

## PERAMALAN VOLATILITAS DAN ESTIMASI *VALUE AT RISK* (VaR) SAHAM BLUE CHIP PADA SEKTOR PERBANKAN

Ni Kadek Juliarini<sup>1§</sup>, I Wayan Sumarjaya<sup>2</sup>, Kartika Sari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email:juliarini90799@yahoo.com]

<sup>2</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email:sumarjaya@unud.ac.id]

<sup>3</sup>Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email:sarikartika@unud.ac.id]

<sup>§</sup>Corresponding Author

### ABSTRACT

*Investment is an activity to invest an asset to obtain a greater profit. The investment there's in great demand by investors are stock investments. Based on market capitalization, stocks are classified into first-tier, second-tier, and third-tier stocks. Stocks that have the highest market capitalization are first-tier or blue-chip stocks. Blue-chip stocks are stocks that are classified as main shares on the listing board on the IDX. Before investing, it's important to know the level of investment risk in order to make the right investment decisions. The purpose of this study is to determine the risk of investing in blue-chip stocks namely BRI, BCA, and Bank Mandiri through volatility forecasting using the GARCH, EGARCH, or TGARCH models. The data used is the daily closing price of shares for the period of 25 May 2005 to 21 May 2021 which was obtained through the Yahoo Finance website. Based on the research results, it's known that Bank Mandiri has the highest investment risk and BCA has the lowest investment risk. Based on these results, it can be suggested that investors who like risk can choose to invest in Bank Mandiri shares, and those who don't like risk can invest in BCA shares.*

**Keywords:** GARCH, EGARCH, TGARCH, Volatility, VaR

### 1. PENDAHULUAN

Investasi merupakan suatu kegiatan penanaman modal pada sebuah perusahaan atau proyek berupa aset atau dana untuk jangka waktu tertentu dengan tujuan memperoleh imbal hasil yang lebih besar (Tyas *et al.*, 2019). Bursa Efek Indonesia (2020) menyatakan bahwa salah satu jenis investasi yang banyak diminati investor yaitu investasi pada bursa saham karena dapat memberikan tingkat keuntungan yang menarik. Namun jika keuntungan yang diharapkan semakin tinggi, maka risiko yang mungkin ditanggung juga akan semakin tinggi. Oleh karena itu, penting bagi seorang investor untuk mengetahui tingkat risiko investasi agar dapat mengambil keputusan investasi yang tepat. Tsay (2013) menyatakan bahwa ukuran risiko yang umum digunakan yaitu *value at risk* (VaR). VaR merupakan estimasi kerugian maksimum dalam bentuk persen atau sejumlah uang selama periode waktu dan selang kepercayaan tertentu (Dwipa, 2016). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung VaR yaitu

metode varians kovarians, dengan menggunakan nilai volatilitas (Damiyanti *et al.*, 2018).

Volatilitas merupakan jarak fluktuasi pada *return* aset finansial, yang erat kaitannya dengan risiko (Danielsson, 2011). Kemungkinan risiko investasi pada suatu saham akan semakin besar apabila nilai volatilitasnya semakin besar (Maruddani and Purbowati, 2009). Terdapat beberapa model pendekatan yang dapat digunakan untuk memprediksi volatilitas seperti model *autoregressive conditional heteroscedasticity* (ARCH) yang diperkenalkan oleh Robert F. Engle pada tahun 1982, dan dapat digunakan untuk mengatasi keheterogenan varians. Model ARCH kurang efektif jika digunakan pada orde yang lebih tinggi sehingga pada tahun 1986 dikembangkan oleh Bollerslev menjadi model *generalized autoregressive conditional heteroscedasticity* (GARCH). Model ARCH dan GARCH memiliki respons volatilitas yang simetris terhadap *good news* dan *bad news*. Namun, pada beberapa data finansial terdapat respons volatilitas yang bersifat asimetris

sehingga model GARCH dikembangkan lagi menjadi model GARCH asimetris yaitu model *exponential* GARCH (EGARCH) yang diperkenalkan oleh Nelson pada tahun 1991 dan model *threshold* GARCH (TGARCH) yang diperkenalkan oleh Zakoian pada tahun 1994.

Model GARCH, TGARCH, dan EGARCH banyak diterapkan oleh para peneliti untuk meramalkan volatilitas pada data finansial, seperti pada data harga saham. Puspitasari (2020) menyatakan bahwa investasi saham yang banyak diincar investor adalah investasi pada sektor perbankan, karena memiliki peran penting dalam pembangunan negara dan diawasi oleh Otoritas Jasa Keuangan (OJK). Terdapat beberapa saham yang merupakan saham unggulan atau saham *blue chip* yang banyak diminati investor dan tercatat sebagai saham utama pada papan pencatatan di Bursa Efek Indonesia (BEI) seperti BRI, BCA, dan Bank Mandiri. Agar dapat mengambil keputusan investasi yang tepat, maka perlu dilakukan perhitungan risiko terhadap saham tersebut. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan peramalan volatilitas dan estimasi VaR dengan menggunakan model GARCH, TGARCH, atau EGARCH pada saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri.

## 2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data harga penutupan saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri periode 25 Mei 2005 sampai 21 Mei 2021 selama hari aktif (Senin sampai Jumat) dengan jumlah data masing-masing saham yaitu 3.967 data yang diperoleh melalui *website* Yahoo Finance. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* R 3.6.2 untuk meramalkan volatilitas dan *software* Excel 2007 untuk menghitung VaR. Adapun langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

### 1. Menghitung *Return*

Nilai *return* dihitung berdasarkan persamaan (Tsay, 2013):

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

dengan  $P_t$  merupakan harga aset pada periode ke- $t$  serta  $\ln$  adalah logaritma natural.

### 2. Analisis Deskriptif Data *Return*

Analisis deskriptif dilakukan untuk menegaskan secara empiris ciri khas dari

data finansial dengan menghitung nilai *skewness* dan kurtosis.

