



ANALISIS *VALUE AT RISK* PORTOFOLIO SAHAM LQ45 DENGAN METODE SIMULASI *MONTÉ CARLO CONTROL VARIATES*

Westi Widiyatari¹, Evy Sulistianingsih², Wirda Andani³

^{1,2,3}Program Studi Statistika Fakultas FMIPA, Universitas Tanjungpura Pontianak
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, 78124, Kalimantan Barat
Email: evysulistianingsih@math.untan.ac.id

ABSTRACT

Value at Risk (VaR) with the Monte Carlo (MC) simulation is an estimate of the maximum loss over a given period of time and with a specific degree of confidence. MC VaR uses the Control Variates (CV) technique which is one of the reduction techniques in the MC method to improve the efficiency of VaR estimation. This study also aims to analyze the risk of the LQ45 indexed stock portofolio with Monte Carlo Control Variates (MCCV) VaR. In addition, this study compares MCCV VaR with standar MC VaR. The closing prices of the shares of PT Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) and PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) were the source of the data for this study. The 95% confidence level is used for this study to estimate one-day MCCV VaR. The results obtained show that MCCV is able to reduce the variance of the estimate more quickly than the standar MC VaR. Thus, MCCV VaR is more efficient than the standard MC VaR.

Keywords: Control Variates, Monte Carlo, Portofolio, Value at Risk

ABSTRAK

Value at Risk (VaR) dengan pendekatan *Monte Carlo* (MC) merupakan estimasi kerugian maksimal dalam sebuah tingkat kepercayaan serta periode waktu tertentu. VaR MC menggunakan teknik *Control Variates* (CV) yang merupakan salah satu teknik reduksi variansi dalam metode MC untuk meningkatkan efisiensi estimasi VaR. Studi ini bertujuan guna menganalisa risiko portofolio saham yang terindeks LQ45 dengan VaR *Monte Carlo Control Variates* (MCCV). Selain itu, penelitian ini menganalisis performa dengan membandingkan VaR MCCV dengan VaR MC standar. Data yang digunakan berupa harga penutupan saham PT Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) serta PT Bank Central Asa Tbk (BBCA). Tingkat kepercayaan 95% pada studi ini digunakan untuk mengestimasi VaR pada periode satu hari kedepan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa VaR dengan metode MCCV mampu mengurangi variansi estimasi dengan lebih cepat dibanding dengan VaR MC standar. Dengan demikian, VaR MCCV lebih efisien dibandingkan dengan VaR MC standar.

Kata kunci: *Control Variates*, *Monte Carlo*, Portofolio, *Value at Risk*

Received: 18 Juli 2023, Accepted: 14 Agustus 2023, Published: 18 Agustus 2023

PENDAHULUAN

Investasi merupakan satu dari sekian tindakan yang berkontribusi untuk menunjang pembangunan perekonomian dengan melakukan penempatan sejumlah dana sekarang, untuk menghasilkan keuntungan di masa depan (Adnyana, 2020). Satu dari sekian macam investasi yang terbanyak peminatnya ialah investasi pada saham. Ketika melakukan investasi saham, terdapat kedua faktor pertimbangan dalam pengambilan keputusan yakni *return* (tingkat pengembalian) serta *risk* (risiko). Rendah tingginya suatu risiko bisa memberi pengaruh pada penghasilan yang didapatkan. Permasalahan yang dihadapi investor adalah mengidentifikasi beberapa saham yang memberikan *return* maksimal dengan risiko yang minimal sehingga investor harus membentuk portofolio (Adnyana, 2020). Pembentukan portofolio bertujuan agar investor memaksimalkan *return* yang diinginkan dari investasi dengan tetap mempertahankan tingkat risiko tertentu.

Terdapat sejumlah metode untuk mengestimasi nilai risiko salah satunya adalah *Value at Risk* (VaR). VaR yaitu suatu pendekatan yang dapat digunakan dalam mengestimasi kerugian maksimal dari sebuah portofolio pada periode waktu dan tingkat kepercayaan tertentu. Ada beberapa cara yang bisa digunakan dalam menghitung VaR, seperti metode simulasi historis (*historical simulation*), metode parametrik (*Variance – Covariance*), serta metode simulasi *Monte Carlo* (Maruddani, 2019). Pada metode simulasi *Monte Carlo* adalah simulasi proses acak yang mengasumsikan *return* saham berdistribusi normal (Fitaloka et al., 2018). Simulasi *Monte Carlo* didefinisikan sebagai sebuah metode guna menjalankan percobaan dengan banyaknya simulasi yang bertujuan memperoleh hasil yang terdekat dari percobaan yang dijalankan (Putri et al., 2018).

