



ANALISIS CONDITIONAL VALUE AT RISK PORTOFOLIO SAHAM DENGAN COPULA CLAYTON

Sela Karlina¹, Evy Sulistianingsih¹, Neva Satyahadewi¹

¹Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura Pontianak
Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Kalimantan Barat
Email: evysulistianingsih@math.untan.ac.id

ABSTRACT

Conditional Value at Risk (CVaR) is known as a risk measurement tool to estimate losses in investing. Financial data tends not to be normally distributed so that the flexible Copula method can be used to analyze financial data without requiring the assumption of normality. This study aims to analyze the CVaR of a stock portfolio with Clayton's Copula. The study began with collecting daily stock closing price data for the period October 3, 2022 to November 3, 2023. After the data was collected, the return value of the closing stock price was calculated. Furthermore, autocorrelation and heteroscedasticity tests were carried out on the closing stock price return data. Then, the Kendall's Tau correlation was calculated to obtain the Clayton Copula parameters. After that, the stock weights in the portfolio were calculated using the Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) method and new return data was generated using the Clayton Copula parameters. Furthermore, the portfolio return was calculated to obtain the VaR value of the formed portfolio. Then, it was repeated by generating data up to the VaR calculation 1000 times to obtain the average value of the portfolio VaR. Then, the same thing was done to CVaR. The results of the CVaR analysis of the stock portfolio with Copula Clayton on the two stocks, namely PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) and PT Timah Tbk (TINS), obtained losses of 3.04%, 3.56%, and 4.57% with a confidence level of 90%, 95%, and 99%. This value indicates the percentage of investment risk that may be obtained in the next one-day period. This shows that the higher the level of confidence, the greater the CVaR value will be.

Keywords: Archimedian, MVEP, Return-Stock.

ABSTRAK

Conditional Value at Risk (CVaR) dikenal sebagai alat pengukuran risiko untuk mengestimasi kerugian dalam berinvestasi. Data keuangan cenderung tidak berdistribusi normal sehingga metode *Copula* yang fleksibel dapat digunakan untuk menganalisis data keuangan tanpa memerlukan asumsi normalitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis CVaR portofolio saham dengan *Copula Clayton*. Penelitian diawali dengan pengumpulan data harga penutupan saham harian periode 3 Oktober 2022 sampai 3 November 2023. Setelah data dikumpulkan, dilakukan perhitungan nilai *return* dari harga penutupan saham. Selanjutnya, dilakukan uji autokorelasi dan heteroskedastisitas dari data *return* harga penutupan saham. Kemudian, dilakukan penghitungan korelasi Kendall's Tau untuk memperoleh parameter *Copula Clayton*. Setelah itu, dilakukan perhitungan bobot saham pada portofolio dengan metode *Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP)* dan membangkitkan data *return* baru menggunakan parameter *Copula Clayton*. Selanjutnya dihitung *return* portofolio untuk memperoleh nilai VaR dari portofolio yang terbentuk. Kemudian dilakukan pengulangan dengan membangkitkan data hingga perhitungan VaR sebanyak 1000 kali untuk memperoleh nilai rata-rata dari VaR portofolio. Kemudian, dilakukan hal yang sama terhadap CVaR. Hasil analisis CVaR portofolio saham dengan *Copula Clayton* pada kedua saham yaitu PT Aneka Tambang Tbk (ANTM)

dan PT Timah Tbk (TINS) diperoleh kerugian sebesar 3,04%, 3,56%, dan 4,57% dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Nilai ini menunjukkan persentase risiko investasi yang mungkin didapat pada periode waktu satu hari mendatang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kepercayaan, maka nilai CVaR juga akan semakin besar.

Kata kunci: *Archimedian, MVEP, Return-Saham.*

Received: 20 September 2024, Accepted: 26 Desember 2024, Published: 27 Desember 2024

PENDAHULUAN

Investasi mengimplikasikan komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya pada saat ini dengan harapan mendapatkan hasil yang menguntungkan di kemudian hari (Tandelilin, 2018). Salah satu investasi di sektor keuangan yang banyak diminati investor adalah investasi dalam bentuk saham. Dalam berinvestasi, investor sering kali memperhatikan risiko, kemungkinan terjadinya hasil yang tidak diinginkan dan menimbulkan kerugian (Tarigan dan Haryono, 2015).

