

Value-at-Risk Pada Portofolio Berbasis Copula

Tedo Hariscandra

Program Studi Ilmu Komputasi Telkom University, Bandung
tedohariscandra16@gmail.com

June 29, 2016

Abstrak

Tiap investasi antar saham yang dilakukan akan memberikan keuntungan dan risiko yang berbeda meskipun dalam sektor industri yang sama. Membentuk sebuah portofolio merupakan usaha memaksimalkan tingkat pengembalian (return) yang diharapkan dari investasi yang dilakukan dengan risiko tertentu. Value-at-Risk (VaR) merupakan salah satu alat ukur risiko yang digunakan untuk memprediksi besarnya kerugian maksimum dari suatu portofolio yang dimiliki. Melakukan perhitungan VaR terhadap portofolio dua saham yang memiliki kebergantungan bukanlah hal yang mudah, karena tidak ditemukannya distribusi bersama yang cocok untuk memodelkan hal tersebut. Teori Copula merupakan alat yang sangat fundamental dan fleksibel dalam memodelkan suatu distribusi bersama. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode keluarga Copula Archimedean yaitu Copula Clayton dan Copula Gumbel untuk menentukan Value-at-Risk pada data portofolio. Nilai VaR dengan tingkat kepercayaan 90% pada Copula Clayton dan Copula Gumbel yaitu 0,0158 dan 0,0168, nilai VaR dengan tingkat kepercayaan 95% pada Copula Clayton dan Copula Gumbel yaitu 0,0210 dan 0,0228, serta nilai VaR dengan tingkat kepercayaan 99% pada Clayton yaitu 0,0320 dan Copula Gumbel yaitu 0,0376. Diperoleh nilai mean error VaR violation Copula Clayton yaitu 31 dan Copula Gumbel yaitu 7. Hal ini menyatakan bahwa VaR Copula Gumbel dapat memprediksi risiko kerugian lebih baik pada portofolio.

Kata kunci: Value-at-Risk, Copula, Archimedean, Clayton, Gumbel

1 Pendahuluan

Pasar modal merupakan salah satu alternatif investasi jangka panjang dan sebagai media investasi bagi pemodal. Investasi dilakukan banyak orang untuk mencapai keuntungan di masa mendatang. Tiap investasi antar saham yang dilakukan akan memberikan keuntungan dan risiko yang berbeda meskipun dalam sektor industri yang sama. Harapan dari investor terhadap investasinya adalah memperoleh return sebesar-besarnya dengan risiko tertentu. Membentuk sebuah portofolio merupakan usaha memaksimalkan tingkat pengembalian (return) yang diharapkan dari investasi yang dilakukan dengan risiko tertentu.

Risiko merupakan besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (expected return) dengan tingkat pengembalian aktual (actual return) [8]. Prinsip utama dalam investasi yang perlu diingat sebagai seorang investor adalah risiko yang rendah maka return yang dihasilkan akan rendah dan sebaliknya risiko yang tinggi maka return yang dihasilkan juga akan tinggi.

Pengukuran risiko merupakan hal yang sangat penting berkaitan dengan investasi dana yang cukup besar. Oleh sebab itu, pengukuran risiko perlu dilakukan agar risiko berada dalam tingkatan yang terkendali sehingga dapat mengurangi terjadinya kerugian berinvestasi [8].

Salah satu alat ukur yang berkembang pesat dan sangat populer dipergunakan saat ini yaitu Value-at-Risk (VaR) yang dipopulerkan oleh J.P. Morgan pada tahun 1994. Value-at-Risk (VaR) menjadi alat ukur standar yang digunakan oleh analis keuangan untuk menghitung risiko pasar dari sebuah aset atau portofolio [10].

Konsep Copula membantu pemahaman kebergantungan secara lebih mendalam. Copula sebagai salah satu metode estimasi VaR merupakan pemodelan distribusi bersama yang memiliki beberapa keunggulan yaitu tidak memerlukan asumsi distribusi normal dan dapat menangkap tail dependence di antara masing-masing variabel [12].

Copula merupakan media untuk mengamati perilaku kebergantungan dengan fokus pada nilai korelasi serta menunjukkan ukuran kebergantungan

yang sesuai dengan data. Pada Jurnal ini menggunakan metode keluarga Copula Archimedean yaitu Copula Clayton dan Copula Gumbel untuk mengetahui tail dependence.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Return Saham

Salah satu tujuan investor berinvestasi adalah untuk mendapatkan return. Tanpa adanya tingkat keuntungan yang dinikmati dari suatu investasi, tentunya investor tidak akan melakukan investasi. Jadi, semua investasi mempunyai tujuan utama mendapatkan return [2].

Menurut Wahyudi (2003), bahwa return saham adalah keuntungan yang dinikmati investor atas investasi saham yang dilakukannya [20]. Menurut Samsul (2006), return adalah pendapatan yang dinyatakan dalam persentase dari modal awal investasi [16]. Pendapatan investasi dalam saham ini merupakan keuntungan yang diperoleh dari jual beli saham, dimana jika untung disebut capital gain dan jika rugi disebut capital loss. Berdasarkan definisi di atas dapat disimpulkan bahwa return saham merupakan tingkat pengembalian yaitu berupa keuntungan dan kerugian yang didapatkan dari investasi yang telah dilakukan.

