

## PENENTUAN *VALUE AT RISK* (VaR) PADA PORTOFOLIO BIVARIAT DENGAN PENDEKATAN COPULA GUMBEL

Karina Febriani<sup>1\*</sup>, Tarno<sup>2</sup>, Deby Fakhriyana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas

\*e-mail : [karinafebriani124@gmail.com](mailto:karinafebriani124@gmail.com)

DOI: 10.14710/j.gauss.13.1.79-87

### Article Info:

Received: 2023-06-10

Accepted: 2024-09-19

Available Online: 2024-09-26

### Keywords:

*Value at Risk; Gumbel copula; ARIMA; GARCH*

**Abstract:** One way to minimize risk in stock investment is stock portfolio. Value at Risk (VaR) is a calculation method that can be used to estimate the risk of a stock portfolio. VaR can be measured by parametric and non-parametric approaches. Calculation of VaR with Monte Carlo simulation assumes the data is normally distributed. Stock return data generally has high volatility so that the residual variance of the model is not constant (heteroscedasticity) and not normally distributed. The ARIMA-GARCH model can be used to solve heteroscedasticity problems. Copula is a tool used to model the combined distribution of residuals from the ARIMA-GARCH model which does not require normality assumptions. Gumbel's copula is copula that has the best sensitivity to high risk. This study uses stock data of PT Bukit Asam Tbk (PTBA) and PT Chandra Asri Petrochemical Tbk (TPIA) for the period April 1 2020 – December 1 2022. The initial step of this research is model stock returns using the ARIMA-GARCH method and then calculate portfolio VaR using the Gumbel's copula. The results showed that the best model for PTBA is ARIMA(2,0,2) GARCH(1,1) and for TPIA is ARIMA(1,0,0) GARCH (1,1). At the 95% confidence level, the portfolio risk is 2,41%.

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat pandemi Covid-19, banyak masyarakat Indonesia yang melakukan investasi saham. Menurut data PT Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI) jumlah investor pada Agustus 2022 mencapai 9,47 juta orang. Dibandingkan sebelum pandemi, jumlahnya tumbuh 2,73 kali lipat. Secara umum tujuan investasi saham adalah untuk meminimalkan risiko dan memaksimalkan keuntungan (*return*). Membentuk portofolio saham adalah salah satu cara meminimalkan risiko kerugian. Menurut Tandelilin (2010) pemilihan kombinasi aset untuk meminimalkan risiko dilakukan dengan memperhatikan nilai *mean*, standar deviasi masing-masing aset, dan koefisien korelasi. Selain itu proporsi jumlah dana yang diinvestasikan pada setiap aset juga berpengaruh terhadap risiko portofolio.

*Value at Risk* (VaR) didefinisikan sebagai suatu metode yang digunakan untuk mengukur risiko. Beberapa metode dalam pengukuran VaR harus memenuhi berbagai asumsi antara lain dependensi antara 2 saham berkorelasi linear dan *return* saham berdistribusi normal. Pada kenyataannya hubungan kebergantungan antara 2 saham seringkali non-linear dan data saham tidak berdistribusi normal. Metode untuk mengatasi kendala tersebut yaitu copula. Copula adalah metode yang *powerful* dan *fleksibel* karena tidak memerlukan asumsi normalitas. Salah satu keluarga copula yang populer digunakan adalah copula Archimedean (Prasetya, 2018). Menurut Damasari (dalam Prihatiningsih, 2020) copula Gumbel dari keluarga Archimedean memiliki kelebihan dalam mengidentifikasi korelasi pada nilai *return* yang besar dan merupakan copula sensitivitas terbaik terhadap risiko tinggi.

Pada umumnya data *return* saham memiliki volatilitas yang tidak konstan dari waktu ke waktu sehingga ketika dimodelkan ARIMA tidak memenuhi asumsi homoskedastisitas. Data yang memiliki volatilitas yang cenderung tinggi tidak bisa hanya dimodelkan menggunakan ARIMA sehingga perlu dikombinasikan dengan GARCH. Salah satu model yang mampu menangkap sifat heteroskedastisitas adalah GARCH (Hartati dan Imelda, 2017).

