

# Analisis *Value at Risk* pada Portofolio Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk Menggunakan Metode *Copula Archimedean*

Victor Liman<sup>1\*</sup>, Georgina Maria Tinungki<sup>2</sup>, Anisa<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

\* Corresponding author, email: [victorliman58@gmail.com](mailto:victorliman58@gmail.com)

## Abstract

*Value at Risk (VaR)* is statistical method used in risk analysis in stock investments. Stock returns that are not normally distributed cause the risk calculation to be less precise, so to overcome this, the copula method can be used. Copula is a method based on dependencies between variables. The most commonly known copula family is the Archimedean copula which consists of the Clayton, Frank, and Gumbel copula. VaR is expected to be a feasible method to use, so it is important to perform backtesting. In this research, we use data on the daily closing price of PT. Adaro Energy Tbk and PT. Bukit Asam Tbk May 11, 2020 until June 15, 2022. The best copula based on the smallest Empirical copula value is Frank copula. VaR estimates for the 90%, 95%, and 99% confidence levels respectively were 2.688%, 3.545%, and 5.014%. The higher the confidence level, the VaR value is also higher. Based on backtesting results, VaR with Frank copula method is valid at 90%, 95%, and 99% confidence levels.

**Keywords:** Backtesting, Archimedean Copula, Risk, Stock, Value at Risk.

## Abstrak

*Value at Risk (VaR)* merupakan metode statistika yang digunakan dalam analisis risiko pada investasi saham. *Return* saham yang tidak berdistribusi normal mengakibatkan perhitungan risiko menjadi kurang tepat sehingga untuk mengatasinya digunakan metode *copula*. *Copula* merupakan metode berdasarkan ketergantungan antara variabel. Keluarga *copula* yang umum dikenal adalah *copula Archimedean* yang terdiri dari *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel*. VaR diharapkan menjadi metode yang layak digunakan sehingga perlu dilakukan *backtesting*. Pada penelitian ini digunakan data harga penutupan saham harian PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk dari tanggal 11 Mei 2020 sampai 15 Juni 2022. *Copula* terbaik berdasarkan nilai *copula* Empirik terkecil adalah *copula Frank*. Diperoleh estimasi VaR untuk taraf kepercayaan 90%, 95%, dan 99% berturut-turut sebesar 2.688%, 3.545%, dan 5.014%. Semakin tinggi taraf kepercayaan, maka VaR yang dihasilkan juga semakin tinggi. Berdasarkan hasil *backtesting*, VaR dengan metode *copula Frank* valid digunakan pada taraf kepercayaan 90%, 95%, dan 99%.

**Kata Kunci:** Backtesting, Copula Archimedean, Risiko, Saham, Value at Risk.

## 1. Pendahuluan

Investasi merupakan hal yang banyak dilakukan oleh masyarakat untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Salah satu jenis investasi yang sangat banyak dilakukan sekarang ini adalah investasi saham [1]. Saham dari perusahaan batu bara dapat dijadikan pilihan yang tepat karena harga saham yang mengikuti kenaikan harga batu bara, contohnya saham dari PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk. Kedua

perusahaan ini mencatatkan performa bisnis yang cemerlang dengan pendapatan masing-masing 56,73 triliun untuk PT. Adaro Energy Tbk dan 29,26 triliun untuk PT. Bukit Asam Tbk sepanjang tahun 2021.

Pada umumnya investasi selalu berhadapan dengan masa mendatang yang mengandung risiko sehingga sangat penting untuk melakukan analisis risiko terhadap investasi saham. Metode analisis risiko yang dapat digunakan adalah *Value at Risk* (VaR). VaR adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik yang memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu aset pada taraf kepercayaan tertentu [2]. Pada kenyataannya data saham banyak ditemukan tidak berdistribusi normal sehingga perhitungan risiko menjadi kurang tepat. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan metode, yaitu *copula* [3].

*Copula* adalah suatu metode yang digunakan untuk mempelajari kebergantungan antara variabel. Keluarga *copula* yang umum dikenal adalah *copula Archimedean*. *Copula Archimedean* merupakan salah satu keluarga *copula* yang sangat penting dan sering digunakan aplikasinya pada bidang keuangan karena memiliki struktur dependensi yang beragam [4]. *Copula Archimedean* terdiri dari *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel*. Estimasi *copula Archimedean* dilakukan menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Korelasi *Tau Kendall* digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel karena tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat digunakan pada kasus dependensi non linier [5].

