

Analisis *Value at Risk* (VaR) pada Investasi Saham *Blue Chips* dengan Pendekatan Copula

Ganis Ardhaning Saputri, Agus Suharsono, dan Haryono
Departemen Statistika, Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: haryono@statistika.its.ac.id

Abstrak—Investasi dapat dilakukan dalam berbagai macam bentuk, salah satunya adalah dengan membeli saham. Saham *Blue Chips* memiliki reputasi tinggi dan pendapatan yang cukup untuk membayar devidennya. Namun, keadaan pasar di Indonesia selalu tidak stabil Pengukuran risiko adalah hal yang sangat penting berkaitan dengan investasi dana yang cukup besar. Salah satu metode pengukuran risiko yang berkembang adalah *Value at Risk* (VaR). Penelitian ini menggunakan metode Copula untuk mengestimasi *Value at Risk* (VaR) pada nilai return saham Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI) dan PT. Telekomunikasi Indonesia (TLKM) yang termasuk saham *Blue Chips* pada periode Januari 2013 hingga Desember 2018. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan permodelan copula terbaik dan estimasi VaR. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan copula gumbel sebagai model copula terbaik karena mampu menangkap heavy tail lebih baik berdasarkan VaR yang dihasilkan.

Kata Kunci—*Blue Chips*, Copula, *Value at Risk*.

I. PENDAHULUAN

BERINVESTASI pada zaman sekarang dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, misalnya investasi emas batangan, menyimpan uang deposito, investasi reksadana, bisnis properti, menanamkan saham di perusahaan terbuka, dan sebagainya. Namun, investasi saham kini semakin banyak dilirik karena mampu menambah kekayaan dalam jumlah yang cukup besar. Namun, wajar jika dibalik keuntungan besar yang didapatkan, investasi saham juga menghasilkan risiko yang besar pula. Salah satu cara untuk mengurangi tingkat risiko yakni dengan menanamkan modal ke BUMN atau *Blue Chips*, dimana saham-saham tersebut pergerakan sahamnya cukup stabil sehingga risiko yang akan didapatkan juga lebih kecil. *Blue chips* adalah saham dari suatu perusahaan yang memiliki reputasi tinggi, sebagai *leader* di industri sejenis, memiliki pendapatan yang stabil dan konsisten dalam membayar *dividen* [1].

Value at Risk (VaR) merupakan suatu metode statistik yang digunakan untuk mengukur risiko yang dapat memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi dari suatu saham pada tingkat kepercayaan (*level of confident*) tertentu [2]. Tingkat kepercayaan (α) harus dapat menggambarkan probabilitas baku dari horizon waktu investasi dalam kondisi pasar normal dalam kurun waktu T . Metode ini sangat berkembang pesat dan sangat populer semenjak publikasi oleh [3].

Estimasi *Value at Risk* ini akan menggunakan pendekatan Copula. Metode Copula juga tidak memerlukan asumsi normalitas bersama, sehingga ketika nilai *return* tidak berdistribusi normal, pendekatan Copula ini dapat menjelaskan dependensi dari rangkaian *return* saham dengan

sangat baik. Saham yang digunakan dalam penelitian ini adalah saham Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk (BBRI) dan saham PT Telekomunikasi (Persero) Tbk (TLKM) yang termasuk kedalam jenis saham *Blue Chips* di Bursa Efek Indonesia (BEI) pada periode 1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2018. Kedua

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Return Saham

Return merupakan tingkat keuntungan yang diperoleh oleh pemegang saham dari hasil kebijakan investasi yang telah dilakukan. Jika harga saham investasi sekarang lebih tinggi daripada harga saham investasi periode lalu, sehingga akan terjadi keuntungan modal (*capital gain*) atau jika harga saham investasi sekarang lebih rendah dibandingkan dengan harga saham investasi periode lalu disebut dengan kerugian modal (*capital loss*) [4]. Return saham dapat diperoleh dari persamaan berikut ini.

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

dengan:

P_t = Penutupan harga saham pada hari t ,

P_{t-1} = Penutupan harga saham pada hari $t-1$.

