

Estimasi *Value at Risk* Saham Sub-Sektor Perbankan dengan Pendekatan Copula Ali-Mikhail-Haq

Estimation Value at Risk of Banking Sub-Sector Stocks using The Ali-Mikhail-Haq Copula Approach

Ayu Wulandari¹, M. Al Haris², Tiani Wahyu Utami³

¹ Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

² Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

³ Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author : ayuwlann05@gmail.com

Abstrak

Di era modern, investasi telah menjadi instrumen penting dalam kehidupan masyarakat. Saham di subsektor perbankan menjadi pilihan populer karena pertumbuhannya yang pesat dan kapitalisasi pasar yang besar. Namun, risiko tetap menjadi faktor utama yang harus dipertimbangkan, karena fluktuasi pasar dan kondisi ekonomi dapat berdampak negatif pada investasi. *Value at Risk* (VaR) adalah metode umum untuk mengukur risiko investasi, tetapi VaR memiliki keterbatasan karena hanya berlaku jika data berdistribusi normal. Untuk mengatasi keterbatasan ini, copula hadir sebagai alternatif yang tidak mengasumsikan normalitas data dan mampu menangani distribusi gabungan variabel dengan lebih fleksibel. Ada beberapa jenis copula yang sering digunakan, termasuk copula dari keluarga Archimedean seperti Copula Frank, Copula Gumbel, dan Copula Ali-Mikhail-Haq. Di antara jenis-jenis copula tersebut, Copula Ali-Mikhail-Haq adalah yang paling unggul karena kemampuannya dalam menggambarkan dependensi negatif dan positif antar variabel serta menangani data dengan struktur dependensi yang kompleks dalam analisis risiko investasi. Penelitian ini berfokus pada penerapan Copula Ali-Mikhail-Haq pada data harga penutupan saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) dan PT Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) untuk periode 25 Januari 2022 hingga 10 Mei 2023. Copula Ali-Mikhail-Haq dimodelkan menggunakan korelasi Rho Spearman, dengan nilai korelasi $\rho = 0,4532$ dan parameter $\theta = 0,499991$, yang kemudian digunakan dalam estimasi VaR. Hasil estimasi VaR menunjukkan nilai risiko pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% selama periode 80 hari masing-masing sebesar -0,028, -0,038, dan -0,057. Hasil ini menunjukkan kerugian yang mungkin dialami investor jika menginvestasikan dana di BBCA dan BBNI.

Kata Kunci: Copula Ali-Mikhail-Haq, Investasi, Risiko, Sektor Perbankan, *Value at Risk* (VaR)

Abstract

In the contemporary era, investment has become a crucial aspect of people's lives. Stocks in the banking subsector are a popular choice due to their rapid growth and significant market capitalization. However, risk remains a crucial consideration, as market fluctuations and economic conditions can negatively impact investments. Value at Risk (VaR) is a widely used method for assessing investment risk, but it has limitations, particularly because it assumes data is normally distributed. To address this limitation, copulas provide an alternative approach that does not rely on data normality and offers a more flexible handling of the joint distribution of variables. Among the various types of copulas, including the Archimedean family such as the Frank copula, Gumbel copula, and Ali-Mikhail-Haq copula, the Ali-Mikhail-Haq copula stands out due to its ability to describe both negative and positive dependencies between variables and manage complex dependency structures in investment risk analysis. This research focuses on applying the Ali-Mikhail-Haq copula to the daily closing stock price data of PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) and PT Bank Negara Indonesia Tbk (BBNI) from January 25, 2022, to May 10, 2023. The Ali-Mikhail-Haq copula is modeled using Rho Spearman correlation, with a correlation value of $\rho = 0.4532$ and a parameter $\theta = 0.499991$, which is then used in VaR estimation. The VaR estimation results reveal risk values at the 90%, 95%, and 99% confidence levels over an 80-day period as -0.028, -0.038, and -0.057, respectively. These values indicate the potential losses investors might face when investing in BBCA and BBNI.

Keywords: Ali-Mikhail-Haq Copula, Banking Sector, Investment, Risk, *Value at Risk* (VaR)

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi mendorong setiap manusia untuk mempertahankan hidupnya, salah satunya dengan melakukan kegiatan perekonomian (Gunawijaya, 2017). Investasi merupakan salah satu bentuk kegiatan perekonomian yang akhir-akhir ini banyak dilakukan oleh masyarakat. Investasi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan mengeluarkan sumber daya dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan dimasa mendatang (Pardiansyah, 2017). Dalam melakukan kegiatan investasi, tentunya kita memerlukan sarana pengembangan modal. Sarana yang dapat dituju ialah pasar modal.

