

## PERHITUNGAN VALUE AT RISK PADA PORTOFOLIO SAHAM MENGUNAKAN COPULA

(Studi Kasus : Saham- Saham Perusahaan di Indonesia  
Periode 13 Oktober 2011 - 12 Oktober 2016)

Oktafiani Widya Ningrum<sup>1</sup>, Tarno<sup>2</sup>, Di Asih I Maruddani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

Investment is one of the way that is widely performed by people to achieve profitability in the future. Stock data is a data that is obtained from the observation that stock prices can be categorized into time series data, which usually have a tendency to fluctuate rapidly by the time so the variance of the residual will always change all the time or not constant, or often called heteroscedasticity case. Forecasting and data analysis is intended to minimize the risk and uncertainty factors. The risks can not be avoided but can be managed and estimated using Value at Risk (VaR) measurement tool. Copula theory is one of the tool that can be used to fit the joint distribution because it does not require the assumption of normality of the data so it is flexible enough for a variety of data, especially for financial data. This research is conducted using the method of Copula-GARCH to fit the three stocks of companies return data in Indonesia which have high volatility, those are PT Vale Indonesia Tbk (INCO), PT Bank Central Asia Tbk (BCA), and PT Indocement Tunggul Tbk (INTP) in period of October 13, 2011 to October 12, 2016 into ARIMA-GARCH model. The analysis is followed by copula on two stocks that have the highest ARIMA-GARCH residual correlation, those are BCA and INTP. Copula Gumbel is selected as the best copula with the amount of  $\hat{\theta}$  is 1,337. The risk derived from the calculation of Value at Risk (VaR) at the 99% confidence level is 3,922%, at the 95% confidence level is 2,397%, and at the 90% confidence level is 1,745%.

**Keywords** : Value at Risk, Copula, GARCH

### 1. PENDAHULUAN

Investasi merupakan salah satu cara yang banyak dilakukan oleh orang untuk mencapai keuntungan di masa yang akan datang. Saham adalah tanda penyertaan atau pemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas (Darmadji, 2001). Portofolio saham merupakan gabungan dua atau lebih saham yang terpilih sebagai investasi dari investor pada kurun waktu tertentu dengan suatu ketentuan tertentu. Data saham merupakan data yang diperoleh dari pengamatan harga saham yang dapat dikategorikan ke dalam data runtun waktu, yang biasanya memiliki kecenderungan berfluktuasi secara cepat dari waktu ke waktu sehingga variansi dari residualnya akan selalu berubah setiap waktu atau tidak konstan, atau sering disebut kasus heterokesdastisitas. Pemodelan runtun waktu yang paling populer dan banyak digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan model *Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity* (GARCH) (Makridakis, 1998). Peramalan dan analisa data ini bertujuan untuk memperkecil risiko dan faktor-faktor ketidakpastian. Risiko-risiko tidak dapat dihindari namun dapat dikelola dan diperkirakan menggunakan alat ukur *Value at Risk* (VaR).

Pada kasus portofolio saham, salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung VaR adalah copula. Copula dapat menjelaskan hubungan antara dua variabel atau lebih yang memiliki distribusi tidak normal. Teori tentang copula pertama kali diperkenalkan oleh Sklar, kemudian berkembang dan diaplikasikan dalam berbagai bidang, misalnya: bidang keuangan, asuransi, ekonometrika, runtun waktu, dan lain sebagainya. Teori copula merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk memodelkan distribusi gabungan karena tidak mensyaratkan asumsi normalitas dari data sehingga cukup fleksibel untuk berbagai data terutama untuk data keuangan. Copula merupakan suatu fungsi yang dapat mengabungkan beberapa distribusi marginal menjadi distribusi bersama. Metode ini mempunyai kemampuan untuk mendeskripsikan struktur dependensi antar variabel dengan marginal yang berbeda dan memodelkan dependensi *tail*-nya. Copula memiliki beberapa keluarga, salah satu diantaranya adalah copula Archimedean yang cukup baik digunakan untuk data keuangan (Embrechts, Lindskog, dan McNeil, 2001).