VaR adalah alat ukur yang digunakan untuk mengestimasi tingkat risiko pada suatu investasi. Ini memberikan perkiraan kemungkinan kerugian maksimum yang dapat terjadi dalam jangka waktu tertentu, dengan tingkat kepercayaan tertentu, dengan asumsi kondisi pasar normal (Nurutsaniyah dkk. 2019). Keterbatasan yang melekat pada VaR adalah ketidakmampuannya untuk mengukur secara akurat besaran kerugian aktual, karena terdapat potensi kerugian aktual yang lebih parah dari perkiraan. Investor dapat memanfaatkan nilai VaR sebagai tolak ukur untuk menilai besarnya risiko (Prihatiningsih dkk. 2020). Namun demikian, keterbatasan VaR dapat diatasi dengan menerapkan CVaR. CVaR merupakan pengukuran risiko yang mengkuantifikasi rata-rata kerugian yang dapat terjadi jika risiko suatu investasi berada di atas ambang batas VaR dengan tingkat kepercayaan tertentu (Mustafian dkk. 2024).

Copula memodelkan hubungan tidak linear antar variabel dan menghasilkan distribusi gabungan multivariat dengan menggabungkan fungsi distribusi marginalnya (Nelsen, 2006). Keluarga *Copula* yang dikenal dan digunakan secara luas antara lain *Copula Archimedean*, *Copula Elliptical*, dan *Copula Marshall Orkin*. *Copula Archimedean* terdiri dari tiga kelas berbeda yaitu *Copula Frank*, *Copula Gumbel*, dan *Copula Clayton*. *Copula Archimedean* biasanya digunakan dalam skenario bivariat karena dapat ditentukan dengan mudah. Selain itu, kelas-kelas dalam *Copula Archimedean* memiliki fungsi pembangkit yang berbeda (Binsanno dkk. 2023).

LITERATURE REVIEW

1. Return Saham

Tingkat pengembalian atas investasi seorang investor yang dapat berupa keuntungan atau kerugian dikenal sebagai *return* saham. *Return* saham adalah tingkat pengembalian yang diperoleh dari tindakan investasi. *Return* dibagi menjadi dua bagian yaitu *return* ekspektasi, yang merupakan tingkat harapan investor tentang tindakan investasinya di masa mendatang, dan *return* realisasi, yang merupakan tingkat pengembalian yang telah diterima investor (Erawati dkk. 2022). Nilai *return* saham periode t (R_t) dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut (Izzati dkk. 2019):

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

dengan S_t adalah harga penutupan saham periode ke- t dan S_{t-1} adalah harga penutupan saham periode ke- $t - 1$.

2. Uji Autokorelasi dan Uji Heteroskedastisitas

Uji autokorelasi menunjukkan bagaimana residual pengamatan satu berhubungan dengan pengamatan lainnya. Uji ini bertujuan untuk menentukan apakah ada hubungan antara kesalahan pengganggu pada periode t dan kesalahan pengganggu pada periode $t - 1$ dalam sebuah model. Kemudian metode ACF dan uji Ljung-Box digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan ada atau tidaknya autokorelasi pada *return* saham (Denziana dkk. 2014). Uji Ljung-Box digunakan untuk menguji independensi residual antar lag dengan hipotesis (Ambarsari dkk. 2016). Berikut langkah-langkah dalam pengujian hipotesis untuk Uji Ljung Box:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (tidak ada autokorelasi)

H_1 : paling sedikit ada satu nilai $\rho_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, k$ (ada autokorelasi)

Statistik uji:

$$Q = n(n + 2) \sum_{i=1}^k \frac{\hat{\rho}_i^2}{n-i} \quad (2)$$

dengan n adalah jumlah data *return*, k adalah banyaknya lag dan $\hat{\rho}_i^2$ adalah sampel autokorelasi *return* pada lag ke- i . Pada uji ini, H_0 ditolak apabila nilai $Q > \chi_{(\alpha, df)}^2$ atau p-value $< \alpha$.