Penelitian tentang metode estimasi parameter copula telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Prihatiningsih (2020) mengestimasi parameter copula Gumbel pada saham BMRI dan ITMG menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Hasil penelitian ini adalah nilai VaR portofolio pada selang kepercayaan 95% sebesar 2,55%. Najiha, *et al.*, (2022) mengestimasi parameter copula Gumbel pada saham TLKM dan EXCL menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Hasil penelitian adalah nilai VaR portofolio pada selang kepercayaan 95% sebesar 4,36%.

Dalam penelitian ini diambil studi kasus mengenai estimasi risiko portofolio antara dua saham yakni PT Bukit Asam Tbk (PTBA) dan PT Chandra Asri Petrochemical Tbk (TPIA) menggunakan *Value at Risk* (VaR) dengan pemodelan ARIMA GARCH – copula Gumbel

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Alexander dan Destriana (2013) *return* saham yaitu keuntungan atau kerugian yang diperoleh investor pada periode tertentu. Tsay (2005) menyatakan bahwa nilai *return* saham dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$r_{i,t} = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (1)$$

$P_t$  adalah harga penutupan saham pada saat  $t$  dan  $P_{t-1}$  adalah harga penutupan saham pada saat  $t - 1$ . Tsay (2005) menyatakan bahwa pembentukan *return* portofolio dengan  $n$  aset pada periode waktu ke- $t$  dihitung menggunakan rumus seperti persamaan (2).

$$r_{p,t} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot r_{i,t} \quad (2)$$

$W_i$  adalah bobot saham ke- $i$  pembentuk portofolio dan  $r_{i,t}$  adalah *return* saham ke- $i$  periode  $t$ .

Runtun waktu adalah sekumpulan pengamatan yang dilakukan secara berurutan pada setiap periode (Wei, 2006). Stasioneritas adalah salah satu syarat penting dalam analisis runtun waktu. Menurut Wei (2006) proses stasioner adalah proses yang memiliki *mean* konstan dan varian konstan. Box dan Jenkins memperkenalkan beberapa model data runtun waktu sebagai berikut:

- Model *Autoregressive*

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (3)$$

- Model *Moving Average*

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (4)$$

- Model *Autoregressive Moving Average*

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (5)$$

- Model *Autoregressive Integreted Moving Average*

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \quad (6)$$

dengan:

$\phi_p(B)$  : operator AR orde  $p$

$\theta(B)$  : operator MA orde  $q$

$\phi_i$  : parameter model *autoregressive* ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$

$\theta_j$  : parameter model *moving average* ke- $j$ ,  $j = 1, 2, \dots, q$

$a_t$  : residual pada waktu  $t$ ,

$a_t$  diasumsikan proses yang white noise yaitu independen dan berdistribusi normal dengan *mean* 0 dan varian  $\sigma^2$

$a_{t-j}$  : residual pada waktu  $t - j$ ,  $j = 1, 2, \dots, q$

Mengidentifikasi model ARIMA dilakukan dengan menggunakan *software R* dengan fungsi *auto.arima*. Model ARIMA terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC terendah. Setelah mengidentifikasi model langkah selanjutnya adalah estimasi parameter dan melakukan uji diagnostik menggunakan residual model ARIMA yang mencakup uji independensi, uji normalitas, dan uji heteroskedastisitas.

Engle (1982) memperkenalkan model ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) untuk memodelkan data runtun waktu yang mempunyai variansi yang tidak konstan. Dalam prakteknya model ARCH cenderung menggunakan parameter dengan orde yang besar untuk menggambarkan volatilitas dari *return*. Bollerslev (1986) menemukan metode *generalized* ARCH atau disebut GARCH untuk menghindari orde yang besar dalam menggambarkan volatilitas dari *return*. Menurut Tsay (2005) persamaan model GARCH dapat dinyatakan dengan persamaan (7).