B. Value at Risk (VaR)

Value at Risk (VaR) merupakan salah satu bentuk pengukuran risiko yang cukup populer yang didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang didapatkan selama periode waktu tertentu dalam kondisi pasar normal pada tingkat kepercayaan tertentu [5]. VaR adalah variabel acak X yang merupakan persentil ke- $100p$ dari distribusi X yang dinotasikan menjadi $VaR_p(X) = \pi_p$ [6].

$$\Pr(X > \pi_p) = 1 - p \quad (2)$$

Metode simulasi *Monte Carlo* digunakan dalam pengukuran VaR. Metode simulasi *Monte Carlo* akan mensimulasikan secara berulang proses acak mengatur harga semua instrumen keuangan. Setiap simulasi memberikan nilai yang memungkinkan pada akhir target masa depan dan jika simulasi dilakukan dengan baik akan menghasilkan sebaran yang konvergen dan berdistribusi “true” dan dapat menggunakan distribusi untuk menduga VaR yang “true” [7].

C. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan suatu metode yang berkaitan dengan pengumpulan data, penyajian data, sehingga akan memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif dapat memberikan gambaran umum atau karakteristik dari suatu data yang akan dianalisis seperti

seberapa besar rata-rata, varian, median, *skewness*, *kurtosis* dan lain-lain. Statistika deskriptif juga dapat digunakan untuk menunjang analisis statistika inferensia, misalkan membentuk diagram garis dalam analisis *time series* yang digunakan untuk mengetahui kategori pola data yang akan dianalisis [8].

D. Uji Distribusi Anderson Darling

Uji distribusi dilakukan dengan menggunakan uji *Anderson Darling* yang merupakan uji kenormalan yang mengukur penyimpangan distribusi berdasarkan data [9].

$$A_n^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) \left\{ \log Z_{(i)} + \log (1 - Z_{(n+1-i)}) \right\} \quad (3)$$

dimana $Z_i = F(X_i), i = 1, 2, \dots, n$ merupakan fungsi distribusi kumulatif dari distribusi tertentu.

E. Copula

Copula adalah suatu fungsi yang menghubungkan fungsi distribusi multivariat dengan distribusi marginalnya [10]. Teori copula sendiri merupakan alat yang dapat memodelkan distribusi bersama karena tidak memerlukan asumsi normalitas bersama dan memungkinkan bila pemecahan setiap distribusi bersama n -dimensi kedalam distribusi marginal n dan sebuah fungsi copula [11].

Jika terdapat vektor random (X_1, X_2, \dots, X_m) yang memiliki fungsi distribusi kumulatif marginal $F_{x_1}, F_{x_2}, \dots, F_{x_m}$ dengan domain \mathbf{R} tidak turun, yaitu $F_{x_i}(-\infty) = 0$ dan $F_{x_i}(\infty) = 1$, sehingga berikut adalah distribusi bersamanya.

$$F_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}(x_1, x_2, \dots, x_m) = C_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}(F_{x_1}(x_1), F_{x_2}(x_2), \dots, F_{x_m}(x_m)) \quad (4)$$

$C_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}$ merupakan Copula dengan $C_x : [0, 1] \times \dots \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ merupakan distribusi ber-sama dari transformasi variabel random $U_i = F_{x_i}(X_i)$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dengan U_i yang berdistribusi marginal Uniform. Jika fungsi distribusi marginal $F_{x_i}(X_i)$ adalah kontinu, sehingga $C_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}$ merupakan unik dan ditunjukkan pada persamaan berikut ini [9].

$$C_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}(u_1, u_2, \dots, u_m) = \int_0^{u_1} \int_0^{u_2} \dots \int_0^{u_m} c_{(x_1, x_2, \dots, x_m)}(u_1, u_2, \dots, u_m) du_1 du_2 \dots du_m \quad (5)$$

dengan C adalah fungsi kumulatif Copula dengan c adalah persamaan densitas Copula. Dalam kasus distribusi kontinu, struktur dependensi multivariat dan distribusi margial dapat dipisahkan dan Copula dapat diangal *independent margin* [10].