3. Pemeriksaan Kestasioneran Data *Return*  
Pemeriksaan kestasioneran data *return* dilakukan dengan mengamati plot data *return*, grafik *correlogram* ACF dan PACF data *return*, serta uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dengan hipotesis uji yang digunakan yaitu (Tsay, 2013):

$$H_0: \beta = 0 \text{ (data tidak stasioner)}$$

$$H_1: \beta < 0 \text{ (data stasioner)}$$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$t_p = \frac{\hat{\beta} - 1}{SE(\hat{\beta})} \quad (2)$$

dengan  $SE(\hat{\beta})$  merupakan standar *error* penduga  $\beta$ . Kriteria keputusan yang digunakan adalah hipotesis  $H_0$  ditolak jika  $|t_p| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  (Tsay, 2013).

Jika data *return* belum stasioner, maka dilakukan proses *differencing* hingga diperoleh data yang stasioner.

4. Pemeriksaan pada *Return* Kuadrat  
Model GARCH, TGARCH, dan EGARCH baik diterapkan apabila terdapat korelasi serta efek ARCH pada *return*. Ada tidaknya autokorelasi dapat diketahui melalui uji *Ljung-Box* dengan hipotesis uji yang digunakan yaitu (Tsay, 2013):

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_l = 0 \text{ (tidak terdapat korelasi)}$$

$$H_1: \exists \rho_h \neq 0; h = 1, 2, 3, \dots, l \text{ (terdapat korelasi)},$$

serta statistik uji yang digunakan yaitu:

$$Q(l) = T(T+2) \sum_{h=1}^l \frac{\hat{\rho}_h^2}{T-h} \quad (3)$$

dengan  $l$  menyatakan banyaknya *lag* yang diuji dan  $\hat{\rho}_h$  merupakan autokorelasi pada *lag*  $h$ . Kriteria keputusan yang digunakan adalah hipotesis  $H_0$  ditolak jika  $Q(l) > \chi_{\alpha}^2$  atau jika nilai  $p\text{-value} < \alpha$  (Tsay, 2013). Sedangkan ada tidaknya efek ARCH dapat diketahui melalui uji *ARCH-Lagrange Multiplier* (ARCH-LM) dengan hipotesis uji yang digunakan yaitu (Tsay, 2013):

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_m = 0 \text{ (tidak terdapat efek ARCH)}$$

$$H_1: \exists \alpha_i \neq 0 \text{ (terdapat efek ARCH)}$$

Statistik uji yang digunakan yaitu:

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(T-2m-1)} \quad (4)$$

dengan  $SSR_0 = \sum_{t=m+1}^T (a_t^2 - \bar{w})^2$ ,  $\bar{w} = (1/T) \sum_{t=1}^T a_t^2$  merupakan *mean* dari  $a_t^2$ , dan  $SSR_1 = \sum_{t=m+1}^T \hat{e}_t^2$ , dengan  $\hat{e}_t^2$  merupakan *residual* kuadrat terkecil pada

waktu  $t$ . kriteria keputusan yang digunakan adalah hipotesis  $H_0$  ditolak jika nilai  $F > \chi_m^2(\alpha)$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  (Tsay, 2013). Jika tidak terdapat korelasi dan efek ARCH, maka proses berhenti atau tidak dimodelkan dengan model GARCH. Sedangkan jika terdapat korelasi dan efek ARCH, maka proses dilanjutkan ke langkah 5.

- Estimasi Parameter Model GARCH  
 Estimasi parameter model GARCH dilakukan dengan menggunakan data *return* dan *software R*.

- Pemilihan Model GARCH  
 Model GARCH yang dipilih adalah model yang signifikan atau memiliki nilai  $p\text{-value} < 0,05$  berdasarkan estimasi parameter model GARCH pada langkah 5 dan memiliki nilai AIC terkecil. AIC dihitung berdasarkan rumus (Tsay, 2013):

$$AIC = -\frac{2}{T} \log(\text{likelihood}) + 2 \frac{\theta}{T}. \quad (5)$$

- Uji *Sign* dan *Size Bias*  
 Uji *sign* dan *size bias* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat efek asimetris pada data *return*. Adapun hipotesis uji yang digunakan yaitu (Tsay, 2013):

$$H_0: \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \dots = \varphi_m = 0$$

(*residual* bersifat simetris)

$$H_1: \exists \varphi_i \neq 0; i = 1, 2, 3, \dots, m$$

(*residual* bersifat asimetris).

Sedangkan statistik uji yang digunakan yaitu:

$$F = \frac{SSR_0/k}{SSR_1/(T-k-1)}. \quad (6)$$

Kriteria keputusan yang digunakan adalah hipotesis  $H_0$  ditolak jika nilai  $F > \chi_m^2(\alpha)$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  (Tsay, 2013). Jika tidak terdapat efek asimetris, maka volatilitas dimodelkan dengan menggunakan model GARCH. Persamaan model GARCH( $m, s$ ) yaitu (Tsay, 2013):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2. \quad (7)$$

Jika terdapat efek asimetris, maka dilanjutkan ke langkah 8.

- Estimasi Parameter Model TGARCH dan EGARCH

Estimasi parameter model TGARCH dan EGARCH dilakukan menggunakan data *return* dan *software R*. Persamaan model EGARCH( $m, s$ ) yaitu (Tsay, 2013):

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \frac{|\alpha_{t-1} + \gamma_i a_{t-i}|}{\sigma_{(t-i)}} + \sum_{j=1}^s \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (8)$$

dengan  $\gamma_i$  merupakan parameter *leverage effect*  $a_{t-i}$ . Sedangkan persamaan model TGARCH( $m, s$ ) yaitu (Tsay, 2013):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m (\alpha_i + \gamma_i N_{t-i}^-) a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (9)$$

dengan  $N_{t-i}^-$  merupakan indikator dari  $a_{t-i}$  negatif atau disebut juga variabel *dummy* yaitu:

$$N_{t-i}^- = \begin{cases} 1; & \text{jika } a_{t-i} < 0 \\ 0; & \text{jika } a_{t-i} \geq 0 \end{cases}$$

- Peramalan Volatilitas  
 Peramalan volatilitas dilakukan pada empat belas periode berikutnya yaitu 24 Mei 2021 sampai 10 Juni 2021 dengan menggunakan model yang terpilih.

