

# Peramalan Volatilitas dengan Pemodelan EGARCH, TGARCH, dan APARCH dalam Pengukuran Estimasi Risiko Saham Sektor Keuangan

Fithra Rabbaniyah, dan Ulil Azmi

Departemen Aktuaria, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail*: ulilazmi0211@gmail.com

**Abstrak**—Data finansial yang mengikuti deret waktu memiliki keragaman atau volatilitas yang setiap waktunya tidak konstan. Keadaan ini disebut sebagai heteroskedastisitas. Metode yang dapat menyelesaikan masalah tersebut adalah *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH)/*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Namun, ARCH/GARCH tidak dapat mengatasi beberapa kasus seperti perbedaan dalam nilai volatilitas yang disebut sebagai *leverage effect*. Sehingga dilakukan pemodelan dengan mengakomodasi respon volatilitas yang memiliki sifat asimetris seperti *Exponential GARCH* (EGARCH), *Threshold GARCH* (TGARCH), atau *Asymmetric Power ARCH* (APARCH). Dalam melakukan investasi, tentunya diperlukan kebijakan manajemen risiko yang baik, yaitu dengan mengestimasi risiko menggunakan metode *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR). Penelitian ini dilakukan untuk peramalan volatilitas serta estimasi risiko dengan pemodelan EGARCH, TGARCH, dan APARCH untuk mengestimasi risiko pada saham sektor keuangan dengan volatilitas tinggi dan rendah untuk periode 20 Januari 2014 – 30 Desember 2021. Hasil pemodelan menunjukkan jika tidak terdapat karakteristik tertentu yang membedakan pemodelan antara saham dengan volatilitas tinggi dan rendah. Namun, dapat dikatakan jika model TGARCH dan EGARCH adalah model yang terbaik dalam memodelkan sifat asimetris. Peramalan volatilitas untuk sepuluh hari kedepan menghasilkan kesimpulan jika saham volatilitas tinggi memiliki hasil peramalan volatilitas yang tinggi juga dan sebaliknya. Estimasi risiko *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR) berdasarkan model terbaik untuk tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90% menghasilkan kesimpulan saham dengan volatilitas tinggi memiliki estimasi risiko yang tinggi pula dan sebaliknya. Semakin tinggi tingkat kepercayaan, semakin tinggi pula estimasi risikonya.

**Kata Kunci**—Volatilitas, Risiko, *Exponential GARCH*, *Threshold GARCH*, *Asymmetric Power ARCH*.

## I. PENDAHULUAN

SEKTOR keuangan yang merupakan salah satu sektor pada pasar modal sering mendapat julukan sebagai darahnya perekonomian, hal ini dikarenakan sektor keuangan memegang peranan penting dalam berlangsungnya seluruh kegiatan ekonomi. Tanpa adanya sektor keuangan, perekonomian di suatu negara tidak akan dapat berjalan [1]. Dalam kegiatan berinvestasi khususnya saham, investor akan menginginkan imbal hasil (*return*) yang maksimal di masa depan. Namun, imbal hasil tersebut tentu tidak akan terlepas dari adanya risiko. Risiko dalam berinvestasi menyatakan penyimpangan atau perbedaan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) dengan tingkat pengembalian yang sebenarnya (*actual return*).

Sebelum berinvestasi, sangat penting bagi seorang investor dalam memahami risiko. Menurut Jorion, *Value at Risk* menjadi alat pengukuran risiko yang baku [2]. VaR dapat

menentukan seberapa besar kerugian yang akan dialami investor dan ditoleransi dengan tingkat kepercayaan tertentu dalam kurun waktu yang telah ditetapkan. VaR dapat mengukur jumlah risiko maksimum yang akan diterima investor. Dalam mengatasi kerugian yang nilainya melebihi VaR, *Conditional Value at Risk* (CVaR) akan mengukur besar nilai kerugian yang akan ditanggung tersebut [3].

Pergerakan data finansial yang mengikuti deret waktu seperti saham memiliki keragaman atau volatilitas yang setiap waktunya tidak konstan. Volatilitas merupakan varian dari *return* saham yang menyatakan fluktuasi pada *return* saham tersebut. Nilai volatilitas yang rendah terjadi jika harga saham cenderung konstan atau jarang berubah. Sebaliknya, volatilitas dikatakan tinggi jika harga saham naik dan turun berubah dengan *range* yang sangat lebar [4].

*Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) menjadi salah satu pemodelan yang dapat digunakan untuk data yang mengikuti deret waktu (*time series*). Model ini berasumsi jika varian adalah konstan (*homoscedastic*) sedangkan dalam hal ini data finansial yang mengikuti deret waktu memiliki volatilitas yang tidak konstan yang disebut sebagai heteroskedastisitas [5]. Salah satu model *time series* yang dapat mengatasi data yang memiliki sifat heteroskedastisitas adalah *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) yang dipopulerkan oleh Engle pada tahun 1982 dan oleh Bollerslev pada tahun 1986 dikembangkan menjadi *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Model GARCH memiliki kelemahan yang sama dengan model ARCH, dimana model tersebut memiliki respon yang sama terhadap guncangan positif dan negatif [5]. Data finansial yang mengikuti deret waktu sering terjadi *return* positif dan negatif memiliki pengaruh asimetris terhadap variannya yang disebut sebagai *leverage effect*. *Leverage effect* ditemukan oleh Black pada 1967 melibatkan asimetris yang merupakan dampak dari nilai positif dan negatif di masa lalu pada volatilitas saat ini. Keasimetrisan menyatakan korelasi positif atau negatif antara *return* saat ini dengan volatilitas dimasa mendatang. Korelasi negatif menunjukkan kecenderungan volatilitas meningkat ketika *return* turun dan sebaliknya kecenderungan volatilitas menurun ketika *return* naik [6]. Selanjutnya, dikembangkan model GARCH dengan mengakomodasi respon volatilitas yang memiliki sifat asimetris seperti *Exponential GARCH* (EGARCH), *Threshold GARCH* (TGARCH), atau *Asymmetric Power ARCH* (APARCH).

Pada penelitian ini akan dikaji bagaimana menganalisis risiko investasi dengan pendekatan model volatilitas yang berbeda, dimana saham sektor keuangan yang memiliki volatilitas tinggi dan rendah akan dilakukan pemodelan sehingga didapatkan model yang terbaik dan sesuai antara

Tabel 1.  
Variabel penelitian

Nama Variabel	Keterangan	Skala
X <sub>1</sub>	Return harian saham dengan volatilitas tertinggi pertama pada sektor keuangan	Rasio
X <sub>2</sub>	Return harian saham dengan volatilitas tertinggi kedua pada sektor keuangan	Rasio
X <sub>3</sub>	Return harian saham dengan volatilitas terendah pertama pada sektor keuangan	Rasio
X <sub>4</sub>	Return harian saham dengan volatilitas terendah kedua pada sektor keuangan	Rasio

Tabel 2.  
Saham terpilih dengan volatilitas tinggi dan rendah

Nama Saham	Volatilitas	Ket.
PT Radana Bhaskara Finance Tbk. (HDFA.JK)	0,00413	Tinggi
PT Trimegah Sekuritas Indonesia Tbk. (TRIM.JK)	0,00136	Tinggi
PT Bank Mandiri (Persero) Tbk. (BMRI.JK)	0,00042	Rendah
PT Bank Central Asia Tbk. (BBCA.JK)	0,00028	Rendah

Tabel 3.  
Statistika deskriptif return saham

Statistika Deskriptif	HDFA.JK	TRIM.JK	BMRI.JK	BBCA.JK
Rata-rata	0,00198	0,00158	0,00045	0,00077
Min.	-0,34503	-0,23333	-0,12992	-0,07914
Median	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Maks.	0,35000	0,35000	0,15803	0,17333
Varian	0,00413	0,00135	0,00042	0,00022
Skewness	1,54229	1,85209	0,23813	0,86970
Kurtosis	11,62660	13,87550	5,03793	12,43490

EGARCH, TGARCH, dan APARCH untuk mengakomodasi sifat asimetris pada volatilitas. Jika model sudah didapatkan, akan dilakukan peramalan volatilitas dan estimasi risiko dengan Value at Risk (VaR) dan Conditional Value at Risk (CVaR).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Return

Return diartikan sebagai tingkat pengembalian yang akan didapatkan seorang investor setelah melakukan investasi disebuah instrumen keuangan setelah beberapa waktu tertentu baik berupa keuntungan atau kerugian. Nilai return saham dapat dihitung dengan persamaan (1) [5]:

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

dimana  $R_t$  adalah nilai return pada waktu ke- $t$ ,  $P_t$  harga saham pada waktu ke- $t$ , dan  $P_{t-1}$  harga saham pada waktu ke- $(t - 1)$ .

### B. Augmented Dickey Fuller (ADF)

Adanya suatu unit root merupakan salah satu pengujian yang dapat digunakan untuk menentukan stasioneritas dalam mean yang dapat diketahui dengan melakukan suatu pengujian yaitu Dickey-Fuller. Uji Dickey-Fuller memiliki hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  :  $\delta = 0$  (Data tidak stasioner)

$H_1$  :  $\delta < 0$  (Data stasioner)

Statistik uji:

$$\tau = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})} \tag{2}$$

Tabel 4.  
Pemodelan ARMA

Saham	Model	Parameter	Estimasi Parameter	P-value
HDFA.JK	ARMA (1,1)	$\mu$	0,00202599	0,004185
		$\phi_1$	0,88274578	$< 2,2 \times 10^{-16}$
		$\theta_1$	-0,94231024	$< 2,2 \times 10^{-16}$
TRIM.JK	ARMA (0,2)	$\mu$	0,00158216	0,010544
		$\theta_1$	-0,15766976	$1,9 \times 10^{-12}$
		$\theta_2$	-0,08248075	0,000275
BMRI.JK	ARMA (1,1)	$\mu$	0,00045634	0,333900
		$\phi_1$	-0,69897628	$4,4 \times 10^{-15}$
		$\theta_1$	0,75851342	$< 2,2 \times 10^{-16}$
BBCA.JK	ARMA (2,3)	$\mu$	0,00074836	0,027814
		$\phi_1$	0,40606605	0,001707
		$\phi_2$	0,55547858	0,015800
		$\theta_1$	-0,44600871	0,000681
		$\theta_2$	-0,60003877	0,010188