F. Transformasi Variabel Random ke Domain Uniform[0,1]

Berikut merupakan distribusi marginal variabel random yang tidak diketahui.

$$F_{x_i}(x_i) = \frac{1}{n+1} \sum_{j=1}^n \mathbf{1}(X_i^{(j)} \leq x); x_i \in R \quad (6)$$

Transformasi data ke domain Uniform [0,1] dilakukan dengan membuat *scatterplot* [0,1] dengan membuat rank plot X_i . Berikut merupakan persamaannya [12].

$$\left(\left(\frac{R_1^{(j)}}{n+1} \right), \left(\frac{R_2^{(j)}}{n+1} \right), \dots, \left(\frac{R_m^{(j)}}{n+1} \right) \right), 1 \leq j \leq n \quad (7)$$

dengan $R_1^{(j)}, R_2^{(j)}, \dots, R_m^{(j)}$ merupakan rank dari X_1, X_2, \dots, X_m yang sebelumnya telah diubah menjadi bentuk matriks. Persamaan Copula disajikan pada persamaan berikut.

$$C(u_1, \dots, u_m) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I \left(\frac{R_1^{(j)}}{n+1} \leq u_1, \dots, \frac{R_m^{(j)}}{n+1} \leq u_m \right) \quad (8)$$

$$u_1, \dots, u_m \in (0, 1)$$

dengan $I(\cdot)$ merupakan fungsi indikator untuk masing-masing $X^{(j)} \leq x$ dan $\frac{R_i^{(j)}}{n+1} \leq u_i, i = 1, 2, \dots, m$ [13].

G. Copula Archimedean

Copula Archimedean banyak dikaji dan dikembangkan karena merupakan copula multivariat kontinu yang berbentuk sederhana dan memiliki range yang lebar dengan struktur dependensi, kemudian merupakan copula bivariat yang sederhana dalam menggambarkan dependensi, dan merupakan copula dengan pendekatan dependensi yang mudah diimplimentasikan. Copula Archimedean terdiri dari Copula Gumbel, Copula Clayton, dan Copula Frank. Copula Archimedean mempunyai bentuk distribusi dengan *tail* dependensi yang menghasilkan probabilitas kondisional pada daerah ekstrim [10].

Copula Gumbel memiliki *tail* dependensi bagian atas, Copula Clayton memiliki *tail* dependensi bagian bawah, dan Copula Frank tidak memiliki *tail* dependensi [14].

Tabel 1. Keluarga Copula Archimedean

Copula	Generator $\phi(u)$	Copula Bivariat $C(u_1, u_2)$
Gumbel	$\frac{u^{-\theta} - 1}{\theta}, \theta \in (0, \infty)$	$(u_1^{-\theta} + u_2^{-\theta} - 1)^{-\frac{1}{\theta}}$
Clayton	$(-\log(u))^\theta, \theta \in [1, \infty)$	$1 - \left[(-\log(u_1))^\theta + (-\log(u_2))^\theta \right]^{-\frac{1}{\theta}}$
Frank	$\log\left(\frac{e^u - 1}{e^u - 1}\right), \theta \in R \setminus \{0\}$	$\frac{1}{\theta} \log\left(1 + \frac{(e^{u_1} - 1)(e^{u_2} - 1)}{(e^\theta - 1)}\right)$

H. Estimasi Parameter Copula dengan Maximum Likelihood Estimation (MLE)

Nilai MLE dari sebuah parameter copula digunakan memilih model copula terbaik dengan mempertimbangkan nilai yang paling besar yang dihasilkan [15]. Fungsi densitas f ditulis dalam bentuk Copula pada persamaan berikut.

$$f(x_1, x_2) = c \{F_1(x_1), F_2(x_2)\} \prod_{i=1}^2 f_i(x_i); x_1, x_2 \in R \quad (9)$$

dengan *Maximum Likelihood Estimation*, fungsi likelihood L dan log likelihood dapat dituliskan sebagai berikut ini.

$$L = \prod_{j=1}^n f(x_1^{(j)}, x_2^{(j)}) = \prod_{j=1}^n \left(c \{F_1(x_1^{(j)}), F_2(x_2^{(j)})\} \prod_{i=1}^2 f_i(x_i^{(j)}) \right) \quad (10)$$

$$\ln L = \sum_{j=1}^n \ln c \{F_1(x_1^{(j)}), F_2(x_2^{(j)})\} + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n \ln f_i(x_i^{(j)}) \quad (11)$$

Estimasi parameter untuk Copula Archimedean dengan menggunakan pendekatan Tau Kendall dapat dituliskan sebagai berikut ini [10].

$$\tau_c = 1 + 4 \int_0^1 \frac{\phi(u)}{\phi'(u)} du \quad (12)$$

Pendekatan Tau Kendall untuk masing-masing Copula Gumbel, Clayton, dan Frank disajikan pada Tabel 2 berikut [16].