Selanjutnya dilakukan uji heteroskedastisitas dengan menggunakan uji *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Lagrange Multiplier* (ARCH LM) pada data *return* harga penutupan masing-masing saham. Jika terdapat autokorelasi dan heteroskedastisitas, dilakukan penyaringan untuk menghilangkan sifat tersebut dengan model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) (Hidayati dkk. 2015).

Uji ARCH LM merupakan uji statistik yang digunakan untuk mengevaluasi ada tidaknya efek heteroskedastisitas. Pengujian dilakukan berdasarkan hipotesis (Sidadadolog dkk. 2020). Langkah-langkah uji hipotesis ARCH adalah sebagai berikut:

$H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_m = 0$ (tidak terdapat efek ARCH)

H_1 : paling sedikit ada satu nilai $a_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, m$ (ada pengaruh efek ARCH)

Statistik uji:

$$LM = nR^2 \quad (3)$$

dengan n adalah jumlah data *return* dan R^2 adalah koefisien determinasi. Kriteria uji yaitu H_0 ditolak apabila nilai $LM > x^2_{(\alpha, m)}$ atau p-value $< \alpha$.

3. Parameter Copula Clayton

Sebelum menghitung parameter *Copula*, dilakukan uji korelasi. Uji saling ketergantungan dilakukan untuk memastikan adanya saling ketergantungan antar masing-masing variabel. Nilai korelasi yang dikumpulkan akan digunakan untuk memperkirakan parameter *Copula*. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran ketergantungan menggunakan korelasi Kendall's Tau, yaitu metode statistik yang diterbitkan oleh Kendall pada tahun 1938. Korelasi Kendall's Tau merupakan korelasi nonparametrik yang tidak mengandalkan asumsi normalitas data. Nilai korelasi Kendall's Tau dapat digunakan untuk membuat parameter keluarga *Copula Clayton*. Nilai korelasi Kendall's Tau dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) (Nelsen, 2006):

$$\tau = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\phi(u)}{\phi'(u)} du \quad (4)$$

dimana $\phi(u)$ merupakan fungsi pembangkit dari *Copula Clayton* dan $\phi'(u)$ merupakan invers dari fungsi pembangkit *Copula Clayton*.

Setelah mendapatkan nilai korelasi, selanjutnya dicari nilai parameter *Copula Clayton* menggunakan Persamaan (5) (Nurchayani dkk. 2016):

$$\theta = \frac{2\tau}{1-\tau} \quad (5)$$

dimana parameter *Copula Clayton* yang disimbolkan dengan θ dan korelasi Kendall's Tau yang disimbolkan dengan τ .

4. Bobot Saham Portofolio dengan MVEP

Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan bobot setiap saham dalam suatu portofolio. Rumus MVEP dapat dinyatakan sebagai berikut (Purba dkk. 2014):

$$w = \frac{\Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}_N} \quad (6)$$

dengan w adalah bobot saham, invers matriks *variance-covariance* dilambangkan dengan Σ^{-1} , dan vektor yang berdimensi $N \times 1$ dilambangkan dengan $\mathbf{1}_N$.

Pada matriks *variance-covariance*, diperlukan nilai *variance* masing-masing saham dan nilai *covariance* antar saham. Berikut adalah rumus *variance* dari masing-masing saham (Sanggup dkk. 2014):

$$Var(R_i) = s_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{i,t} - \bar{R}_i)^2}{n-1} \quad (7)$$

dengan s_i^2 adalah *variance return* saham ke- i , $R_{i,t}$ adalah *return* saham ke- i pada periode ke- t , \bar{R}_i adalah rata-rata *return* saham ke- i , dan n adalah jumlah data *return*.

Perhitungan *covariance* antar saham dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (8) sebagai berikut (Sanggup dkk. 2014):

$$Cov(R_{1,t}, R_{2,t}) = \frac{\sum_{t=1}^n (R_{1,t} - \bar{R}_1)(R_{2,t} - \bar{R}_2)}{n-1} \quad (8)$$

dengan *return* saham 1 pada periode ke- t disimbolkan $R_{1,t}$, *return* saham 2 pada periode ke- t disimbolkan $R_{2,t}$, rata-rata *return* saham 1 disimbolkan \bar{R}_1 , rata-rata *return* saham 2 disimbolkan \bar{R}_2 , dan jumlah data *return* disimbolkan dengan n .

