiliki volume penjualan saham tertinggi yaitu PT. XL Axiata Tbk (EXCL.JK), PT. Indosat Tbk (ISAT.JK), PT. Telkom Indonesia Tbk (TLKM.JK), PT. Smartfren Telecom (FREN.JK).

Penelitian ini bertujuan mengetahui penerapan tingkat risiko kerugian dengan *Value at Risk* (VaR) dan penerapan metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton dengan data historis pada periode 1 Januari 2018 – 31 Desember 2020 (selama 3 tahun) pada perusahaan telekomunikasi. Dalam bentuk pengukuran risiko dengan VaR, secara statistik VaR dengan kepercayaan  $(1 - \alpha)$  yang dinyatakan sebagai bentuk kuantil ke  $-\alpha$  dari distribusi *return*. Dalam menghitung nilai VaR, selain memperhatikan tingkat konfidensi (tingkat kepercayaan) yang harus diperhatikan

yaitu parameter lain dalam *VaR* yaitu  $t$  (periode waktu dalam hari). *Expected return* mengingkat secara linear terhadap periode waktu  $t$ . Menghitung nilai *VaR* pada tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  dalam periode waktu  $t$  dalam hari dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{VaR}_{1-\alpha}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (1)$$

dimana  $\text{VaR}_{1-\alpha}(t)$  yaitu potensi kerugian maksimal dengan tingkat kepercayaan  $(1 - \alpha)$  dalam periode waktu ( $t$ ),  $W_0$  didefinisikan investasi awal aset portofolio, maka nilai aset pada akhir periode waktu adalah  $W = W_0(1 + R)$  dengan  $R^*$  merupakan kuantil ke- $\alpha$  dari distribusi return. Secara umum  $R^*$  berharga negatif.

Metode simulasi Monte Carlo merupakan simulasi yang mengikutsertakan *random number generator* (pembangkit bilangan acak) dengan distribusi probabilitas yang dapat diketahui dan ditentukan (Arthini et al., 2012). Rumus dari metode simulasi Monte Carlo untuk membangkitkan harga saham dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$S_t = S_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma_t^2}{2}\right)\Delta t + \sigma_t \varepsilon \sqrt{\Delta t}\right) \quad (2)$$

dimana  $S_0$  untuk  $t = 0$  adalah harga saham saat ini (sekarang). dan  $\varepsilon$  adalah pembangkit bilangan acak,  $\mu$  merupakan *expected return* dari saham, dan  $\sigma_t$  adalah volatilitas, dan  $\Delta t$  adalah interval waktu.

Perbedaan metode simulasi *Monte Carlo* dengan simulasi *Quasi Monte Carlo* adalah ketika data dibangkitkan secara berulang-ulang, barisan bilangan acak dari simulasi Monte Carlo akan menghasilkan data nilai yang berbeda-beda setiap pengulangan. Sedangkan metode *Quasi Monte Carlo* dengan barisan bilangan acak, barisan yang dihasilkan angka acak yang lebih terpol. Barisan bilangan acak digunakan untuk menghasilkan sampel yang representatif dari distribusi probabilitas yang disimulasikan dalam suatu permasalahan (Mahayoga et al., 2014). Barisan bilangan acak ini pada umumnya memperbaiki kinerja dari simulasi Monte Carlo sehingga memberikan hasil yang lebih akurat.

## 2. METODE PENELITIAN

### Teknik Analisis Data

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mengestimasi risiko saham dengan metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton yaitu sebagai berikut:

1. Mencari dan mengumpulkan data historis saham
2. Menghitung *return*, *expected return*, standar deviasi, variansi return pada masing-masing saham.
3. Menyusun matriks varian-covarian.
4. Membentuk portofolio optimal dari keempat saham dengan menggunakan *Mean Variance Efficient Portofolio (MVEP)*.
5. Menentukan harga setiap saham pada waktu ke- $t$
6. Mengulangi langkah 5 yang disimulasikan sebanyak  $M$  yaitu  $M = 100, M = 200, M = 500, M = 750, M = 1000, M = 1500, M = 2000, M = 3000, M = 4000, M = 5000$ .
7. Melakukan estimasi tingkat risiko dengan menghitung rata – rata nilai *Value at Risk (VaR)*.
8. Langkah terakhir interpretasi hasil.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian ini menggunakan harga penutupan saham (*close price*) harian yang diperoleh dari Yahoo Finance. Data historis pada tiap saham yakni sebanyak 760 data. Untuk hasil perhitungan *expected return* pada setiap saham akan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Expected Return* dari Data Historis Tiap Saham

| Nama Saham | $\mu$    |
|------------|----------|
| EXCL.JK    | -0,00011 |
| TLKM.JK    | -0,0039  |
| ISAT.JK    | 0,000067 |
| FREN.JK    | 0,000391 |