Efisiensi estimasi nilai VaR dari metode simulasi *Monte Carlo*, dapat ditingkatkan menggunakan teknik pengurangan variansi. Teknik Pengurangan variansi tersebut terdiri dari *Control Variates*, *Antithetic Variates*, *Stratified Sampling*, dan *Importance sampling* (Glasserman, 2003). Dalam penelitian ini, metode simulasi *Monte Carlo Control Variates* digunakan dalam mengestimasi VaR pada saham LQ45. Kemudian, hasil dari *Monte Carlo Control Variates* dibandingkan dengan metode VaR berbasis simulasi *Monte Carlo* standar.

TINJAUAN PUSTAKA

1. *Return* serta Risiko Investasi Saham

Return saham didefinisikan sebagai tingkat pengembalian ataupun keuntungan yang didapatkan dalam menjalankan investasi saham. Nilai *return* saham tiap periode dapat dihitung dengan Persamaan (1) (Pangaribuan et al., 2021):

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

dengan R_t ialah nilai *return* saat waktu ke- t , P_t ialah harga penutupan saham saat waktu ke- t , serta P_{t-1} ialah harga penutupan saham saat waktu ke- $t-1$.

Semakin tinggi potensi profit yang didapat dari sebuah investasi, tingkat risiko yang harus diterima semakin meningkat akibat ketidakstabilan dari *return* investasi (Maruddani, 2019). Dalam menentukan risiko dari suatu saham diperlukan rata-rata menggunakan Persamaan (2) (Artanadi et al., 2017):

$$\bar{R}_i = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N R_{i,t} \quad (2)$$

Dalam perhitungan, nilai rata-rata digunakan untuk mengestimasi nilai risiko yang dapat diukur dengan menggunakan standar deviasi sebagai berikut (Artanadi et al., 2017):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (R_{i,t} - \bar{R}_i)^2}{N - 1}}, \quad (3)$$

dengan S menyatakan standar deviasi, \bar{R}_i merupakan rata-rata *return* pada saham i , N banyaknya data *return*, dan $R_{i,t}$ yaitu *return* saham i pada waktu ke- t .

2. Portofolio Saham

Portofolio saham adalah sekumpulan lebih dari satu saham yang dimiliki oleh investor. Pada pembentukan portofolio, kalangan investor berupaya mengoptimalkan keuntungan terhadap tingkat risiko tertentu yang bisa diterima. *Return* suatu portofolio pada waktu ke- t , Rp_t , dapat ditulis dengan Persamaan (4) (Jorion, 2007):

$$Rp_t = \sum_{i=1}^N (w_i R_{i,t}) \quad (4)$$

dengan N merupakan banyaknya saham pada suatu portofolio, $R_{i,t}$ merupakan *return* saham ke- i pada waktu ke- t , dan w_i merupakan bobot atau besarnya proporsi pada saham i .

Salah satu cara untuk membentuk portofolio maksimal adalah dengan metode *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP). MVEP memberikan *return* yang optimal untuk tingkat risiko tertentu. Pembobotan portofolio menggunakan MVEP adalah (Purba et al., 2014):

$$\mathbf{w} = \frac{\Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}, \quad (5)$$

dimana \mathbf{w} merupakan bobot atau proporsi saham, Σ^{-1} merupakan invers matriks *variance-covariance return* saham, $\mathbf{1}_N$ merupakan vektor satu berukuran $N \times 1$, dan $\mathbf{1}_N^T$ merupakan *transpose* matriks $\mathbf{1}_N$ berukuran $N \times 1$.