Tabel 5.  
Hasil uji heteroskedastisitas residual ARMA

Lag ke-	P-value			
	HDFA.JK	TRIM.JK	BMRI.JK	BBCA.JK
1	$2,28394 \times 10^{-52}$	$2,25978 \times 10^{-11}$	$2,43011 \times 10^{-53}$	$5,2426 \times 10^{-6}$
2	$4,71747 \times 10^{-51}$	$1,73441 \times 10^{-12}$	$1,63464 \times 10^{-42}$	$1,4107 \times 10^{-20}$
3	$1,61188 \times 10^{-51}$	$7,63101 \times 10^{-15}$	$5,77269 \times 10^{-45}$	$1,8179 \times 10^{-20}$
4	$1,47786 \times 10^{-50}$	$9,74627 \times 10^{-15}$	$5,67628 \times 10^{-48}$	$1,9159 \times 10^{-29}$
5	$6,59099 \times 10^{-50}$	$3,48517 \times 10^{-14}$	$5,84246 \times 10^{-48}$	$1,2143 \times 10^{-28}$
6	$1,87739 \times 10^{-49}$	$1,32646 \times 10^{-13}$	$2,38591 \times 10^{-76}$	$6,9135 \times 10^{-34}$
7	$9,86929 \times 10^{-49}$	$3,77251 \times 10^{-13}$	$1,17104 \times 10^{-75}$	$4,7714 \times 10^{-34}$
8	$4,88192 \times 10^{-48}$	$1,00842 \times 10^{-12}$	$2,37327 \times 10^{-75}$	$3,1694 \times 10^{-34}$
9	$6,03219 \times 10^{-48}$	$2,29115 \times 10^{-12}$	$7,65197 \times 10^{-76}$	$2,2259 \times 10^{-34}$
10	$1,65217 \times 10^{-47}$	$2,56408 \times 10^{-12}$	$6,71808 \times 10^{-76}$	$1,0788 \times 10^{-33}$

Daerah penolakan  $H_0$  jika  $|\tau| > \tau_{\alpha,n}$ . Nilai dari  $\tau_{tabel}$  dapat dilihat pada tabel Dickey-Fuller. Asumsi yang digunakan dalam uji DF adalah tidak adanya korelasi antar error  $a_t$ . Dalam kenyataannya, sangat dimungkinkan terjadi korelasi antar error  $a_t$  terlebih untuk data deret waktu. Uji Augmented Dickey Fuller (ADF) mengakomodasi terjadinya korelasi pada residual dengan menambahkan lag-lag dari variabel dependen  $Y_t$  [7]. Persamaan untuk model ADF adalah sebagai berikut.

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \tag{3}$$

dengan  $\Delta Y_{t-1} = Y_{t-1} - Y_{t-2}$ ,  $\varepsilon_t$  adalah residual model dan  $m$  adalah panjangnya lag yang digunakan.

Pada uji ADF pengujian dilakukan untuk menguji nilai  $\delta = 0$  yang mana sama dengan pengujian DF sehingga untuk statistik uji dan nilai kritis dapat digunakan nilai yang sama.

### C. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) yang memiliki bentuk ARIMA  $(p,d,q)$  merupakan implementasi dari ARMA  $(p,q)$  pada data yang telah melalui differencing atau proses stasionerisasi pada orde  $d$ . Secara umum ARIMA  $(p,d,q)$  dimodelkan dengan [8]:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \tag{4}$$

Tabel 6.  
Pemodelan GARCH

Saham	Model	Parameter	Estimasi Parameter	P-value
HDFA.JK	(1,1) – GARCH (1,2)	$\mu$	0,000269	0,000000
		$\phi_1$	1,000000	0,000000
		$\theta_1$	-0,998231	0,000000
		$\omega$	0,000056	0,000000
		$\alpha_1$	0,151155	0,000000
		$\beta_1$	0,404945	$3,90 \times 10^{-4}$
TRIM.JK	(0,2) – GARCH (1,1)	$\mu$	0,000095	0,790314
		$\theta_1$	-0,285719	0,000000
		$\theta_2$	-0,102123	0,000061
		$\omega$	0,000017	0,000000
		$\alpha_1$	0,095688	0,000000
		$\beta_1$	0,904312	0,000000
BMRI.JK	(1,1) – GARCH (1,1)	$\mu$	0,000794	0,043802
		$\phi_1$	-0,787296	0,000000
		$\theta_1$	0,816136	0,000000
		$\omega$	0,000006	0,023009
		$\alpha_1$	0,047149	0,000000
		$\beta_1$	0,938358	0,000000
BBCA.JK	(2,3) – GARCH (1,2)	$\mu$	0,000748	0,027814
		$\phi_1$	0,406066	0,001707
		$\phi_2$	0,555478	0,015800
		$\theta_1$	-0,446009	0,000681
		$\theta_2$	-0,600039	0,010187
		$\theta_3$	0,060333	$9,24 \times 10^{-9}$