VaR yang diperoleh dari metode *copula* tersebut diharapkan menjadi metode yang baik dalam melakukan pengukuran risiko. Oleh karena itu, dalam perhitungan VaR diperlukan metode untuk melakukan validasi terhadap metode VaR tersebut. Metode yang digunakan dalam melakukan validasi model risiko dikenal dengan nama *backtesting* [6]. Metode *backtesting* yang digunakan adalah uji *Kupiec* yang merupakan metode berdasarkan proporsi pelanggaran. Keunggulan dari metode *Kupiec* ini adalah kita dapat mengetahui validitas dari metode VaR dalam memproyeksi potensi kerugiannya dengan cara membandingkan return dengan estimasi VaR pada periode tertentu [7]. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengkaji penerapan *copula Archimedean* dalam analisis *Value at Risk* pada portofolio saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.

## **2. Material dan Metode**

### **2.1 Saham**

Saham merupakan tanda penyertaan modal dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Setiap investor yang melakukan investasi saham memiliki tujuan yang sama, yaitu mendapatkan manfaat yang lebih besar dari apa yang dibayarkan pada saat membeli saham yang disebut *return*. *Return* adalah hasil yang diperoleh dari suatu investasi saham. *Return* saham bisa positif dan bisa juga negatif. Jika positif berarti mendapatkan

keuntungan atau mendapatkan *capital gain*, sedangkan negatif berarti menderita kerugian atau *capital loss* [8].

Tsay (2005) menyatakan nilai return dapat dihitung dengan rumus *Continuously Compounded Return (Log Return)* sebagai berikut [9]:

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

dengan:

$P_t$  = harga saham pada waktu ke- $t$

$P_{t-1}$  = harga saham pada waktu ke- $t-1$

Secara matematis, *return* portofolio dari dua aset pada waktu ke- $t$  dapat ditulis sebagai berikut:

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

dengan:

$w_1$  = bobot alokasi dana untuk aset tunggal ke-1

$R_{1,t}$  = *return* aset ke-1 pada waktu ke- $t$

$w_2$  = bobot alokasi dana untuk aset tunggal ke-2

$R_{2,t}$  = *return* aset ke-2 pada waktu ke- $t$

## 2.2 Korelasi *Tau Kendall*

*Tau Kendall* yang mengukur bentuk dari dependensi yang disebut sebagai konkordan. Misalkan dalam uji dependensi  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  merupakan dua pengamatan pada vektor  $(X, Y)$  dari variabel acak kontinu.  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  dikatakan konkordan jika  $x_i < x_j$  dan  $y_i < y_j$ , atau jika  $x_i > x_j$  dan  $y_i > y_j$ . Secara serupa  $(x_i, y_i)$  dan  $(x_j, y_j)$  dan dikatakan diskordan jika  $x_i < x_j$  dan  $y_i > y_j$  atau jika  $x_i > x_j$  dan  $y_i < y_j$ . Rumus alternatif dari dua variabel bersifat konkordan adalah jika  $(x_i - x_j)(y_i - y_j) > 0$  dan diskordan jika  $(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$  [10]. Nilai korelasi *Tau Kendall* berdasarkan sampel dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{K - D}{\binom{n}{2}} \quad (3)$$

dengan:

$K$  = ukuran konkordan,

$D$  = ukuran diskordan

$n$  = jumlah sampel

## 2.3 *Copula Archimedean*

*Copula Archimedean* pertama kali diperkenalkan oleh Ling pada tahun 1965, namun ditemukan pertama kali oleh Sklar dan Schweizer pada tahun 1961 [11]. Nelsen (2006) mendefinisikan fungsi *copula Archimedean* pada persamaan berikut:

$$C(u, v) = \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \tag{4}$$

dengan:

$u$  = variabel acak  $u$  dari *copula*

$v$  = variabel acak  $v$  dari *copula*

$\varphi$  = fungsi generator *copula Archimedean*

$\varphi^{-1}$  = invers dari fungsi generator *copula Archimedean*

*Copula Archimedean* banyak digunakan dalam bidang keuangan, asuransi, dan lain-lain karena bentuk dan sifat sederhananya. Fleksibilitas *copula Archimedean* diberikan oleh fungsi generator, misalnya dari *copula Clayton, Frank* dan *Gumbel* [10]. *Copula Clayton* memiliki sifat tail dependensi bawah dengan fungsi generator sebagai berikut:

$$\varphi(u) = u^{-\theta} - 1 \tag{5}$$

*Copula Frank* memiliki sifat tail dependensi atas dan bawah dengan fungsi generator sebagai berikut:

$$\varphi(u) = -\ln \frac{e^{-\theta u} - 1}{e^{-\theta} - 1} \tag{6}$$

*Copula Gumbel* memiliki sifat tail dependensi atas dengan fungsi generator sebagai berikut:

$$\varphi(u) = (-\ln u)^\theta \tag{7}$$

dengan:

$\theta$  = parameter dari *copula*.

Untuk mengkonstruksi parameter dari keluarga *copula* dapat menggunakan nilai korelasi *Tau Kendall*. Khusus pada kasus *copula Archimedean* nilai korelasi *Tau Kendall* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\varphi(u)}{\varphi'(u)} du \tag{8}$$

dengan:

$\varphi'(u)$  = turunan dari fungsi generator *copula*.

Pendekatan *Tau Kendall* untuk *copula Clayton, Frank*, dan *Gumbel* ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Estimasi Parameter *Copula Archimedean* dengan pendekatan *Tau Kendall*

Jenis <i>Copula</i>	Estimasi Parameter
<i>Clayton</i>	$\theta = \frac{2\tau}{1-\tau}$
<i>Frank</i>	$\tau = 1 - \frac{4}{\theta} \left( 1 - \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \frac{t}{e^t - 1} dt \right)$
<i>Gumbel</i>	$\theta = \frac{1}{1-\tau}$

## 2.4 Copula Empirik

Konsep *copula* Empirik pertama kali diperkenalkan oleh Deheuvels (1979) yang menunjukkan bahwa *copula* Empirik konvergen seragam ke *copula* yang mendasarinya. Analisis dengan *copula* terlebih dahulu dilakukan dengan mentransformasikan variabel acak ke domain  $[0,1]$ . Transformasi dilakukan dengan membuat *rank* untuk variabel  $X$  dan  $Y$  sebagai berikut:

$$(u, v) = (F(x), G(y)) = \left( \left( \frac{r_x}{n+1} \right), \left( \frac{r_y}{n+1} \right) \right) \quad (9)$$

dengan:

$r_x$  = *rank* dari variabel  $x$

$r_y$  = *rank* dari variabel  $y$

*Copula* Empirik didefinisikan sebagai:

$$K(u_i, v_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left( 1_{r_i^{(u)} \geq u_i} \right) \left( 1_{r_i^{(v)} \geq v_i} \right) \right) \quad (10)$$

dengan:

1 = fungsi indikator yang mengambil nilai 1 bila kondisinya terpenuhi

$r_i^{(u)}$  = *rank* dari variabel  $u$

$r_i^{(v)}$  = *rank* dari variabel  $v$

Dengan kata lain *copula* Empirik merupakan *rank* untuk setiap data dibagi dengan jumlah data [12].

Menurut Chvosta dkk. (2011) dalam menentukan selisih kuadrat dengan *copula* Empirik berdasarkan data asli dan data simulasi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\left( K^R(P) - K^S(P) \right)^2 \quad (11)$$

dengan:

$K^R(P)$  = *copula* Empirik data asli

$K^S(P)$  = *copula* Empirik data simulasi

$P$  = nilai persentil

## 2.5 Value at Risk

VaR dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu tertentu dengan taraf kepercayaan tertentu [13]. Perhitungan VaR dengan taraf kepercayaan  $1 - \alpha$  setelah  $t$  periode dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$VaR_{(1-\alpha)} = S_0 R^* \sqrt{t} \quad (12)$$

dengan:

$t$  = jumlah periode waktu

Metode untuk perhitungan VaR dapat dilakukan dengan simulasi *Monte Carlo*. Penggunaan metode simulasi *Monte Carlo* untuk mengukur risiko telah dikenalkan oleh Boyle pada tahun 1977. Dalam mengestimasi nilai VaR, baik pada aset tunggal maupun

aset portofolio, simulasi *Monte Carlo* dilakukan dengan melakukan simulasi secara berulang melalui pembangkitkan bilangan acak berdasarkan karakteristik dari data yang akan dibangkitkan, yang kemudian digunakan untuk mengestimasi nilai VaRnya [14].

