

Penggunaan Metode *Copula Gaussian* untuk Menentukan Nilai *Value at Risk* Investasi Saham pada Bank BCA dan Bank BRI

Kevin Ekarinaldo Palungan^{1*}, Anisa Kalondeng², Nirwan Ilyas³

¹²³Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hadanuddin, Makassar, 60294, Indonesia

* Corresponding author, email: kevinon04@gmail.com

Abstract

Investment is capital for one or more assets over a long period of time to obtain profits. Besides being able to provide profits, stock investment also contains an element of risk. Therefore, risk measurement needs to be done so that the risk is within a controlled level so as to reduce the occurrence of investment losses. This study uses the Gaussian Copula to calculate Value at Risk on the closing price data of PT. Bank Central Asia Tbk and PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk for the period January 02, 2020 to December 30, 2022. For the Kendall's correlation value $\tau=0.3307$ produces a Pearson correlation value of $\rho=0.4965$ which is also used as an estimate of the Copula Gaussian parameter. The results of the VaR calculation on a portfolio with a weight of 50% shares of PT Bank Central Asia Tbk and 50% shares of PT Bank Rakyat Indonesia Tbk average VaR at the 95% confidence level of -0.0269 means that if investors invest their funds by 50% in PT Bank Central Asia Tbk shares and 50% in PT Bank Rakyat Indonesia Tbk shares there is a risk that the maximum loss is 2.69% of the invested funds.

Keywords: *Copula Gaussian, Invesment, Risk, Stock, Value at Risk.*

Abstrak

Investasi merupakan modal untuk satu atau lebih aktiva dalam jangka waktu lama untuk memperoleh keuntungan. Investasi saham selain dapat memberikan keuntungan, juga mengandung unsur risiko. Oleh sebab itu, pengukuran risiko perlu dilakukan agar risiko berada dalam tingkatan yang terkendali sehingga dapat mengurangi terjadinya kerugian berinvestasi. Penelitian ini menggunakan Copula Gaussian untuk menghitung Value at Risk pada data penutupan harga saham PT. Bank Central Asia Tbk dan PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk periode 02 Januari 2020 sampai 30 Desember 2022. Untuk nilai korelasi kendall's $\tau=0.3307$ menghasilkan nilai korelasi pearson sebesar $\rho=0.4965$ yang juga digunakan sebagai estimasi dari parameter Copula Gaussian. Hasil perhitungan VaR pada portofolio dengan bobot 50% saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk rata-rata VaR pada taraf kepercayaan 95% sebesar -0.0269 artinya jika investor menginvestasikan dananya sebesar 50% pada saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% pada saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk terdapat risiko bahwa kerugian maksimum sebesar 2.69% dari dana yang diinvestasikan

Kata Kunci: *Copula Gaussian, Investasi, Risiko, Saham, Value at Risk.*

1. Pendahuluan

Return saham merupakan faktor yang dapat memotivasi investor dalam berinvestasi serta suatu balasan atas keberanian investor dalam menghadapi risiko atas suatu investasi

yang akan dilakukannya. Return adalah tingkat pengembalian yang didapat investor dari kegiatan investasi [1]. Harga saham sering mengalami perubahan yang sulit diprediksi, sehingga berakibat pada tidak pastinya nilai *return* saham, untuk itu diperlukan suatu model matematis untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan harga saham pada masa lalu.

Investasi saham selain dapat memberikan keuntungan, juga mengandung unsur risiko. Risiko merupakan besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) dengan tingkat pengembalian aktual (*actual return*). Kesalahan dalam pengukuran risiko dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan apabila dana yang diinvestasikan cukup besar. Oleh sebab itu, pengukuran risiko perlu dilakukan agar risiko berada dalam tingkatan yang terkendali sehingga dapat mengurangi terjadinya kerugian berinvestasi [2]. Salah satu metode yang berkembang pesat dan sangat populer saat ini adalah *Value at Risk* (*VaR*) yang dipopulerkan oleh J.P. Morgan pada tahun 1994.