- Estimasi *Value at Risk* (VaR)  
 Estimasi VaR dilakukan dengan menggunakan *holding period* satu hari, tingkat kepercayaan 95%, dan diasumsikan investasi awal yang digunakan yaitu Rp10.000.000,00. Persamaan yang digunakan untuk menghitung VaR yaitu (Jorion, 2007):

$$VaR = W_0 \cdot (Z_\alpha \cdot \sqrt{k} \cdot \sigma) \quad (10)$$

dengan  $W_0$  merupakan investasi awal,  $Z_\alpha$  merupakan kuantil distribusi normal standar,  $\sigma$  merupakan volatilitas, dan  $k$  merupakan *holding period*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Menghitung *Return*

Tabel 1. Data Pertama dan Kedua Harga Penutupan Saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri

	BRI (Rp)	BCA (Rp)	Bank Mandiri (Rp)
Data Pertama	275	1.637,5	830,89
Data Kedua	280	1.650	830,89

Sumber: Data diolah, 2021

Data *Return* dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Berdasarkan Tabel 1 serta dengan memisalkan  $r_{iA}, r_{iB}, r_{iC}$  secara berturut-turut merupakan *return* ke- $i$  saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri, maka contoh perhitungan nilai *return* pertama saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri yaitu:

$$r_{1A} = \ln \frac{280}{275} = 0,018,$$

$$r_{1B} = \ln \frac{1.650}{1.637,5} = 0,007, \text{ dan}$$

$$r_{1C} = \ln \frac{830,891479}{830,891479} = 0.$$

Dengan cara yang sama, dapat dihitung nilai *return* untuk  $t = 2,3,4, \dots, 3.967$  dari masing-masing saham.

### 3.2 Analisis Deskriptif Data Return

Statistika deskriptif data *return* BRI, BCA, dan Bank Mandiri dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistika Deskriptif Data Return BRI, BCA, dan Bank Mandiri

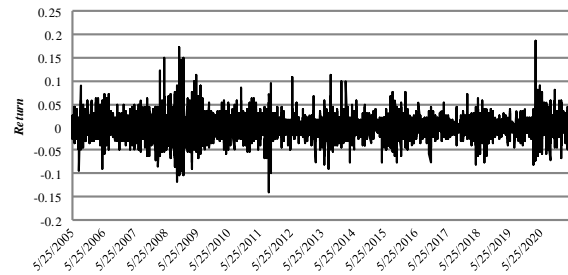
Statistika Deskriptif	Return BRI	Return BCA	Return Bank Mandiri
Minimum	-0,140582	-0,106222	-0,156842
Maksimum	0,186412	0,159849	0,182322
Rata-rata	0,000668	0,000748	0,000491
Deviasi Standar	0,024912	0,019424	0,024827
Skewness	0,330636	0,079374	0,228580
Kurtosis	4,549173	4,910327	5,053740

Sumber: Data diolah, 2021

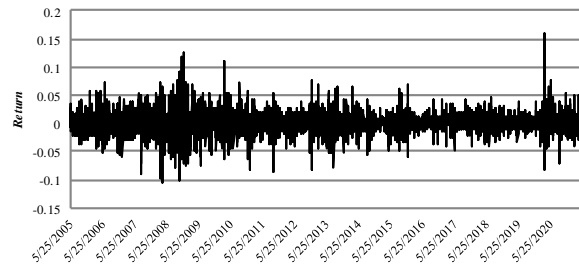
Berdasarkan Tabel 2 diketahui saham Bank Mandiri memiliki nilai *return* minimum paling rendah dibandingkan saham lainnya dan saham BRI memiliki nilai *return* maksimum paling tinggi dibandingkan saham lainnya. Nilai rata-rata *return* dari masing-masing saham bernilai positif yang menunjukkan adanya peluang mendapatkan keuntungan. Nilai deviasi standar *return* saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri tidak sama dengan nol yang menunjukkan bahwa setiap data pada masing-masing saham tidak sama atau terdapat kecenderungan setiap data berbeda (heterogen). Nilai *skewness* masing-masing saham lebih besar dari nol menunjukkan distribusi dari *return* memiliki ekor kanan lebih panjang daripada ekor kiri distribusinya. Hal ini berarti terdapat adanya ketidaksimetrisan pada data. Kemudian nilai kurtosis masing-masing saham lebih dari tiga yang menunjukkan adanya *excess* kurtosis sehingga diketahui bahwa *return* dari ketiga saham tidak berdistribusi normal yang merupakan *stylized fact return* data finansial.

### 3.3 Pemeriksaan Kestasioneran Data Return

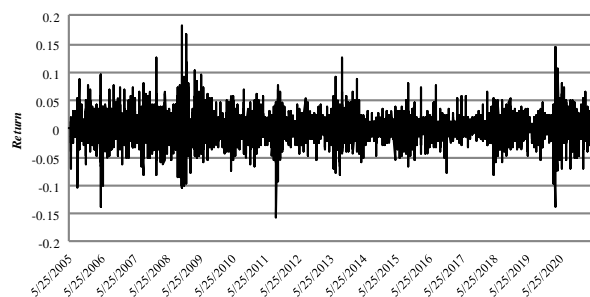
Pemeriksaan kestasioneran melalui plot data *return* dapat dilihat secara berturut-turut pada Gambar 1, 2, dan 3.