Menurut Tandelilin (2001), return saham terdiri dari dua komponen, yaitu [18]:

1. Capital Gain (loss)
Capital Gain (loss) yaitu kenaikan (penurunan) harga suatu saham yang bisa memberikan keuntungan (kerugian) bagi investor.
2. Yield
Yield merupakan komponen return yang mencerminkan aliran kas atau pendapatan yang diperoleh secara periodik dari suatu investasi saham.

Menurut Gruber et al. (1991) return saham untuk tiap periode dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$R_{it} = \ln\left(\frac{P_{it+1}}{P_{it}}\right)$$

dimana R_{it} menyatakan return saham i pada periode t , $P_{(t)}$ menyatakan harga saham i pada periode t .

2.2 Fungsi Likelihood

Diberikan Y_1, Y_2, \dots, Y_n adalah peubah acak yang

saling bebas dan berdistribusi identik dengan probability density function (pdf) $f(y_t; \theta)$. Fungsi likelihood merupakan bentuk lain dari distribusi peluang gabungan Y_1, Y_2, \dots, Y_n yang diperoleh den-

gan menukar peran θ dan y dalam fungsi-fungsi n -variat, dan (ii) membuang suku yang tidak bergantung pada θ . Fungsi likelihood didefinisikan sebagai [17]:

$$L(\theta) = L(\theta|y_1, \dots, y_n) \propto f_{Y_1, \dots, Y_n}(y_1, \dots, y_n|\theta) \text{ Untuk}$$

memudahkan dalam perhitungan, transformasikan fungsi likelihood menjadi fungsi log-likelihood. Fungsi logaritma adalah fungsi yang monoton naik dan satu-satu terhadap fungsi sebenarnya. Fungsi log-likelihood didefinisikan sebagai [17]:

$$l(\theta) = \sum_{t=1}^n \ln f(y_t; \theta)$$

Pendekatan distribusi dilakukan berdasarkan log-likelihood yang memiliki nilai paling tinggi.

2.3 Kendall's Tau

Menurut Nelsen, R.B. (1991), koefisien korelasi Kendall's Tau pertama kali diperkenalkan oleh Fechner sekitar tahun 1900, dan ditemukan kembali oleh Kendall (1938) [13]. Kendall's Tau merupakan normalisasi nilai harapan dan memberikan metode alternatif untuk menghitung ukuran asosiasi pada Copula.

Konsep Kendall's Tau menghitung banyaknya pasangan concordant dan discordant. Misalkan terdapat n barisan observasi dari (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) dengan X, Y merupakan peubah acak kontinu, kemudian (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) adalah dua buah observasi yang berbeda dari X, Y

- (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) , termasuk concordant apabila :

$$(x_i - x_j)(y_i - y_j) \geq 0$$

Kondisi ini memenuhi apabila $x_i \leq x_j$ dan $y_i \leq y_j$ atau apabila $x_i \geq x_j$ dan $y_i \geq y_j$

- (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) , termasuk discordant apabila :

$$(x_i - x_j)(y_i - y_j) < 0$$

Kondisi ini memenuhi apabila $x_i \leq x_j$ dan $y_i \geq y_j$ atau apabila $x_i \geq x_j$ dan $y_i \leq y_j$

Rumus dasar yang digunakan [15]:

$$\tau = \frac{c - d}{nC_2} \quad (1)$$

Terdapat nC_2 pasangan observasi (x_i, y_i) dan (x_j, y_j) , c menyatakan banyaknya pasangan yang concordant dan d menyatakan banyak pasangan yang discordant.

2.4 Teorema Sklar

Teorema Sklar (1959) menunjukkan bahwa fungsi distribusi gabungan n-dimensi dapat didekomposisi menjadi n distribusi marginal dan Copula, yang benar-benar menggambarkan ketergantungan antara variabel n [3]. Misalkan H adalah fungsi distribusi bersama dengan marginal F dan G. Maka terdapat suatu copula C sedemikian hingga untuk semua x, y di dalam R yaitu sebagai berikut [11]:

$$H(x, y) = C(F(x), G(y)).$$

Jika C adalah Copula dan F dan G adalah fungsi distribusi, maka fungsi H yang didefinisikan adalah fungsi distribusi dengan marginal F dan G.

2.5 Teori Copula

Dalam literatur statistik, ide copula muncul pada abad ke-19 dalam konteks diskusi non-normalitas dalam kasus multivariat [11]. Copula adalah suatu fungsi yang menggabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi gabungan.

Konsep Copula pertama kali dipopulerkan pada tahun 1959 oleh seorang matematikawan Abe Sklar yang teoremanya sekarang dikenal dengan nama Teorema Sklar. Dalam teorema tersebut, Copula digambarkan sebagai suatu fungsi yang menjaring berbagai bentuk distribusi marginal ke suatu bentuk distribusi gabungan.

Pada umumnya, keluarga copula yang sering digunakan terdiri atas Copula Gaussian, Copula t-student dan Copula Archimedian yang terdiri dari Copula Clayton dan Copula Gumbel.

2.5.1 Copula Clayton

Keluarga Copula Clayton pertama kali diusulkan oleh Clayton (1978), dan dipelajari oleh Oakes (1982, 1986), Cox dan Oakes (1984), Cook and Johnson (1981, 1986) [11].