Tabel 7.  
Uji efek asimetris residual model GARCH

Saham	Parameter	P-value	Sig.
HDFA.JK	Sign Bias	0,97	
	Negative Sign Bias	0,04	**
	Positive Sign Bias	0,61	
	Joint Effect	0,22	
TRIM.JK	Sign Bias	0,40	
	Negative Sign Bias	0,04	**
	Positive Sign Bias	0,03	**
	Joint Effect	0,02	**
BMRI.JK	Sign Bias	0,55	
	Negative Sign Bias	0,05	*
	Positive Sign Bias	0,35	
	Joint Effect	0,08	
BBCA.JK	Sign Bias	0,31	
	Negative Sign Bias	0,04	**
	Positive Sign Bias	0,91	
	Joint Effect	0,02	**

dimana  $\phi_p$  adalah parameter-parameter *autoregressive*,  $\theta_q$  parameter-parameter *moving average*,  $a_t$  nilai kesalahan pada saat  $t$ ,  $B$  operator langkah mundur dan  $d$  orde *differencing*.

D. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)

Model GARCH adalah model perkembangan dari model ARCH yang dipopulerkan oleh Engle (1982) dan merupakan model yang mampu diaplikasikan pada data keuangan [9]. Pada data keuangan, kasus adanya volatilitas tidak konstan yang disebut sebagai heteroskedastisitas dapat diatasi oleh model ARCH. Secara umum model GARCH( $r,s$ ) adalah sebagai berikut[10]:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^r \phi_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (5)$$

dengan  $\beta_j > 0$ , dan  $j = 1, 2, \dots, s$ .

E. Exponensial GARCH (EGARCH)

Nelson (1991) memperkenalkan model *Exponential GARCH* (EGARCH) untuk memungkinkan efek asimetris

Tabel 8.  
Pemodelan EGARCH

Saham	Model	Parameter	Estimasi Parameter	P-value
HDFA.JK	ARMA (1,1) – EGARCH (1,2)	$\mu$	-0,000261	0,23972
		$\phi_1$	0,719754	0,000000
		$\theta_1$	-0,832879	0,000000
		$\omega$	-0,515228	0,000000
		$\alpha_1$	-0,149309	0,000000
		$\beta_1$	0,484214	0,000000
		$\beta_2$	0,396921	0,000000
		$\gamma_1$	0,592196	0,000000
		$\mu$	0,000243	0,093211
		$\theta_1$	-0,302222	0,000000
		$\theta_2$	-0,104743	0,000003
		$\omega$	-0,654845	0,000000
TRIM.JK	ARMA (0,2) – EGARCH (1,2)	$\alpha_1$	0,073128	0,001415
		$\beta_1$	0,509163	0,000000
		$\beta_2$	0,386813	0,000000
		$\gamma_1$	0,470723	0,000000
		$\mu$	0,000359	0,353973
		$\phi_1$	-0,784104	0,000000
		$\theta_1$	0,811011	0,000000
		$\omega$	-0,283595	0,000833
		$\alpha_1$	-0,048727	0,000450
		$\alpha_2$	-0,068994	0,000005
		$\beta_1$	0,035952	0,000972
		$\beta_2$	0,927124	0,000000
BMRI.JK	ARMA (1,1) – EGARCH (2,2)	$\gamma_1$	0,101931	0,000000
		$\gamma_2$	0,051538	0,031614
		$\mu$	0,000656	0,000211
		$\phi_1$	0,334369	0,000000
		$\phi_2$	0,624913	0,000000
		$\theta_1$	-0,424209	0,000000
		$\theta_2$	-0,636903	0,000000
		$\theta_3$	0,081595	0,000000
		$\omega$	-0,611903	0,000000
		$\alpha_1$	-0,117097	0,000000
		$\beta_1$	0,704083	0,000000
		$\beta_2$	0,222625	0,000000
BBCA.JK	ARMA (2,3) – EGARCH (1,2)	$\gamma_1$	0,201227	0,000000

antara *return* positif dan negatif [5]. Keuntungan dari model EGARCH adalah tidak ada batasan parameter, sehingga memungkinkan ketidakstabilan rutinitas optimasi berkurang [10]. Persamaan model EGARCH ( $p,q$ ) adalah sebagai berikut [5]:

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^s \alpha_i \frac{|a_{t-i}| + \gamma_i a_{t-i}}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (6)$$

dengan  $a_{t-i}$  yang positif berkontribusi pada  $\alpha_i(1 + \gamma_i)|\epsilon_{t-i}|$  pada volatilitas log, sedangkan  $a_{t-i}$  yang negatif akan memberikan  $\alpha_i(1 - \gamma_i)|\epsilon_{t-i}|$ , dimana  $\epsilon_{t-i} = \frac{a_{t-i}}{\sigma_{t-i}}$ . Parameter  $\gamma_i$  merupakan *leverage effect* dari  $a_{t-i}$ .

F. Threshold GARCH (TGARCH)

Model *Threshold GARCH* (TGARCH) diperkenalkan oleh Glosten, Jagannathan dan Runkle (1993) serta Zakoian (1994). Persamaan model TGARCH ( $p,q$ ) adalah sebagai berikut [5]:

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

dengan  $N_{t-i}$  adalah indikator untuk negatif  $a_{t-i}$ , dan  $(\alpha_i, \gamma_i, \text{ dan } \beta_j)$  adalah parameter non negatif yang memenuhi kondisi mirip dengan model GARCH.