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^s \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{k=1}^r \beta_k \sigma_{t-k}^2 \quad (7)$$

dengan:

$\sigma_t^2$  : varian residual model pada waktu  $t$

$\alpha_0$  : konstanta model GARCH

$\alpha_j$  : parameter model ARCH,  $j = 1, 2, \dots, s$

$\varepsilon_{t-j}^2$  : residual kuadrat pada waktu  $(t - j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, s$

$\beta_k$  : parameter model GARCH,  $k = 1, 2, \dots, r$

$\sigma_{t-k}^2$  : varian residual model pada waktu  $(t - k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, r$

Koefisien model GARCH  $(s, r)$  memiliki sifat  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_j \geq 0$ ,  $\beta_k \geq 0$ , dan  $\sum_{j=1}^m (\alpha_j + \beta_k) < 1$ ,  $m = \max(s, r)$ .

Copula adalah gabungan beberapa fungsi distribusi marginal menjadi satu dimensi fungsi distribusi multivariat. Copula Archimedean dengan  $d$  dimensi dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (8) (Nelsen, 2006).

$$C(u_1, \dots, u_d) = \varphi^{-1}(\varphi(u_1) + \dots + \varphi(u_d)) \quad (8)$$

dengan:

$C(u_1, \dots, u_d)$  : fungsi distribusi copula  $d$  dimensi

$\varphi(u_d)$  : fungsi pembangkit copula ke- $d$

$\varphi^{-1}(u)$  : invers dari fungsi pembangkit copula

Transformasi variabel ke distribusi uniform [0,1] merupakan langkah awal dalam analisis copula (Prihatiningsih, 2020). Hal tersebut dilakukan dengan menghitung rank plot untuk setiap variabel random seperti pada persamaan (9).

$$\left( \left( \frac{R_1^i}{n+1} \right), \left( \frac{R_2^i}{n+1} \right), \dots, \left( \frac{R_\infty^i}{n+1} \right) \right), 1 \leq i \leq n \quad (9)$$

dengan:

$R_\infty^i$  : rank untuk variabel  $X_\infty$  ke-  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

$n$  : ukuran sampel

Pada tahun 1960 Gumbel memperkenalkan metode copula Gumbel yang kemudian dikenal dengan *Family* Gumbel. Menurut Nelsen (2006) fungsi pembangkit dari copula Gumbel dapat dinyatakan dengan persamaan (10).

$$\varphi(u) = (-\ln u)^\theta \quad (10)$$

Invers  $\varphi(u)$  dapat dinyatakan dengan persamaan (11).

$$\varphi^{-1}(u) = e^{-u^{\frac{1}{\theta}}} \quad (11)$$

Berdasarkan fungsi pembangkit diatas diperoleh fungsi distribusi kumulatif copula Gumbel bivariat seperti persamaan (12).

$$C(u_1, u_2) = \exp\left(-\left[(-\ln u_1)^\theta + (-\ln u_2)^\theta\right]^{\frac{1}{\theta}}\right) \quad (12)$$

dengan:

$C(u_1, u_2)$  : fungsi distribusi copula bivariat

$\varphi(u)$  : fungsi pembangkit copula

$\varphi^{-1}(u)$  : invers fungsi pembangkit copula

$\theta$  : parameter copula

Menurut Nelsen (2006) untuk mengestimasi parameter copula Gumbel menggunakan pendekatan *Tau Kendall* dapat dihitung menggunakan persamaan (13)

$$\tau_C = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(u)}{\varphi'(u)} du \quad (13)$$

$$\tau_C = \frac{\theta - 1}{\theta} \quad (14)$$

Dari persamaan (14) diperoleh estimasi parameter distribusi copula Gumbel bivariat yang dinyatakan dengan persamaan (15).

$$\theta = \frac{1}{1 - \tau_C} \quad (15)$$

Pada tahun 1952 Markowitz mempelopori penggunaan metode *Mean-Semivariance* untuk mengatasi permasalahan optimalisasi portofolio yang tidak berdistribusi normal. Menurut Suyasa *et al.*, (2021) pembobotan portofolio dengan *mean-semivariance* dapat dinyatakan dengan persamaan (16).