Saat ini, investasi pasar modal telah mengalami perkembangan yang pesat. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya jumlah investor pasar modal sejak tahun 2022 hingga akhir Maret 2023. Kustodian Sentral Efek Indonesia (2022) mencatat bahwa jumlah investor pasar modal mencapai 3,8 juta pada 2022, dan meningkat menjadi 10,8 juta pada akhir Maret 2023. Salah satu sektor yang cukup populer dalam investasi pasar modal adalah sektor keuangan, khususnya sektor perbankan. Hal ini dikarenakan 33% dari total kapitalisasi indeks harga saham gabungan berasal dari sektor keuangan dan masuknya perusahaan perbankan dalam kategori Forbes 2000 The World Biggest Companies seperti saham PT. Bank Negara Indonesia Tbk. dan PT. Bank Central Asia Tbk. (Otoritas Jasa Keuangan, 2023).

Namun, dalam menetapkan keputusan investasi, pemahaman terhadap kondisi perusahaan dan kapitalisasi pasar saja tidak cukup. Investor harus mempertimbangkan terkait investasi yang akan kita lakukan. Risiko adalah aspek yang tidak terpisahkan dari investasi dan mengabaikannya akan berakibat pada kerugian finansial (Rohmah, 2017). Oleh karena itu, diperlukan alat untuk mengukur risiko dalam berinvestasi untuk meminimalisir risiko yang mungkin dihadapi oleh para investor. *Value at Risk* (VaR) adalah pendekatan statistik yang dapat digunakan untuk mengukur risiko dengan memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi pada tingkat kepercayaan yang telah ditentukan (Jorion, 2007). Namun, metode VaR sering memerlukan asumsi hubungan linear dan distribusi normal yang tidak selalu sesuai dengan data saham. Untuk mengatasi keterbatasan ini, metode VaR dikembangkan dengan pendekatan copula (Zuhra, 2022).

Copula, yang berasal dari bahasa Latin berarti "hubungan", menghubungkan subjek dan predikat dalam analisis statistik. Metode copula memiliki keunggulan karena tidak memerlukan asumsi distribusi normal (Iriani, 2017). Copula Archimedean adalah salah satu jenis keluarga copula yang memiliki beberapa sub-copula seperti Copula Frank, Copula Gumbel, dan Copula Joe, namun masing-masing memiliki keterbatasan dalam menggambarkan dependensi antar variabel (Kumar, 2010). Copula Ali-Mikhail-Haq hadir untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan kemampuannya menggambarkan dependensi antarpvariabel baik negatif maupun positif (Salsabila, 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan VaR pendekatan Copula dalam konteks analisis risiko, seperti penelitian yang dilakukan oleh Saputri (2020) yang berjudul "Analisis *Value at Risk* (VaR) pada Saham Blue Chips dengan Pendekatan Copula" menunjukkan bahwa pendekatan copula dapat digunakan dalam analisis risiko investasi dengan estimasi VaR yang diperoleh menggunakan tingkat kepercayaan 95% sebesar 0,2420. Penelitian lainnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Zuhra (2022) dengan judul "Estimasi *Value at Risk* Portofolio Saham Menggunakan Metode Copula", yang berfokus pada indeks saham LQ45 dan JII" menunjukkan bahwa metode Copula dalam analisis risiko menghasilkan nilai VaR terkecil dengan *return* terbesar dimana dengan tingkat kepercayaan 95 % sebesar 0,0258. Dan penelitian yang dilakukan oleh Nurutsaniyah (2019) dengan judul " *Value at Risk* pada Portofolio Saham dengan Copula

Ali-Mikhail-Haq” menunjukkan bahwa analisis risiko dengan copula memberikan hasil estimasi VaR yang lebih baik, terutama dalam kasus bivariat dibandingkan multivariat, dimana nilai VaR yang diperoleh dengan tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% yaitu -0,4023; -0,0255; dan -0,0187 serta penggunaan copula khususnya copula Ali-Mikhail-Haq dapat menangkap ketergantungan saham dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko yang dihadapi investor saat berinvestasi di sub sektor perbankan dengan menggunakan pendekatan Copula dalam estimasi VaR. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi investor dalam pengambilan keputusan investasi di saham perbankan, serta membantu meminimalkan risiko yang mungkin timbul di masa depan.

METODE

1. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif berupa data sekunder yang mencakup harga penutupan (*closing price*) saham PT. Bank Central Asia Tbk. (BBCA) dan PT. Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI) dari tanggal 25 Januari 2022 hingga 10 Mei 2023. Jumlah data yang digunakan sebanyak 312 data, diperoleh melalui website <https://finance.yahoo.com/>.