Penelitian ini menggunakan data tiga saham perusahaan di Indonesia yaitu PT Vale Indonesia Tbk (INCO), PT Bank Central Asia Tbk (BCA), dan PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk (INTP) periode 13 Oktober 2011 hingga 12 Oktober 2016 dengan metode copula-GARCH untuk memodelkan data yang memiliki volatilitas tinggi dan nantinya akan dilanjutkan analisis dengan menggunakan copula dengan tujuan membentuk portofolio optimal antara dua diantara ketiga saham tersebut yang memiliki korelasi residual ARIMA GARCH tertinggi agar investasi yang dilakukan memberikan nilai *return* optimal dengan risiko minimal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Return* Saham

*Return* merupakan salah satu faktor yang memotivasi investor untuk berinvestasi karena dapat menggambarkan secara nyata perubahan harga. Rumus *return* dari aset tunggal dapat dihitung dengan rumus berikut

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

dengan  $P_t$  adalah harga saham periode sekarang dan  $P_{t-1}$  adalah harga saham periode sebelumnya. Rumus *return* portofolio dari  $n$  aset pada waktu ke- $t$  dapat ditulis sebagai berikut.

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot R_{i,t}$$

dengan  $R_{pt}$  adalah *return* portofolio pada waktu ke- $t$ ,  $R_{i,t}$  adalah *return* aset ke- $i$  pada waktu ke- $t$  dan  $W_i$  adalah bobot setiap alokasi dana untuk aset tunggal ke- $i$ .

### 2.2 Analisis Runtun Waktu

Data runtun waktu adalah jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Tujuan analisis runtun waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali (Makridakis, Wheelwright, dan Hyndman, 1998).

### 2.3 Model Box-Jenkins

Model Box-Jenkins merupakan pemodelan data runtun waktu diperkenalkan oleh Box dan Jenkins pada tahun 1970. Model runtun waktu stasioner terdiri dari model AR, MA, dan ARMA, sedangkan model runtun waktu tidak stasioner salah satunya adalah model ARIMA, dengan model sebagai berikut:

- a. Model *Autoregressive* (AR)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

- b. Model *Moving Average* (MA)

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

- c. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

- d. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t$$

Tahapan pemodelan ARIMA adalah yang pertama adalah mengidentifikasi model, mengestimasi parameter, dan melakukan verifikasi model dengan pengujian independensi residual dan normalitas residual.

### 2.4 Model GARCH

Model GARCH digunakan untuk memodelkan volatilitas residual yang sering terjadi pada data-data keuangan. Menurut Tsay (2002) bentuk umum model GARCH(p,q) :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

dengan  $\alpha_0$  adalah konstanta positif,  $\alpha_i$  adalah parameter dari ARCH,  $a_{t-i}^2$  adalah residual kuadrat pada waktu  $t-i$ ,  $\beta_j$  adalah parameter dari GARCH, dan  $\sigma_{t-j}^2$  adalah varian dari residual pada saat  $t-j$ . Koefisien-koefisien dari model GARCH (p,q) bersifat :

1.  $\alpha_0 > 0$
2.  $\alpha_i \geq 0$  untuk  $i = 1, 2, \dots, p$
3.  $\beta_j \geq 0$  untuk  $j = 1, 2, \dots, q$
4.  $\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1$

Kondisi 1, 2, dan 3 diperlukan agar  $\sigma_t^2 > 0$ . Kondisi 4 diperlukan agar model bersifat stasioner

### 2.5 Uji ARCH-LM

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) merupakan suatu uji terhadap kehadiran unsur heteroskedastisitas. Uji ini merupakan salah satu cara untuk mengetahui adanya efek ARCH-GARCH yang diperkenalkan oleh Engle dengan meregresikan residual kuadrat dengan menggunakan konstanta dan nilai residual sampai lag ke  $m$ , sehingga membentuk persamaan regresi sebagai berikut :

$$a_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2 + \dots + \alpha_m a_{t-m}^2 + e_t$$