$$\mathbf{w} = \frac{\Sigma_{sv}^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \Sigma_{sv}^{-1} \mathbf{1}_N} \quad (16)$$

dengan:

$\mathbf{w}$  : matriks pembobotan *mean-semivariance*

$\Sigma_{sv}^{-1}$  : invers matriks *semivariance-semikovariance*

$\mathbf{1}_N$  : matriks kolom bernilai 1 sebanyak  $N$  baris

Menurut Jorion (2007) *Value at Risk* adalah kemungkinan maksimum kerugian yang mungkin diterima oleh investor pada selang waktu tertentu dan tingkat kesalahan tertentu. Nilai VaR pada tingkat kesalahan  $\alpha$  pada selang waktu  $t$  dihitung menggunakan rumus persamaan (17).

$$VaR_{(1-\alpha)} = W_0 R^* \sqrt{t} \quad (17)$$

dengan:

$W_0$  : dana awal investasi

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

$\sqrt{t}$  : *holding period*

Nilai *Value at Risk* tidak menjamin besarnya kerugian yang akan diperoleh investor karena kemungkinan kerugian investasi yang diterima selama periode tertentu akan lebih rendah atau bahkan lebih tinggi dibandingkan nilai estimasi VaR.

Menurut Tandelilin (2010) indeks Treynor pada periode tertentu dapat dinyatakan dengan persamaan (18).

$$T_p = \frac{\overline{R_p} - \overline{R_f}}{\beta_p} \quad (18)$$

dengan:

$T_p$  : indeks Treynor portofolio

$\overline{R_p}$  : *mean return* portofolio

$\overline{R_f}$  : *mean return* bebas risiko

$\beta_p$  : beta portofolio

### 3. METODE PENELITIAN

Variabel penelitian ini yaitu *closing price* saham harian PT Bukit Asam Tbk (PTBA), PT Chandra Asri Petrochemical Tbk (TPIA) dan Jakarta Composite Index (JKSE) pada periode 1 April 2020 – 1 Desember 2022. Dalam perhitungan kinerja portofolio juga digunakan data BI *rate* periode April 2020 – Desember 2022.

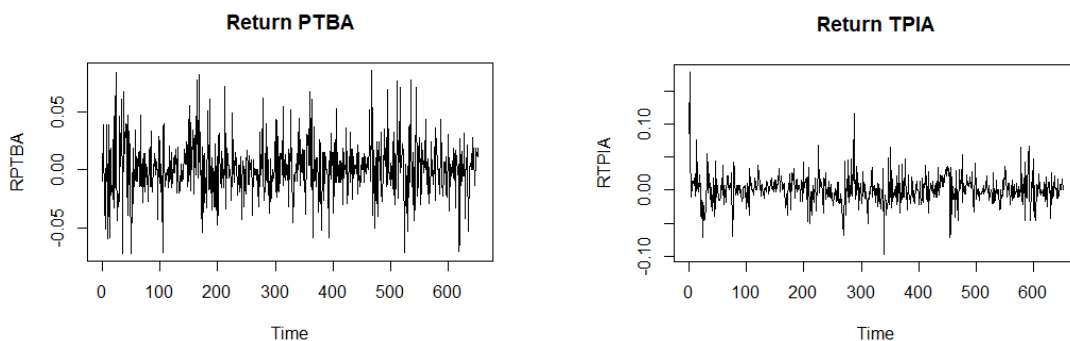
Perangkat lunak yang digunakan yaitu *Microsoft Excel* dan *R Studio 4.2.0*. Langkah-langkah estimasi risiko portofolio dua saham menggunakan VaR dengan pemodelan ARIMA-GARCH copula Gumbel adalah:

1. Menghitung *return closing price* saham.
2. Menghitung dan melakukan analisis deskriptif pada kedua *return* saham.
3. Menentukan nilai korelasi antara *return* saham PTBA dan *return* saham TPIA.
4. Menguji kestasioneran data *return* saham dalam varian dengan transformasi Box Cox. Selanjutnya menguji kestasioneran data *return* saham dalam *mean* menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

5. Menggunakan fungsi *auto.arima()* untuk memilih model ARIMA terbaik.
6. Melakukan uji diagnostik residual model ARIMA yaitu uji independensi, uji normalitas, dan uji heterokedastisitas.
7. Melakukan pemodelan ARIMA-GARCH jika model ARIMA memiliki efek heteroskedastisitas.
8. Mengestimasi dan melakukan uji signifikansi parameter pada model ARIMA-GARCH.
9. Menguji dependensi antara residual model ARIMA-GARCH dengan korelasi *Tau-Kendall*.
10. Mengestimasi parameter copula Gumbel untuk membentuk model copula Gumbel dari residual model ARIMA-GARCH.
11. Menggunakan metode *Mean-Semivariance* untuk menentukan bobot masing-masing saham pembentuk portofolio.
12. Menghitung *Value at Risk* menggunakan data bangkitan dari parameter copula Gumbel menggunakan simulasi monte carlo.
  - a. Mentransformasi masing-masing residual ARIMA-GARCH ke *uniform* [0,1].
  - b. Menentukan nilai estimasi parameter dari copula Gumbel.
  - c. Membangkitkan data *return* secara random sebanyak  $n$  buah.
  - d. Menghitung *return* portofolio pada saat  $t$  dengan bobot *Mean-Semivariance* sebagai berikut:
 
$$R_{pt} = w_1 r_{1,t} + w_2 r_{2,t} \text{ dengan } w_1 + w_2 = 1$$
  - e. Menghitung *Value at Risk* pada tingkat kesalahan  $\alpha$  pada selang waktu  $t$ -hari menggunakan copula Gumbel.
  - f. Mengulangi proses e sebanyak  $m$  kali sehingga didapatkan  $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_m$ .
  - g. Menghitung nilai VaR rata-rata yang dihasilkan setiap simulasi.
13. Mengukur kinerja portofolio dengan indeks Treynor
14. Menarik kesimpulan dari hasil analisis VaR portofolio saham yang dibentuk dengan selang kepercayaan  $(1 - \alpha)$ .

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Melakukan analisis secara deskriptif digunakan dalam mengidentifikasi karakteristik data *return* saham. Rata-rata *return* saham PTBA dan TPIA memiliki nilai yang positif sehingga diperkirakan akan memberikan keuntungan. Nilai *skewness return* saham PTBA sebesar 0,266191, *return* saham TPIA sebesar 0,947225 dan nilai kurtosis *return* saham PTBA sebesar 1,447217, *return* saham TPIA sebesar 8,556754 yang menunjukkan bahwa *return* saham PTBA dan TPIA tidak berdistribusi normal.



**Gambar 1.** Plot *Return* Indeks Saham

Gambar 1 menunjukkan bahwa saham PTBA dan saham TPIA mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu.

Perhitungan korelasi antara *return* saham PTBA dan TPIA menggunakan korelasi *Tau Kendall* menghasilkan korelasi positif lemah sebesar 0,05515. Nilai korelasinya mendekati 0 sehingga kedua saham tersebut memiliki risiko minimal dan cukup baik untuk dijadikan portofolio.

Syarat penting dalam pemodelan runtun waktu adalah memeriksa kestasioneran data. Stasioner data dalam varian dapat dilihat dari nilai lambda ( $\lambda$ ) transformasi BoxCox. Nilai lambda ( $\lambda$ ) untuk kedua *return* saham adalah 1. Hal ini menunjukkan bahwa varian data *return* saham PTBA dan TPIA telah stasioner. Uji stasioneritas dalam *mean* dilakukan dengan uji formal yaitu uji ADF. Nilai statistik uji ADF untuk *return* saham PTBA dan TPIA masing-masing -8,1135 dan -8,0885 dan nilai *p-value* untuk kedua saham sebesar 0,01. Berdasarkan *p-value* ditarik kesimpulan bahwa *return* saham PTBA dan TPIA telah stasioner dalam *mean*.