Menurut Best (1998) *Value at Risk* (*VaR*) adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan (*level of confidence*) tertentu. Secara umum, dalam mengukur risiko seringkali harus memenuhi berbagai asumsi seperti hubungan antar variabel linier dan berdistribusi normal. Pada kenyataannya data saham banyak ditemukan tidak berdistribusi normal sehingga perhitungan risiko menjadi kurang tepat. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, maka digunakan suatu metode yaitu copula [3].

Copula sebagai salah satu metode estimasi *VaR* merupakan pemodelan distribusi bersama (joint distribution) yang memiliki keunggulan, yaitu tidak memerlukan asumsi distribusi normal [4]. Keluarga *copula* yang umum dikenali yaitu *elliptical copula* dan *Archimedean copula*. Keluarga *elliptical copula* terdiri dari *Copula Gaussian* dan *T-copula*. *Copula Gaussian* merupakan salah satu jenis *copula* yang menggunakan distribusi normal standar multivariat. *Copula Gaussian* mempunyai kelebihan dalam menjelaskan *tail* dependensi atas dan juga bawah [5].

Oleh karena itu penulis melakukan penelitian mengenai penerapan *Value at Risk* pada data penutupan harga saham pada Bank yang PT. Bank Central Asia Tbk dan data penutupan harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk.

2. Material dan Metode

2.1 Copula Gaussian

Menurut Bob (2013), *Copula Gaussian* C_P^{Ga} dari distribusi normal standar d – dimensi, dengan matrix korelasi linear $\mathbf{P}$ adalah fungsi distribusi dari random vektor $(\Phi(X_1), \dots, \Phi(X_d))$ dimana Φ adalah fungsi distribusi kumulatif dari distribusi normal standar univariat dan $\mathbf{X} \sim N_d(\mathbf{0}, \mathbf{P})$ sehingga:

$$\begin{aligned} C_P^{Ga}(u) &= P(\Phi(X_1) \leq u_1, \Phi(X_2) \leq u_2, \dots, \Phi(X_d) \leq u_d) \\ &= \Phi_P^d(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_d)) \end{aligned} \quad (1)$$

Pengukuran dependensi *Copula Gaussian* dapat menggunakan korelasi *kendall's tau*. Koefisien korelasi *kendall's tau* diperkenalkan oleh M.G. Kendall (1938) yang dinotasikan dengan τ . Pada korelasi *Kendall's Tau* akan dilihat nilai variabel searah (konkordan) atau berlawanan arah (diskordan). Rumus alternatif dari dua variabel dikatakan konkordan jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) > 0$ dan diskordan jika $(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$. Rumus yang digunakan untuk pengujian *kendall's tau* τ adalah sebagai berikut.

$$\tau = \frac{N_c - N_d}{[N(N - 1)]/2} \quad (2)$$

dengan τ adalah koefisien korelasi *Kendall's Tau*, N_c adalah jumlah angka pasangan konkordan, N_d adalah jumlah angka pasangan diskordan dan N adalah banyaknya data [6]. Pada *Copula Gaussian*, *kendall's tau* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_\tau = \frac{2}{\pi} \arcsin(\rho) \quad (3)$$

dengan $\rho = P_{12} = P_{21}$ adalah koefisien korelasi *pearson* [7].

2.2 Return Saham

Pendapatan atau kerugian dari suatu investasi, tergantung pada perubahan harga dan jumlah aset yang dimiliki. Investor tertarik dengan pendapatan yang relatif besar terhadap besarnya investasi awal. *Return* dari suatu aset adalah perubahan harga dari harga awal. Salah satu tujuan investor berinvestasi adalah untuk mendapat *return*. Nilai *return* dapat dihitung dengan rumus:

$$R_t = \left(\frac{P_{t+1} - P_t}{P_t} \right) \quad (4)$$

dengan R_{t+1} menyatakan tingkat pengembalian *return* saham pada periode ke- t , P_{t+1} menyatakan harga saham pada period ke $t + 1$ dan P_t adalah harga saham pada periode t [8]. Secara matematis, *return* portofolio dari dua asset pada waktu ke- t dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_{pt} = w_1 R_{1,t} + w_2 R_{2,t} \quad (5)$$

dengan:

w_1 : bobot alokasi dana untuk asset Tunggal ke-1

$R_{1,t}$: *return* asset ke-1 pada waktu ke- t

w_2 : bobot alokasi dana untuk asset Tunggal ke-2

$R_{2,t}$: *return* asset ke-2 pada waktu ke- t

2.3 Value at Risk

Value at Risk (VaR) merupakan metode yang digunakan untuk pengukuran risiko dalam manajemen risiko. *Value at Risk* didefinisikan sebagai pengukuran risiko yang mengestimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan tertentu selama periode waktu tertentu [9]. Menurut Pradana dkk (2015) nilai *VaR* pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ dalam periode waktu t hari pada return tunggal maupun portofolio dapat dihitung menggunakan Persamaan (6) berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (6)$$

dengan:

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

W_0 : dana investasi awal portofolio

R^* : nilai kuantil ke $-\alpha$ dari distribusi *return* portofolio

t : periode waktu

Salah satu metode untuk menghitung nilai *VaR* adalah simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo adalah merupakan metode yang paling kuat untuk mengukur *VaR* karena simulasi Monte Carlo melakukan percobaan berulang kali dengan pembangkitan bilangan acak sehingga didapatkan nilai random pada probabilitas frekuensi tertentu, yang nantinya akan digunakan sebagai estimasi untuk memprediksi kondisi pergerakan saham di masa mendatang [10].

2.4 Metode Analisis

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder, yaitu harga penutupan saham harian PT. Bank Central Asia Tbk dan PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk periode 02 Januari 2020 sampai 30 Desember 2022. Data tersebut diperoleh melalui *website* <http://finance.yahoo.com>. Aplikasi yang digunakan untuk membantu penelitian ini adalah *software* Microsoft Excel dan R Studio.

Adapun tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *return* dari masing-masing harga penutupan saham.
2. Menguji kenormalan data dengan melakukan uji Kolmogorov-Smirnov.
3. Mencari nilai korelasi *Tau Kendall* dari kedua *return* saham.
4. Menghitung nilai estimasi parameter *Copula Gaussian* menggunakan nilai korelasi *Tau Kendall* yang diperoleh pada langkah (3).
5. Mensimulasikan nilai *return* dengan membangkitkan secara acak *return* asset Tunggal dengan fungsi *Copula Gaussian* berdasarkan nilai estimasi parameter yang diperoleh pada Langkah (4) sebanyak n data.
6. Menghitung *return* portofolio berdasarkan simulasi *return* yang diperoleh pada langkah (5).

7. Mencari dugaan kerugian maksimum pada Tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ yang merupakan nilai kuantil α dari *return* yang diperoleh pada langkah (6).
8. Mengulangi langkah (5) sampai (7) sebanyak m kali sehingga mencerminkan berbagai kemungkinan *VaR*, yaitu $VaR_1, VaR_2, \dots$, dan VaR_m .
9. Menghitung rata-rata hasil dari langkah (8) untuk menstabilkan *VaR* arena *VaR* yang diperoleh dari setiap simulasi berbeda.

Melakukan interpretasi dari hasil yang telah diperoleh.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Uji Normalitas

Uji Normalitas dilakukan untuk melihat distribusi pada data *return* saham apakah berdistribusi normal atau tidak. Uji Normalitas dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan R Studio.

Adapun hipotesis yang digunakan dalam pengujian tersebut adalah:

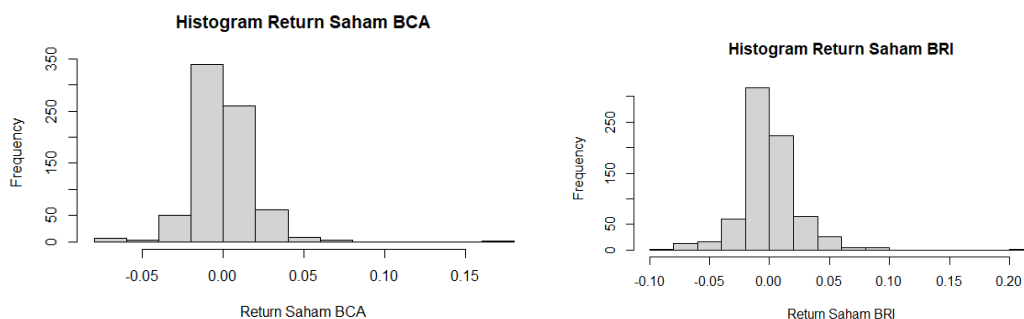
H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Tabel 1. Uji Normalitas *Return* Saham PT. Bank Central Asia dan PT. Bank Rakyat Indonesia