Tabel 2.
Estimasi Parameter Copula Archimedean

Copula	Estimasi θ
Gumbel	$\hat{\tau} = 1 - \frac{1}{\theta_G}$ maka $\hat{\theta}_G = \frac{1}{1 - \tau}$
Clayton	$\hat{\tau} = \frac{\theta_c}{\theta_c + 2}$ maka $\hat{\theta}_c = \frac{2\tau}{1 - \tau}$ $\hat{\tau} = 1 - \frac{4(1 - D_1(\theta_r))}{\theta_r}$
Frank	dengan $D_k(x) =$ fungsi Debye $D_k(x) = \frac{k}{x^k} \int_0^x \frac{u^k}{e^u - 1} du$

I. Korelasi Tau Kendall

Korelasi Kendall adalah penduga yang tidak bias untuk parameter populasi. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0 : \tau = 0$ (tidak terdapat korelasi antara X dan Y)

$H_1 : \tau \neq 0$ (terdapat korelasi antara X dan Y)

Statistik uji

$$\hat{\tau} = \frac{S}{n(n-1)/2} \quad (13)$$

Tolak H_0 , jika $|\tau| < \tau_{\alpha/2, n}$ dengan $\tau_{\alpha/2}$ yang diperoleh dari tabel harga-harga kritis statistik uji korelasi Tau Kendall [17].

J. Blue Chips

Blue chips merupakan saham biasa dari suatu perusahaan yang memiliki reputasi tinggi, sebagai leader di industri sejenis, memiliki pendapatan yang stabil dan konsisten dalam membayar *dividen* [1]. Saham blue chips dianggap memiliki peranan paling besar dalam menggerakkan IHSG. Saham blue chips memiliki volatilitas harga yang tidak terlalu tinggi dan memiliki pergerakan harga yang tidak terlalu fluktuatif. Saham blue chips memiliki rata-rata nilai jual yang tinggi dan tentu saja juga memberikan *dividen* yang tinggi hingga disebutkan bahwa rata-rata lebih tinggi dari saham lain di BEI [18].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hargapenutupan (*closing price*) saham harian pada 2 perusahaan yaitu Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk (BBNI) sebagai variabel X dan PT.

Telekomunikasi Indoensia Tbk (TLKM) sebagai variabel Y pada periode 5 tahun terakhir yakni Januari 2013 hingga Desember 2018. Masing-masing data harga penutupan saham tersebut diperoleh dari situs www.finance.yahoo.com.

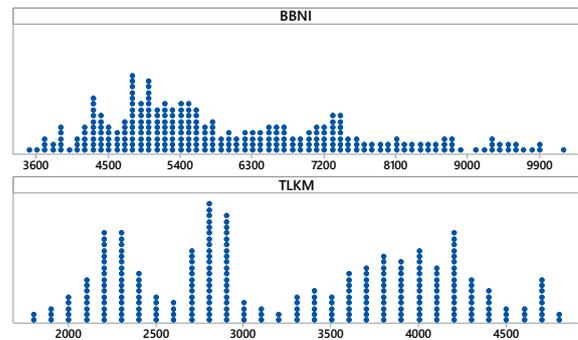
Langkah analisis yang akan dilakukan adalah dengan menghitung nilai *return* dari masing-masing harga penutupan saham (*closing price*) yang kemudian dilakukan analisis statistika deskriptif. Selanjutnya, melakukan uji korelasi untuk mengetahui pola hubungan antara nilai *return* saham BBNI dan TLKM. Setelah itu, dilakukan pengujian distribusi untuk masing-masing nilai *return* saham BBNI dan TLKM. Kemudian, mengidentifikasi pola hubungan nilai *return* saham BBNI dan TLKM dengan pendekatan Copula yang terdiri dari melakukan transformasi kedua nilai *return* ke Uniform $[0,1]$, selanjutnya membuat *scatterplot* hasil transformasi dan mengestimasi parameter Copula dengan pendekatan Tau Kendall yang dimodelkan dengan menggunakan Copula Gumbel, Clayton, dan Frank. Berdasarkan ketiga Copula akan dipilih model terbaik dengan menggunakan nilai *likelihood* terbesar yang selanjutnya akan dilakukan estimasi VaR.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan beberapa tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini. Bab ini akan menjelaskan hasil dari rangkaian tahapan analisis yang dilakukan.