Untuk mencari Copula Clayton, maka perlu dicari $\varphi(t)$ terlebih dahulu, yaitu :

$$\varphi(t) = \frac{t^{-\tau} - 1}{\tau}$$

Sehingga diperoleh Copula Clayton :

$$C_{Clayton}(u, v; \omega) = (u^{-\omega} + v^{-\omega} - 1)^{-\frac{1}{\omega}}$$

dimana $\omega \in [1, \infty)$

2.5.2 Copula Gumbel

Keluarga Copula Gumbel diperkenalkan oleh Gumbel (1960). Sejak dibahas dalam Hougaard (1986), juga dikenal sebagai keluarga Gumbel-Hougaard. Didefinisikan estimasi parameter Copula Gumbel :

$$\delta = \frac{1}{1 - \tau}$$

dengan τ menyatakan Kendall's Tau dan δ menyatakan parameter Copula Clayton. Sehingga Copula Gumbel didefinisikan sebagai berikut [11]:

$$C_{Gumbel} = \exp -((-\log u)^\delta + (-\log v)^\delta)^{\frac{1}{\delta}}$$

dimana $\delta \in [0, \infty)$

2.6 Portofolio

Portofolio merupakan gabungan dua atau lebih sekuritas yang terpilih sebagai investasi dari investor pada kurun waktu tertentu dengan suatu ketentuan tertentu. Selain itu, portofolio dapat diartikan sebagai serangkaian kombinasi beberapa aktiva yang diinvestasikan dan dipegang oleh investor baik perorangan maupun lembaga [20].

2.6.1 Portofolio Dua Aset

Portofolio dua aset merupakan gabungan dari dua saham untuk menurunkan risiko kerugian yang diperoleh. Portofolio dua aset dibangun dengan proporsi investasi disetiap saham. Portofolio didefinisikan [11] :

$$z = (\alpha x + (1 - \alpha)y)$$

Dimana x dan y menyatakan data saham, z menyatakan portofolio dua aset, dan α menyatakan proporsi aset portofolio.

2.7 Value-at-Risk (VaR)

Value-at-Risk (VaR) merupakan sebuah konsep yang digunakan dalam pengukuran risiko dalam risk management. Secara sederhana VaR ingin menjawab pertanyaan "Seberapa besar (dalam persen atau sejumlah uang tertentu) investor dapat merugi selama waktu investasi T dengan tingkat kepercayaan sebesar $(1-\alpha)$ ". Dari pertanyaan tersebut, secara sederhana kita melihat adanya 3 variabel yang penting: besar kerugian, selang waktu, dan besar tingkat kepercayaan [3].

Secara spesifik, kita akan melihat pergerakan harga saham melalui perspektif VaR ini. Misalkan VaR suatu portofolio \$5,000 dengan tingkat kepercayaan 95% pada periode satu hari, maka terdapat 95% kemungkinan portofolio tersebut akan mengalami kerugian dengan nilai di bawah \$5,000. Dapat juga dikatakan bahwa ada 5% kemungkinan portofolio tersebut akan mengalami kerugian minimal \$5,000 pada satu hari ke depan [15].

Didefinisikan :

$$VaR_{(1-\alpha)}(Y) = F_Y^{-1}(1 - \alpha)$$

dengan Y adalah peubah acak return dengan fungsi distribusi F(y). Untuk $0 \leq \alpha \leq 1$, VaR pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$.

2.8 VaR Violation

VaR Violation merupakan metode untuk mengevaluasi Value-at-Risk berdasarkan Huang (2009), didefinisikan [6]:

$$\eta_t = \begin{cases} 1 & \text{if } z > VaR_t \\ 0 & \text{if } z \leq VaR_t \end{cases}$$

$$v_1 = \sum \eta_t v_0 = W_t - v_1$$

Keterangan :

- z = nilai portofolio
 - VaR_t = nilai Value-at-Risk pada waktu ke-t
 - η_t = VaR Violation
 - v = banyaknya VaR Violation
- selanjutnya mencari mean error. Hal ini bertujuan untuk mencari metode terbaik berdasarkan nilai dari VaR Violation yang telah didapatkan. Didefinisikan [11]:

$$MeanError = \frac{|v_e - v_m|}{n}$$

Keterangan :

- MeanError = nilai Mean Error
- v_e = Expected Violation α
- v_m = Expected Violation Method
- n = banyaknya data

3 Perancangan Sistem

3.1 Analisis Data

Data merupakan informasi yang diperlukan dalam Tugas Akhir untuk diolah. Data aset portofolio yang digunakan yaitu data harga penutupan saham Honda dan data harga penutupan saham Toyota yang diambil dari tanggal 7 Oktober 2011 sampai tanggal 30 September 2015.

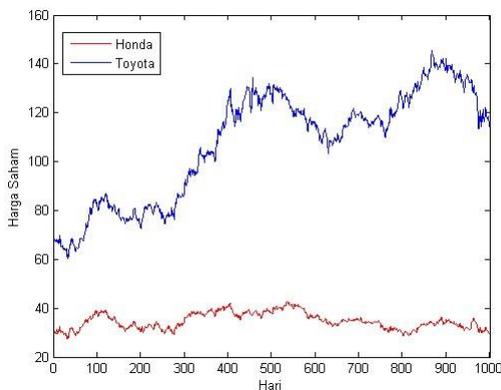


Figure 1: Harga Penutupan Saham Honda dan Toyota

Berdasarkan figure 1, terdapat grafik harga penutupan saham dimana garis grafik biru yaitu harga penutupan saham Toyota dan garis grafik merah yaitu harga penutupan saham Honda.