Hipotesis :

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$  (tidak ada efek ARCH/GARCH dalam residual sampai lag ke- $m$ )

$H_1$  : minimal ada satu nilai  $\alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, m$  (ada efek ARCH/GARCH dalam residual sampai lag ke- $m$ )

Statistik Uji :

$$LM = nR^2$$

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{\sum_{t=1}^m (\widehat{a}_t^2 - \overline{a_t^2})^2}{\sum_{t=1}^m (a_t^2 - \overline{a_t^2})^2}$$

Kriteria uji :

Dengan taraf signifikansi  $\alpha$  menolak  $H_0$  jika nilai  $LM > \chi_{(\alpha, m)}^2$  atau p-value  $< \alpha$

## 2.6 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan menduga kualitas dari model dugaan, salah satu caranya adalah menggunakan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC). Rumus untuk memperoleh nilai AIC ditulis sebagai berikut (Wei, 2006):

$$AIC(k) = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2k$$

## 2.7 Copula

Kata copula berasal dari bahasa latin yang berarti hubungan, pertalian, ikatan. Kata copula pertama kali digunakan pada bidang matematika dan statistika oleh Abe Skalar yang dipopulerkan pada tahun 1959. Copula secara luas dipergunakan pada pemodelan distribusi bersama karena tidak memerlukan asumsi normalitas bersama dan mengikuti untuk menyusun kembali distribusi bersama berdimensi  $n$  ke dalam  $n$  distribusi marginal dan sebuah fungsi copula dengan menggabungkan mereka bersama-sama.

Copula Archimedean memiliki 3 kelompok penting yang disebut dengan keluarga Gumbel, Frank dan Clayton. Keluarga copula Archimedean dapat diaplikasikan dengan baik pada bermacam-macam masalah riil dunia, seperti halnya bidang analisis risiko (Embrechts *et al.*, 2001).

Fleksibilitas copula Archimedean diberikan oleh fungsi  $\phi$ , misal dari copula Clayton, Frank dan Gumbel (Scholzel, 2008) adalah sebagai berikut.

$$\phi_C(u) = \frac{1}{\theta_C} (u^{-\theta_C} - 1), \theta_C > 0 \text{ (Clayton)}$$

$$\phi_F(u) = \log \left( \frac{e^{\theta_F u} - 1}{e^{\theta_F} - 1} \right), \theta_F \neq 0 \text{ (Frank)}$$

$$\phi_G(u) = -\log u^{\theta_G}, \theta_G \geq 1 \text{ (Gumbel)}$$

Untuk copula Archimedean pada kasus bivariat dapat ditulis sebagai berikut.

$$C(u_1, u_2) = \phi^{-1}(\phi(u_1) + \phi(u_2))$$

## 2.8 Uji Saling Ketergantungan

Uji saling ketergantungan dilakukan untuk mengetahui adanya dependensi di antara masing-masing variabel dalam sebuah pemodelan distribusi bersama. Untuk mengukur ketergantungan antara dua variabel atau lebih dapat digunakan koefisien korelasi Pearson, *Kendall's Tau*, dan Spearman. Namun dalam penelitian ini peneliti menggunakan koefisien

korelasi *Kendall's Tau*. Korelasi *Kendall's Tau* adalah korelasi yang berbasis rank dan tidak memerlukan asumsi kenormalan data.. Menurut Genest dan Favre (2007) pengukuran koefisien *Kendall's Tau* secara empiris ditulis sebagai berikut.

$$\tau = \frac{P_n - Q_n}{\binom{n}{2}}$$

dengan,

$P_n$  = jumlah pasangan *concordant*

$Q_n$  = jumlah pasangan *discordant*

Hipotesis :

$H_0$  :  $\tau = 0$  (tidak ada korelasi)

$H_1$  :  $\tau \neq 0$  (ada korelasi)

Statistik uji :

$$Z = \sqrt{\frac{9n(n-1)}{2(2n+5)}} |\tau|$$

Kriteria uji :

Dengan taraf signifikansi  $\alpha$ , menolak  $H_0$  jika  $Z > Z_{(\alpha/2)}$ .