A. Analisis Statistika Deskriptif

Sebelum dilakukan estimasi VaR akan terlebih dahulu dilakukan analisis statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik saham BBNI dan TLKM. Pada Gambar 1 merupakan histogram dari harga penutupan saham (*closing price*) kedua saham.



Setiap simbol pengamatan merepresentasikan hingga 6 observasi.

Gambar 1. Perbandingan Histogram *Closing Price* BBNI dan TLKM.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kedua harga penutupan saham cenderung berpola fluktuatif, hal ini terlihat jelas pada grafik yang mengalami multimodal atau terdapat lebih dari satu modus yang muncul. Dapat diketahui bahwa harga saham TLKM cenderung tidak stabil bila dibandingkan dengan harga penutupan saham BBNI. Setelah diketahui pola harga penutupan saham (*closing price*) BBNI dan TLKM akan dilakukan analisis statistika deskriptif pada nilai *return* kedua saham berikut ini.

Tabel 3.
Statistika Deskriptif *Return* Saham BBNI dan TLKM

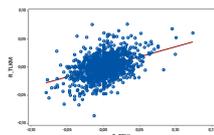
Kode Saham	Mean	Varians	Min	Maks	Skewness
BBNI	0,0008	0,0004	-0,080	0,123	0,29

TLKM	0,0007	0,0003	-0,087	0,076	-0,00
------	--------	--------	--------	-------	-------

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui kedua saham memiliki rata-rata *return* yang bernilai positif yang menunjukkan adanya keuntungan yang akan diperoleh investor saat menanamkan modalnya ke kedua saham tersebut. Dapat diketahui pula bahwa nilai minimum *return* saham TLKM lebih kecil daripada BBNI, sedangkan nilai maksimum *return* BBNI lebih besar daripada TLKM. Namun perlu diketahui jika varians *return* saham BBNI lebih besar daripada saham TLKM yang dapat mengindikasikan bahwa saham BBNI memiliki potensi kerugian lebih besar daripada TLKM. Kemudian, *skewness* untuk kedua *return* saham tidak bernilai nol yang menunjukkan kedua *return* saham tidak berdistribusi normal.

B. Uji Korelasi

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2 dengan menggunakan *scatterplot* menunjukkan bahwa nilai *return* saham BBNI dan TLKM tidak acak dan saling berdekatan. Selain itu, tidak menunjukkan pola tertentu yang berkaitan dengan korelasi antara kedua nilai *return* bila hanya dengan menggunakan *scatterplot*. Namun, dengan kedekatan pengamatan yang terkonsentrasi pada interval tertentu dapat mengindikasikan kedekatan hubungan antara kedua nilai *return*.

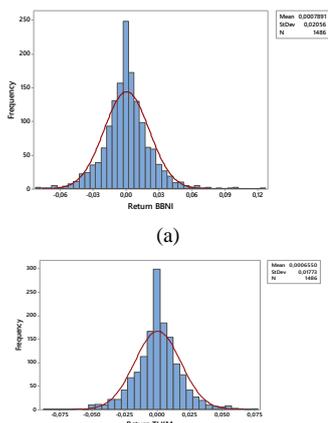


Gambar 2. *Scatterplot* antara Nilai *Return* Saham BBNI dan TLKM.