3.2 Alur Sistem Perancangan

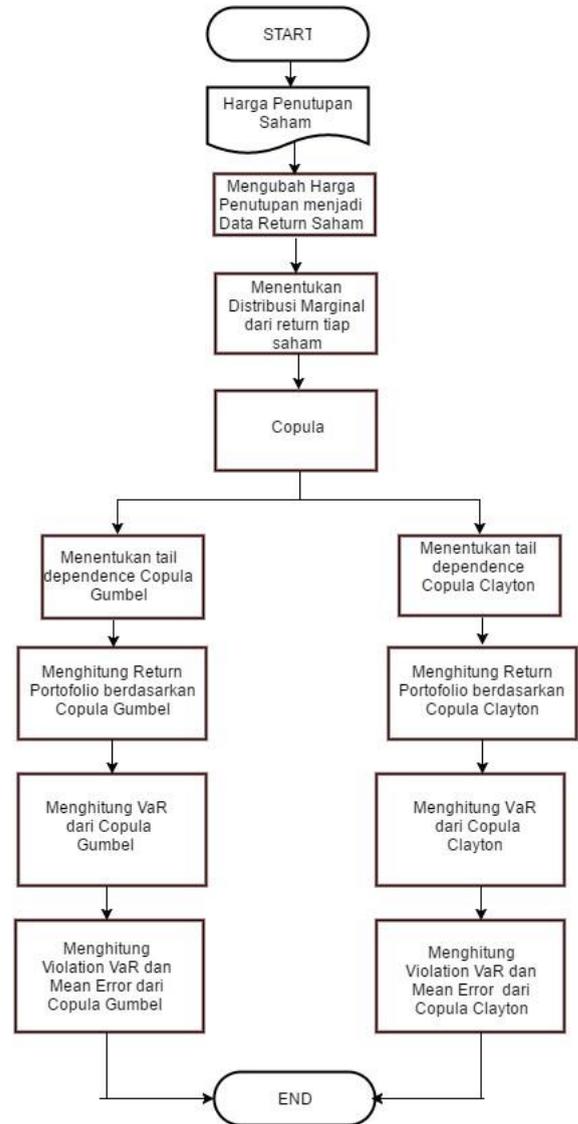


Figure 2: Flowchart Perancangan Sistem

Berikut ini penjelasan alur perancangan sistem yaitu:

1. Menggunakan data harga penutupan saham (close price) berdasarkan urutan tanggal yaitu dari tanggal 7 Oktober 2011 sampai tanggal 30 September 2015.
2. Merubah nilai harga penutupan saham (close price) dari tiap saham menjadi nilai return saham.
3. Menentukan atau memilih distribusi marginal yang tepat dari return tiap saham.
4. Distribusi marginal tiap saham didekati distribusi gabungan dengan Copula. Copula yang digunakan yaitu Copula Clayton dan Copula Gumbel.

5. Dalam pendekatan menggunakan Copula maka harus menaksir parameter baik Copula Clayton dan Copula Gumbel serta menentukan model Copula untuk dapat dilihat tail dependence dari Copula.
6. Membangkitkan data dari parameter Copula Clayton dan Copula Gumbel yang telah ditentukan sebelumnya.
7. Menghitung return portofolio dari kedua aset saham berdasarkan Copula Clayton dan Copula Gumbel.
8. Menghitung Value-at-Risk dari Copula Clayton dan Copula Gumbel berdasarkan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$.
9. Menghitung VaR Violation dan Mean Error dari Copula Clayton dan Copula Gumbel untuk menentukan Copula terbaik dalam mengestimasi VaR.

4 Implementasi Hasil

4.1 Return Saham Honda dan Saham Toyota

Return saham Honda dan Toyota perhari dimulai dari tanggal 7 oktober 2011 sampai tanggal 30 September 2015. Berikut grafik return indeks masing-masing saham :

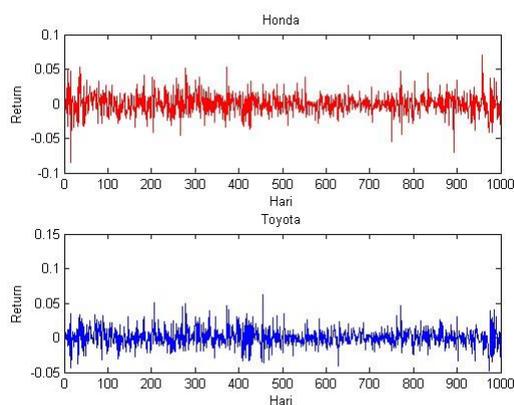


Figure 3: Nilai return Honda dan Toyota

Pada implementasi hasil ini, Penulis menggunakan data return saham dari harga penutupan saham.

4.2 Uji Kecocokan Distribusi

Penentuan distribusi marginal pada data ini, dapat digunakan statistika deskriptif, uji kecocokan distribusi dengan pendekatan histogram data serta uji log-likelihood.