Gambar 1. Plot Data Return BRI

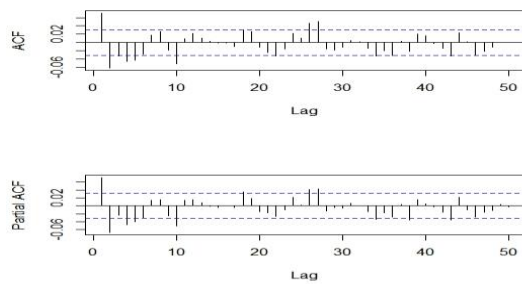


Gambar 2. Plot Data Return BCA

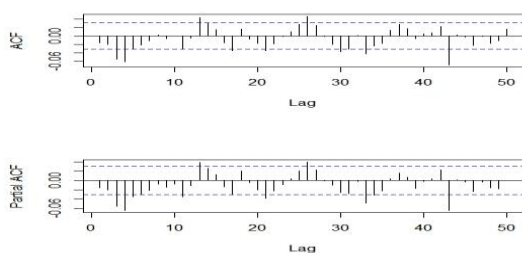


Gambar 3. Plot Data Return Bank Mandiri

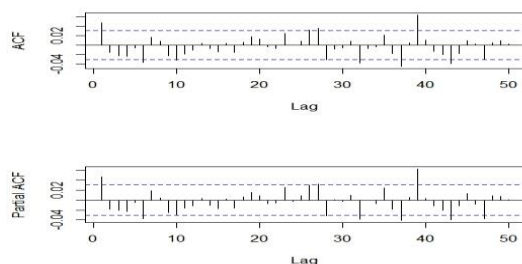
Berdasarkan Gambar 1, 2, dan 3 dapat diamati bahwa data *return* BRI, BCA, dan Bank Mandiri sangat fluktuatif dari waktu ke waktu serta menunjukkan adanya *volatility clustering*. Berdasarkan plot data *return* di atas, dapat diperkirakan bahwa data *return* stasioner dalam *mean* karena *return* bergerak pada kisaran nilai *mean*. Pemeriksaan kestasioneran terhadap data *return* juga dapat diamati melalui grafik *correlogram* nilai ACF dan PACF yang dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Grafik Correlogram Nilai ACF dan PACF Data Return BRI



Gambar 5. Grafik Correlogram Nilai ACF dan PACF Data Return BCA



Gambar 6. Grafik Correlogram Nilai ACF dan PACF Data Return Bank Mandiri

Berdasarkan Gambar 4, 5, dan 6 dapat diamati bahwa hanya beberapa *lag* yang keluar dari garis Bartlett sehingga mengindikasikan data *return* sudah stasioner. Namun untuk lebih memastikan bahwa data *return* sudah stasioner, maka dilakukan uji ADF. Adapun hasil uji ADF dengan menggunakan statistik uji pada persamaan (2) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji ADF

	Return BRI	Return BCA	Return Bank Mandiri
<i>p-value</i>	0,01	0,01	0,01

Sumber: Data diolah, 2021

Berdasarkan Tabel 3 diketahui *return* masing-masing saham memiliki nilai *p-value* sebesar 0,01. Hal ini berarti data *return* saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri sudah stasioner.

### 3.4 Pemeriksaan Return Kuadrat

Ada tidaknya autokorelasi dapat diketahui melalui uji *Ljung-Box* dengan menggunakan statistik uji pada persamaan (3). Sedangkan ada tidaknya efek ARCH, dapat diketahui melalui uji ARCH-LM dengan menggunakan statistik uji pada persamaan (4). Dengan menggunakan *software R*, diperoleh nilai *Q* dan nilai *F* yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Ljung-Box* dan Uji ARCH-LM

Uji	BRI	BCA	Bank Mandiri
<i>Q</i>	$2,2 \times 10^{-16}$	$2,2 \times 10^{-16}$	$2,2 \times 10^{-16}$
<i>F</i>	$2,2 \times 10^{-16}$	$5,764 \times 10^{-12}$	$2,2 \times 10^{-16}$

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 4 menunjukkan hasil uji *Ljung-Box* dengan taraf signifikansi 5% masing-masing saham memiliki nilai *p-value*  $2,2 \times 10^{-16}$  sehingga tidak cukup bukti untuk menerima  $H_0$ . Sehingga, dapat disimpulkan terdapat korelasi pada masing-masing saham. Uji ARCH-LM dari masing-masing saham menghasilkan nilai *p-value*  $< 0,05$  yang berarti tidak cukup bukti untuk menerima  $H_0$ . Dengan demikian berarti terdapat efek ARCH pada data *return* kuadrat saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri. Karena terdapat korelasi dan efek ARCH, maka volatilitas dimodelkan dengan menggunakan model GARCH.

### 3.5 Estimasi Paramater Model GARCH

Estimasi parameter model GARCH ( $m, s$ ) dilakukan dengan menggunakan *software R* dan data *return*. Adapun hasil estimasi parameter model GARCH untuk masing-masing saham dapat diamati melalui Tabel 5, 6, dan 7.

Tabel 5. Estimasi Parameter Model GARCH(m,s) Saham BRI

Model	Parameter	Estimasi Parameter	p-value
GARCH(1,1)	$\alpha_0$	$1,208 \times 10^{-5}$	$6,33 \times 10^{-8}$
	$\alpha_1$	$9,260 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	$8,885 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(1,2)	$\alpha_0$	$1,620 \times 10^{-5}$	$9,54 \times 10^{-8}$
	$\alpha_1$	$1,288 \times 10^{-1}$	$2,22 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	$4,173 \times 10^{-1}$	0,000161
	$\beta_2$	$4,287 \times 10^{-1}$	$2,49 \times 10^{-5}$
GARCH(2,1)	$\alpha_0$	$1,207 \times 10^{-5}$	$1,65 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	$9,257 \times 10^{-2}$	$2,94 \times 10^{-8}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	1
	$\beta_1$	$8,885 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(2,2)	$\alpha_0$	$1,620 \times 10^{-5}$	0,013090
	$\alpha_1$	$1,288 \times 10^{-1}$	$2,67 \times 10^{-8}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	1
	$\beta_1$	$4,173 \times 10^{-1}$	0,283007
	$\beta_2$	$4,287 \times 10^{-1}$	0,203660

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 6. Estimasi Parameter Model GARCH(m,s) Saham BCA

Model	Parameter	Estimasi Parameter	p-value
GARCH(1,1)	$\alpha_0$	$6,279 \times 10^{-6}$	$1,10 \times 10^{-5}$
	$\alpha_1$	$8,469 \times 10^{-2}$	$2,04 \times 10^{-14}$
	$\beta_1$	$8,995 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(1,2)	$\alpha_0$	$8,190 \times 10^{-6}$	$8,65 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	$1,136 \times 10^{-1}$	$9,77 \times 10^{-15}$
	$\beta_1$	$4,514 \times 10^{-1}$	$5,62 \times 10^{-6}$
	$\beta_2$	$4,139 \times 10^{-1}$	$9,35 \times 10^{-6}$
GARCH(2,1)	$\alpha_0$	$6,303 \times 10^{-6}$	0,000673
	$\alpha_1$	$8,487 \times 10^{-2}$	$4,47 \times 10^{-10}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	1
	$\beta_1$	$8,992 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(2,2)	$\alpha_0$	$8,190 \times 10^{-6}$	NA
	$\alpha_1$	10,746	$2 \times 10^{-16}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	NA
	$\beta_1$	$4,514 \times 10^{-1}$	NA
	$\beta_2$	$4,139 \times 10^{-1}$	NA