Matriks *variance-covariance* dari portofolio yang dibentuk oleh dua saham adalah sebagai berikut (Febriyanti dkk., 2024):

$$\Sigma = \begin{bmatrix} Var(R_{1,t}) & Cov(R_{1,t}, R_{2,t}) \\ Cov(R_{1,t}, R_{2,t}) & Var(R_{2,t}) \end{bmatrix} \quad (9)$$

dengan $Var(R_{1,t})$ adalah *variance return* saham 1 pada periode ke- t , $Var(R_{2,t})$ *variance return* saham 2 pada periode ke- t dan $Cov(R_{1,t}, R_{2,t})$ *covariance return* saham 1 dan 2 pada periode ke- t .

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari website www.yahoofinance.com. Data yang digunakan berupa harga penutupan harian saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) dan PT Timah Tbk (TINS) pada tanggal 3 Oktober 2022 hingga 3 Oktober 2023. Penelitian dimulai dengan mempelajari referensi-referensi yang berkaitan dengan saham ANTM dan TINS, *return* saham, metode *Copula Clayton* dan perhitungan CVaR. Analisis dilakukan menggunakan program R Studio. Berikut adalah langkah analisis yang dapat dilakukan:

1. Menghitung nilai *return* harga penutupan masing-masing saham;

2. Uji autokorelasi menggunakan plot *Autocorrelation Function* (ACF) ataupun uji Ljung-Box dan uji heteroskedastisitas dengan menggunakan uji *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Lagrange Multiplier* (ARCH LM) dari data *return* harga penutupan masing-masing saham;
3. Menentukan parameter *Copula Clayton* dengan korelasi Kendall's Tau berdasarkan data *return* harga penutupan masing-masing saham individu;
4. Tentukan bobot masing-masing saham dalam portofolio dengan menggunakan teknik MVEP;
5. Menghitung nilai VaR dan CVaR portofolio.

Tahapan perhitungan VaR dan CVaR menggunakan parameter *Copula Clayton* adalah sebagai berikut (Ardhitha dkk. 2023):

- a. Simulasi nilai *return* dengan membangkitkan data *return* acak dengan parameter *Copula Clayton* sebanyak n data.
- b. Hitung *return* portofolio dari *return* yang telah didapatkan dan bobot yang telah diperoleh dari metode MVEP dengan menggunakan Persamaan (10) (Mustafian dkk. 2024):

$$Rp_t = \sum_{i=1}^k R_{i,t} w_i \quad (10)$$

- c. Menghitung VaR portofolio menggunakan Persamaan (11) sebagai berikut (Prihatiningsih dkk. 2020):

$$VaR_{(1-\alpha)}(t) = V_0 R^* \sqrt{t} \quad (11)$$

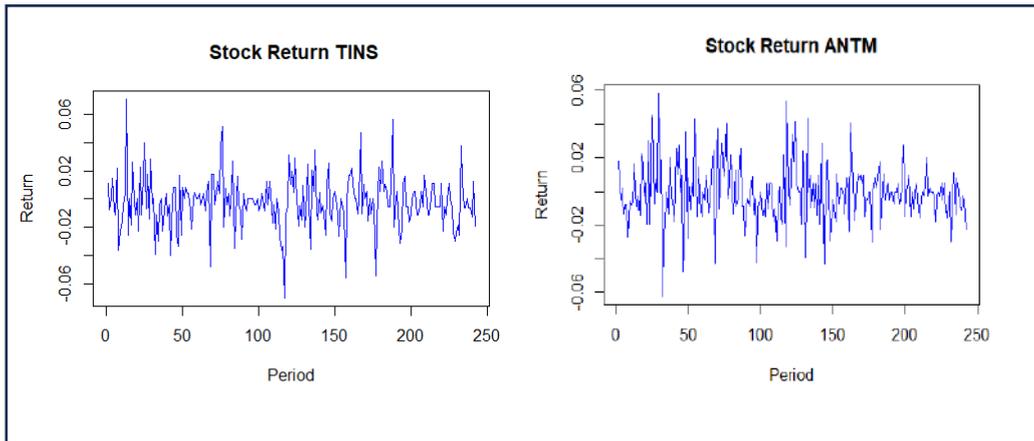
- d. Ulangi langkah (a) hingga langkah (c) sebanyak m kali untuk mencerminkan berbagai kemungkinan VaR sebagai $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_m$.
- e. Hitung rata-rata hasil dari langkah (d) untuk menstabilkan nilai VaR portofolio karena nilai VaR portofolio yang diperoleh dari setiap simulasi bervariasi.
- f. Menghitung CVaR portofolio menggunakan Persamaan (12) (Mustafian dkk. 2024):