Table 1: Hasil Statistika Deskriptif

Parameter	Honda	Toyota
Min	-0.0849	-0.0476
Max	0.0704	0.0621
Mean	0.000025	0.000573
Std.Deviasi	0.0151004	0.013396
Skewness	-0.070	0.273
Kurtosis	2.314	1.338

Berdasarkan statistika deskriptif tabel 1 menunjukkan bahwa nilai skewness dan kurtosis cenderung tidak berdistribusi normal. Hal ini disebabkan nilai skewness tidak bernilai sama dengan nol dan nilai kurtosis tidak bernilai sama dengan tiga. Nilai skewness dan kurtosis pada data return tiap saham menunjukkan data return dari saham Honda dan Toyota cenderung bersifat simetris dan agak lebih runcing dari distribusi normal, maka pilihan distribusi yang cukup mendekati jatuh pada distribusi t.

Akan tetapi, distribusi t mempunyai mean 0 dan variansi yang bergantung pada derajat kebebasan v , yaitu $\frac{v}{v-2}$. Oleh sebab itu, distribusi t ditransformasi linear agar dapat diperoleh distribusi yang mirip dengan distribusi t, tetapi dengan nilai mean dan variansi yang fleksibel. Distribusi tersebut dikenal dengan distribusi t yang tak terstandarkan atau distribusi t location-scale.

Selanjutnya berdasarkan uji kecocokan distribusi dengan histogram data dan Log-Likelihood. Dengan menggunakan fitur distribution fitting pada software Matlab, histogram data lebih cocok dengan plot fungsi distribusi t location-scale.

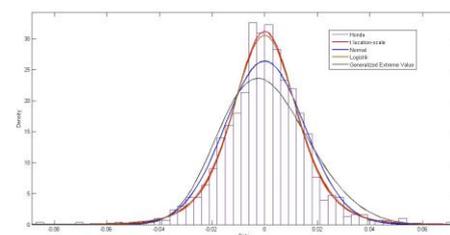


Figure 4: Uji kecocokan distribusi dengan histogram data return Honda

dapat dilihat pada figure 4 dan figure 5, distribusi t location-scale memiliki ekor distribusi yang lebih panjang dari pada distribusi lainnya. Distribusi yang mendekati dari uji kecocokan distribusi dengan histogram data, yaitu distribusi Generalized Extreme Value, Logistic, Normal, t location-scale

Selain itu, uji kecocokan distribusi data dengan log-likelihood memberikan informasi dalam menentukan distribusi data yang tepat. Informasi nilai log-likelihood untuk data return saham dapat dili-

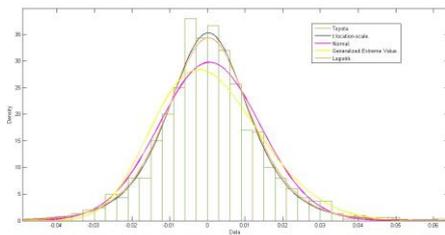


Figure 5: Uji kecocokan distribusi dengan histogram data return Toyota

hat pada tabel 2.

Table 2: Hasil Log-Likelihood

Distribusi	Honda	Toyota
Generalized Extreme Value	2731.4	2880.97
Logistic	2803.24	2916.01
Normal	2774.6	2894.36
t location-scale	2804.84	2917.06

Berdasarkan nilai log-likelihood pada tabel 2, dapat dilihat bahwa distribusi t location-scale di setiap saham Honda dan saham Toyota memiliki nilai Log-Likelihood tertinggi dibandingkan distribusi lain.

Setelah ditentukan distribusi data dari data return kedua saham, selanjutnya dilakukan penaksiran parameter. Taksiran parameter untuk data return saham Honda dan Toyota dapat dilihat pada tabel 3

Table 3: Hasil Penaksiran Parameter

Saham	μ	σ	v
Honda	0.0000468024	0.012232	5.76891
Toyota	0.00024483	0.0107866	5.37752

Berdasarkan hasil penaksiran parameter terlihat $\mu_{Honda} < \mu_{Toyota}$, $\sigma_{Honda} > \sigma_{Toyota}$, $v_{Honda} > v_{Toyota}$. Hal ini berarti bahwa nilai tingkat keuntungan yang diharapkan pada saham Honda lebih besar dibandingkan dengan saham Toyota.

5 Model Copula

Dalam menentukan model Copula, terlebih dahulu harus ditentukan Kendall's Tau, parameter Copula hingga dapat menentukan tail dependence Copula. Berdasarkan tabel 4 dimana nilai koefisien korelasi Kendall's Tau memiliki nilai sebesar 0.55. Hal ini berarti bahwa kedua investasi dikatakan berasosiasi positif.

Table 4: Hasil Kendal's Tau

Variabel	Nilai
Concordant	385931
Discordant	113519
Kendall's Tau	0.55

Berikut nilai dari parameter dari Copula Clayton dan Copula Gumbel,

Table 5: Parameter Copula

Jenis Copula	Nilai
Clayton	2.3992
Gumbel	2.1996

Setelah menentukan parameter dari Copula Clayton dan Copula Gumbel, selanjutnya kita dapat memodelkan Copula Clayton dan Copula Gumbel berupa plot tail dependence Copula dari data parameter tabel 5.