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 7. Estimasi Parameter Model GARCH(m,s) Saham Bank Mandiri

Model	Parameter	Estimasi Parameter	p-value
GARCH(1,1)	$\alpha_0$	$1,815 \times 10^{-5}$	$5,07 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	$1,019 \times 10^{-1}$	$2,22 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	$8,676 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(1,2)	$\alpha_0$	$2,378 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	$1,394 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	$3,761 \times 10^{-1}$	$3,32 \times 10^{-5}$
	$\beta_2$	$4,442 \times 10^{-1}$	$1,24 \times 10^{-7}$
GARCH(2,1)	$\alpha_0$	$1,820 \times 10^{-5}$	0,000256
	$\alpha_1$	$1,021 \times 10^{-1}$	$6,091 \times 10^{-10}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	1
	$\beta_1$	$8,673 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
GARCH(2,2)	$\alpha_0$	$2,378 \times 10^{-5}$	0,00153
	$\alpha_1$	$1,394 \times 10^{-1}$	$3,26 \times 10^{-12}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	1
	$\beta_1$	$3,761 \times 10^{-1}$	0,06011
	$\beta_2$	$4,442 \times 10^{-1}$	0,00700

Sumber: Data diolah, 2021

### 3.6 Pemilihan Model GARCH

Pemilihan model GARCH dilakukan dengan memilih model yang signifikan dan memiliki nilai AIC terkecil. Nilai AIC dihitung dengan menggunakan persamaan (5) dan menggunakan software R. Berdasarkan hasil estimasi parameter model GARCH pada subbab sebelumnya, diketahui hanya model GARCH(1,1) dan GARCH(1,2) yang signifikan karena memiliki nilai p-value < 0,05. Oleh karena itu, perhitungan nilai AIC hanya dilakukan terhadap model tersebut. Adapun nilai AIC return saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 8,9, dan 10.

Tabel 8. Nilai AIC Model GARCH(m,s) Data Return BRI

Model	AIC
GARCH(1,1)	-4,800689
<b>GARCH(1,2)</b>	<b>-4,802390</b>

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 9. Nilai AIC Model GARCH(m,s) Data Return BCA

Model	AIC
GARCH(1,1)	-5,297732
<b>GARCH(1,2)</b>	<b>-5,300462</b>

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 10. Nilai AIC Model GARCH(m,s) Data Return Bank Mandiri

Model	AIC
GARCH(1,1)	-4,796578
<b>GARCH(1,2)</b>	<b>-4,799436</b>

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 8, 9, dan 10 menunjukkan bahwa nilai AIC terkecil di antara model GARCH yang ditinjau untuk saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri adalah model GARCH(1,2). Oleh karena itu, model yang dipilih di sini adalah model GARCH(1,2). Adapun persamaan model GARCH(1,2) saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri berdasarkan model GARCH pada persamaan (7) dan nilai parameter  $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1$ , dan  $\beta_2$  model GARCH(1,2) pada Tabel 5, 6, dan 7 secara berturut-turut adalah:

$$\sigma_{tA}^2 = 0,0000162 + 0,1288a_{t-1}^2 + 0,4173\sigma_{t-1}^2 - 0,4287\sigma_{t-2}^2$$

$$\sigma_{tB}^2 = 0,00000819 + 0,1136a_{t-1}^2 + 0,4514\sigma_{t-1}^2 + 0,4139\sigma_{t-2}^2$$

$$\sigma_{tc}^2 = 0,00002378 + 0,1394a_{t-1}^2 + 0,3761\sigma_{t-1}^2 + 0,4442\sigma_{t-2}^2.$$

### 3.7 Uji Sign dan Size Bias

Uji *sign* dan *size* bias dilakukan dengan menggunakan statistik uji pada persamaan (6) dan dengan menggunakan *software R*. Adapun hasil uji *sign* dan *size* bias dari model GARCH(1,2) saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri dapat dilihat pada Tabel 11, 12, dan 13.

Tabel 11. Uji Sign dan Size Bias Model GARCH(1,2) Saham BRI

	<i>t</i> -statistic	<i>p</i> -value	Sig
<i>Sign Bias</i>	1,2943314	0,1956264	
<i>Negative Size Bias</i>	0,2736724	0,7843507	
<i>Positive Size Bias</i>	0,8351571	0,4036796	
<i>Join Effect</i>	2,5962503	0,4581473	

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 12. Uji Sign dan Size Bias Model GARCH(1,2) Saham BCA

	<i>t</i> -statistic	<i>p</i> -value	Sig
<i>Sign Bias</i>	1,9022245	0,05721428	*
<i>Negative Size Bias</i>	0,8734421	0,38247508	
<i>Positive Size Bias</i>	1,2010190	0,22981564	
<i>Join Effect</i>	7,0619783	0,06994833	*

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 13. Uji Sign dan Size Bias Model GARCH(1,2) Saham Bank Mandiri

	<i>t</i> -statistic	<i>p</i> -value	Sig
<i>Sign Bias</i>	1,03804872	0,29931073	
<i>Negative Size Bias</i>	1,80547981	0,07107553	*
<i>Positive Size Bias</i>	0,05908017	0,95289123	
<i>Join Effect</i>	9,40678344	0,02434399	**

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 11 menunjukkan saham BRI tidak bersifat asimetris karena tidak terdapat parameter dari uji *sign* dan *size* bias yang signifikan. Sehingga peramalan volatilitas saham BRI dimodelkan dengan menggunakan model GARCH(1,2). Hasil uji *sign* dan *size* bias saham BCA pada Tabel 12 menunjukkan parameter *sign* bias signifikan, serta uji *sign*

dan *size* bias saham Bank Mandiri pada Tabel 13 menunjukkan bahwa parameter *negative size* bias signifikan. Oleh karena itu, volatilitas saham BCA dan Bank Mandiri dimodelkan dengan menggunakan model GARCH asimetris.

### 3.8 Estimasi Parameter Model TGARCH dan EGARCH

Estimasi parameter model TGARCH dan EGARCH dilakukan dengan menggunakan *software R* dan data *return*. Adapun hasil estimasi parameter model TGARCH dan EGARCH data *return* saham BCA dan Bank Mandiri dapat diamati melalui Tabel 14 dan 15.