2. Eksplorasi Data

Eksplorasi data dalam penelitian ini dilakukan dengan menghitung *return* data observasi, yaitu harga penutupan saham harian BBCA dan BBNI. Eksplorasi ini bertujuan untuk memahami pola perubahan harga saham dari waktu ke waktu. Perhitungan *return* dilakukan menggunakan persamaan (Hanafi & Halim, 2009):

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

di mana:

R_t adalah nilai *return* pada waktu ke- t ,

P_t adalah harga saham waktu ke- t , dan

$P(t-1)$ adalah harga saham waktu $t-1$

3. Identifikasi Data

Data yang akan digunakan akan diperiksa terlebih dahulu dengan serangkaian pengujian untuk memastikan kualitas dan keandalannya. Pengujian tersebut mencakup uji normalitas untuk menentukan distribusi data (normal atau tidak normal), uji heteroskedastisitas untuk menilai apakah terdapat variabilitas yang tidak konsisten dalam data, dan uji autokorelasi untuk mengidentifikasi adanya hubungan antara nilai residual dari model yang diuji. Langkah pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menggunakan QQ plot dari setiap *return* saham dan melakukan uji Kolmogorov-Smirnov. Langkah ini bertujuan untuk memeriksa apakah *return* saham dari kedua saham berdistribusi normal atau tidak. Interpretasi uji Kolmogorov-Smirnov adalah jika nilai $p < 0,05$ maka data tidak berdistribusi normal, sebaliknya jika nilai $p > 0,05$ maka data berdistribusi normal.
- Menguji autokorelasi data dengan tujuan mengetahui apakah terdapat efek autokorelasi pada data menggunakan uji Ljung-Box dan melihat plot ACF dari setiap *return* saham.
- Menguji heteroskedastisitas dalam data menggunakan uji ARCH LM dan melihat plot ACF dari *return* kuadrat kedua saham untuk mengetahui apakah terdapat ketidaksamaan varians dalam data.

4. Copula

Copula adalah alat dalam statistik yang memungkinkan kita untuk memahami dan memodelkan hubungan (dependensi) antara variabel acak secara lebih fleksibel, tanpa harus bergantung pada asumsi distribusinya (Ratih, 2014). Copula diperkenalkan Abe Sklar pada tahun 1959 dalam bentuk teorema, yang kemudian menjadi salah satu landasan dalam analisis ketergantungan dalam statistika eskrem, keuangan dan bidang lainnya. Copula bukanlah suatu distribusi, melainkan hanya sebuah alat untuk menghubungkan distribusi margin (distribusi individu) menjadi distribusi bersama. Copula juga tidak memiliki PDF dan hanya memiliki CDF, hal ini dikarenakan copula hanya merepresentasikan hubungan antara variabel acak, bukan distribusi probabilitas lengkap.

Teorema Sklar adalah dasar dari konsep Copula. Teorema ini menyatakan bahwa fungsi distribusi kumulatif bersama H dari variabel acak x dan y dapat didekomposisi menjadi fungsi distribusi margin (F dan G) untuk masing-masing variabel acak, yang terhubung oleh sebuah copula. Secara matematis, Teorema Sklar dapat ditulis sebagai berikut (Nelsen, 2006):

$$H(x, y) = C(F(u), G(v)) = C(u, v)$$

di mana:

$F(u), G(v)$ adalah distribusi margin dari variabel x dan y .

$H(x, y)$ adalah distribusi kumulatif bersama dari variabel x dan y .

$C(u, v)$ adalah Copula dalam rentang $[0, 1]$.

Untuk fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari copula sendiri biasanya dilambangkan dengan C , dengan fungsi $C: [0, 1]^d \rightarrow [0, 1]$ di mana d adalah jumlah variabel acak (dimensi). Untuk sepasang variabel acak u dan v dengan marginal uniform pada $[0, 1]$, copula memenuhi persamaan berikut (Haugh, 2016):

$$C(u, v) = P(x \leq u, y \leq v)$$

dimana:

x dan y adalah variabel acak kontinu.

u dan v adalah nilai pada interval $[0, 1]$.

$P()$ adalah probabilitas, yang menunjukkan kemungkinan bahwa nilai copula kurang dari atau sama dengan nilai yang diberikan u dan v .