Setelah mencari nilai Kendall's Tau, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter dari Copula yaitu Copula Clayton dan Copula Gumbel.

Dapat didefinisikan model Copula Clayton :

$$C_{\text{Clayton}}(u, v; 2.3992) = \frac{1}{(u^{-2.3992} + v^{-2.3992} - 1)^{-\frac{1}{2.3992}}}$$

Dapat didefinisikan model Copula Gumbel :

$$C_{\text{Gumbel}}(u, v; 2.1996) = \exp -((-\log u)^{2.1996} + (-\log v)^{2.1996})^{\frac{1}{2.1996}}$$

dimana u dan v pada model Copula Clayton dan Copula Gumbel menyatakan hasil fungsi distribusi kumulatif dari distribusi t location-scale. Sehingga jika digambarkan dalam bentuk plot tail dependence Copula yaitu :

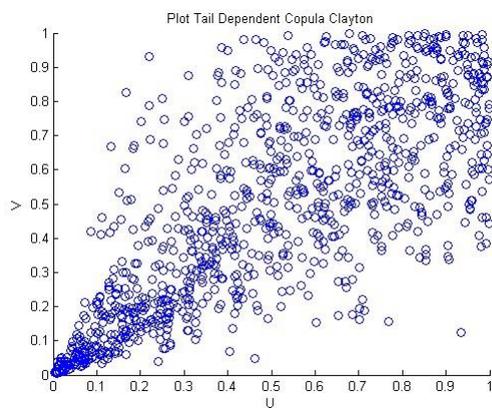


Figure 6: Scatterhist Perilaku Tail Dependence Copula Clayton

Berdasarkan figure 6 dan 7 ditunjukkan bahwa Copula Clayton dan Copula Gumbel memiliki karakteristik tail dependence yang berbeda. Copula Clayton

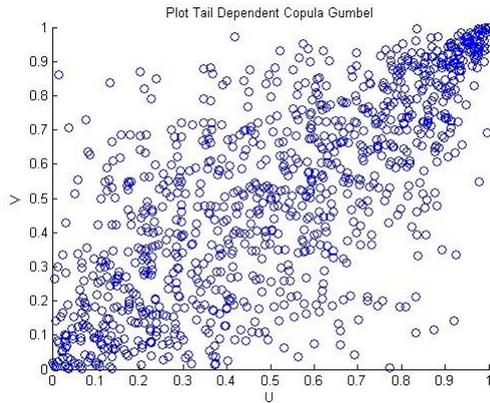


Figure 7: Scatterhist Perilaku Tail Dependence Copula Gumbel

memiliki tail dependence di bagian bawah sedangkan Copula Gumbel memiliki tail dependence di bagian atas.

6 Value-at-Risk(VaR)

Value-at-Risk (VaR) merupakan sebuah konsep yang digunakan dalam pengukuran risiko dalam risk management. Secara sederhana VaR ingin menjawab pertanyaan "Seberapa besar (dalam persen atau sejumlah uang tertentu) investor dapat merugi selama waktu investasi t dengan tingkat kepercayaan sebesar $(1-\alpha)$ ". Berdasarkan pertanyaan tersebut, secara sederhana kita melihat adanya 3 variabel yang penting: besar kerugian, selang waktu, dan besar tingkat kepercayaan [11]. Berikut adalah plot VaR Copula Clayton dan Copula Gumbel terhadap return portofolio :

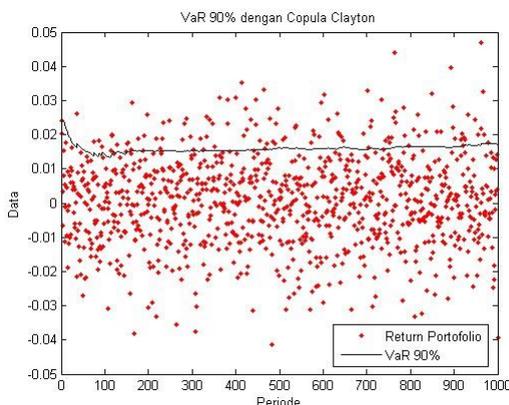


Figure 8: Grafik Nilai VaR Copula Clayton dengan tingkat kepercayaan 90%

Berdasarkan figure 8, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 90% dengan Copula Clayton dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik merah)

yang terjadi pada periode t .

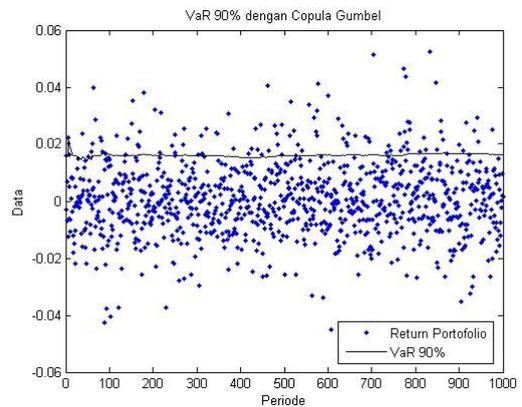


Figure 9: Grafik Nilai VaR Copula Gumbel tingkat kepercayaan 90%

Berdasarkan figure 9, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 90 % dengan Copula Gumbel dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik biru) yang terjadi pada periode t .