Tabel 14. Estimasi Parameter Model EGARCH dan TGARCH Return BCA

Model	Parameter	Estimasi Parameter	<i>p</i> -value
EGARCH(1,1)	$\alpha_0$	-0,209030	0
	$\alpha_1$	-0,043150	0,000006
	$\beta_1$	0,972625	0
	$\gamma_1$	0,174414	0
EGARCH(1,2)	$\alpha_0$	-0,271973	0,016275
	$\alpha_1$	-0,056156	0
	$\beta_1$	0,544845	0
	$\beta_2$	0,419495	0
	$\gamma_1$	0,236644	0
EGARCH(2,1)	$\alpha_0$	-0,144013	0
	$\alpha_1$	-0,038693	0,071278
	$\alpha_2$	-0,002572	0,904616
	$\beta_1$	0,981054	0
	$\gamma_1$	0,303212	0
	$\gamma_2$	-0,166389	0
EGARCH(2,2)	$\alpha_0$	-0,140772	0
	$\alpha_1$	-0,038776	0,063581
	$\alpha_2$	-0,001591	0,940888
	$\beta_1$	0,999990	0
	$\beta_2$	-0,018512	0
	$\gamma_1$	0,303848	0
	$\gamma_2$	-0,169948	0,001500
TGARCH(1,1)	$\alpha_0$	$4,890 \times 10^{-4}$	$2,85 \times 10^{-10}$
	$\alpha_1$	$9,047 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	$9,085 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\gamma_1$	$3,041 \times 10^{-1}$	$1,92 \times 10^{-7}$
TGARCH(1,2)	$\alpha_0$	0,0006368	$2,98 \times 10^{-10}$
	$\alpha_1$	0,1205156	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	0,4738161	$5,57 \times 10^{-7}$
	$\beta_2$	0,4049610	$6,25 \times 10^{-6}$
	$\gamma_1$	0,3083516	$6,49 \times 10^{-8}$
TGARCH(2,1)	$\alpha_0$	$4,901 \times 10^{-4}$	$2,86 \times 10^{-10}$
	$\alpha_1$	$9,058 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	NA
	$\beta_1$	$9,084 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\gamma_1$	$3,039 \times 10^{-1}$	$1,93 \times 10^{-7}$
	$\gamma_2$	$3,340 \times 10^{-1}$	NA
TGARCH(2,2)	$\alpha_0$	$6,367 \times 10^{-4}$	$2,98 \times 10^{-10}$
	$\alpha_1$	$1,205 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	NA
	$\beta_1$	$4,738 \times 10^{-1}$	$5,57 \times 10^{-7}$
	$\beta_2$	$4,050 \times 10^{-1}$	$6,25 \times 10^{-6}$
	$\gamma_1$	$3,084 \times 10^{-1}$	$6,49 \times 10^{-8}$
	$\gamma_2$	$2,653 \times 10^{-1}$	NA

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 15. Estimasi Parameter Model EGARCH dan TGARCH Data Return Saham Bank Mandiri

Model	Parameter	Estimasi Parameter	p-value
EGARCH(1,1)	$\alpha_0$	-0,240873	0
	$\alpha_1$	-0,044513	0,000017
	$\beta_1$	0,967064	0
	$\gamma_1$	0,177182	0,000006
EGARCH(1,2)	$\alpha_0$	-0,307281	0,004190
	$\alpha_1$	-0,062306	0
	$\beta_1$	0,507072	0
	$\beta_2$	0,450842	0
EGARCH(2,1)	$\alpha_0$	-0,167975	0
	$\alpha_1$	-0,069838	0,001501
	$\alpha_2$	0,028018	0,208789
	$\beta_1$	0,976913	0
EGARCH(2,2)	$\alpha_0$	-0,163675	0
	$\alpha_1$	-0,070255	0,001403
	$\alpha_2$	0,029459	0,192709
	$\beta_1$	1	0
TGARCH(1,1)	$\alpha_0$	0,0008483	$1,2 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	0,0959997	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	0,8926063	$2 \times 10^{-16}$
	$\gamma_1$	0,2923670	$1,4 \times 10^{-7}$
TGARCH(1,2)	$\alpha_0$	0,001068	$2,18 \times 10^{-7}$
	$\alpha_1$	0,128751	$2 \times 10^{-16}$
	$\beta_1$	0,388240	$6,84 \times 10^{-5}$
	$\beta_2$	0,470613	$5,92 \times 10^{-7}$
TGARCH(2,1)	$\alpha_0$	$8,5231 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-6}$
	$\alpha_1$	$9,626 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	NA
	$\beta_1$	$8,922 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
TGARCH(2,2)	$\alpha_0$	$1,068 \times 10^{-3}$	$2,18 \times 10^{-7}$
	$\alpha_1$	$1,288 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-16}$
	$\alpha_2$	$1 \times 10^{-8}$	NA
	$\beta_1$	$3,882 \times 10^{-1}$	$6,84 \times 10^{-5}$
TGARCH(2,2)	$\beta_2$	$4,706 \times 10^{-1}$	$5,92 \times 10^{-7}$
	$\gamma_1$	$2,980 \times 10^{-1}$	$1,38 \times 10^{-7}$
	$\gamma_2$	$8,474 \times 10^{-2}$	NA

Sumber: Data diolah, 2021

### 3.9 Pemilihan Model GARCH Asimetris

Pemilihan model dilakukan dengan memilih model yang signifikan dan memiliki nilai AIC terkecil. Berdasarkan hasil estimasi parameter model TGARCH dan EGARCH pada subbab sebelumnya diketahui hanya model EGARCH(1,1),EGARCH(1,2),TGARCH(1,1), dan TGARCH(1,2) yang signifikan. Oleh karena itu, perhitungan nilai AIC hanya akan dilakukan terhadap model tersebut. Adapun nilai AIC model TGARCH dan EGARCH return BCA serta Bank Mandiri disajikan pada Tabel 16 dan 17.