3. Uji Normalitas

Pengujian ini berguna dalam memastikan bahwa asumsi analisis statistik terpenuhi dengan menganalisa berdistribusi normal ataupun tidak pada data yang digunakan. Pengujian *Kolmogorov-Smirnov* sebagai uji normalitas, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Wicaksono et al, 2014):

1. Hipotesis

H_0 : Data *return* saham berdistribusi normal

H_1 : Data *return* saham tak berdistribusi normal

2. Statistik Pengujian

$$D_{hitung} = \max |S(x) - F(x)| \quad (6)$$

dimana D_{hitung} adalah nilai supremum mutlak untuk semua x dari $S(x) - F(x)$, sedangkan $S(x)$ ialah fungsi distribusi kumulatif dari data sampel dan $F(x)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif berdistribusi normal.

3. Tingkat Signifikansi $\alpha = 5\%$

4. Kriteria Pengujian

Apabila $D > D^*(1 - \alpha)$ yang mana $D^*(1 - \alpha)$ adalah nilai kritis yang didapat berdasarkan tabel *Kolmogorov - Smirnov* ataupun nilai *p-value* $> 0,05$ maka H_0 tidak ditolak.

4. Simulasi Monte Carlo (MC)

Pendekatan metode simulasi MC ialah simulasi proses acak untuk membangkitkan kembali bilangan acak berdasar sifat-sifat dari data yang nantinya dibangkitkan. *Return* berdistribusi normal diasumsikan dalam penggunaan metode simulasi MC (Jorion, 2007). Dalam menganalisis metode simulasi MC, nilai variansi ialah satu dari sekian faktor yang dapat berdampak kepada efisiensi hasil yang didapatkan. Nilai variansi yang tinggi menghasilkan hasil yang kurang akurat dan tidak stabil, yang dapat mempengaruhi keputusan investasi (Pachamanova & Fabozzi, 2011).

5. Teknik Reduksi Control Variates (CV)

Reduksi variansi merupakan teknik sederhana dan banyak digunakan untuk meningkatkan akurasi dari Simulasi MC. Teknik *Control Variates* (CV) adalah salah satu teknik yang efektif untuk meningkatkan efisiensi serta untuk mereduksi variansi dimana teknik tersebut memperkecil nilai variansi pada metode MC (Glasserman, 2003). Dalam mengestimasi nilai VaR dengan metode simulasi MC

dengan teknik pendekatan CV, perlu terlebih dahulu mengidentifikasi variabel yang akan digunakan sebagai CV.

Misalkan akan diestimasi nilai ekspektasi dari X atau $E(X)$ dan terdapat variabel lain yaitu Y dengan nilai ekspektasi $E(Y)$ diketahui, dimana variabel Y disebut sebagai CV (variabel kontrol) yang berkorelasi positif dengan X . Estimator untuk nilai *return* CV, Z , dapat ditulis sebagai berikut (Pramuditya, 2017):

$$Z = X + c(Y - E(Y)) \quad (7)$$

dengan Z adalah *return* CV, X adalah *return* portofolio, dan Y adalah *return* dari variabel kontrol, serta c adalah nilai parameter yang ditentukan untuk meminimalkan variansi suatu nilai yang akan diestimasi dengan menggunakan Persamaan (8) (Lidebrandt, 2007) :

$$c = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\text{var}(Y)} \quad (8)$$

Pada Persamaan (8), $\text{cov}(X, Y)$ dan $\text{var}(Y)$ berturut-turut diberikan pada Persamaan (9) dan Persamaan (10).

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - E(X))(Y_i - E(Y)) \quad (9)$$

$$\text{var}(Y) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - E(Y))^2 \quad (10)$$

Pada penggunaan teknik CV, nantinya memberi hasil nilai variansi yang lebih rendah apabila dibandingkan pada metode MC standar atau dengan kata lain, $\text{var}(Z) < \text{var}(X)$.

6. Value at Risk (VaR)

VaR diartikan sebagai perkiraan kerugian maksimal yang nantinya diterima suatu portofolio sepanjang periode waktu dan tingkat kepercayaan tertentu (Rosha, 2021). Apabila periode yang digunakan semakin lama maka nilai VaR akan semakin tinggi. Tingkat kepercayaan menunjukkan kemungkinan suatu portofolio akan mengalami kerugian yang melebihi nilai VaR selama periode waktu tertentu (Maruddani, 2019).