Perhitungan standar deviasi dari data historis masing-masing saham ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Standar Deviasi dari Data Historis Tiap Saham

| Nama Saham | Standar Deviasi ( $\sigma$ ) |
|------------|------------------------------|
| EXCL.JK    | 0,03227711                   |
| TLKM.JK    | 0,02058                      |
| ISAT.JK    | 0,039407                     |
| FREN.JK    | 0,05589                      |

Tahapan perhitungan nilai risiko menggunakan metode *Monte Carlo* adalah sebagai berikut :

### 3.1 Estimasi Harga Saham

Dalam mengestimasi harga saham digunakan parameter pada Tabel 1. dan Tabel 2. Diketahui untuk mengestimasi harga saham terdapat  $S_t$  yang merupakan estimasi harga

saham pada waktu ke- $t$ ,  $S_0$  untuk  $t = 0$  merupakan harga saham saat ini (sekarang), *Expected Return* ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ) dari nilai return data historis masing-masing saham. dan  $\varepsilon$  merupakan pembangkit bilangan acak random . Untuk nilai  $\Delta t$  yaitu  $1/242$ ,

yang berarti periode mengestimasi harga saham selama 242 hari dalam satu tahun mendatang. Langkah selanjutnya yaitu memodelkan harga saham yang disimulasikan sebanyak  $M$  simulasi dengan persamaan pada Tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Model Estimasi Harga Saham dengan Metode *Monte Carlo*

| Saham   | Model Estimasi Harga Saham   |
|---------|--|
| EXCL.JK | $S_t = (2730) \exp\left(\left(0,001041 - \frac{(0,032277)^2}{2}\right)\left(\frac{1}{242}\right) + (0,032277)\varepsilon\sqrt{\frac{1}{242}}\right)$ |
| TLKM.JK | $S_t = (3310) \exp\left(\left(0,000423 - \frac{(0,02058)^2}{2}\right)\left(\frac{1}{242}\right) + (0,02058)\varepsilon\sqrt{\frac{1}{242}}\right)$   |
| ISAT.JK | $S_t = (5050) \exp\left(\left(0,001553 - \frac{(0,039407)^2}{2}\right)\left(\frac{1}{242}\right) + (0,039407)\varepsilon\sqrt{\frac{1}{242}}\right)$ |
| FREN.JK | $S_t = (67) \exp\left(\left(0,003124 - \frac{(0,05589)^2}{2}\right)\left(\frac{1}{242}\right) + (0,05589)\varepsilon\sqrt{\frac{1}{242}}\right)$     |

### 3.1.1 Menentukan Parameter dengan Estimasi Harga Saham

Perhitungan parameter dari estimasi harga saham sebanyak 242 data diperoleh 241 nilai return. Paramater baru terdiri dari nilai *expected return*, variansi, dan standar deviasi. Berikut pada Tabel 4.5 disajikan nilai dari masing-masing parameter baru, yaitu:

Tabel 4. Parameter dari Harga Estimasi Saham Metode Monte Carlo

| Saham | $\hat{\mu}$           | $\hat{\sigma}$ |
|-------|-----------------------|----------------|
| EXCL  | -0,00043              | 0,000213       |
| TLKM  | $-1,6 \times 10^{-3}$ | 0,000133       |
| ISAT  | 0,000281              | 0,000245       |
| FREN  | 0,001585              | 0,000375       |

### 3.1.2 Menghitung Bobot Saham Portofolio

Menghitung VaR Portofolio diperlukan bobot masing-masing saham. Dalam menghitung bobot saham untuk portofolio menggunakan metode *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{\Sigma^{-1}1_N}{1_N^T \Sigma^{-1}1_N}$$

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,214962778 \\ 0,562629677 \\ 0,192894248 \\ 0,029446207 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan penjabaran perhitungan diperoleh bobot masing-masing saham pada Tabel 5. yaitu:

Tabel 5. Bobot tiap Saham dengan Metode MVEP

| Saham   | Bobot       | Bobot (%) |
|---------|-------------|-----------|
| EXCL.JK | 0,214962778 | 21,50%    |
| TLKM.JK | 0,562696731 | 56,27%    |
| ISAT.JK | 0,192894284 | 19,29%    |
| FREN.JK | 0,029446207 | 2,94%     |

dari hasil perhitungan bobot dengan metode MVEP diperoleh proporsi yang diberikan pada tiap saham yang bertujuan untuk mendapatkan hasil VaR yang optimum atau nilai risiko yang minimum.