Tabel 16. Nilai AIC Model EGARCH dan TGARCH Return BCA

Model	AIC
EGARCH(1,1)	-5,2985
<b>EGARCH(1,2)</b>	<b>-5,3021</b>
TGARCH(1,1)	-5,2471
TGARCH(1,2)	-5,2388

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 17. Nilai AIC Model EGARCH dan TGARCH Return Bank Mandiri

Model	AIC
EGARCH(1,1)	-5,2985
<b>EGARCH(1,2)</b>	<b>-4,8016</b>
TGARCH(1,1)	-4,7838
TGARCH(1,2)	-4,7836

Sumber: Data diolah, 2021

Tabel 16 dan 17 menunjukkan bahwa nilai AIC terkecil di antara model EGARCH dan TGARCH return saham BCA dan Bank Mandiri terdapat pada model EGARCH(1,2). Oleh karena itu, model yang dipilih di sini adalah model EGARCH(1,2). Berdasarkan model EGARCH pada persamaan (8) dan nilai parameter  $\alpha_0, \alpha_1, \gamma_1, \beta_1$  dan  $\beta_2$  model EGARCH(1,2) pada Tabel 14 dan 15, maka model EGARCH(1,2) data return saham BCA dan Bank Mandiri secara berturut-turut adalah:

$$\ln(\sigma_{tB}^2) = -0,271973 - 0,056156$$

$$\frac{|a_{t-1}| + 0,236644a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0,544845 \ln(\sigma_{t-1}^2)$$

$$+ 0,419495 \ln(\sigma_{t-2}^2)$$

$$\ln(\sigma_{tC}^2) = -0,307281 - 0,062306$$

$$\frac{|a_{t-1}| + 0,237967a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} +$$

$$0,507072 \ln(\sigma_{t-1}^2)$$

$$+ 0,450842 \ln(\sigma_{t-2}^2).$$

### 3.10 Peramalan Volatilitas

Peramalan volatilitas dilakukan untuk 14 periode berikutnya yaitu dari 24 Mei 2021 sampai 10 Juni 2021. Volatilitas saham BRI diramalkan dengan menggunakan model GARCH(1,2), sedangkan volatilitas saham BCA dan Bank Mandiri diramalkan dengan menggunakan model EGARCH(1,2). Peramalan volatilitas dilakukan dengan

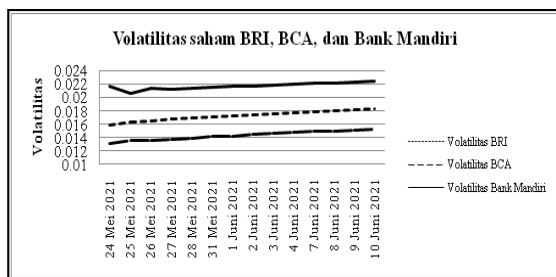


menggunakan *software R*. Adapun hasil peramalan volatilitas saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri pada 14 periode berikutnya dapat dilihat pada Tabel 18 serta secara grafis dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 18. Hasil Peramalan Volatilitas

Waktu	Nilai Volatilitas BRI	Nilai Volatilitas BCA	Nilai Volatilitas Bank Mandiri
24 Mei 2021	0,01592795	0,01313	0,02175
25 Mei 2021	0,01638232	0,01354	0,02064
26 Mei 2021	0,01647781	0,01360	0,02134
27 Mei 2021	0,01671901	0,01381	0,02120
28 Mei 2021	0,01688914	0,01395	0,02144
31 Mei 2021	0,01708209	0,01412	0,02150
1 Juni 2021	0,01725771	0,01427	0,02165
2 Juni 2021	0,01743364	0,01443	0,02175
3 Juni 2021	0,01760256	0,01459	0,02187
4 Juni 2021	0,01776791	0,01474	0,02197
7 Juni 2021	0,01792845	0,01489	0,02208
8 Juni 2021	0,01808497	0,01503	0,02218
9 Juni 2021	0,01823735	0,01518	0,02228
10 Juni 2021	0,01838587	0,01532	0,02238

Sumber: Data diolah, 2021



Gambar 7. Peramalan Volatilitas saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri

Berdasarkan hasil peramalan volatilitas saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri pada Tabel 18 serta grafik hasil peramalan volatilitas pada Gambar 7 diketahui bahwa volatilitas saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri cenderung mengalami peningkatan dari periode ke periode. Hasil peramalan volatilitas saham BRI berkisar dari 0,01592795 sampai 0,01838587, BCA berkisar dari 0,01313 sampai 0,01532, dan Bank Mandiri berkisar dari 0,02064 sampai 0,02238. Kisaran nilai tersebut menunjukkan bahwa volatilitas tertinggi terdapat pada saham Bank Mandiri dan volatilitas terendah terdapat pada saham BCA.

### 3.11 Estimasi VaR

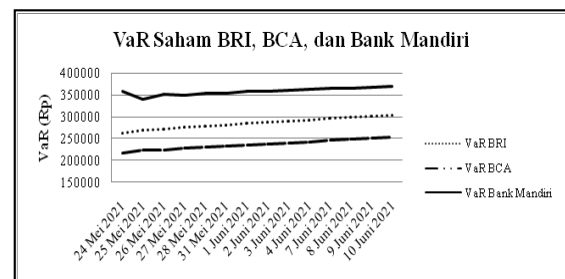
Perhitungan VaR dilakukan dengan menggunakan persamaan (10), pada *holding period* satu hari, dan selang kepercayaan 95%. Pada penelitian ini diasumsikan bahwa dana

investasi yang digunakan sebesar Rp10.000.000,00. Estimasi VaR dilakukan dengan menggunakan *software excel*. Berdasarkan hasil peramalan volatilitas pada Tabel 18, diperoleh estimasi VaR yang disajikan pada Tabel 19 dan disajikan dalam bentuk grafis pada Gambar 8.