## 2.9 Estimasi Copula Archimedean

Parameter  $\theta$  dari copula Archimedean yang berbasis *Kendall's Tau* dapat dihitung melalui persamaan berikut (Nelson, 2006).

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

Dengan  $\tau$  adalah koefisien korelasi *Kendall's Tau* dan  $\phi(u)$  adalah fleksibilitas copula.

## 2.10 Value at Risk (VaR)

Menurut Jorion (2007), VaR merupakan metode untuk menilai risiko yang menggunakan teknik statistik standar yang secara rutin digunakan di bidang teknik lainnya. VaR merupakan alat ukur yang dapat menghitung besarnya kerugian terburuk yang dapat terjadi dengan mengetahui posisi asset, tingkat kepercayaan akan terjadinya risiko, dan jangka waktu penempatan *asset (time horizon)*.

VaR pada tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  dalam waktu periode  $t$  dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$VaR = S_0 \times \text{Persentil ke } -\alpha \times \sqrt{t}$$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder harga penutupan saham harian pada 3 perusahaan yaitu PT Vale Indonesia Tbk (INCO), PT Bank Central Asia Tbk (BCA), dan PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk (INTP) periode 13 Oktober 2011 – 12 Oktober 2016. Masing-masing data harga penutupan saham tersebut dapat diakses pada situs [www.finance.yahoo.com](http://www.finance.yahoo.com).

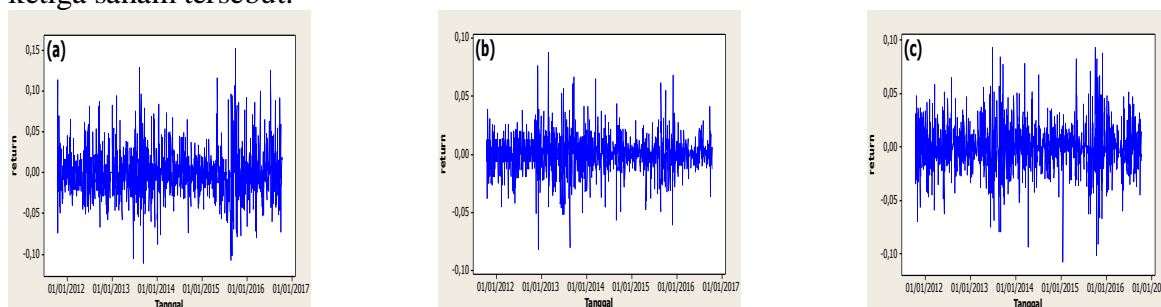
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan analisis data estimasi VaR dari portofolio ketiga saham menggunakan metode copula-GARCH adalah:

1. Menghitung nilai *return* saham dari ketiga harga saham.
2. Menganalisis secara deskriptif ketiga *return* saham.
3. Melakukan pengujian kestasioneran data dalam mean dengan menggunakan *plot time series* dan uji *Augmented Dickey-Fuller*.
4. Setelah dinyatakan stasioner dalam mean maka dilanjutkan dengan membuat plot ACF dan PACF untuk menentukan order untuk mendapatkan model sementara.
5. Melakukan pendugaan dan pengujian signifikansi parameter.
6. Melakukan verifikasi model yang meliputi uji diagnostik yang terdiri dari uji independensi residual dan uji normalitas model.
7. Memilih pemodelan ARIMA terbaik berdasarkan kriteria AIC.
8. Melakukan uji Lagrange Multiplier untuk mengetahui apakah ada efek ARCH dalam model.
9. Melakukan identifikasi model ARCH dan GARCH dan dilakukan pengujian distribusi normal pada residual model ARIMA GARCH (1,1) yaitu  $z_t = \frac{a_t}{\sigma_t}$ .
10. Menghitung semua korelasi antar variabel kemudian dipilih korelasi yang tertinggi. Semakin tinggi korelasi saham, maka nilai VaR akan semakin kecil.
11. Membentuk dan mengombinasikan residual model ARIMA GARCH (1,1) ke Frank-copula, Gumbel-copula, dan Clayton-copula. Dari copula ini akan dipilih copula paling baik untuk distribusi residual yang didapatkan dan selanjutnya dihitung kuantil-kuantil dari copula.
12. Melakukan estimasi VaR dari persentil-persentil dengan menggunakan metode simulasi Monte Carlo :
  - a. Menetapkan model marginal yang sesuai dengan karakteristik masing-masing data.
  - b. Melakukan transformasi masing-masing residual, sehingga residual akan berdistribusi U(0,1).
  - c. Membentuk struktur dependensi copula terbaik antar marginal berdasarkan residual yang telah ditransformasikan.
  - d. Melakukan simulasi *return* bivariat( $k_t, l_t$ ).
  - e. Menghitung *return* portofolio pada saat t menggunakan rumus
 