### 3.1.3 Mengestimasi VaR Portofolio

Dalam menghitung nilai risiko dengan *Value at Risk* (VaR) pada portofolio, tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 95% dan periode yang digunakan adalah satu hari ( $t = 1$ ). Dalam menghitung VaR pada level signifikansi ( $p$ ) yang digunakan yaitu 0,05, dana awal ( $W_0$ ) yang diinvestasikan yaitu sebesar Rp. 100.000.000,00. Dengan bantuan *software Matlab* dalam mencari parameter dalam menghitung VaR dan menyimulasikan nilai VaR untuk mencapai nilai optimal, diperoleh nilai VaR pada setiap simulasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Nilai VaR metode Monte Carlo pada tingkat kepercayaan sebesar 95% dapat diartikan bahwa kerugian yang akan dialami pada portofolio dengan menanamkan modal sebesar Rp. 100.000.000,00 tidak akan melebihi Rp. 118.766,13 dalam satu hari.

Tabel 6. Nilai VaR Metode Monte Carlo

| M    | Nilai VaR      | Error       |
|------|----------------|-------------|
| 100  | Rp. 118.796,65 | 234,841994  |
| 200  | Rp. 118.794,68 | 170,8120057 |
| 500  | Rp. 118.636,00 | 104,3617634 |
| 750  | Rp. 118.615,06 | 85,21717785 |
| 1000 | Rp. 118.701,61 | 75,83901435 |
| 1500 | Rp. 118.661,27 | 63,10239066 |
| 2000 | Rp. 118.715,33 | 53,89095363 |
| 3000 | Rp. 118.602,10 | 44,22419904 |
| 4000 | Rp. 118.669,02 | 37,19178543 |
| 5000 | Rp. 118.766,13 | 33,97645059 |

### 3.2 Perhitungan VaR dengan Metode Quasi Monte Carlo

Pada tahap ini akan dihitung VaR Portofolio dengan menggunakan metode *Quasi Monte Carlo*. Metode *Quasi Monte Carlo* merupakan metode monte carlo yang menggunakan barisan kuasi acak untuk menyimulasikan harga saham. Pembangkit bilangan acak pada metode *Quasi Monte Carlo* yang digunakan yakni pembangkit bilangan acak Halton. Langkah – langkah dalam mengestimasi nilai risiko portofolio menggunakan metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton sama dengan langkah-langkah pada metode Monte Carlo yaitu sebagai berikut :

#### 3.2.1 Mengestimasi Harga Saham Metode *Quasi Monte Carlo*

Dalam mengestimasi harga saham dengan metode *Quasi Monte Carlo* melibatkan pembangkit bilangan acak, pembangkit bilangan acak yang digunakan yakni barisan kuasi acak Halton. Langkah-langkah untuk mengestimasi harga saham dengan metode *Quasi Monte Carlo* sama dengan langkah-langkah mengestimasi harga metode *Monte Carlo*, yang membedakan yaitu pada metode Monte Carlo menggunakan bilangan acak random dan metode *Quasi Monte Carlo* menggunakan barisan kuasi acak Halton. Dengan bantuan *software Matlab R2017a* diperoleh nilai estimasi harga saham sebanyak 242 data.

#### 3.2.2 Menentukan Parameter dengan Estimasi Harga Saham

Pada subbab sebelumnya diperoleh 242 data yang akan digunakan untuk menghitung parameter dari estimasi harga saham. Dari 241 nilai return yang diperoleh dapat dihitung expected return, variansi return dan standar deviasi. Berikut pada Tabel 7. disajikan nilai

dari masing-masing parameter baru sebagai berikut:

Tabel 7. Parameter dari Harga Estimasi Saham Metode Quasi Monte Carlo

| Nama Saham | $\hat{\mu}$          | $\hat{\sigma}$ | $\hat{\sigma}^2$      |
|------------|----------------------|----------------|-----------------------|
| EXCL.JK    | 0,000125             | 0,002089       | $4,36 \times 10^{-6}$ |
| TLKM.JK    | $7,9 \times 10^{-6}$ | 0,001332       | $1,78 \times 10^{-6}$ |
| ISAT.JK    | 0,000153             | 0,002549       | $6,5 \times 10^{-6}$  |
| FREN.JK    | 0,000218             | 0,003615       | $1,31 \times 10^{-5}$ |