Tabel 19. Estimasi Value at Risk (VaR) saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri

Waktu	Var Saham BRI	VaR Saham BCA	VaR Saham Bank Mandiri
24 Mei 2021	Rp262.811,18	Rp216.645,00	Rp358.875,00
25 Mei 2021	Rp270.308,28	Rp223.410,00	Rp340.560,00
26 Mei 2021	Rp271.883,87	Rp224.400,00	Rp352.110,00
27 Mei 2021	Rp275.863,67	Rp227.865,00	Rp349.800,00
28 Mei 2021	Rp278.670,81	Rp230.175,00	Rp353.760,00
31 Mei 2021	Rp281.854,49	Rp232.980,00	Rp354.750,00
1 Juni 2021	Rp284.752,22	Rp235.455,00	Rp357.225,00
2 Juni 2021	Rp287.655,06	Rp238.095,00	Rp358.875,00
3 Juni 2021	Rp290.442,24	Rp240.735,00	Rp360.855,00
4 Juni 2021	Rp293.170,52	Rp243.210,00	Rp362.505,00
7 Juni 2021	Rp295.819,43	Rp245.685,00	Rp364.320,00
8 Juni 2021	Rp298.402,01	Rp247.995,00	Rp365.970,00
9 Juni 2021	Rp300.916,28	Rp250.470,00	Rp367.620,00
10 Juni 2021	Rp303.366,86	Rp252.780,00	Rp369.270,00
<b>Rata-rata</b>	<b>Rp285.422,63</b>	<b>Rp236.421,43</b>	<b>Rp358.278,46</b>

Sumber: Data diolah, 2021



Gambar 8. Estimasi VaR saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri

Berdasarkan Tabel 19 estimasi nilai VaR saham BRI pada tanggal 24 Mei 2021 yaitu Rp262.811,18. Hal ini berarti apabila investor berinvestasi pada saham BRI sebesar Rp10.000.000,00, pada *holding period* satu hari, dan selang kepercayaan 95%, maka terdapat keyakinan sebesar 95% kerugian maksimum yang ditanggung investor sebesar Rp262.811,18 atau dengan kata lain terdapat kemungkinan sebesar 5% kerugian yang ditanggung oleh investor lebih dari Rp262.811,18. VaR saham BRI berkisar dari Rp262.811,18 sampai Rp303.366,86 dengan nilai VaR terendah terdapat pada tanggal 24 Mei 2021 dan VaR tertinggi terdapat pada tanggal 10 Juni 2021. Saham BRI memiliki nilai rata-rata VaR sebesar Rp285.422,63.

Hal yang sama juga bisa dijelaskan untuk nilai VaR BCA dan Bank Mandiri untuk setiap periodenya cenderung mengalami peningkatan dari periode ke periode yang juga dapat diamati melalui Gambar 8. Berdasarkan nilai rata-rata VaR dari masing-masing saham diketahui bahwa saham Bank Mandiri memiliki tingkat risiko investasi tertinggi dan BCA memiliki tingkat risiko investasi terendah. Sehingga dapat disarankan bagi investor yang menyukai risiko dapat memilih berinvestasi pada saham Bank Mandiri dan bagi investor yang tidak menyukai risiko dapat berinvestasi pada saham BCA.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisis terhadap data harian harga penutupan saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri, diperoleh simpulan yaitu:

Di antara model GARCH, TGARCH, dan EGARCH, model terbaik untuk memodelkan volatilitas saham BRI adalah model GARCH(1,2). Sedangkan model yang digunakan untuk memodelkan volatilitas saham BCA dan Bank Mandiri adalah model EGARCH(1,2).

Hasil peramalan volatilitas saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri pada empat belas periode berikutnya yaitu 24 Mei 2021 sampai 10 Juni 2021 cenderung menunjukkan peningkatan dari periode ke periode. Volatilitas tertinggi terdapat pada saham Bank Mandiri dan volatilitas terendah terdapat pada saham BCA.

Berdasarkan hasil estimasi nilai VaR dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, *holding period* satu hari, dan investasi awal Rp10.000.000,00, estimasi nilai VaR dari saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri cenderung mengalami peningkatan dari periode ke periode. Rata-rata VaR dari saham BRI, BCA, dan Bank Mandiri secara berturut-turut adalah Rp285.422,63, Rp260.944,59, dan Rp383.745,15. Hal ini berarti saham Bank Mandiri memiliki tingkat risiko investasi tertinggi dan BCA memiliki tingkat risiko investasi yang terendah.

Mengingat dalam penelitian ini diketahui saham BCA dan Bank Mandiri bersifat asimetris sehingga dimodelkan dengan menggunakan model GARCH asimetris. Berdasarkan nilai AIC dan hasil estimasi parameter, diketahui model EGARCH merupakan model yang lebih baik

dibandingkan model TGARCH untuk meramalkan volatilitas saham BCA dan Bank Mandiri. Oleh karena itu, dapat disarankan bagi penelitian selanjutnya yang ingin meramalkan volatilitas data harga saham yang bersifat asimetris dapat menggunakan model EGARCH. Selain itu, disarankan juga bagi penelitian selanjutnya untuk membandingkan model EGARCH dengan model asimetris lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bursa Efek Indonesia. 2020. *Saham*. <https://www.idx.co.id/produk/saham/>. Diakses 16 Agustus 2020 (21:21 WITA).
- Damiyanti, D. P. D., Dharmawan, K., and Harini, L. P. I. 2018. Perhitungan Value at Risk dengan Penduga Volatilitas Stokastik Heston. *E-Jurnal Matematika*, 7(4), pp. 317–321.
- Danielsson, J. 2011. *Financial Risk Forecasting*. United Kingdom: John Wiley and Sons.
- Dwipa, N. M. S. 2016. Peramalan Value at Risk Menggunakan Metode GARCH. *Buletin Ilmiah Mat. Stat, dan Terapannya*, 5(2), pp. 267–276.
- Jorion, P. 2007. *Value at Risk the New Benchmark for Managing Financial Risk*. United States of America: McGraw-Hill Companies.
- Maruddani, D. A. I., and Purbowati, A. 2009. Pengukuran Value at Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Media Statistika*, 2(2), pp. 93–104.
- Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 56/POJK.03/2016, Pub. L. No. 3 (2016).
- Puspitasari, I. 2020. *Banyak Diburu Asing, Ini Rekomendasi Analisis untuk Saham Perbankan*. <https://investasi.kontan.co.id/news/banyak-diburu-asing-ini-rekomendasi-analisis-untuk-saham-perbankan>. Diakses 5 Oktober 2020, (10;15 WITA).
- Tsay, R. S. 2013. *An Introduction to Analysis of Financial Data with R*. Canada: John Wiley and Sons.

Tyas, M. D. P., Maruddani, D. A. I., and Rahmawati, R. 2019. Perhitungan Value at Risk dengan Pendekatan Threshold Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-Generalized Extreme Value. *Jurnal Media Statistika*, 12(1), pp. 73–85.