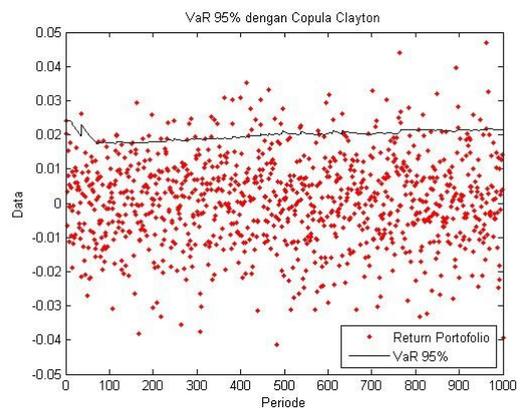


Figure 10: Grafik Nilai VaR Copula Clayton dengan tingkat kepercayaan 95%

Berdasarkan figure 10, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 95% dengan Copula Clayton dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik merah) yang terjadi pada periode t .

Berdasarkan figure 11, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 95% dengan Copula Gumbel dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik biru) yang terjadi pada waktu t .

Berdasarkan figure 12, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 99% dengan Copula Clayton dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik merah) yang terjadi pada waktu t .

Berdasarkan figure 13, dapat dilihat bahwa return VaR (garis hitam) dengan tingkat kepercayaan 99%

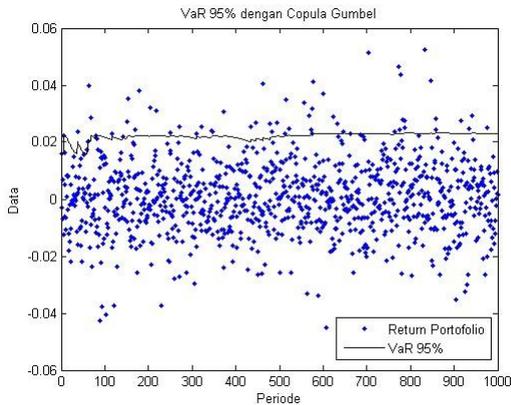


Figure 11: Grafik Nilai VaR Copula Gumbel dengan tingkat kepercayaan 95%

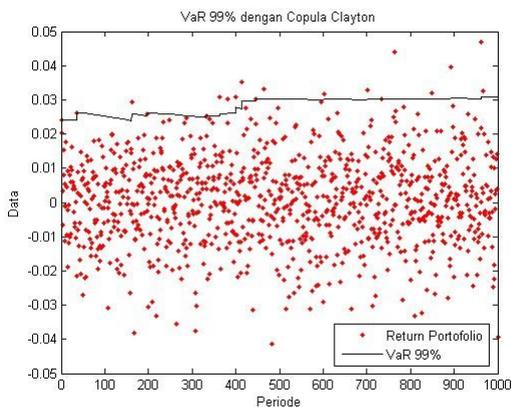


Figure 12: Grafik Nilai VaR Copula Clayton dengan tingkat kepercayaan 99 %

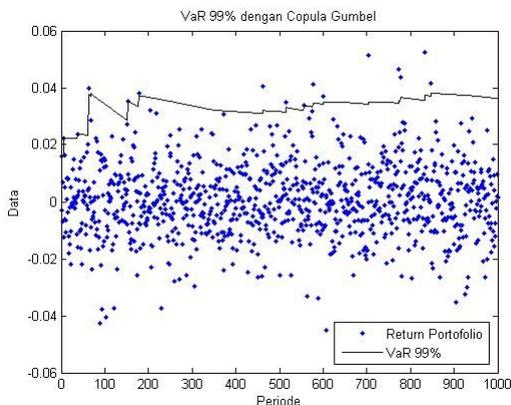


Figure 13: Grafik Nilai VaR Copula Gumbel dengan tingkat kepercayaan 99 %

dengan Copula Gumbel dapat mengantisipasi nilai risiko kerugian dari return portofolio (titik biru) yang terjadi pada periode t.

Berdasarkan gambar tersebut, didapat nilai VaR terhadap return portofolio pada periode t=1000 :

Table 6: Nilai VaR terhadap return portofolio pada periode 1000

Jenis Copula	VaR 90%	VaR 95%	VaR 99%
Clayton	0,0158	0,0210	0,0320
Gumbel	0,0168	0,0228	0,0376

Berdasarkan tabel 4.6, dapat dilihat bahwa nilai VaR Copula Clayton pada periode 1000 dengan tingkat kepercayaan 90% terhadap return portofolio sebesar 0,0158. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat 90% peluang portofolio mengalami kerugian dibawah 0,0158 atau terdapat 10% peluang portofolio mengalami kerugian diatas 0,0158. Begitu juga sama halnya dengan VaR Copula Gumbel 90%, VaR Copula Clayton dan Copula Gumbel 95% serta VaR Copula Clayton dan Copula Gumbel 99%.

7 Violation VaR

Selanjutnya dapat ditentukan VaR Copula terbaik dengan mencari violation VaR dan mean error dari setiap metode yang digunakan. Dapat dilihat hasil sebagai berikut,

Table 7: Hasil Nilai Violation VaR dan Mean Error

Jumlah Periode	1000			
α	10 %	5%	1%	
Expected no. of violations	100	50	10	Mean Error
Copula Clayton	111	66	14	31
Copula Gumbel	100	54	13	7

Pada tabel 7, dapat dilihat bahwa Copula Clayton memiliki mean error sebesar 31 dan Copula Gumbel memiliki mean error sebesar 7. Hal ini berarti bahwa VaR Copula Gumbel dapat memprediksi risiko kerugian lebih baik pada portofolio.