Dari model dapat dilihat jika  $a_{t-i}$  yang positif berkontribusi pada  $\alpha_i a_{t-i}^2$  hingga  $\sigma_t^2$ , sedangkan  $a_{t-i}$  yang negatif akan memberikan efek yang besar pada  $(\alpha_i + \gamma_i) a_{t-i}^2$  dengan  $\gamma_i > 0$ . Model menggunakan nol sebagai ambang

Tabel 3.  
Pemodelan TGARCH

Saham	Model	Parameter	Estimasi Parameter	P-value
HDFA.JK	ARMA (1,1) – TGARCH (1,1)	$\mu$	-0,000036	0,68184
		$\phi_1$	0,750239	0,00000
		$\theta_1$	-0,848938	0,00000
		$\omega$	0,002649	0,00000
		$\alpha_1$	0,182460	0,00000
		$\beta_1$	0,854418	0,00000
		$\gamma_1$	0,258262	0,00000
TRIM.JK	ARMA (0,2) – TGARCH (1,1)	$\mu$	-0,000765	0,038477
		$\theta_1$	-0,279035	0,000000
		$\theta_2$	-0,106567	0,000031
		$\omega$	0,000327	0,000000
		$\alpha_1$	0,056082	0,000000
		$\beta_1$	0,953118	0,000000
		$\gamma_1$	-0,657141	0,000003
BMRI.JK	ARMA (1,1) – TGARCH (1,1)	$\mu$	0,001114	0,000864
		$\phi_1$	-0,773789	0,000000
		$\theta_1$	0,799332	0,000000
		$\omega$	0,000192	0,000007
		$\alpha_1$	0,049527	0,000000
		$\beta_1$	0,952525	0,000000
		$\gamma_1$	0,302927	0,006366
BBCA.JK	ARMA (2,3) – TGARCH (1,2)	$\mu$	0,000918	0,007923
		$\phi_1$	0,349951	0,000000
		$\phi_2$	0,644767	0,000000
		$\theta_1$	-0,428259	0,000000
		$\theta_2$	-0,650606	0,000000
		$\theta_3$	0,086881	0,000000
		$\omega$	0,000089	0,000031
		$\alpha_1$	0,050993	0,000000
		$\beta_1$	0,904878	0,000000
		$\beta_2$	0,053463	0,000000
		$\gamma_1$	0,768923	0,000000

batas (*threshold*) untuk memisahkan efek dari guncangan masa lalu.

G. Asymmetric Power ARCH (APARCH)

Asymmetric Power ARCH (APARCH) yang diperkenalkan oleh Ding, Granger, dan Engle (1993) merupakan model yang paling umum dan mampu mengatasi asimetris serta memuat GARCH standar, TGARCH, dan log-GARCH. Persamaan model APARCH ( $p,q$ ) adalah sebagai berikut [11]:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\delta \quad (8)$$

dengan  $\omega > 0, \delta > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0$ , dan  $\gamma_i \leq 1$ .

H. Value at Risk (VaR)

Value at Risk yang biasa disingkat VaR secara umum didefinisikan sebagai kerugian maksimum yang mungkin terjadi dalam tingkat kepercayaan tertentu pada waktu yang telah ditentukan [12]. Perhitungan VaR dengan metode Cornish-Fisher digunakan untuk data yang tidak berdistribusi normal dengan rumus sebagai berikut:

$$VaR_{CF\alpha(x)} = \mu + \sigma Z_{CF(1-\alpha)} \quad (9)$$

dengan  $\mu$  merupakan nilai rata-rata distribusi imbal hasil,  $\sigma$  standar deviasi, dan  $Z_{CF}$  merupakan modifikasi dari nilai Z yang mempertimbangkan skewness dan kurtosis.

I. Conditional Value at Risk (CVaR)

Conditional Value at Risk (CVaR) diartikan sebagai besarnya nilai kerugian yang akan ditanggung jika kerugian yang terjadi nilainya melebihi Value at Risk (VaR). Estimasi CVaR pada sebaran data tidak normal karena kelebihan