$$R_{pt} = w_1 k_t + w_2 l_t, \text{ dengan } w_1 = w_2 = \frac{1}{2}$$
  - f. Menghitung nilai VaR pada tingkat kepercayaan  $(1-\alpha)$  dari  $R_{pt}$  dalam waktu periode  $t$  sesuai dengan model copula terpilih.
  - g. Mengulangi sampai sebanyak M sehingga didapatkan  $VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_M$ .
  - h. Menghitung rata-rata hasil nilai VaR yang dihasilkan oleh tiap simulasi berbeda.
  - i. Mengevaluasi dari estimasi VaR untuk menguji keakuratan hasil estimasi VaR yang telah didapatkan.
13. Membuat kesimpulan dari hasil analisis berdasarkan hasil VaR dari copula terbaik didapatkan nilai VaR dengan selang kepercayaan  $(1-\alpha)$  dengan taraf signifikansi  $\alpha$  sehingga investor dapat mengetahui dan mengambil langkah terbaik dalam melakukan investasi saham yang memiliki nilai risiko terkecil.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Data

Pada penelitian ini digunakan data penutupan harga 3 saham perusahaan di Indonesia yaitu, PT Vale Indonesia Tbk (INCO), PT Bank Central Asia Tbk (BCA), dan PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk (INTP) periode 13 Oktober 2011 hingga 12 Oktober 2016 selama hari aktif (Senin sampai Jumat). Gambar 1 merupakan plot runtun waktu *return* ketiga saham tersebut.



Gambar 1. Plot Runtun Waktu *Return* Saham : (a) INCO (b) BCA (c) INTP

Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui gambaran umum data *return*. Tabel 1 menunjukkan statistika deskriptif dari ketiga *return* saham.

Tabel 1. Statistika Deskriptif dari Saham INCO, BCA, dan INTP

Variabel	INCO	BCA	INTP
Mean	0,000102	0,000516	0,000122
StDev	0,029988	0,015644	0,022274
Minimum	-0,111791	-0,082238	-0,108271
Maksimum	0,152515	0,087816	0,093499
Skewness	0,600801	0,003287	0,009942
Kurtosis	5,333439	7,091128	5,713872

Berdasarkan Tabel 1, nilai *skewness* dan *kurtosis* untuk masing-masing *return* saham cenderung tidak berdistribusi normal. Data *return* akan berdistribusi normal jika memiliki nilai *skewness* sama dengan nol dan *kurtosis* sama dengan tiga.

### 4.2 Identifikasi Model

Uji stasioneritas dilakukan sebagai langkah awal sebelum melakukan identifikasi model. Berdasarkan Gambar 1, semua *return* saham telah stasioner dalam *mean*. Hal ini dapat dilihat dari sebaran data *return* saham INCO, BCA, dan INTP menyebar membentuk satu garis lurus disekitar nol. Uji akar unit *Augmented Dickey-Fuller* juga dilakukan sebagai uji formal dan didapatkan kesimpulan bahwa semua *return* saham telah stasioner dalam *mean*.