8 Kesimpulan dan Saran

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat disimpulkan:

1. Dalam membentuk distribusi gabungan dengan Copula dari return saham, terlebih dahulu

menentukan distribusi marginal dari data return beserta fungsi distribusi kumulatif, koefisien korelasi Kendall's Tau dan parameter Copula untuk ditentukan tail dependence Copula berdasarkan model Copula baik Copula Clayton maupun Copula Gumbel.

2. Data return investasi pada saham Honda dan Toyota mengikuti distribusi t location-scale yang merupakan distribusi yang memiliki ekor yang lebih panjang dari distribusi normal dan juga merupakan transformasi linear dari distribusi t.
3. Nilai VaR pada periode 1000 dengan tingkat kepercayaan 90% pada Copula Clayton yaitu 0,0158 dan Copula Gumbel yaitu 0,0168, nilai VaR dengan tingkat kepercayaan 95% pada Copula Clayton yaitu 0,0210 dan Copula Gumbel 0,0228, serta nilai VaR dengan tingkat kepercayaan 99% pada Copula Clayton yaitu 0,0320 dan Copula Gumbel yaitu 0,0376
4. Diperoleh nilai mean error VaR Copula Clayton sebesar 31 dan VaR Copula Gumbel sebesar 7. Sehingga Copula Gumbel dapat memprediksi risiko kerugian lebih baik dibandingkan dengan Copula Clayton.

8.2 Saran

Beberapa rekomendasi yang diajukan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Melakukan proporsi aset portofolio yang berbeda untuk mengetahui nilai risiko dengan Copula Clayton dan Copula Gumbel.
2. Menggunakan distribusi marginal yang berbeda dari tiap investasi saham yang akan dipilih.
3. Menggunakan Metode selain Copula Clayton dan Copula Gumbel untuk mengetahui nilai Value-at-Risk portofolio.

References

- [1] Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J., and Heath, D. (1999), Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, 9, 203/228
- [2] Ang, Robert. 1997. *Buku Pintar Pasar Modal Indonesia*. Indonesia: Mediasoft
- [3] Basak, S. dan A. Shapiro. (2001). Value-at-Risk Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices. *Review of Financial Studies* 14(2): 371405.
- [4] Cherubini, U., Luciano, E., Vecchiato, W., 2004. *Copula Methods in Finance*. John Wiley, NY.
- [5] Darmadji, T., & Fakhruddin, H. M. (2001). *Pasar modal di Indonesia: Pendekatan tanya jawab*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- [6] Danielsson, J. *Financial Risk Forecasting The Theory and Practice of Forecasting Market Risk with Implementation in R and Matlab*, 2011.
- [7] Gruber et al.(1991). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. Singapore : John Wiley & Sons, Inc
- [8] Halim, A. (2005). *Analisis Investasi*. Edisi 2. Jakarta : Salemba Empat.
- [9] Hotta, L.K., Lucas, E.C., Palaro, H.P., 2008. Estimation of VaR using copula and extreme value theory. *Multinational Finance Journal* 12, 205-221.
- [10] Hm, Jogyanto. 1998. *Analisis Dan Disain Sistem Informasi : Pendekatan Terstruktur Teori Dan Praktek Aplikasi Bisnis*, Yogyakarta : Andi.
- [11] Huang, J.J, Lee, K.J, C, Hueimei, L, Lin, W.F. (2009). Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-GARCH method. *Journal of Mathematics and Economics*. 45, 315-324
- [12] Natalia, E, Darminto, K.J, C, Wi Endang, N.P (2012). "PENENTUAN PORTOFOLIO SAHAM YANG OPTIMAL DENGAN MODEL MARKOWITZ SEBAGAI DASAR PENETAPAN INVESTASI SAHAM".9(1).1-9
- [13] Nelsen, R.B. (1991) Copulas and association, in G. Dall'Aglio, S. Kotz & G. Salinetti (eds), *Advances in Probability Distributions with Given Marginals*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 51-74.
- [14] Nelsen, R. B. (2006), *An Introduction to Copulas*, Springer, New York, 2nd edn.
- [15] Rohmawati, A.A. (2014). *EKSPLORASI HUBUNGAN VALUE-AT-RISK DAN CONDITIONAL VALUE-AT-RISK*. Thesis Magister pada Institut Teknologi Bandung: tidak diterbitkan
- [16] Samsul, Mohamad. 2006. *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*. Jakarta:Erlangga
- [17] Saputra, R.W.F (2013). *FUNGSI (DIS)UTILITAS DAN EFEK VARIABILITAS PARAMETER PADA SELANG PREDIKSI*. Thesis Magister pada Institut Teknologi Bandung: tidak diterbitkan

- [18] Tandelilin, Eduardus. 2001. Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta
- [19] Tse, Kuan Yiu(2009), Nonlife Actuarial Models. Cambridge University Press.
- [20] Wahyudi, Sugeng. 2003. Pengukuran Return Saham, Jurnal Ekonomi, Suara Merdeka