### 3.2.3 Mengestimasi VaR Portofolio

Mengestimasi nilai risiko portofolio saham dengan menggunakan metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton, langkah – langkah yang dilakukan sama dengan mengestimasi risiko dengan metode Monte Carlo. Dalam menghitung VaR pada level signifikansi ( $p$ ) yang digunakan yaitu 0,05. Dana awal ( $W_0$ ) yang diinvestasikan yaitu sebesar Rp. 100.000.000,00 dengan tingkat kepercayaan 95%. Dengan bantuan *software Matlab R2017a* dalam mencari parameter dalam menghitung VaR dan menyimulasikan nilai VaR untuk mencapai nilai optimal, diperoleh nilai VaR pada setiap simulasi ditunjukkan pada Tabel 8. sebagai berikut :

Tabel 8. Nilai VaR Portofolio Metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton

| M    | Nilai VaR      | Error       |
|------|----------------|-------------|
| 100  | Rp. 120.289,41 | 83,11230233 |
| 200  | Rp. 120.282,96 | 66,40228442 |
| 500  | Rp. 120.240,40 | 44,18151985 |
| 750  | Rp. 120.200,92 | 36,68634494 |
| 1000 | Rp. 120.210,80 | 31,55854312 |
| 1500 | Rp. 120.206,30 | 25,63871537 |
| 2000 | Rp. 120.220,09 | 22,71021166 |
| 3000 | Rp. 120.202,66 | 18,21892244 |
| 4000 | Rp. 120.257,23 | 16,19509186 |
| 5000 | Rp. 120.207,07 | 14,19626011 |

Nilai VaR metode Quasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan sebesar 95% dapat diartikan bahwa kerugian yang akan dialami pada portofolio dengan menanamkan modal sebesar Rp. 100.000.000,00 tidak akan melebihi Rp 120.207,07 dalam satu hari.

### 3.3 Perbandingan Hasil VaR Portofolio

Dalam subbab ini akan dibahas mengenai perbandingan hasil yang diperoleh dari VaR Portofolio menggunakan metode *Monte Carlo* dan VaR Portofolio menggunakan metode

*Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton. Perhitungan VaR dilakukan dengan tahapan yang sama pada dua metode yang digunakan, namun terdapat perbedaan dari bilangan acak yang digunakan pada saat mengestimasi harga saham tiap metode. Bilangan acak pada tiap metode memberikan perbedaan yang signifikan pada hasil kerugian yang akan diperoleh dari portofolio tersebut. Pada Tabel 6. dan Tabel 8. dapat dilihat adanya perbedaan nilai risiko kerugian pada M simulasi yang dilakukan. Diketahui bahwa estimasi kerugian yang diperoleh dari metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton lebih besar dibandingkan dengan hasil estimasi kerugian dari metode *Monte Carlo*. Hal ini disebabkan adanya pengaruh dari pembangkit bilangan acak pada tiap metode.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

Mengestimasi risiko kerugian portofolio saham perusahaan telekomunikasi dengan *Value at Risk* (VaR) menggunakan metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo* dengan pembangkit bilangan acak Halton menghasilkan nilai VaR yang berbeda-beda pada tiap M simulasi yang dilakukan. Hal ini disebabkan adanya pengaruh dari pembangkit bilangan acak pada tiap metode. Dengan bantuan software *Matlab R2017a* metode *Quasi Monte Carlo* memerlukan waktu yang lebih lama pada saat melakukan simulasi dibandingkan metode *Monte Carlo*.

Saran yang dapat diberikan penelitian untuk penelitian selanjutnya adalah untuk mengembangkan metode yang digunakan untuk menghitung risiko saham dalam bentuk portofolio lainnya yakni menghitung *Value at Risk* (VaR) dengan barisan kuasi acak Van der Cosrput, Sobol, dan Faure.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arthini, W., Dharmawan, K., & Ida Harini, L. P. 2012. Perhitungan VaR Portofolio Saham Menggunakan Data Historis dan Data Simulasi Monte Carlo. *E-Jurnal Matematika*, 1(1), 1–5.
- Jorion, Philippe. 2006. *Value At Risk : The New Benchmark for Managing Risk*. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Mahayoga, I. G. P. N., Dharmawan, K., & Ida Harini, L. P. 2014. Penentuan Harga Kontrak Opsi Tipe Eropa Menggunakan Metode Quasi Monte Carlo Dengan Barisan Kuasi-Acak Halton. *E-Jurnal Matematika*, 3(4), 154
- Manganelli et al. 2001. *Value at Risk Models in Finance*. Working Paper no 75. European Central Bank (ECB). Germany.
- Tandelilin, E. 2010. *Portofolio dan Investasi*, Edisi Pertama. Kanisus. Yogyakarta.