Sedangkan untuk fungsi densitas (PDF) dari copula, biasanya jika ada menggunakan turunan dari CDF copula, dimana dalam kasus bivariat biasanya dituliskan dengan persamaan:

$$c(u, v) = \frac{(\partial^2 C(u, v))}{\partial u \partial v}$$

5. Copula Ali-Mikhail-Haq

Copula Ali-Mikhail-Haq (AMH) adalah salah satu jenis copula yang menarik karena tidak menunjukkan tail dependensi atas maupun bawah, yang berarti ekstrem atas dan bawah dari distribusi tidak saling terkait. Ini membuat interpretasi dependensi bergantung pada nilai parameter copula (Nelsen, 2006). Copula AMH mampu menggambarkan dependensi negatif atau positif tergantung pada nilai parameternya. Ketika nilai parameter positif, ada hubungan erat antara variabel-variabel bernilai tinggi, dan sebaliknya. Bentuk umum Copula Ali-Mikhail-Haq adalah:

$$C(u, v) = \frac{uv}{(1 - \theta(1 - u)(1 - v))}$$

dimana θ adalah parameter copula AMH, u adalah residual saham pertama, dan v adalah residual saham kedua. Sedangkan fungsi generator Copula Ali-Mikhail-Haq (AMH) sebagai berikut:

$$\varphi_{\theta}(t) = \ln \left(\frac{(1 - \theta(1 - t))}{t} \right)$$

dengan:

$\varphi_{\theta}(t)$ adalah fungsi generator Copula AMH,

θ adalah parameter Copula AMH, dan

t adalah periode waktu

6. Estimasi Parameter Copula Ali-Mikhail-Haq

Dalam analisis ketergantungan antara dua variabel acak, estimasi parameter copula penting untuk memodelkan hubungan mereka. Metode yang umum digunakan untuk estimasi parameter copula adalah dengan menggunakan statistik uji seperti korelasi Rho Spearman (Shih, 2022). Estimasi parameter Copula Ali-Mikhail-Haq dengan pendekatan Rho Spearman dilakukan menggunakan persamaan berikut (Kumar, 2010):

$$\rho = 12 \iint_{I^2} C(u, v) dudv - 3$$

$$\rho = 12 \iint_{I^2} \frac{uv}{1 - \theta(1 - u)(1 - v)} dudv - 3$$

dimana ρ adalah nilai korelasi rho spearman dan $C(u, v)$ adalah bentuk umum copula Ali-Mikhail-Haq. Dengan demikian, perhitungan estimasi parameter θ Copula Ali-Mikhail-Haq menggunakan pendekatan korelasi Rho Spearman dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\rho = 12 \left(\frac{-3\theta + \ln(1 - \theta)\theta + \ln(1 - \theta) - 2\ln(1 - \theta) + 2(\ln(1 - \theta))\theta}{\theta^2} \right) - 3$$

dimana:

ρ adalah nilai korelasi rho Spearman yang diamati.

θ adalah parameter Copula AMH yang ingin diestimasi.

Persamaan tersebut merupakan persamaan nonlinear sehingga diperlukan bantuan metode numerik untuk mencari estimasi parameter copula, metode yang dapat digunakan adalah metode bagi dua atau yang dinamakan *bisection*.

7. Value at Risk (VaR)

Value at Risk (VaR) adalah metode sederhana dan populer dalam mengukur risiko finansial karena kemampuannya untuk menunjukkan risiko maksimum yang mungkin terjadi dalam kondisi pasar normal dengan tingkat kepercayaan tertentu. VaR mengukur kerugian potensial terburuk yang dapat diterima selama periode holding saham dengan tingkat kepercayaan tertentu, meskipun kerugian aktual bisa lebih besar atau lebih kecil. Perhitungan VaR dengan *Simulasi Monte Carlo* dilakukan menggunakan langkah-langkah berikut:

- Simulasikan nilai *return* dengan menghasilkan secara acak pengembalian harga penutupan saham menggunakan fungsi Copula Ali-Mikhail-Haq berdasarkan nilai estimasi parameter yang diperoleh pada langkah sebelumnya sebanyak n kali (1000 kali).
- Nilai *return* yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menghitung *return* portofolio saham menggunakan persamaan:

$$R_{\rho_t} = R_{1,t} + R_{2,t}$$

$$R_{1,t} = F_1^{-1}(u_t) \text{ dan } R_{2,t} = F_2^{-1}(v_t)$$

- Menghitung nilai VaR pada tingkat kepercayaan tertentu (90%, 95% dan 99%) menggunakan persamaan:

$$\text{VaR}_{\alpha} = \text{quantile}_{(1-\alpha)} (\text{Data Simulasi})$$

- d. Mengulang langkah (a) sampai langkah (d) sebanyak m kali (5 kali) untuk memungkinkan berbagai kemungkinan nilai VaR.