$$CVaR_{(1-\alpha)} = E[R|R \leq R^*] \quad (12)$$

- g. Ulangi langkah (a), (b) dan (f) sebanyak m kali untuk mencerminkan berbagai kemungkinan CVaR sebagai $CVaR_1, CVaR_2, \dots, CVaR_m$.
- h. Hitung rata-rata hasil langkah (g) untuk menstabilkan nilai CVaR portofolio karena nilai CVaR portofolio yang diperoleh dari setiap simulasi bervariasi.

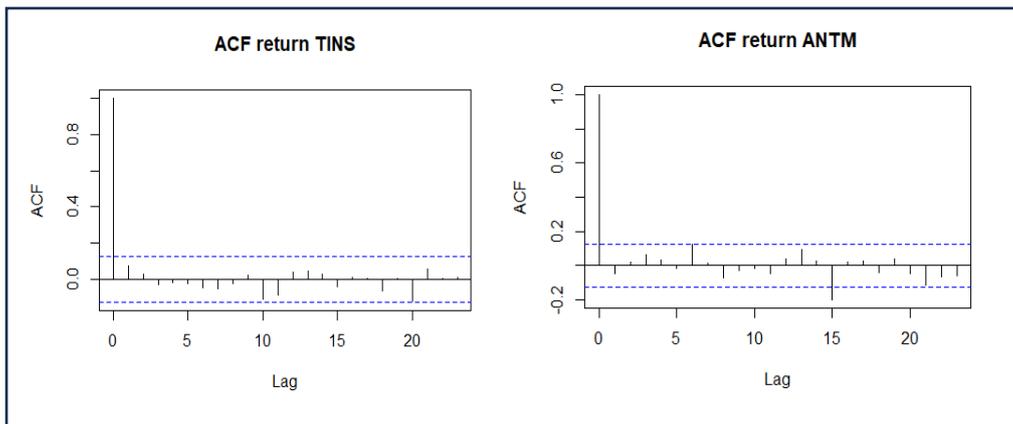
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memulai analisis, harus dihitung terlebih dahulu nilai pengembalian harga penutupan saham dengan Persamaan (1). Plot *return* saham disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Return Saham ANTM dan TINS

Gambar 1 merupakan grafik dari data *return* saham ANTM dan TINS. Data tersebut diperoleh dari <http://www.finance.yahoo.com/> dengan jumlah data *return* saham sebanyak 265 data. Selanjutnya, dilakukan uji autokorelasi menggunakan plot ACF dan uji Ljung-Box pada data *return* masing-masing saham individu. Hasil uji autokorelasi diperoleh dengan menganalisis plot ACF yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot ACF Return Saham ANTM dan TINS

Gambar 2 menunjukkan bahwa plot ACF *return* saham ANTM memiliki lag yang melewati batas signifikansi yaitu lag ke-15. Akibatnya, data *return* saham menunjukkan adanya autokorelasi. Selain plot ACF, uji autokorelasi juga dapat menggunakan uji Ljung-Box untuk mencapai kesimpulan yang lebih pasti mengenai adanya autokorelasi. Tabel 1 menampilkan hasil tes Ljung-Box.

Tabel 1. Uji Ljung-Box Return Saham

Saham	Ljung-Box	
	Lag	<i>p-value</i>
ANTM	1	0,5017
	5	0,9804
	10	0,6232
	15	0,1924
	20	0,3929
TINS	1	0,3836
	5	0,8918
	10	0,8997
	15	0,8737
	20	0,8010

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai *p-value return* ANTM dan TINS keduanya lebih tinggi dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Lag yang melewati batas pada Gambar 2 juga mempunyai nilai *p-value* yang melebihi tingkat signifikansi (α). Hal ini berarti terima H_0 , yang menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi pada *return* saham ANTM dan saham TINS.