## 2.6 Backtesting

*Backtesting* merupakan kerangka kerja statistik yang terdiri dari proses memastikan bahwa kerugian aktual sesuai dengan kerugian yang diprediksi [7]. Jorion (2001) menyatakan bahwa pengujian suatu metode VaR dapat menggunakan uji *Kupiec*. Pengujian dilakukan dengan metode *Proportional of Failure* (POF) yang dilakukan berdasarkan proporsi dari pelanggaran, yaitu dengan membandingkan nilai *Likelihood Ratio* (LR) dengan *Critical Value* (CV) berdasarkan distribusi *Chi-Square* ( $\chi^2_{(df;\alpha)}$ ) dengan derajat kebebasan 1. Jika nilai  $LR < \chi^2_{(1;\alpha)}$ , maka terima  $H_0$  yang artinya bahwa metode VaR valid. Nilai *Likelihood Ratio* (LR) diperoleh berdasarkan persamaan berikut [7]:

$$LR = -2 \ln \left( \frac{(1-p)^{T-x} p^x}{\left(1 - \frac{x}{T}\right)^{T-x} \left(\frac{x}{T}\right)^x} \right) \quad (13)$$

dengan:

$p$  = taraf signifikansi ( $\alpha$ )

$T$  = panjang periode *backtesting*

$x$  = jumlah pelanggaran

## 2.7 Metode Analisis

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder, yaitu harga penutupan saham harian PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk periode 11 Mei 2020 sampai 15 Juni 2022. Data tersebut diperoleh melalui *website* <http://finance.yahoo.com>. Program yang digunakan untuk membantu pelaksanaan penelitian ini adalah *software* Microsoft Excel, Rstudio, dan SAS.

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

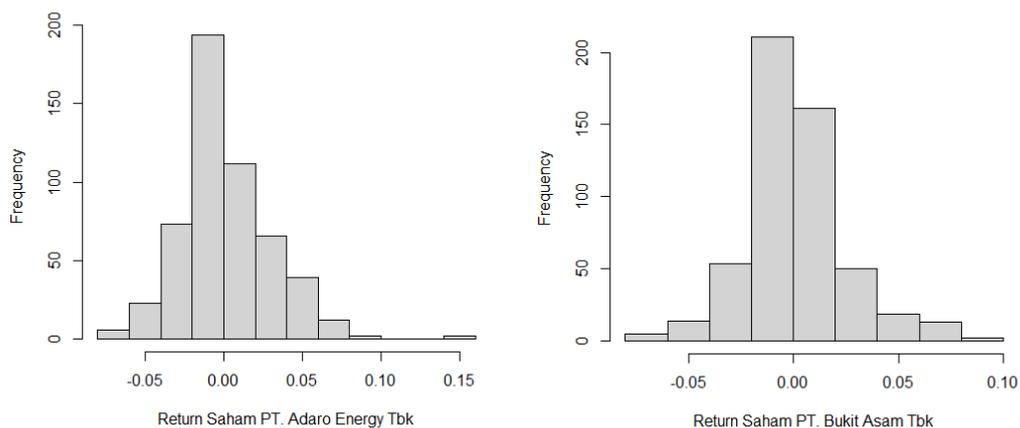
1. Menghitung *return* dari masing-masing harga penutupan saham berdasarkan persamaan (1).
2. Menghitung nilai korelasi *Tau Kendall* dari *return* kedua saham berdasarkan persamaan (3).
3. Menghitung nilai estimasi parameter *Copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel* menggunakan nilai korelasi *Tau Kendall* berdasarkan persamaan (8).
4. Menghitung nilai *Copula* Empirik untuk data asli dan data simulasi *Copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel* berdasarkan persamaan (10).
5. Menghitung selisih kuadrat antara hasil persentil *Copula* Empirik berdasarkan data asli dan data simulasi berdasarkan persamaan (11).