Analisis hubungan juga dapat dilakukan dengan menggunakan korelasi Tau Kendall, dimana dilakukan untuk mengetahui lebih jelas mengenai korelasi yang terjadi antara *return* saham BBNI dan TLKM. Nilai *return* saham BBNI dan TLKM menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,2484822, dengan statistik uji (z) sebesar 13,92 dan p -value sebesar $< 2,2 \times 10^{-16}$. Maka dapat diketahui bahwa *return* saham BBNI dan TLKM bernilai positif atau memiliki hubungan saling mempengaruhi. Kemudian, kekuatan hubungan antara kedua nilai *return* sangat kecil dan hubungannya juga saling signifikan.

C. Uji Distribusi Anderson Darling pada Return Saham Blus Chips

Pengujian kenormalan data dilakukan dengan menggunakan histogram dan uji Anderson Darling. Histogram disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram *Return* Saham (a) BBNI dan (b) TLKM.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai *retrun* saham BBNI dan TLKM tidak mengikuti bentuk histogram distribusi normal yang ditunjukkan dengan bentuk pada histogram yang terdapat kemiringan ke arah kanan untuk *return* BBNI, sedangkan untuk *return* TLKM terdapat sedikit kemiringan ke arah kiri. Selain itu, akan dilakukan Uji Anderson Darling untuk memperjelas hasil pengujian yang telah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 5. Uji Distribusi Normal

Kode Saham	Nilai AD	p -value
BBNI	24,864	$<0,010$
TLKM	55,293	$<0,010$

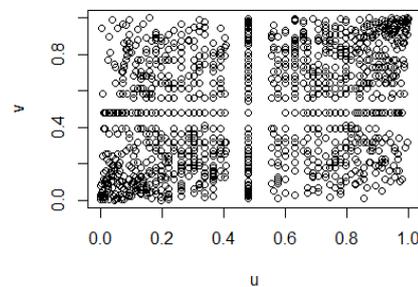
Pada Tabel 5 menyajikan nilai p -value dari masing-masing *return* saham BBNI dan TLKM. Jika menggunakan taraf signifikan sebesar 5%, maka dapat diputuskan tolak H_0 . Sehingga dapat diketahui bahwa kedua *return* saham tidak berdistribusi normal. Kedua *return* saha yang telah teridentifikasi tidak berdistribusi normal akan dicari masing-masing distribusi yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 6. Pemilihan Distribusi *Return* Saham

Kode Saham	Distribusi
BBNI	Weibull (3P)
TLKM	Weibull (3P)

D. Identifikasi Hubungan Saham BBNI dan TLKM

Sebelum melakukan analisis Copula, langkah yang akan dilakukan selanjutnya adalah melakukan transformasi pada *return* saham BBNI dan TLKM ke Uniform [0,1]. Berikut adalah *scatterplot* hasil transformasi.



Gambar 4. *Scatterplot* Transformasi [0,1] antara *return* Saham BBNI dan TLKM.

Pada Gambar 4 menunjukkan adanya *mixture* copula atau lebih dari satu copula yang ditunjukkan dengan terkonsentrasinya beberapa pengamatan pada bagian kanan atas dan kiri bawah *scatterplot*. Hal ini mengindikasikan adanya karakteristik copula Gumbel, Clayton, dan Frank. Gambar 4 juga dapat menjelaskan adanya dependens antara kedua *return* saham, namun perlu diperjelas dengan melakukan pengujian korelasi Tau Kendall kembali setelah dilakukan transformasi ke Uniform[0,1] untuk lebih memperjelas analisis.

Berdasarkan hasil uji dependensi diperoleh nilai korelasi se-besar 0,2484822 dengan statistik uji (z) sebesar 13,93 dan p -value sebesar $< 2,2 \times 10^{-16}$. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa *return* saham BBNI dan TLKM setelah dilakukan trasnformasi Uniform [0,1] tidak menunjukkan adanya perbedaan hasil analisis bahwa *return* kedua saham sebelum dilakukan transformasi.

Setelah dinyatakan bahwa *return* saham BBNI dan TLKM tidak normal dan memiliki dependensi, maka kemudian dapat dilakukan estimasi parameter copula dengan menggunakan copula gumbel, clayton, dan frank.