Tabel 1.  
Pemodelan APARCH

Saham	Model	Parameter	Estimasi Parameter	P-value
HDFA.JK	ARMA (1,1) – APARCH (1,1)	$\mu$	-0,000072	$2 \times 10^{-6}$
		$\phi_1$	0,762479	0,0000
		$\theta_1$	-0,874677	0,0000
		$\omega$	0,009111	$8 \times 10^{-5}$
		$\alpha_1$	0,275940	0,0000
		$\beta_1$	0,780807	0,0000
		$\gamma_1$	0,279616	0,0000
		$\delta$	0,776384	0,0000
		$\mu$	0,000124	0,64813
		$\theta_1$	-0,299532	$< 2 \times 10^{-16}$
TRIM.JK	ARMA (0,2) – APARCH (1,2)	$\theta_2$	-0,108847	$1,01 \times 10^{-5}$
		$\omega$	0,001534	$4,65 \times 10^{-7}$
		$\alpha_1$	0,260907	$< 2 \times 10^{-16}$
		$\beta_1$	0,307139	$1,71 \times 10^{-5}$
		$\beta_2$	0,440441	$1,45 \times 10^{-9}$
		$\gamma_1$	-0,185211	0,00376
		$\delta$	1,154560	$6,62 \times 10^{-14}$
		$\mu$	0,000454	0,239727
		$\phi_1$	-0,802639	0,000000
		$\theta_1$	0,828894	0,000000
BMRI.JK	ARMA (1,1) – APARCH (1,2)	$\omega$	0,000005	0,000000
		$\alpha_1$	0,046132	0,000004
		$\beta_1$	0,471561	0,000000
		$\beta_2$	0,453885	0,000000
		$\gamma_1$	0,357969	0,001965
		$\delta$	2,084869	0,000000
		$\mu$	0,000656	0,000211
		$\mu$	0,000789	0,000000
		$\phi_1$	0,354218	0,000000
		$\phi_2$	0,607193	0,000000
BBCA.JK	ARMA (2,3) – APARCH (1,1)	$\theta_1$	-0,450684	0,000000
		$\theta_2$	-0,619542	0,000000
		$\theta_3$	0,082115	0,000000
		$\omega$	0,000001	0,000000
		$\alpha_1$	0,055963	0,000348

Tabel 2.  
Hasil akurasi peramalan dari tiap saham

Saham	Model	MSE
HDFA.JK	EGARCH (1,2)	0,00345790
	<b>TGARCH (1,1)</b>	<b>0,00345642</b>
	APARCH (1,1)	0,00345674
TRIM.JK	<b>EGARCH (1,2)</b>	<b>0,00306364</b>
	TGARCH (1,1)	0,00307092
	APARCH (1,2)	0,00306590
BMRI.JK	<b>EGARCH (2,2)</b>	<b>0,00027026</b>
	TGARCH (1,1)	0,00027049
	APARCH (1,2)	0,00027052
BBCA.JK	EGARCH (1,2)	0,00019579
	<b>TGARCH (1,2)</b>	<b>0,00019576</b>
	APARCH (1,1)	0,00019583

skewness dan kurtosis, ekspansi Cornish-Fisher akan digunakan sehingga diperoleh rumus sebagai berikut [13]:

$$CVaR_\alpha(R) = -\mu_t + \frac{\sigma_t}{\alpha\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Z_{CF})^2}{2}} \quad (10)$$

dengan  $\mu$  adalah estimasi rata-rata data pada waktu  $t$ ,  $\sigma$  adalah varian data pada waktu ke- $t$ , dan  $Z_{CF}$  adalah modifikasi dari nilai Z yang mempertimbangkan skewness ( $S$ ) dan kurtosis ( $K$ ).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Dalam penelitian ini digunakan data deret waktu atau *time series* yaitu berupa data sekunder harga penutupan (*close price*) harian saham sektor keuangan yang terdaftar di Bursa

Tabel 4.  
Hasil peramalan saham dengan model terpilih

Hari ke-	H DFA.JK	TRIM.JK	BMRI.JK	BBCA.JK
1	0,0170904	0,0030584	-0,0002455	0,0013578
2	0,0116982	-0,0003265	0,0010040	0,0009104
3	0,0080040	0,0002228	0,0000427	0,0010061
4	0,0054729	0,0002228	0,0007819	0,0007089
5	0,0037389	0,0002228	0,0002132	0,0008910
6	0,0025509	0,0002228	0,0006507	0,0006497
7	0,0017370	0,0002228	0,0003141	0,0008543
8	0,0011793	0,0002228	0,0005730	0,0006335
9	0,0007973	0,0002228	0,0003739	0,0008415
10	0,0005355	0,0002228	0,0005271	0,0006304

Tabel 5.  
Hasil estimasi risiko *value at risk*

Saham	Tingkat Kepercayaan		
	99%	95%	90%
H DFA.JK	-0,05411	-0,02040	-0,00971
TRIM.JK	-0,06905	-0,02388	-0,00989
BMRI.JK	-0,00186	-0,00098	-0,00061
BBCA.JK	-0,00789	-0,00139	-0,00038

Tabel 6.  
Hasil estimasi risiko *conditional value at risk*

Saham	Tingkat Kepercayaan		
	99%	95%	90%
H DFA.JK	-0,05411	-0,05244	-0,01521
TRIM.JK	-0,06905	-0,06636	-0,01596
BMRI.JK	-0,00267	-0,00149	-0,00111
BBCA.JK	-0,00789	-0,00530	-0,00052

Efek Indonesia (BEI) dengan volatilitas tertinggi dan terendah. Data harga saham penutupan tersebut bersumber dari website <https://finance.yahoo.com> dan <https://www.investing.com>. Durasi waktu yang digunakan mulai 20 Januari 2014 – 30 Desember 2021. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak RStudio, dan Microsoft Excel.