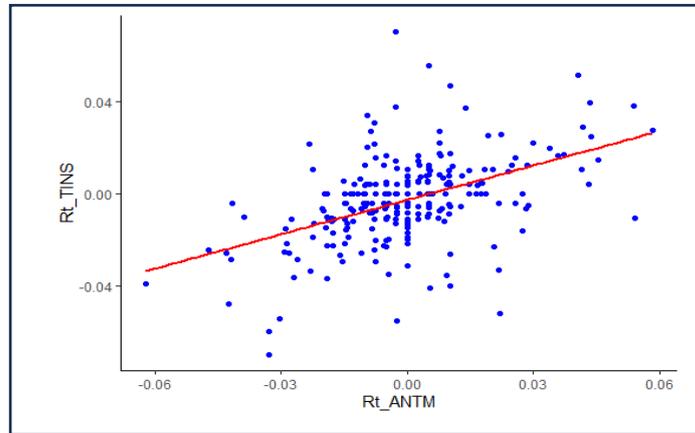
Tabel 2. Uji ARCH LM Return Saham

Return Saham	<i>p-value</i>
ANTM	0,1945
TINS	0,9327

Berdasarkan Tabel 2, *p-value* kedua saham tersebut melebihi tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti terima H_0 , sehingga *return* saham ANTM dan saham TINS tidak menunjukkan adanya heteroskedastisitas. Oleh karena itu, analisis bisa dilanjutkan dengan menghitung korelasi Kendall's Tau antar saham tanpa perlu melakukan penyaringan menggunakan GARCH.

Sebelum mencari parameter dari Copula Clayton, terlebih dahulu dicari nilai korelasi Kendall's Tau (τ) dari saham ANTM dan TINS. Scatterplot pada Gambar 3 menunjukkan bahwa data *return* dari kedua saham menyebar secara acak, tidak membentuk pola tertentu, dan tidak menyebar mengikuti garis lurus sehingga dapat

dikatakan terjadi korelasi tidak linear. Korelasi tidak linear dapat dihitung dengan menggunakan korelasi Kendall's Tau (τ) (Byun dan Song, 2021).



Gambar 3. Scatterplot Return Saham

Nilai korelasi (τ) dapat dihitung menggunakan Persamaan (4). Dengan menggunakan program R Studio dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%, diperoleh nilai koefisien korelasi (τ) sebesar 0,3323. Nilai korelasi Kendall's Tau dari return saham ANTM dan TINS bernilai positif artinya kedua saham bergerak searah dan signifikan saling mempengaruhi.

Nilai korelasi yang dihasilkan digunakan untuk menghitung parameter Copula Clayton yang dilambangkan dengan θ yang diperoleh menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut:

$$\theta = \frac{2\tau}{1 - \tau} = \frac{2(0,3323)}{1 - 0,3323} = 0,9951$$

Nilai parameter Copula Clayton dari data return harga penutupan saham ANTM dan TINS didapat sebesar 0,9951. Parameter Copula Clayton digunakan untuk membangkitkan data return baru dengan simulasi Monte Carlo.

Portofolio dibentuk dari dua saham yaitu ANTM untuk variabel 1 dan TINS untuk variabel 2 yang dihitung bobotnya dengan menerapkan teknik Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) menggunakan Persamaan (6). Sebelumnya, dicari terlebih dahulu nilai variance masing-masing saham dengan Persamaan (7) dan nilai covariance antara kedua saham dengan Persamaan (8).

$$Var(R_1) = s_1^2 = \frac{\sum_{t=1}^{265} (R_{1,t} - (-0,0005))^2}{265 - 1} = 0,0003059442$$

$$Var(R_2) = s_2^2 = \frac{\sum_{t=1}^{265} (R_{2,t} - (-0,0028))^2}{265 - 1} = 0,0003384451$$

$$Cov(R_1, R_2) = \frac{\sum_{t=1}^{265} (R_{1,t} - (-0,0005))(R_{2,t} - (-0,0028))}{265 - 1} = 0,0001523883$$