E. Pemilihan Copula Terbaik

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan Copula Archimedena karena variabel yang digunakan tidak mengikuti distribsui normal dan memiliki struktur dependensi yang lebih luas. Copula Archimedean yang terdiri dari copula gumbel, clayton, dan gumbel merupakan yang pendekatan yang akan digunakan karena variabel yang digunakan tidak berdistribusi normal. Estimasi parameter copula dapat dihitung berdasarkan nilai koefisien korelasi Tau Kendall sebesar 0,2484822.

a. Parameter Copula Gumbel

$$\theta_g = \frac{1}{(1-\tau)} = \frac{1}{(1-0,2484822)} = 1,330640472$$

b. Parameter Copula Clayton

$$\theta_c = \frac{2\tau}{(1-\tau)} = \frac{2(0,2484822)}{(1-0,2484822)} = 0,661280944$$

c. Parameter Copula Frank

Untuk copula Frank menggunakan *software R* dan diperoleh nilai estimasi parameter sebesar 2,356. Berikut merupakan Tabel 8 yang menyajikan estimasi parameter dari masing-masing copula.

Tabel 8. Pemilihan Model Copula Terbaik dengan Pendekatan MLE

Copula	Parameter	Std. Error
Gumbel	1,331	0,032
Clayton	0,6613	0,064
Frank	2,356	0,025

Setelah mengetahui estimasi parameter dari masing-masing copula akan dilakukan model *fitting* copula dengan memilih copula mana yang paling sesuai dengan memiliki nilai loglikelihood terbesar.

Tabel 9.

Pemilihan Model *Fitting* Copula Terbaik dengan Pendekatan MLE

Copula	Estimate	Std. Error	Log Likelihood
Gumbel	1,318	0,026	123,9
Clayton	-	-	-
Frank	2,38	0,167	101,2

Tabel 9 menunjukkan nilai loglikelihood terbesar adalah pada copula gumbel, maka copula gumbel dapat dikatakan merupakan copula yang paling sesuai. Hal ini dikarenakan model Copula Gumbel lebih mampu menangkap *heavy tail* dibandingkan dengan model copula lainnya. Selain itu, copula gumbel merupakan copula Archimedean dengan tail dependensi pada bagian atas. Berikut adalah copula untuk nilai *return* saham BBNI dan TLKM.

$$C(u_1, u_2) = \exp \left\{ - \left[-\ln(u_1)^{1,331} - \ln(u_2)^{1,331} \right]^{\frac{1}{1,331}} \right\}$$

F. Estimasi Value at Risk (VaR)

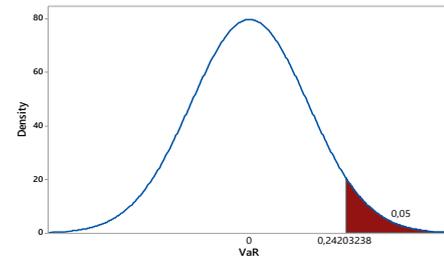
Tabel 10.

Estimasi Value at Risk

Copula	α	Nilai VaR
Gumbel	5%	0,24203238
Frank	5%	0,23702754

Model copula terpilih yang memiliki nilai *lo likelihood* terbesar adalah copula Gumbel akan digunakan untuk mengestimasi VaR pada data kedua *return* saham yaitu BBNI dan TLKM. Estimasi VaR akan dilakukan untuk periode 21 hari berikutnya dengan tingkat kepercayaan 95%. Berikut adalah ringkasan estimasi VaR.

Tabel 10 menunjukkan estimasi VaR yang terbesar untuk saham BBNI dan TLKM dengan copula Gumbel dibandingkan dengan copula Frank. Jika menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95%, maka kerugian minimal pada $21 \times 5\% \approx 1$ hari ke depan adalah sebesar 2,4% rupiah dari aset yang ditanamkan sebagai modal. Hasil VaR dapat disajikan dalam bentuk kurva sebagai berikut ini.



Gambar 5. Kurva VaR untuk Copula Gumbel.

Misalkan dalam suatu studi kasus, seorang investor ingin menanamkan modalnya sebesar Rp. 100.000.000,00, maka VaR yang akan diperoleh investor tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 11.