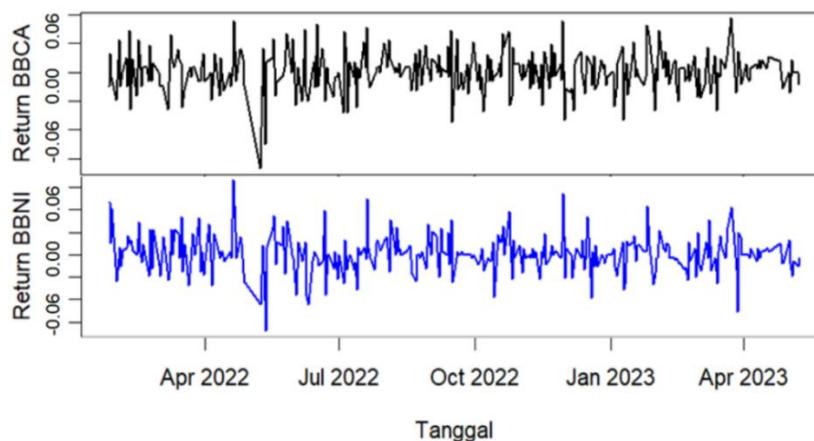
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa harga penutupan saham (*closing price*) harian yang diukur dalam Rupiah. Data diperoleh dari website <http://finance.yahoo.com> dan mencakup saham dari PT Bank Central Asia Tbk. dan PT Bank Negara Indonesia Tbk. pada periode 25 Januari 2022 hingga 10 Mei 2023. Jumlah data yang digunakan yaitu 312 data. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak RStudio versi 3.4 dan Microsoft Excel 2019.

Langkah awal dalam pemrosesan data adalah menghitung *return* harian dari harga penutupan saham. *Return* harian ini dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Hasil perhitungan *return* pada saham BBKA dan BBNI disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot *Return* Saham BBKA dan BBNI

Gambar 1 menunjukkan bahwa plot *return* saham BBKA dan BBNI selama periode 25 Januari 2022 hingga 10 Mei 2023 menunjukkan pergerakan yang fluktuatif signifikan. Plot data tersebut juga menunjukkan adanya ketergantungan positif antar harga saham BBKA dan BBNI dimana ketika harga saham BBKA naik cenderung diikuti oleh kenaikan harga saham BBNI dan sebaliknya. Namun terdapat beberapa periode di mana harga saham kedua perusahaan tersebut bergerak dalam arah yang berlawanan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan copula khususnya Copula Ali-Mikhail-Haq diperlukan untuk analisis lebih lanjut.

Penerapan copula diawali dengan melakukan pengujian normalitas. Uji normalitas digunakan untuk mengevaluasi distribusi data *return* saham dan mengidentifikasi kemungkinan ketidakstabilan harga yang bisa berdampak negatif terhadap investor. Uji normalitas yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov, dengan tujuan untuk memastikan apakah data *return* saham BBKA dan BBNI berdistribusi normal atau tidak. Hipotesis uji dalam uji Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut:

H_0 : distribusi data normal

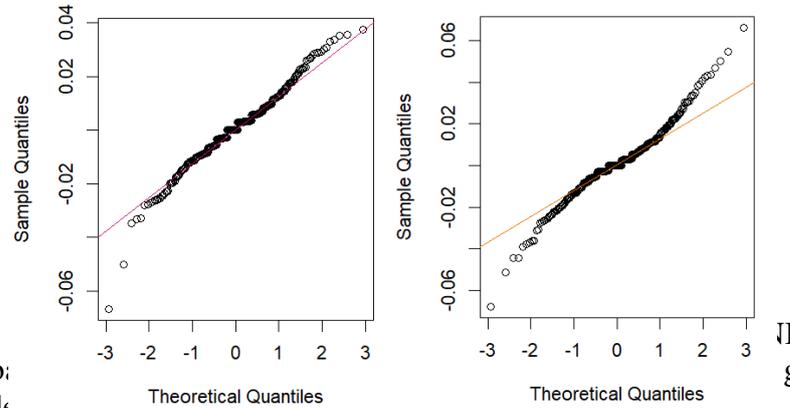
H_1 : distribusi data tidak normal

Tabel 1. Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov *Return* BBKA dan BBNI

Saham	D_{hitung}	$p - value$
PT. Bank Central Asia	0.5186	0.0000

PT. Bank Negara Indonesia	0.5033	0.0000
---------------------------	--------	--------

Tabel 1 menunjukkan bahwa data *return* saham BBKA dan BBNI tidak mengikuti distribusi normal, yang terlihat dari *p-value* yang dihasilkan yaitu $0.0000 < 0.05$. Temuan tersebut juga diperkuat dengan grafik QQ-plot dari nilai *return* dari BBKA dan BBNI yang disajikan pada Gambar 1.