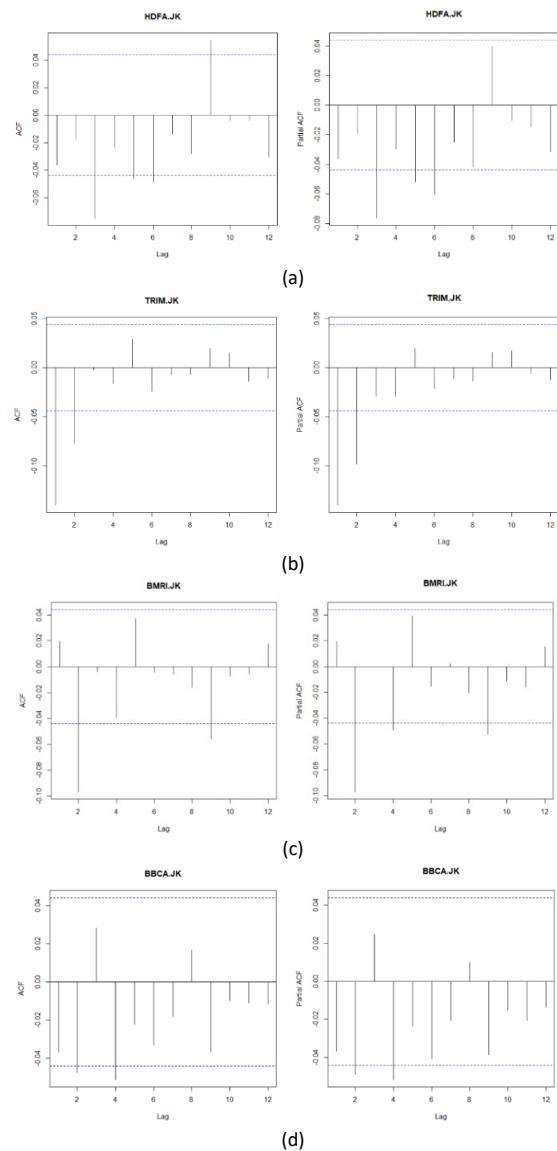
**B. Variabel Penelitian**

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada Tabel 1.

**C. Langkah Analitis**

Langkah-langkah analisis pada penelitian ini diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung *return* saham
2. Melakukan perhitungan volatilitas saham sektor keuangan dari yang tertinggi hingga terendah
3. Memilih dua saham dengan volatilitas tertinggi dan dua saham dengan volatilitas terendah
4. Melakukan uji stasioneritas
5. Melakukan identifikasi, estimasi parameter, dan uji signifikansi model ARIMA
6. Melakukan *diagnostic checking* model ARIMA
7. Melakukan uji heteroskedastisitas
8. Melakukan identifikasi dan uji estimasi parameter model GARCH
9. Melakukan *diagnostic checking* model GARCH
10. Melakukan uji heteroskedastisitas kembali
11. Melakukan uji efek asimetris
12. Melakukan identifikasi, estimasi parameter, dan uji signifikansi model EGARCH, TGARCH, dan APARCH
13. Memilih model terbaik



Gambar 1. Plot ACF dan PACF return saham (a) HDFA.JK, (b) TRIM.JK, (c) BMRI.JK, dan (d) BBCA.JK.

14. Melakukan perhitungan akurasi prakiraan
15. Peramalan *return* dan volatilitas berdasarkan model terbaik
16. Estimasi *Value at Risk* (VaR) dan *Conditional Value at Risk* (CVaR).

**IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**A. Deskripsi Data**

Pada analisis ini dipilih saham pada sektor keuangan dengan volatilitas tinggi dan rendah. Setelah dilakukan pengolahan data didapatkan dua saham dengan volatilitas tinggi dan dua saham dengan volatilitas rendah ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada Tabel 3 yang menunjukkan karakteristik *return* saham dapat dilihat jika saham HDFA.JK memiliki rata-rata *return* saham tertinggi diantara tiga saham lainnya sedangkan yang terendah adalah BMRI.JK. Nilai rata-rata dari *return* semua saham bernilai positif, hal ini mengindikasikan jika adanya peluang mendapat keuntungan pada saham tersebut. Nilai *return* saham tertinggi dan terendah diantara saham yang lain dimiliki oleh saham HDFA.JK, hal ini menunjukkan jika tingkat keuntungan dan kerugian

maksimum yang dimiliki perusahaan HDFA.JK lebih tinggi daripada tiga perusahaan lainnya. Keempat saham di atas tidak berdistribusi normal yang ditunjukkan oleh nilai *skewness* yang lebih dari nol dan nilai kurtosis yang lebih dari tiga.

#### B. Uji Stasioneritas

Stasioner dalam *mean* dapat dilihat pada data uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Berdasarkan uji stasioneritas *return* dari masing-masing saham dapat dilihat jika nilai *p-value* adalah 0,01 sehingga dapat dikatakan jika data *return* saham telah stasioner.

#### C. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Langkah pertama yang dilakukan dalam pemodelan ARIMA adalah identifikasi model. Identifikasi model dilakukan dengan melakukan plot *time series* ACF dan PACF pada data *return* saham HDFA.JK, TRIM.JK, BMRI.JK, dan BBKA.JK.