6. Menentukan *copula* terbaik berdasarkan hasil selisih kuadrat *Copula* Empirik.
7. Melakukan simulasi nilai *return* dengan membangkitkan secara *random return* aset tunggal dengan fungsi *Copula* yang terpilih berdasarkan nilai estimasi parameter sebanyak  $n$  data.
8. Menghitung *return* portofolio berdasarkan persamaan (2) menggunakan simulasi nilai *return* yang diperoleh pada langkah (7).
9. Mencari dugaan kerugian maksimum pada taraf kepercayaan  $(1 - \alpha)$  yang merupakan nilai kuantil  $\alpha$  dari *return* yang diperoleh pada langkah (8).
10. Mengulangi langkah (7) sampai (9) sebanyak  $m$  kali sehingga mencerminkan berbagai kemungkinan VaR, yaitu  $VaR_1, VaR_2, \dots,$  dan  $VaR_m$ .
11. Menghitung rata-rata hasil dari langkah (10) untuk menstabilkan VaR karena VaR yang diperoleh dari setiap simulasi berbeda.
12. Melakukan *backtesting* untuk menguji validitas dari metode VaR berdasarkan persamaan (13).

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk melihat *return* saham berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dapat dilakukan dengan melihat histogram dan melakukan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Histogram *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Histogram *Return* Saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk

Histogram pada Gambar 1 menunjukkan bahwa data tidak mengikuti distribusi normal. Pola sebaran data yang dihasilkan tidak simetris, melainkan memiliki kemiringan (*skewness*) dengan nilai *skewness return* saham PT. Adaro Energy Tbk adalah 0.68171 dan nilai *skewness return* saham PT. Bukit Asam Tbk adalah 0.29845. Nilai *skewness* yang positif menandakan bahwa *return* kedua saham menceng ke kanan. Adapun hipotesis yang digunakan untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah:

$H_0$ : data berdistribusi normal

$H_1$ : data tidak berdistribusi normal

**Tabel 2.** Uji Normalitas pada *Return* Saham

<b>Return Saham</b>	<b><math>D_{hitung}</math></b>	<b><math>P - value</math></b>	<b>Kesimpulan</b>
PT. Adaro Energy Tbk	0.09181	0.00041	Tolak $H_0$
PT. Bukit Asam Tbk	0.07357	0.00845	Tolak $H_0$

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai  $D_{hitung}$  untuk masing-masing *return* saham lebih besar dibandingkan nilai tabel *Kolmogorov Smirnov* yang bernilai 0.06 dan untuk  $\alpha = 0.05$ , nilai  $p - value < \alpha$  sehingga tolak  $H_0$  yang berarti bahwa *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk tidak berdistribusi normal.

### 3.2 Estimasi Parameter *Copula Archimedean*

Parameter *Copula Archimedean* diperoleh menggunakan korelasi *Tau Kendall*. Diperoleh nilai korelasi *Tau Kendall* adalah 0.52216 untuk variabel *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk. *Copula* yang digunakan terdiri dari *copula Clayton, Frank, dan Gumbel*.

**Tabel 3.** Hasil Estimasi Parameter *copula Archimedean*

<b>Jenis Copula</b>	<b>Parameter</b>	<b><math>P - value</math></b>	<b>Keterangan</b>
<i>Clayton</i>	2.1855	$<2e-16$	Signifikan
<i>Frank</i>	6.15426	$<2e-16$	Signifikan
<i>Gumbel</i>	2.09275	$<2e-16$	Signifikan

Tabel 3 menunjukkan bahwa estimasi parameter yang diperoleh dari *copula Clayton, Frank, dan Gumbel* memiliki  $p - value < \alpha = 0.05$ , maka  $H_0$  ditolak yang artinya parameter dari ketiga *copula* tersebut signifikan. Parameter pada Tabel 2 ini yang digunakan untuk membangkitkan data simulasi untuk ketiga *copula*.