Dari Gambar 1 terlihat bahwa data *return* saham BBKA dan BBNI tidak mengikuti distribusi normal. Berdasarkan kesimpulan tersebut, penerapan metode copula dapat dilanjutkan dengan mempertimbangkan korelasi antara saham-saham yang bersangkutan. Pengujian autokorelasi dilakukan menggunakan uji Ljung-Box, dengan tujuan untuk mengidentifikasi apakah terdapat autokorelasi dalam data *return* saham. Hipotesis yang diuji dalam uji Ljung-Box adalah sebagai berikut:

- H_0 : ada efek autokorelasi pada data
- H_1 : tidak ada efek autokorelasi pada data

Tabel 2. Hasil Uji L-Jung Box *Return* BBKA dan BBNI

Saham	Ljung Box	
	Lag	<i>p-value</i>
PT. Bank Central Asia Tbk. (BBKA)	1	0.05
	5	0.069
	10	0.070
	15	0.068
	20	0.208
PT. Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI)	1	0.584
	5	0.952
	10	0.051
	15	0.124
	20	0.205

Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap lag memiliki nilai *p-value* ≥ 0.05 . Oleh karena itu, H_0 diterima yang mengartikan tidak ada efek autokorelasi pada *return* saham PT. Bank Central Asia Tbk. (BBKA) dan PT. Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI). Setelah itu, dilakukan uji heteroskedastisitas untuk memeriksa apakah terdapat ketidaksamaan varians dalam *return* saham. Pengujian heteroskedastisitas ini dilakukan menggunakan uji ARCH LM (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Lagrange Multiplier*). Hipotesis pengujian dalam uji ARCH LM adalah berikut:

- H_0 : terdapat efek heteroskedastisitas pada data
- H_1 : tidak terdapat efek heteroskedastisitas pada data

Tabel 3. Hasil Uji ARCH-LM *Return* BBKA dan BBNI

Saham	ARCH LM
	<i>p - value</i>
PT. Bank Central Asia Tbk. (BBKA)	0.7154
PT. Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI)	0.1927

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *p-value* > 0.05, yang mengindikasikan bahwa H_0 diterima. Hal tersebut mengartikan *return* saham PT. Bank Central Asia Tbk. (BBKA) dan PT. Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI) tidak menunjukkan efek heteroskedastisitas. Setelah memeriksa asumsi data, langkah selanjutnya adalah menentukan koefisien korelasi atau nilai ρ untuk variabel harga penutupan saham PT Bank Central Asia Tbk. (BBKA) dan PT Bank Negara Indonesia Tbk. (BBNI), menggunakan korelasi Rho Spearman. Perhitungan korelasi menunjukkan bahwa nilai korelasi antara BBKA dan BBNI sebesar 0,4523. Nilai korelasi tersebut kemudian digunakan untuk perhitungan estimasi parameter Copula dengan persamaan:

$$\rho = 12 \left(\frac{-3\theta + (1 - \theta) \ln(1 - \theta)}{\theta^2} \right) - 3$$

$$0,4523 = 12 \left(\frac{-3\theta + (1 - \theta) \ln(1 - \theta)}{\theta^2} \right) - 3$$

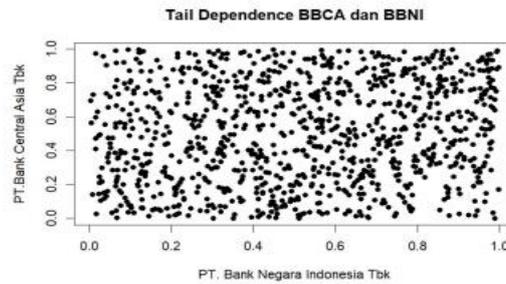
Persamaan tersebut adalah persamaan non-linear. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan dalam menemukan estimasi parameter θ menggunakan metode numerik, yaitu metode *bisection*. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *bisection*, diperoleh nilai parameter untuk Copula Ali-Mikhail-Haq adalah 0,4999991.

Estimasi *Value at Risk* (VaR) dilakukan menggunakan metode *Simulasi Monte Carlo* dengan parameter Copula Ali-Mikhail-Haq sebesar 0,4999991. Proses simulasi melibatkan pembuatan nilai *return* sebanyak 1000 kali, di mana fungsi copula Ali-Mikhail-Haq digunakan untuk menghasilkan data acak. Hasil simulasi pembangkitan nilai *return* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pembangkitan Acak Nilai *Return*

No	<i>u</i>	<i>v</i>
1	0,93255	0,53956
2	0,96466	0,61435
3	0,71861	0,33617
:	:	:
1000	0,36503	0,88318

Hasil simulasi kemudian divisualisasikan menggunakan *scatterplot* guna memastikan ketergantungan antar saham BBKA dan BBNI apakah sesuai dengan Copula Ali-Mikhail-Haq atau tidak. Scatterplot data simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Scatterplot Data Simulasi Nilai Return

Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya distribusi titik yang konsisten dengan copula (tidak terkonsentrasi atas ataupun bawah), tanpa ketergantungan ekor, sehingga dapat disimpulkan bahwa dependensi dijelaskan oleh parameternya. Dikarenakan parameternya bernilai positif maka dapat diartikan bahwa adanya hubungan antar saham BBKA dan BBNI.