VaR dituliskan sebagai bentuk ke- α . Nilai *VaR* dapat ditentukan melalui fungsi densitas peluang dari nilai *return* di waktu mendatang $f(R)$ dimana R merupakan *return* saham. Dalam tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$, nantinya diidentifikasi nilai kemungkinan terburuk, R^* . Perhitungan VaR di tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ pada periode waktu t hari, diformulasikan yakni (Maruddani, 2019):

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t}, \quad (11)$$

dengan $VaR_{(1-\alpha)}(t)$ merupakan VaR pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ sesudah periode t , W_0 merupakan dana investasi awal portofolio, serta R^* ialah kuantil ke- α dari distribusi *return* yang menjadi nilai kritis (*cut off values*) yang peluangnya telah ditetapkan.

Penggunaan simulasi *Monte Carlo* diaplikasikan untuk menghitung nilai VaR-nya. Asumsi dari penggunaan VaR menggunakan simulasi MC yakni data *return* berdistribusi normal (Jorion, 2007).

METODE PENELITIAN

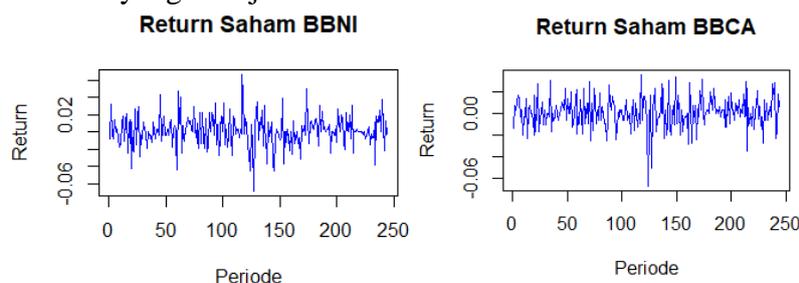
Data yang digunakan dalam penelitian ialah data harian harga penutupan saham terdaftar pada Indeks LQ45 pada sektor perbankan, yaitu saham PT Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) serta PT Bank Central Asa Tbk (BBCA) pada periode 1 November 2021 hingga 31 Oktober 2022 yang didapat dari situs <http://www.finance.yahoo.com/>. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data harian harga penutupan saham dari BBNI dan BBCA.
2. Memperhitungkan nilai *return* pada tiap sahamnya serta pengujian data yang distribusinya normal ataupun tidak. Bila data *return* sahamnya berdistribusi tak normal artinya dilakukan penggantian data yang sesuai dengan asumsi simulasi MC.
3. Menentukan nilai parameter yang diperlukan seperti *mean* serta standar deviasi tiap *return* saham pembentuk portofolio serta matriks *variance-covariance return* saham.
4. Menghitung bobot pada setiap saham.
5. Membangkitkan secara acak data *return* tiap saham dengan hasil parameter pada Langkah (3) sebanyak N data untuk menentukan nilai *return* portofolio.
6. Menentukan variabel kontrol yang berkorelasi tinggi terhadap *return* portofolio serta meminimalkan variansi dari *return* portofolio untuk memperoleh nilai *return CV*.
7. Menghitung nilai VaR dengan metode MCCV.
8. Melakukan pengulangan sebanyak 10, 50, 100, 200, 500 dan 1000 kali.
9. Melakukan penghitungan rerata hasil dari tahap ke (8).
10. Membandingkan nilai VaR yang dihitung menggunakan MCCV dengan MC standar.
11. Interpretasi dan membuat kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data

Berdasarkan harga penutupan saham BBNI dan BBCA, diperoleh nilai *return* untuk setiap saham yang dihitung menggunakan Persamaan (1). Sehingga didapat plot *return* saham yang tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1. Plot *Return* saham BBNI dan BBCA

Pada Gambar 1 dapat dilihat nilai *return* kedua saham tersebut mengalami fluktuasi yang cukup signifikan, namun demikian pada beberapa waktu terlihat adanya nilai *return* yang relatif stabil. Nilai *return* tiap saham bervariasi, pada beberapa titik terdapat kenaikan yang mengindikasikan peningkatan nilai saham.

2. Uji Normalitas *Return* Saham

Uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* digunakan dalam penelitian yang menggunakan Persamaan (6) dan *software R Studio*. Hasil dari Uji *Kolmogorov-Smirnov* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov*

| Saham | <i>p-value</i> | <i>D</i> _{hitung} | <i>D</i> _{tabel} |
|-------|----------------|----------------------------|---------------------------|
| BBNI | 0,08938 | 0,07941 | 0,08671 |
| BBCA | 0,06409 | 0,95149 | 0,08671 |

Dari Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa nilai *return* dari tiap saham pembentuk portofolio tersebut berdistribusi normal.