Setelah didapat nilai *variance* dan *covariance*, kemudian dapat dibentuk matriks *variance-covariance* berdasarkan Persamaan (9) sebagai berikut:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0,0003059442 & 0,0001523883 \\ 0,0001523883 & 0,0003384451 \end{bmatrix}$$

Pada perhitungan bobot dengan MVEP, yang diperlukan adalah invers matriks *variance-covariance* (Σ^{-1}) sehingga perlu dilakukan invers terlebih dahulu dari matriks *variance-covariance*

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 4213,545 & -1897,192 \\ -1897,192 & 3808,919 \end{bmatrix}$$

Setelah didapat invers matriks *variance-covariance*, kemudian dapat dicari bobot masing-masing saham dengan Persamaan (6).

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} 4213,545 & -1897,192 \\ -1897,192 & 3808,919 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4213,545 & -1897,192 \\ -1897,192 & 3808,919 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}} = \frac{\begin{bmatrix} 2316,354 \\ 1911,727 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 4228,081 \end{bmatrix}}$$

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,548 \\ 0,452 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan pendekatan MVEP, maka bobot masing-masing saham yaitu ANTM ditetapkan sebesar 0,548 atau 54,8% dan bobot pada saham TINS sebesar 0,452 atau 45,2% dalam portofolio.

Setelah didapatkan hasil simulasi variabel acak ANTM (u_1) dan TINS (u_2) menggunakan parameter *Copula Clayton*, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai return dari hasil simulasi dimana $R_{1,t} = \Phi^{-1}(u_1)$ dan $R_{2,t} = \Phi^{-1}(u_2)$. Nilai *return* dari hasil simulasi digunakan untuk menghitung *return* portofolio menggunakan Persamaan (10) dengan bobot saham ANTM dalam portofolio (w_1) adalah sebesar 0,548 dan bobot saham TINS dalam portofolio (w_2) sebesar 0,452. Setelah nilai *return* portofolio diperoleh, dilanjutkan dengan menghitung nilai VaR dan CVaR portofolio untuk jangka waktu satu hari berikutnya. Hal ini dilakukan dengan menggunakan Persamaan (11) dan (12) dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* R Studio dimana hasilnya diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai VaR dan CVaR Portofolio

	Tingkat Kepercayaan		
	90%	95%	99%
CVaR	-3,04%	-3,56%	-4,57%

Rata-rata nilai CVaR yang diperoleh pada Tabel 3 masing-masing adalah -3,04%, -3,56%, dan -4,57% dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Tanda negatif menunjukkan adanya kerugian yang mungkin diperoleh pada portofolio saham ANTM dan TINS satu hari mendatang. Misalkan seorang investor awalnya menginvestasikan Rp 100,000,000 dalam suatu portofolio. Proyeksi kerugian investasi yang melebihi VaR pada tingkat kepercayaan 90% pada satu hari berikutnya adalah sebesar Rp3,044,355. Demikian pula pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%, perkiraan kerugian adalah sebesar Rp3,560,917 dan Rp4,571,603.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa perkiraan nilai CVaR yang dihitung dengan metode *Copula Clayton* untuk portofolio yang terdiri dari saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) dan PT Timah Tbk (TINS) adalah sebesar 3,04%, 3,56%, dan 4,57% masing-masing pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Nilai CVaR mewakili proporsi risiko investasi yang mungkin dihadapi dalam periode satu hari berikutnya. Nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kepercayaan maka nilai CVaR juga meningkat.