Selanjutnya, nilai *return* dari hasil simulasi ditransformasikan menjadi nilai *return* historis saham BBKA dan BBNI untuk memastikan konsistensi dengan distribusi historis data. Transformasi ini diperlukan karena nilai simulasi yang dihasilkan dari fungsi copula Ali-Mikhail-Haq berada dalam rentang [0,1]. Perhitungan transformasi dapat dilakukan dengan langkah berikut:

- a) Mengambil nilai hasil bangkitan untuk saham BBKA maka menggunakan hasil bangkitan u dan mendeskripsikan jumlah data historis (banyaknya n)
- b) Menghitung posisi kuantil data dengan persamaan:

$$u_i * (n + 1)$$
- c) Mencari nilai data historis yang sesuai dengan posisi kuantil yang didapatkan
- d) Menghitung interpolasi dari nilai data historis yang diketahui pada langkah c dengan persamaan:

$$X_{(k)} + (P - k)(X_{(k+1)} - X_{(k)})$$

Hasil nilai transformasi kemudian digunakan untuk perhitungan *return* portofolio saham BBKA dan BBNI. Perhitungan portofolio dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$R_{\rho_t} = R_{u,t} + R_{v,t}$$

Hasil *return* portofolio saham BBKA dan BBNI dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pembangkitan Acak Nilai Return

No	Return Portofolio Saham
1	0.0224932
2	0.0309947
3	0,003302
:	:
1000	0.0158393

Setelah *return* portofolio dihitung, estimasi VaR dilakukan pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99% dengan periode estimasi risiko selama 80 hari. Simulasi dilakukan sebanyak 1000 kali untuk setiap periode, dengan 5 iterasi untuk menstabilkan hasil. VaR hasil simulasi dengan tingkat kepercayaan yang sudah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Estimasi VaR BBKA dan BBNI

Perhitungan Risiko	Tingkat Kepercayaan		
	90%	95%	99%
VaR Simulasi ke-1	-0.0281	-0.0379	-0.0569

VaR Simulasi ke-2	-0.0282	-0.0377	-0.5737
VaR Simulasi ke-3	-0.0284	-0.0378	-0.0573
VaR Simulasi ke-4	-0.0281	-0.0379	-0.0568
VaR Simulasi ke-5	-0.0280	-0.0376	-0.0570
Rata -Rata Nilai VaR	-0,028	-0,038	-0,057

Setelah melakukan simulasi dalam beberapa iterasi, rata-rata nilai VaR dihitung untuk menghasilkan estimasi yang lebih stabil. Nilai rata-rata VaR yang diperoleh berdasarkan Tabel 6 adalah -0,028 untuk tingkat kepercayaan 90%, -0,038 untuk tingkat kepercayaan 95%, dan -0,057 untuk tingkat kepercayaan 99%. Nilai-nilai ini menunjukkan potensi kerugian maksimum pada masing-masing tingkat kepercayaan. Interpretasi hasilnya adalah sebagai berikut:

- Pada tingkat kepercayaan 90%, ada 10% kemungkinan bahwa kerugian akan melebihi -0,028.
- Pada tingkat kepercayaan 95%, ada 5% kemungkinan bahwa kerugian akan melebihi -0,038.
- Pada tingkat kepercayaan 99%, ada 1% kemungkinan bahwa kerugian akan melebihi -0,057.

Dengan dana awal investasi sebesar Rp 100.000.000, kerugian yang mungkin terjadi jika berinvestasi pada saham BBKA dan BBNI dalam 80 hari ke depan diperkirakan sebesar Rp 3.800.000 pada tingkat kepercayaan 95%.