### 3.3 Pemilihan *Copula*

Pemilihan *copula* terbaik dilakukan menggunakan selisih kuadrat dari *copula* Empirik. Perhitungan selisih kuadrat antara *copula* Empirik data asli dan data simulasi memerlukan pengukuran dalam skala yang sama menggunakan persentil yang ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Selisih Kuadrat *Copula* Empirik

<b>Persentil</b>	<b>Selisih Kuadrat <i>Copula</i> Empirik</b>		
	(%)	<b><i>Clayton</i></b>	<b><i>Frank</i></b>
5	9.9E-06	1.2E-06	6.2E-05

10	2.8E-05	8.9E-08	0.00024
15	0.00024	1.1E-05	7.5E-05
20	0.00066	7.7E-05	1E-05
25	0.00054	2.4E-07	5.6E-05
30	0.0014	0.00012	2.9E-07
35	0.00063	2.7E-05	1E-05
40	0.00065	8.8E-06	2.4E-06
45	0.00026	8.9E-06	7.1E-05
50	0.00013	3.6E-07	9.8E-09
55	2.7E-05	4.4E-05	2.7E-05
60	0.00196	0.00333	0.00263
65	0.00012	0.00063	0.00055
70	0.00037	7.3E-06	0.0003
75	0.00173	1.9E-05	0.00024
80	0.00181	5.7E-07	0.00041
85	0.00166	0.00011	0.00011
90	0.0014	0.0003	0.00066
95	0.00157	0.00021	0.00015
Jumlah	0.01521	0.0049	0.00561

Diperoleh selisih kuadrat antara *copula* Empirik data pengamatan dan *copula* Empirik data simulasi untuk *copula Clayton*, *Frank*, dan *Gumbel* berturut-turut sebesar 0.01521, 0.0049, dan 0.00561. Diperoleh bahwa nilai selisih kuadrat yang terkecil adalah *copula Frank*, yaitu 0.0049. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi *Copula* Empirik data simulasi untuk *copula Frank* semakin mendekati distribusi data asli, dibandingkan dengan *copula Clayton* dan *copula Gumbel*. Sehingga *copula* terbaik yang dapat memodelkan struktur dependensi pada data *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk adalah *copula Frank*. Artinya terdapat hubungan yang erat antara *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk ketika keduanya bernilai rendah ataupun bernilai tinggi.

### 3.4 Estimasi *Value at Risk*

Estimasi VaR dilakukan dengan Simulasi *Monte Carlo*. Simulasi ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak berjumlah 10000 yang mengikuti model *copula Frank* menggunakan parameter bernilai 6.15426. Estimasi VaR yang dilakukan pada taraf

kepercayaan 90%, 95%, dan 99% dengan bobot portofolio yang sama ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Estimasi VaR

Taraf Kepercayaan	VaR
90%	-0.02688
95%	-0.03545
99%	-0.05014

Estimasi VaR yang bernilai minus menunjukkan kerugian *return*. Dari hasil perhitungan VaR pada portofolio saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk yang ditampilkan pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa VaR pada taraf kepercayaan 90% sebesar -0.02688 artinya terdapat kerugian maksimum sebesar 2.688% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan dari tanggal 15 Juni 2022. Pada taraf kepercayaan 95% sebesar -0.03545 artinya terdapat kerugian maksimum sebesar 3.545% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan dari tanggal 15 Juni 2022. Dan pada taraf kepercayaan 99% sebesar -0.05014 artinya terdapat kerugian maksimum sebesar 5.014% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan dari tanggal 15 Juni 2022. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi taraf kepercayaan, maka VaR yang dihasilkan juga semakin tinggi.

### 3.5 Backtesting

Untuk melakukan *backtesting*, data dibagi menjadi *estimation window* dan *testing window*. Setiap *estimation window* terdiri dari 250 data yang menandakan rata-rata jumlah hari transaksi saham selama 1 tahun. *Estimation window* pertama dimulai dari tanggal 12 Mei 2020 sampai 27 Mei 2021, *estimation window* kedua dimulai dari tanggal 13 Mei 2020 sampai 28 Mei 2021, dan seterusnya. Sedangkan *Testing window* dimulai dari tanggal 28 Mei 2021 sampai 15 Juni 2022.