Studi Kasus Perbandingan VaR antar Copula

Copula	Estimasi VaR
Gumbel	Rp. 24.203.238,00
Frank	Rp. 23.702.754,00

Dapat diketahui bahwa pada Tabel 11 menunjukkan estimasi terbesar adalah pada copula Gumbel. Maka, menunjukkan bahwa copula Gumbel yang memiliki nilai log likelihood terbesar lebih mampu menangkap *heavy tail* dibandingkan dengan copula lainnya. Berdasarkan kasus tersebut dapat disimpulkan bahwa besar risiko penanaman saham BBNI dan TLKM sebesar 2,4% rupiah dari Rp. 100.000.000,00, maka kemungkinan dalam kurun waktu 20 hari akan terdapat 1 hari seorang investor akan mengalami kerugian minimal sebesar Rp. 24.203.238,00.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Data *return* saham BBNI dan TLKM saling berfluktuasi dan menunjukkan adanya *skewness* yang mengindikasikan *return* kedua saham tidak normal dan telah dibuktikan pula dengan uji distribusi. Kemudian, berdasarkan uji dependensi dengan Tau Kendall menunjukkan adanya hubungan antara *return* saham BBNI dan TLKM. Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan Tau Kendall. Menurut hasil pemodelan yang telah dilakukan, copula Gumbel merupakan copula yang paling sesuai karena berdasarkan nilai log likelihood terbesar yang mampu menangkap *heavy tail* lebih baik dibandingkan dengan copula yang lainnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil estimasi VaR yang didapatkan dari model copula yakni sebesar 0,24203238.

B. Saran

Saran dalam penelitian selanjutnya adalah dalam mengestimasi nilai kerugian pada saham sebaiknya dengan menggunakan Tail Value at Risk (TVaR) agar estimasi nilai kerugian yang diperoleh akan lebih tepat. Selain itu, metode Copula lain selain yang telah digunakan dalam penelitian ini juga tidak menutup kemungkinan jika model Copula lain misalnya mixture copula yang akan menghasilkan estimasi VaR atau TVaR yang lebih baik lagi, karena pada hasil transformasi menunjukkan adanya gabungan beberapa copula seperti copula gumbel, clayton, dan frank.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Darmadji and H. Fakhruddin, *Pasar Modal di Indonesia*. Jakarta: Salemba Empat, 2011.
- [2] P. Best, *Implementing Value at Risk*. West Sussex: John Wiley & Sons Inc, 1998.
- [3] J. Morgan, *RiskMetrics*, 4th ed. New York: Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1999.
- [4] J. Hartono, *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta: BPFE, 2007.
- [5] P. Jorion, *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2002.
- [6] S. Klugman, H. Panjer, and G. Willmot, *Loss Model: From Data to Decision*, 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2012.
- [7] P. Boyle, "Options: A Monte Carlo Approach," *J. Financ. Econ.*, vol. 4, pp. 323–338, 1977.
- [8] R. E. Walpole, *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [9] M. Stephens, "EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 69, pp. 730–737, 1974.
- [10] R. Nelsen, *An Introduction to Copulas*, 2nd ed. New York: Springer, 2006.
- [11] H. Palaro and L. Hotta, "Using Conditional Copula to Estimate Value at Risk," *J. Data Sci.*, no. 4, pp. 93–115, 2006.
- [12] C. Genest and J. Neslehova, "Copulas: Introduction to The Theory and Implementation in R with Applications in Finance and Insurance," 2010.
- [13] D. Berg and H. Bakken, "Copula Goodness-of-fit Tests: A Comparative Study," 2006.
- [14] T. Kpanzou, "Copulas in Statistics," 2007.
- [15] T. Harsoyo, "Estimasi Value at Risk pada Portofolio Saham LQ45 dengan Metode Copula-GARCH," Surabaya, 2017.
- [16] P. Embrechts, F. Lindskog, and A. McNeil, "Modelling with Copulas and Application to Risk Management," Switzerland, 2001.
- [17] W. Daniel, *Statistika Non Parametrik*. Jakarta: Gramedia, 1989.
- [18] T. Putri, "Mengena Istilah Saham Blue Chips, Second Liner, dan Thirt Liner (PT Astronacci International)," 2018. [Online]. Available: <https://www.astronacci.com/blog/read/Mengenal-Istilah-Saham-Blue-Chips-Second-Liner-dan-Third-l>.