Saham	D_{hit}	D_{tabel}	Keputusan
PT. BCA Tbk	0.0813	0.0498	Tolak H_0
PT. BRI Tbk	0.0814	0.0498	Tolak H_0

Pada Tabel 1 menunjukan bahwa masing-masing nilai D_{hit} saham lebih besar dari nilai Tabel *Kolmogorov-Smirnov* yaitu 0.0813 dan 0.0814. sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *return* saham PT. Bank Central Asia Tbk dan PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk tidak berdistribusi normal.



Gambar 1. Histogram *return* PT. Bank Central Asia Tbk dan PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk.

3.2 Estimasi Parameter Copula Gaussian

Parameter *Copula Gaussian* diperoleh menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Nilai korelasi *kendall's tau* dihitung menggunakan banyaknya pasangan konkordan dan diskordan. Nilai koefisien korelasi *kendall's tau* dari keseluruhan data *return* saham PT. Bank Central Asia Tbk dan PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk dicari dengan bantuan *software R*. Diperoleh nilai koefisien korelasi *kendall's τ* = 0.3307. Kemudian Nilai korelasi *kendall tau* ini digunakan untuk menghitung nilai *korelasi pearson* dengan menggunakan persamaan [3] sebagai berikut:

$$\rho = \sin\left(\frac{0.3307 \times \pi}{2}\right) = \sin((0.5)(0.3307)(3.1416)) = 0.4965$$

Sehingga matriks korelasi diperoleh adalah

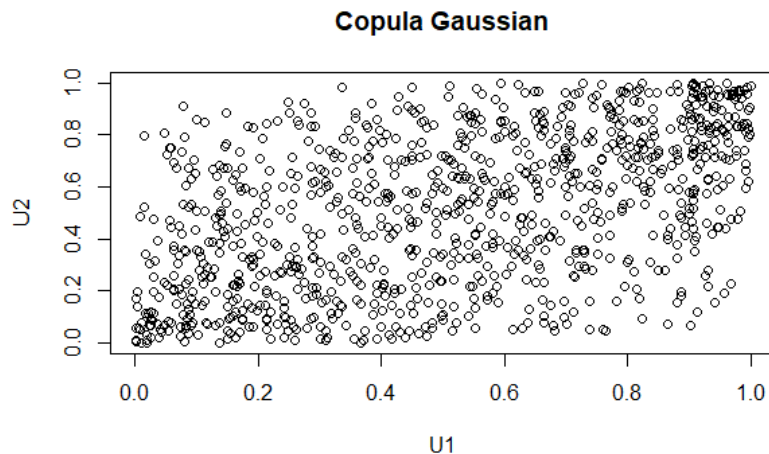
$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.4965 \\ 0.4965 & 1 \end{bmatrix}$$

3.3 Simulasi Copula Gaussian

Simulasi data dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak yang mengikuti model Copula Gaussian menggunakan nilai parameter ρ yang diperoleh sebelumnya dan dimodelkan dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$U' = \begin{bmatrix} 0.6946 & 0.2066 & 0.9800 & \dots & 0.5138 \\ 0.0491 & 0.3928 & 0.8600 & \dots & 0.4554 \end{bmatrix}$$

Data simulasi *Copula Gaussian* untuk $n = 1000$ yang diperoleh dari U dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Scatterplot Copula Gaussian Data Simulasi $n = 1000$

Gambar 2 memperlihatkan bahwa bentuk scatterplot menunjukkan pola sebaran mengikuti *Copula Gaussian* dimana titik terkumpul di bagian atas dan bawah, hal ini

menunjukkan terdapat *tail* dependensi atas dan *tail* dependensi bawah yang menunjukkan adanya keterkaitan antara kedua variabel.