3. Perhitungan Rata-rata, Standar Deviasi dan *Variance-Covariance*

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata, standar deviasi serta *variance-covariance*. Hasil dari rerata serta standar deviasi yang tersaji dalam Tabel 2 diperoleh menggunakan Persamaan (2) dan (3) dengan bantuan *software R Studio*.

Tabel 2. Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi

| Saham | Rata-rata | Standar Deviasi |
|-------|-----------|-----------------|
| BBNI | 0,00129 | 0,01792 |
| BBCA | 0,00071 | 0,01424 |

Hasil *variance-covariance return* saham yang didapat melalui *software R Studio* tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Variance-Covariance*

| | BBNI | BBCA |
|-------------|-------------|-------------|
| BBNI | 0,00032 | 0,00013 |
| BBCA | 0,00013 | 0,00020 |

4. Bobot saham dan *Return* Portofolio

Bobot yang diberikan pada tiap saham pembentuk portofolio diperoleh dari perhitungan menggunakan MVEP pada Persamaan (5) berdasarkan nilai *Variance-covariance* pada Tabel 3. Dengan demikian, bobot untuk setiap saham pada portofolio yang dianalisis diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Bobot Saham

| Saham | Bobot |
|--------------|--------------|
| BBNI | 0,27645 |
| BBCA | 0,72354 |

Berdasarkan Tabel 4 didapatkan bobot atau proporsi saham yang diberikan tiap saham pembentuk portofolio yaitu pada Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) adalah sebesar 27,645% dan Bank Central Asia Tbk (BBCA) sebesar 72,354%

Setelah menentukan bobot dari tiap saham, selanjutnya dicari nilai *return* portofolio yang diperoleh dengan Persamaan (4). Dari nilai *return* portofolio, dihasilkan nilai rata-rata sejumlah 0,00087 dan standar deviasi portofolio sejumlah 0,01351. Kedua nilai ini digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai VaR dengan Simulasi MC Standar.

5. Perhitungan VaR simulasi *Monte Carlo Control Variates* dan *Monte Carlo Standar*

Tahapan yang dilakukan untuk membentuk *return CV* yaitu dengan menentukan variabel control yang berkorelasi tinggi terhadap variabel yang akan diestimasi. Misalkan *return* portofolio berupa variabel X dan *return* indeks LQ45 (variabel control) berupa variabel Y . Untuk menghitung nilai *return CV* dengan Persamaan (7), dibutuhkan nilai c yang dihitung menggunakan Persamaan (8) yaitu sebesar 1,11111.

Kemudian dengan menggunakan Persamaan (11) dan bantuan *software R Studio*, ditentukan nilai VaR MC standar pada *return* portofolio dan VaR MCCV pada *return CV* dengan tingkat kepercayaannya 95% dalam periode waktu satu hari sehingga didapatkan hasil yang disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai VaR

| M | MCCV | | MC Standar | |
|------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | VaR | Variansi | VaR | Variansi |
| 10 | -Rp 1.952.847 | 0,00000260 | -Rp 2.190.160 | 0,00000418 |
| 50 | -Rp 1.950.831 | 0,00000250 | -Rp 2.134.539 | 0,00000373 |
| 100 | -Rp 1.941.938 | 0,00000270 | -Rp 2.131.066 | 0,00000307 |
| 200 | -Rp 1.941.619 | 0,00000305 | -Rp 2.111.080 | 0,00000333 |
| 500 | -Rp 1.933.075 | 0,00000275 | -Rp 2.109.821 | 0,00000325 |
| 1000 | -Rp 1.924.901 | 0,00000276 | -Rp 2.109.449 | 0,00000306 |

Pada Tabel 5 tertera bahwa dari sejumlah simulasi dengan kedua metode tersebut memperoleh nilai VaR dan nilai variansi yang berbeda-beda. Pada MCCV menghasilkan nilai VaR sebesar Rp1.941.619 dan variansi sebesar 0,00000305 pada simulasi ke-200. Sementara itu MC standar menghasilkan nilai VaR sebesar Rp2.109.449 dan variansi sebesar 0,00000306 dalam simulasi ke-1000. Hasil ini menunjukkan bahwasanya simulasi MCCV mampu mengurangi variansi nilai VaR lebih cepat dari pada MC standar sehingga nilai VaR yang diperoleh akurat dan efisien (Artanadi et al., 2017).