Setelah asumsi kestasioneran data *return* saham INCO, BCA, dan INTP terpenuhi, maka selanjutnya dilakukan pendugaan model ARIMA. Penentuan orde AR dan orde MA dalam identifikasi model menggunakan plot fungsi autoregresif (ACF) dan fungsi autoregresif parsial (PACF). Plot ACF terputus pada lag ke- $k$  apabila nilai fungsi autokorelasi ( $\hat{\rho}_k$ ) melebihi garis batas signifikansi, sedangkan plot PACF terputus pada lag ke- $k$  apabila nilai fungsi autokorelasi parsial ( $\hat{\phi}_{kk}$ ). Dengan melihat nilai AIC terkecil model ARIMA terbaik yang mungkin untuk data *return* aset saham adalah sebagai berikut:

INCO : ARIMA ([1,10],0,[7])

BCA : ARIMA ([4],0,[1,3])

INTP : ARIMA ([2],0,[2,3,13])

### 4.3 Uji ARCH-LM

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk mengetahui ada tidaknya efek ARCH/GARCH pada residual model ARIMA. Hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Statistik Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

Saham	Model	P-value
INCO	ARIMA([1,10],0,[7])	0,0000
BCA	ARIMA([4],0,[1,3])	0,0000
INTP	ARIMA([2],0,[2,3,13])	0,0000

Dengan taraf signifikansi  $\alpha=5\%$ , menolak  $H_0$  sehingga disimpulkan bahwa residual model ARIMA pada data *return* saham INCO, BCA, dan INTP terdapat efek ARCH/GARCH sehingga dapat dibentuk model GARCH.

### 4.4 Pemodelan GARCH (1,1)

Model GARCH awal yang terbentuk untuk INCO adalah ARIMA ([1,10],0,[7]) GARCH (1,1), untuk BCA adalah ARIMA ([4],0,[1,3]) GARCH (1,1), dan untuk INTP adalah ARIMA ([2],0,[2,3,13]) GARCH (1,1). Setelah dilakukan verifikasi model dan perbaikan model karena terdapat beberapa parameter model yang tidak berbeda dengan nol secara signifikan maka diperoleh model yang optimal untuk INCO, BCA dan INTP yaitu ARIMA ([1],0,0) GARCH (1,1), ARIMA ([4],0,[1,3]) GARCH (1,1) dan ARIMA (0,0,[2,3]) GARCH (1,1) dengan persamaan model *mean* dan varian yang dihasilkan oleh masing-masing saham adalah sebagai berikut.

a. INCO :

$$Z_t = 0,07370 Z_{t-1} + a_t$$

$$\sigma_t^2 = 0,00003 + 0,07988a^2_{t-1} + 0,88375 \sigma_{t-1}^2$$

b. BCA :

$$Z_t = -0,06132 Z_{t-4} + 0,08923a_{t-1} + 0,07278a_{t-3} + a_t$$

$$\sigma_t^2 = 0,00001 + 0,07004a^2_{t-1} + 0,89434 \sigma_{t-1}^2$$



c. INTP :

$$Z_t = 0,12713 a_{t-2} + 0,08778 a_{t-3} + a_t$$

$$\sigma_t^2 = 0,00004 + 0,11310a^2_{t-1} + 0,81270 \sigma_{t-1}^2$$

Setelah mendapatkan model dari masing-masing saham maka dilanjutkan dengan pengujian normalitas pada residual model ARIMA GARCH (1,1). Pengujian normalitas ini menggunakan uji *Jarque Bera* dan memperoleh kesimpulan bahwa residual model ARIMA GARCH (1,1) pada semua model tidak berdistribusi normal.

#### 4.5 Copula

Residual model ARIMA GARCH (1,1) yang tidak berdistribusi normal pada masing-masing saham selanjutnya ditentukan struktur dependensinya, kemudian dipilih dua residual saham yang memiliki koefisien korelasi tertinggi dengan korelasi *Kendall's Tau*. Saham BCA dan INTP memiliki residual dengan koefisien korelasi tertinggi sebesar 0,252, sehingga akan dilanjutkan dengan pemodelan copula.