Identifikasi model menggunakan *package forecast* dalam *software R* secara otomatis menggunakan fungsi *auto.arima()*. Model ARIMA( $p, d, q$ ) terbaik untuk *return* saham PTBA yaitu ARIMA(2,0,2). Sedangkan model ARIMA( $p, d, q$ ) untuk *return* saham TPIA yaitu ARIMA(4,0,0). Model ARIMA untuk *return* saham TPIA tidak memenuhi uji signifikansi parameter sehingga diidentifikasi model ulang dan menghasilkan model ARIMA(1,0,0).

Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji diagnostik model. Berdasarkan hasil perhitungan disimpulkan bahwa residual ARIMA untuk kedua *return* saham memenuhi uji independensi, dan tidak memenuhi uji normalitas (Tabel 1) serta uji heteroskedastisitas (Tabel 2).

Tabel 1. Uji Normalitas Jarque-Bera

Saham	Model	<i>P-value</i>	Keputusan
PTBA	ARIMA(2,0,2)	2,365e-14	H <sub>0</sub> ditolak
TPIA	ARIMA(1,0,0)	2,2e-14	H <sub>0</sub> ditolak

Berdasarkan Tabel 1 nilai *p-value* < 0,05. Artinya residual model ARIMA untuk *return* saham PTBA dan TPIA tidak berdistribusi normal.

Tabel 2. Uji Lagrange Multiplier (LM)

Saham	Model	<i>P-value</i>	Keputusan
PTBA	ARIMA(2,0,2)	0,03124	H <sub>0</sub> ditolak
TPIA	ARIMA(1,0,0)	2,577e-06	H <sub>0</sub> ditolak

Berdasarkan Tabel 2 nilai *p-value* > 0,05. Artinya model ARIMA pada *return* saham PTBA dan TPIA memiliki efek heteroskedastisitas. Karena memiliki efek heteroskedastisitas maka residual model ARIMA dilakukan pemodelan ARIMA-GARCH.

*Return* saham PTBA mempunyai model ARIMA(2,0,2) GARCH(1,1) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z_t = 0,2657Z_{t-1} - 0,939Z_{t-2} + a_t - 0,2703a_{t-1} + 0,8938a_{t-2}$$

$$\begin{cases} a_t = \sigma_t e_t, & e_t \sim N(0,1) \\ \sigma_t^2 = 0,000031 + 0,05383a_{t-1}^2 + 0,8893\sigma_{t-1}^2 \end{cases}$$

Return saham TPIA mempunyai model ARIMA(1,0,0) GARCH(1,1) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t &= 0,1959Z_{t-1} + a_t \\ \begin{cases} a_t = \sigma_t e_t, & e_t \sim N(0,1) \\ \sigma_t^2 &= 0,0000307 + 0,1180a_{t-1}^2 + 0,8133\sigma_{t-1}^2 \end{cases} \end{aligned}$$

Kedua model ARIMA-GARCH *return* saham PTBA dan TPIA telah memenuhi uji signifikansi parameter model.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji mutual dependensi menggunakan Tau-Kendall untuk mengetahui apakah ada ketergantungan antara residual model ARIMA-GARCH pada *return* saham PTBA dan TPIA. Kesimpulan dari uji mutual dependensi adalah antara residual model ARIMA-GARCH saling berkorelasi sebesar 0,05285. Menggunakan pendekatan korelasi *Tau Kendall* didapatkan hasil estimasi parameter copula Gumbel yaitu  $\theta = 1,056$ . Persamaan model copula Gumbel dengan parameter sebesar 1,056 seperti persamaan berikut:

$$C_{1,056}^{Gu} = \exp\left(-\left[(-\ln u_1)^{1,056} + (-\ln u_2)^{1,056}\right]^{\frac{1}{1,056}}\right)$$

dengan:

- $u_1$  : transformasi residual model ARIMA-GARCH *return* saham PTBA
- $u_2$  : transformasi residual model ARIMA-GARCH *return* saham TPIA

Perhitungan bobot portofolio dilakukan menggunakan metode *Mean-Semivariance*. Berdasarkan hasil perhitungan, bobot untuk saham PTBA adalah sebesar 49,92% dan untuk saham TPIA adalah sebesar 50,08%. Perhitungan *Value at Risk* (VaR) portofolio antara saham PTBA dan TPIA dilakukan dengan cara membangkitkan 650 data menggunakan parameter copula Gumbel dan dilakukan 1000 kali perulangan. Hasil perhitungan VaR untuk 1 hari kedepan pada tingkat kepercayaan 95% sebesar 2,41%.

Ukuran kinerja untuk portofolio saham PTBA dan saham TPIA adalah sebesar 0,0008603. Indeks Treynor bernilai positif artinya *return* portofolio lebih besar dari tingkat suku bunga, sehingga kemungkinan melakukan investasi pada portofolio tersebut cukup baik dilakukan. Jika nilai indeks Treynor bernilai negative artinya *return* portofolio lebih kecil dari tingkat suku bunga sehingga investor sebaiknya menyimpan uangnya di bank daripada melakukan investasi.

## 5. KESIMPULAN

Metode copula Gumbel dapat digunakan untuk mengestimasi VaR dari *return* saham yang mempunyai korelasi tidak linear. *Return* saham harian PT Bukit Asam Tbk (PTBA) dan PT Chandra Asri Petrochemical Tbk (TPIA) pada periode 1 April 2020 – 1 Desember 2022 tidak berdistribusi normal. Pembentukan portofolio kedua saham menggunakan metode ARIMA-GARCH copula Gumbel dikatakan cukup baik karena memiliki nilai indeks Treynor yang positif. Pada tingkat kepercayaan 95% kerugian investasi portofolio antara kedua saham dengan jangka waktu 1 hari kedepan sebesar 2,41%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, N., Destriana, N. 2013. *Pengaruh Kinerja Keuangan terhadap return Saham*. Jurnal Bisnis dan Akuntansi Vol. 15, No. 2 : Hal. 123-132.



- Jorion, P. 2007. *Value at Risk The New Benchmark for Managing Financial Risk*. United State : McGraw-Hill.
- Kustodian Sentral Efek Indonesia. 2022. *Statistik Pasar Modal Indonesia*. <http://www.ksei.co.id>. Diakses : 20 November 2022.
- Nelsen, R.B. 2006. *An Introduction to Copula*. New York : Springer Science+Business Media.
- Prasetya, L.B. 2018. *Estimasi Value at Risk Portofolio Saham Menggunakan Metode GARCH-COPULA*. Jurnal Gaussian Vol. 7, No. 4 : Hal. 397-407.
- Prihatiningsih, D.R. 2020. *Value at Risk (VaR) Dan Conditional Value at Risk (CVaR) dalam Pembentukan Portofolio Bivariat Menggunakan Copula Gumbel*. Jurnal Gaussian Vol. 9, No. 3 : Hal. 326-335.
- Hartati, Imelda, S. 2017. *Aplikasi GARCH dalam mengatasi Volatilitas pada data Keuangan*. Jurnal Matematika Vol. 7, No. 2 : Hal. 107-118.
- Suyasa, N.K., Dharmawan, K., Sari, K. 2021. *Perhitungan Portofolio Optimal dengan Metode Mean-Semivariance dan Mean Absolute Deviation*. E-Jurnal Matematika Vol. 10, No. 2 : Hal. 65-69.
- Tandelilin, E. 2010. *Portofolio dan Investasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Tsay, R. S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. New York: John Wiley & Son.
- Wei, W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. United States of America: Pearson Education.
- Yahoo Finance. 2022. <http://finance.yahoo.com>. Diakses : 20 November 2022.