Hasil *backtesting* pada VaR dengan taraf kepercayaan 90%, 95%, dan 99% untuk portofolio dengan bobot yang sama ditampilkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil *Backtesting* VaR

VaR	$x$	$LR$	$CV$	Kesimpulan	Keterangan
90%	25	0.01096	2.706	Terima $H_0$	Valid
95%	16	0.80964	3.841	Terima $H_0$	Valid
99%	6	3.41536	6.635	Terima $H_0$	Valid

Pada Tabel 6 diperoleh bahwa nilai  $LR$  pada setiap taraf kepercayaan lebih kecil dari nilai  $CV$  sehingga dapat disimpulkan bahwa VaR dengan metode *copula Frank* valid

digunakan pada taraf kepercayaan 90%, 95%, dan 99% untuk portofolio saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk.

#### **4. Kesimpulan**

*Copula* terbaik yang dapat memodelkan dependensi pada data *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk adalah *Copula Frank* dengan parameter bernilai 6.15426. Artinya terdapat hubungan yang erat antara *return* saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk ketika keduanya bernilai rendah ataupun bernilai tinggi.

Hasil estimasi VaR pada portofolio dengan bobot yang sama diperoleh pada taraf kepercayaan 90% terdapat kerugian maksimum sebesar 2.688% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan. Pada taraf kepercayaan 95% terdapat kerugian maksimum sebesar 3.545% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan. Dan pada taraf kepercayaan 99% terdapat kerugian maksimum sebesar 5.014% dari dana yang diinvestasikan untuk periode 1 hari ke depan. Semakin tinggi taraf kepercayaan, maka VaR yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Berdasarkan hasil *backtesting* diperoleh bahwa VaR dengan metode *Copula Frank* valid digunakan untuk portofolio saham PT. Adaro Energy Tbk dan PT. Bukit Asam Tbk pada taraf kepercayaan 90%, 95%, dan 99%.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Matoviany, M. A. & Firmansyah, A. Kepemilikan Investasi Obligasi Perusahaan Perbankan di Indonesia: Dampak Penerapan PSAK 71. *Jurnal Financial and Tax*, 1(1):11-32, 2021.
- [2] Best, P. *Implementing Value at Risk*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 1998.
- [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] Anaviroh & Effendie, A. R. Pemodelan Copula Clayton untuk Prediksi Klaim pada Data Longitudinal dengan Excess Zeros. *Unisda Journal Mathematics and Computer Science*, 1(10):1-10, 2015.
- [5] Agustini, S. W., Hadijati, M. & Fitriyani, N. Analisis Dependensi Faktor Makroekonomi terhadap Tingkat Harga Emas Dunia dengan Pendekatan Copula. *Eigen Mathematics Journal*, 2(2):82-91, 2019.
- [6] Mashuri. Backtesting pada Value at Risk dengan Model Pendekatan Lopez dan Blanco-Ihle. *Jurnal Konvergensi*, 3(2):1-8, 2013.
- [7] Syariah & Pratiwi, N. Pengukuran Value at Risk (VaR) Portofolio Optimal pada Investasi Saham Bank Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Menggunakan Metode Varian-Covarian dan Metode Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 5(1):1-10, 2020.

- [8] Yulia. Analisis Pengaruh Rasio Likuiditas terhadap Return Saham. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 4(2):192-204, 2016.
- [9] Handini, J. A., Maruddani, D. A. I. & Safitri, D. Copula Frank pada Value at Risk (VaR) Portofolio Bivariat. *Jurnal Gaussian*, 7(3):293-302, 2018.
- [10] Nelsen, R. B. *An Introduction to Copulas*. New York: Springer. 2006.
- [11] Damayanti. *Estimasi Nilai Conditional Value at Risk Menggunakan Fungsi Archimedean Copula*. Skripsi: Universitas Islam Negeri Alaudin, Makassar. 2018.
- [12] Chvosta, J., Erdman, D. J. & Little, M. Modeling Financial Risk Factor Correlation with the Copula Procedure. *SAS Global Forum 2011 Statistics and Data Analysis*, 1-14, 2011.
- [13] Jorion, P. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, Third edition*. McGraw-Hill, New York. 2007.
- [14] Pradana, D. C., Maruddani, D. A. I. & Yasin, H. Penggunaan Simulasi Monte Carlo untuk Pengukuran Value at Risk Aset Tunggal dan Portofolio dengan Pendekatan Capital Asset Pricing Model sebagai Penentu Portofolio Optimal (Studi Kasus: Index Saham Kelompok SMinfra18). *Jurnal Gaussian*, 4(4):765-774, 2015.