Salah satu cara untuk menghitung estimasi parameter copula adalah dengan menggunakan nilai koefisien korelasi *Kendall's Tau* dari residual model ARIMA GARCH (1,1) saham BCA dan INTP. Untuk mengetahui struktur model terbaik antara residual ARIMA GARCH (1,1) saham BCA dan INTP dipilih nilai *log likelihood* yang paling besar yang dimiliki oleh Copula Gumbel yaitu 100,8 dengan parameter copula berdasarkan hasil observasi *Kendall's Tau* yaitu  $\hat{\theta} = 1,337$ .

#### 4.6 Perhitungan Value at Risk

Copula Gumbel akan digunakan dalam proses pembangkitan data menggunakan simulasi monte carlo untuk menghitung nilai VaR. Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan VaR yang dilakukan dengan simulasi Monte Carlo dengan membangkitkan 1289 data bangkitan dengan 1500 kali pengulangan, 2000 kali pengulangan, dan 3000 kali pengulangan serta dengan tingkat kepercayaan 90% , 95%, dan 99% :

Tabel 3. Nilai Prediksi VaR  $t = 1$  Hari dengan Bobot 0,5

Jumlah perulangan	Tingkat kepercayaan		
	99%	95%	90%
1500	-0,03927	-0,02397	-0,01746
2000	-0,03921	-0,02396	-0,01746
3000	-0,03919	-0,02399	-0,01744
Rata-rata	-0,03922	-0,02397	-0,01745

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dikemukakan dalam Tugas Akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Residual ARIMA GARCH pada *return* saham BCA, INCO, dan INTP tidak berdistribusi normal, sehingga dilanjutkan dengan pemodelan copula.

2. Copula Gumbel dipilih sebagai model copula terbaik berdasarkan nilai *log likelihood* terbesar yaitu 100,8 dan memiliki parameter  $\hat{\theta} = 1,337$  pada dua saham yang memiliki korelasi tertinggi yaitu Bank Central Asia Tbk (BCA), dan Indocement Tunggul Prakarsa Tbk (INTP) dengan model
3. Besar risiko yang diperoleh dari perhitungan *Value at Risk* (VaR) dengan metode copula-GARCH menggunakan simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90% masing-masing adalah sebesar 3,922% , 2,397%, dan 1,745%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bollerslev, T. 1986. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Jurnal Ekonometrika*. Vol. 31, Hal. 307-327.
- Embrechts, P., Lindskog, F. dan McNeil, A. 2001. *Modelling Dependence with Copulas and Application to Risk Management*. Switzerland : Departement of Mathematics, ETHZ CH-8092 Zürich.
- Engle, R.F. 1982. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. Vol. 50, No. 4 : Hal. 987-1000.
- Genest, C. dan Favre, A.C. 2007. *Everything You Always Wanted to Know about Copula Modeling but Were Afraid to Ask*. Inggris : Hydrol.
- Jorion. 2007. *Value at Risk The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York : McGraw Hill
- Makridakis, Wheelwright S.C, dan Hyndman R.J. 1998. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Diterjemahkan oleh Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Maruddani, D.A.I. dan Purbowati, A. 2009. Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Media Statistika*. Vol. 2(2): 93-104. Undip: Semarang
- Nelsen, R. B. 2006. *An Introduction to Copulas 2nd*. New York : Springer.
- Schmidt,T. 2006. *Copying with Copulas*. Department of Matematics. University of Leipzig.
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika.
- Tsay, R.S. 2002. *Analysis of Financial Time Series*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.
- Xu, C. dan Huigeng, C. 2012. *Measuring Portofolio Value at Risk*. Lund University, 43-60.
- Yahoo! Finance. 2016. *Historical Price*. <http://finance.yahoo.com>. Diakses: 15 Oktober 2016