Apabila dana yang akan dimodalkan pada portofolio dari saham BBNI dan BBCA sebesar Rp100.000.000 pada tingkat kepercayaan 95 % dengan metode MCCV sebanyak 200 kali simulasi menggunakan MCCV diperoleh rata-rata nilai VaR adalah sebesar Rp1.941.619 atau 1,94%. Hal tersebut bermakna bahwa kemungkinan kerugian yang akan dialami investor dalam periode satu hari kedepan (satu hari setelah tanggal 31 Oktober 2022) adalah sebesar Rp1.941.619.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang sudah dilakukan dengan metode VaR MCCV diperoleh hasil bahwa nilai variansi VaR pada simulasi ke-200 sebesar 0,00000305. Sedangkan VaR MC standar nilai variansi pada simulasi ke-1000 diperoleh sebesar 0,00000306. Perbedaan pada nilai variansi yang sudah dihasilkan dari kedua metode tersebut menunjukkan bahwasanya MCCV dapat mengurangi variansi serta tak memerlukan banyak simulasi dibandingkan pada MC standar. Dengan modal sebesar Rp100.000.000, Nilai VaR untuk satu hari kedepan yang dihasilkan menggunakan metode MCCV adalah Rp1.941.619.

REFERENSI

- Adnyana, I. M. (2020). *Manajemen Investasi dan Protfolio*. Jakarta: LPU-UNAS
- Artanadi, N. N. A., Dharmawan, K., & Jayanegara, K. (2017). Penentuan Harga Opsi Beli Tipe Asia Dengan Metode Monte Carlo-Control Variate. *E-Jurnal Matematika*, 6(1), 29-36.

- Fitaloka, E., Sulistianingsih, E., & Perdana, H. (2018). Pengukuran *Value at Risk* (VaR) Pada Portofolio Dengan Simulasi Monte Carlo. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 07(2), 141–148.
- Glasserman, P. (2003). *Monte Carlo Methods in Financial Engineering* New York (US):Springer.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark For Managing Financial Risk* Third Edition. New York: The Mc Graw-Hill Companies.
- Lidebrandt, T., (2007). *Variance Reduction Three Approaches to Control Variates*. Postal address : *Mathematical Statistics*, SE-109(91).
- Maruddani, D. A. I. (2019). *Value at Risk untuk Pengukuran Risiko Investasi Saham*. WADE Grup.
- Pachamanova, D. A., & Fabozzi, F. J. (2011). *Simulation and Optimization in Finance: Modeling with MATLAB, @RISK, or VBA*. New York: John Wiley & Sons.
- Pangaribuan, I. M., Dharmawan, K., & Sumarjaya, I. W. (2021). Analisis Risiko Portofolio Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo Control Variates. *E-Jurnal Matematika*, 10(4), 192-197.
- Pramuditya, S. A. (2017). Penentuan Harga Opsi Asia Dengan Metode Monte Carlo. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 3(1), 44-48.
- Purba, M., Sudarno, & Mukid, M. A. (2014). Optimalisasi Portofolio Menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM) Dan Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP). *Jurnal Gaussian*, 3(3), 481–490.
- Putri, L. H. T. W., Dharmawan, K., & Sumarjaya, I. W. (2018). Penentuan Harga Jual Opsi Barrier Tipe Eropa Dengan Metode Antithetic Variate Pada Simulasi Monte Carlo. *E-Jurnal Matematika*, 7(2), 71-78.
- Rosha, M. (2021). Pengukuran Value at Risk (VaR) Saham Perbankan Dalam Indeks IDX30 Dengan Metode Simulasi Historis, *UNPjoMath*, 6(4), 44–49.
- Wicaksono, B. H., Wilandari, Y., & Rusgiyono, A. (2014). Perbandingan Metode Variance Covariance Dan Historical Simulation Untuk Mengukur Risiko Investasi Reksa Dana, *Jurnal Gaussian*, 3(4), 585–594.