REFERENSI

- Ambarsari, A., Sudarno, & Tarno. (2016). Perbandingan Pendekatan Generalized Extreme Value dan Generalized Pareto Distribution untuk Perhitungan Value at Risk pada Portofolio Saham. *Gaussian*, 5(3), 361–371.
- Ardhitha, T., Sulistianingsih, E., & Satyahadewi, N. (2023). Value At Risk Analysis on Blue Chip Stocks Portfolio With Gaussian Copula. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(3), 1739–1748. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss3pp1739-1748>
- Binsanno, S. S., Sudarno, S., & Maruddani, D. A. I. (2023). Pengukuran Nilai Risiko Portofolio Saham Pada Indeks LQ45 Di Bidang Telekomunikasi Menggunakan Metode Kopula Clayton. *Jurnal Gaussian*, 12(1), 81–91. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.12.1.81-91>
- Byun, K., & Song, S. (2021). Value at Risk of portfolios using copulas. *Communications for Statistical Applications and Methods*, 28(1), 59–79. <https://doi.org/10.29220/CSAM.2021.28.1.059>
- Denziana, A., Indrayenti, & Fatah, F. (2014). Corporate Financial Performance Effects Of Macro Economic Factors Against Stock Return. *Akuntansi & Keuangan*, 5(2), 17–40.
- Erawati, F. N., Angarani, D., & Hasan, K. (2022). Analisis harga saham, return saham dan likuiditas saham sebelum dan sesudah akuisisi pada PT. Semen Indonesia. *Proceeding of National Conference on Accounting and Finance*, 4,

- 356–361. <https://doi.org/10.20885/ncaf.vol4.art44>
- Febriyanti, W., Sulistianingsih, E., & Kusnandar, D. (2024). *Analisis Value at Risk Pada Portofolio Optimal Saham Blue Chip Dengan Metode Resampled Efficient Frontier*. 18(1), 30–40.
- Hidayati, H., Dharmawan, K., & Sumarjaya, I. W. (2015). Estimasi Nilai Conditional Value At Risk Menggunakan Fungsi Gaussian Copula. *E-Jurnal Matematika*, 4(4), 188–194. <https://doi.org/10.24843/mtk.2015.v04.i04.p110>
- Izzati, L., Wira R. S., & Sulistianingsih, E. (2019). Analisis Pengukuran Kinerja Portofolio Optimal Indeks Saham Lq45 Dengan Model Black-Litterman. *Bimaster : Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 8(3), 555–562. <https://doi.org/10.26418/bbimst.v8i3.33904>
- Mustafian, Mauliddin, & Abdal, A. M. (2024). Penerapan value-at-risk dan conditional-value- at-risk dalam pengukuran risiko portofolio optimal menggunakan pendekatan simulasi monte carlo. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 08(01), 39–50. journal.unesa.ac.id/index.php/jram
- Nelsen, R. B. (2006). *An Introduction to Copulas* (second).
- Nurchayani, A. W., Saputro, D. R. S., & Nugthoh, A. K. (2016). Korelasi Kendall (τ) untuk Estimasi Parameter Distribusi Clayton-copula Bivariat. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY 2016*, 53–58.
- Nurutsaniyah, D., Widiharih, T., & Maruddani, D. A. I. (2019). Value At Risk Pada Portofolio Saham Dengan Copula Ali-Mikhail-Haq. *Jurnal Gaussian*, 8(4), 543–556. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v8i4.26754>
- Prihatiningsih, Maruddani, & Rahmawati. (2020). Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR) Dalam Pembentukan Portofolio Bivariat Menggunakan Copula Gumbel. *Jurnal Gaussian*, 9(3), 326–335. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v9i3.28913>
- Purba, M., Sudarno, & Mukid, M. A. (2014). Optimalisasi Portofolio Menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM) Dan Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP). *Jurnal Gaussian*, 3(September), 481–490.
- Sanggup, I. P., Satyahadewi, N., & Sulistianingsih, E. (2014). Perhitungan Nilai Ekspektasi Return Dan Risiko Dari Portofolio Dengan Menggunakan Mean - Variance Efficient Portfolio. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya*, 03(1), 51–56.
- Sidadadolog, J. H., Sumarjaya, I. W., & Tastrawati, N. K. T. (2020). Peramalan Volatilitas Return Saham Menggunakan Metode Asymmetric Power Arch (Aparch). *E-Jurnal Matematika*, 9(3), 157. <https://doi.org/10.24843/mtk.2020.v09.i03.p293>
- Tandelilin, E. (2001). *Analisis Investasi dan Manajemen* (1st ed.).
- Tarigan, H. S., & Haryono. (2015). Estimasi Value at Risk (VaR) Portofolio Saham yang Tergabung dalam Indeks LQ45 Periode Agustus 2014 sampai Januari 2015 Menggunakan Metode Copula GARCH. *Sains Dan Seni*, 4(2).