KESIMPULAN

Berdasarkan estimasi *Value at Risk* (VaR) menggunakan model Copula Ali-Mikhail-Haq, diperoleh hasil sebagai berikut:

- a) Pendekatan Rho Spearman digunakan untuk mengestimasi parameter Copula Ali-Mikhail-Haq. Parameter copula yang diperoleh adalah $\theta = 0,49991$. Model Copula Ali-Mikhail-Haq untuk saham BBKA dan BBNI sebagai berikut:

$$C(u, v) = \frac{uv}{1 - 0,4991(1 - u)(1 - v)}$$

Model tersebut kemudian digunakan untuk mensimulasikan distribusi gabungan dari *return* saham BBKA dan BBNI. Dalam proses *Simulasi Monte Carlo*, model copula tersebut digunakan untuk menghasilkan pasangan data simulasi (u, v) yang mencerminkan ketergantungan yang diukur oleh parameter θ .

- b) Nilai risiko yang diperoleh melalui estimasi *Value at Risk* (VaR) dengan pendekatan Copula Ali-Mikhail-Haq untuk saham sub sektor perbankan, yaitu BBKA dan BBNI, adalah sebagai berikut:
 - Pada tingkat kepercayaan 90%: kerugian yang mungkin terjadi sebesar 0,028.
 - Pada tingkat kepercayaan 95%: kerugian yang mungkin terjadi sebesar 0,038.
 - Pada tingkat kepercayaan 99%: kerugian yang mungkin terjadi sebesar 0,057 dimana 80 hari digunakan sebagai periode estimasi risiko.

Dengan dana awal investasi sebesar Rp. 100.000.000, pada tingkat kepercayaan 95% kemungkinan risiko yang akan dialami oleh investor yaitu sebesar Rp. 3.800.000 dalam jangka waktu 80 hari kedepan.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawijaya, R. (2017). Kebutuhan Manusia Dalam Pandangan Ekonomi Kapitalis dan Ekonomi Islam. *Jurnal IAIN Potianak*, 6(August), 128.
- Hanafi, M., & Halim, A. (2009). *Analisis Laporan Keuangan*. UPP AMP YKPN.
- Haugh, M. (2016). An Introduction to Copula. *Spring*, 140(1-2), 787-803.

- <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03109-3>
- Iriani, N. P., Akbar, M. S., & Haryono. (2017). Estimasi Value At Risk (Var) Pada Portofolio Dengan Copula. *Jurnal Sains Dan Seni POMTIS*, 2(2), 89–96.
- Jorion, P. (2007). Value at Risk: The New Benchmark in Controlling Market Risk. In *Mcgraw-Hill Professional* (Vol. 1, p. 997). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00362-009-0296-7#article-info>
- Kumar, P. (2010). Probability distributions and estimation of Ali-Mikhail-Haq copula. *Applied Mathematical Sciences*, 4(13–16), 657–666.
- Kustodian Sentral Efek Indonesia. (2022). *Laporan Tahunan PT. Kustodian Sentral Efek Indonesia Semester 1 Tahun 2022*. https://www.ksei.co.id/publications/demografi_investor
- Nelsen, R. . (2006). An Introduction to Copulas. In *The Elements of Statistical Learning* (Vol. 27, Issue 2).
- 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>
- Otoritas Jasa Keuangan. (2023). *Statistika Pasar Modal 2023*. <https://www.idx.co.id/id/berita/siaran-pers/2028>
- Pardiansyah, E. (2017). Investasi dalam Perspektif Ekonomi Islam: Pendekatan Teoritis dan Empiris. *Economica: Jurnal Ekonomi Islam*, 8(2), 337–373. <https://doi.org/10.21580/economica.2017.8.2.1920>
- Ratih. (2014). Gaussian Copula Marginal Regression for modeling extreme data with application. *Journal of Mathematics and Statistics*, 10(2), 192–200. <https://doi.org/10.3844/jmssp.2014.192.200>
- Rohmah, S. (2017). Estimasi Value at Risk dalam Investasi Saham Perusahaan Subsektor Perbankan di Bursa Efek Indonesia dengan Pendekatan Extreme Value Theory. In *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Salsabila, S. Z. (2022). *Kajian Copula Keluarga Archimedean*.
- Saputri, G. A., Suharsono, A., & Haryono, H. (2020). Analisis Value at Risk (VaR) pada Investasi Saham Blue Chips dengan Pendekatan Copula. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 8(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.46472>
- Shih, J. H., Konno, Y., Chang, Y. T., & Emura, T. (2022). Copula-Based Estimation Methods for a Common Mean Vector for Bivariate Meta-Analyses. *Symmetry*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/sym14020186>
- Zuhra, F. (2022). Estimasi Nilai Return Portofolio Saham Lq-45 Dan Jii Dengan Metode Copula Gaussian. *Indonesian Journal of Business Economics and Management*, 1, 11–18. <https://journal.irpi.or.id/index.php/ijbem/article/view/207%0Ahttps://journal.irpi.or.id/index.php/ijbem/article/download/207/92>