3.4 Perhitungan Value at Risk

Perhitungan *VaR* dilakukan dengan Simulasi *Monte Carlo*. Simulasi ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak berjumlah 1000 yang mengikuti model *Copula Gaussian* menggunakan parameter ρ yang telah diperoleh pada Langkah sebelumnya. Perhitungan *VaR* pada taraf kepercayaan 95% dilakukan dengan menghitung kuantil 5% dari simulasi *return* portfolio, diperoleh bahwa nilai kuantil 5% sebesar -0.0244. Kemudian, mengulangi simulasi sebanyak 100 kali dan mengambil rata-ratanya untuk menstabilkan karena hasil yang dihasilkan tiap simulasi berbeda seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Simulasi *VaR* Sebanyak 100 kali

Simulasi ke-	<i>VaR</i>
1	-0.0244
2	-0.0259
3	-0.0260
4	-0.0288
5	-0.0256
⋮	⋮
100	-0.0259
Rata-rata	-0.0269

Estimasi *VaR* yang bernilai minus menunjukkan kerugian *return*. Dari hasil perhitungan *VaR* pada portofolio dengan bobot 50% saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk ditampilkan pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata *VaR* pada taraf kepercayaan 95% sebesar -0.0269 artinya jika investor menginvestasikan dananya sebesar 50% pada saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% pada saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk terdapat risiko bahwa kerugian maksimum sebesar 2.69% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan dari tanggal 30 Desember 2022.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa nilai korelasi kendall's $\tau = 0.3307$ menghasilkan nilai korelasi pearson sebesar $\rho = 0.4965$ yang juga digunakan sebagai estimasi dari parameter *Copula Gaussian*. Hasil perhitungan *VaR* pada portofolio dengan bobot 50% saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% saham PT. Bank Rakyat Indonesia Tbk ditampilkan pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa rata-rata *VaR* pada taraf kepercayaan 95% sebesar -0.0269 artinya jika investor menginvestasikan dananya sebesar 50% pada saham PT. Bank Central Asia Tbk dan 50% pada saham PT. Bank

Rakyat Indonesia Tbk terdapat risiko bahwa kerugian maksimum sebesar 2.69% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan.

Daftar Pustaka

- [1] Tandelilin, E. *Portofolio dan Investasi Teori dan Aplikasi Edisi Pertama*. Yogyakarta: Kanisius, 2010.
- [2] Zuhra, F. Estimasi Nilai Return Portofolio Saham LQ-45 dan JII Dengan Metode Copula Gaussian. *Institute of Research and Publication Indonesia*, 1, 11-18, 2022.
- [3] Prihatiningsih, D. R., Maruddani, D. A. I., & Rahmawati, R. Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR) dalam Pembentukan Portofolio Bivariat Menggunakan Copula Gumbel. *Jurnal Gaussian*, 9(3), 326-335, 2020.
- [4] Iriani, N. P., Akbar, M. S., & Haryono, H. Estimasi Value at Risk (VaR) pada Portofolio Saham dengan Copula. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2), 195-200, 2013.
- [5] Nahliyani. *Pemilihan Model Copula Menggunakan Distribusi Copula Empirik*. Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2018.
- [6] Prayoga, I. S. *Pemodelan Kerugian Bencana Banjir Akibat Curah Hujan Ekstrem Menggunakan Extreme Value Theory dan Copula*. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [7] Saputri, G. A., dkk. Analisis Value at Risk (VaR) pada Investasi Saham Blue Chips dengan Pendekatan Copula. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 200-205, 2020.
- [8] Yamai, Y., & Yoshiba, T. Value-at-risk versus expected shortfall: A practical perspective. *Journal of Banking & Finance*, 29(4), 997-1015, 2005.
- [9] Astuti, I., Burhanudin, B., & Suryawati, B. N. Analisis Risiko Portofolio dengan Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo (Studi Pada Perusahaan yang Terdaftar Indeks LQ45 di Bursa Efek Indonesia Periode 2015-2018). *Distribusi - Journal of Management and Business*, 8(1), 105–124, 2020.