Pada Gambar 1 plot ACF dan PACF dari tiap saham terlihat seperti membentuk model *white noise*, namun terdapat beberapa *lag* yang signifikan. Jika pemodelan dilakukan dengan orde yang cukup besar maka model yang dihasilkan semakin kompleks dan berakibat pada parameter dari model tidak signifikan. Untuk *return* saham HDFA.JK, BMRI.JK, dan BBKA.JK dugaan modelnya adalah ARMA dan orde model ARMA tidak memungkinkan ditentukan berdasarkan gambar plot ACF dan PACF. Oleh sebab itu, akan diestimasi dengan orde yang paling sederhana yaitu ARMA(1,1), ARMA(1,2), ARMA(2,1), ARMA(2,2), ARMA(1,3), ARMA(3,1), ARMA(2,3), ARMA(3,2), dan ARMA(3,3). Untuk saham TRIM.JK terlihat terdapat *lag* yang signifikan pada *lag* ke 1 dan 2, setelah *lag* 2 semua *lag* tidak signifikan. Dengan kata lain dapat dikatakan jika plot ACF dan PACF *return* saham TRIM.JK *cut off* setelah *lag* ke 2. Untuk *return* saham TRIM.JK dugaan modelnya adalah AR(1), AR(2), MA(1), MA(2) dan ARMA. Orde model ARMA tidak memungkinkan ditentukan berdasarkan gambar plot ACF dan PACF. Oleh sebab itu, akan diestimasi dengan orde yang paling sederhana yaitu ARMA(1,1), ARMA(1,2), ARMA(2,1), dan ARMA(2,2).

Setelah didapatkan identifikasi model, akan dilakukan uji signifikansi parameter sehingga didapatkan model dengan parameter yang signifikan. Model terpilih adalah model dengan parameter yang signifikan serta AIC terkecil dari kemungkinan model yang ada. Tabel 4 menunjukkan model ARIMA terpilih dari masing-masing *return* saham.

*Diagnostic checking* model dilakukan dengan uji *white noise* dan normalitas pada residual model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada uji *white noise* semua nilai *p-value* > taraf signifikansi 5% sehingga dapat dikatakan residual model bersifat *white noise*. Uji normalitas menunjukkan jika nilai *p-value* < taraf signifikansi 5% sehingga dapat dikatakan jika residual tidak berdistribusi normal. Hal ini dikarenakan adanya efek heteroskedastisitas yang akan diatasi dengan pemodelan GARCH.

#### D. Uji Heteroskedastisitas

Sebelum melakukan pemodelan varian dengan ARCH/GARCH perlu dilakukan uji heteroskedastisitas untuk mengetahui apakah data *return* saham yang telah dimodelkan dengan ARMA memiliki efek heteroskedastisitas. Efek

heteroskedastisitas diuji dengan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) pada data residual dari model yang terpilih. Berdasarkan Tabel 5, keempat saham memiliki nilai *p-value* < taraf signifikansi *alpha* 5% di semua *lag* yang ada seperti yang ditampilkan pada *lag* 1 sampai 10, hal ini berarti dapat disimpulkan jika terdapat efek ARCH/GARCH pada varian residual model. Dalam mengatasi efek heteroskedastisitas akan dilakukan pemodelan dengan ARCH/GARCH.

#### E. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)

Pemodelan GARCH bertujuan untuk mengatasi adanya efek heteroskedastisitas pada varian residual model ARMA yang telah diuji dilangkah sebelumnya. Pemodelan GARCH diawali dengan identifikasi model dengan plot ACF dan PACF kemudian dilakukan estimasi parameter dan uji signifikansi. Namun, *lag* plot ACF dan PACF dari masing-masing saham melebihi batas signifikansi pada beberapa *lag*. Sehingga pemodelan akan dilakukan dengan orde yang paling sederhana. Tabel 6 menunjukkan model GARCH terpilih dengan nilai parameter yang signifikan, asumsi *diagnostic* residual terpenuhi, dan AIC terkecil.

*Diagnostic checking* model GARCH dilakukan dengan uji *white noise* dan normalitas pada residual model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada uji *white noise* semua nilai *p-value* > taraf signifikansi 5% sehingga dapat dikatakan residual model bersifat *white noise*. Uji normalitas menunjukkan jika nilai *p-value* < taraf signifikansi 5% sehingga dapat dikatakan jika residual tidak berdistribusi normal. Pada residual model GARCH juga dilakukan uji efek heteroskedastisitas kembali untuk memastikan jika model telah mampu mengatasi efek heteroskedastisitas. Hasil pengujian menunjukkan jika pada residual model tidak terdapat efek heteroskedastisitas lagi.

#### F. Uji Efek Asimetris

Jika model GARCH telah didapatkan, untuk mengetahui apakah terdapat efek asimetris akan dilakukan uji efek asimetris terhadap residual model. Efek asimetris diindikasikan jika terdapat salah satu nilai yang signifikan, maka dikatakan jika residual model terdapat efek asimetris[14]. Setelah dilakukan pengujian, semua saham memiliki efek asimetris. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 7 yang menunjukkan jika paling tidak terdapat satu parameter dari masing-masing saham yang signifikan. Oleh karena itu, data *return* dapat dimodelkan dengan beberapa model asimetris seperti EGARCH, TGARCH, dan APARCH.

#### G. Exponential GARCH (EGARCH)

Pemodelan EGARCH pada masing-masing saham dilakukan dengan model yang paling sederhana yaitu EGARCH (1,1), EGARCH (1,2), EGARCH (2,1), dan EGARCH (2,2). Tabel 8 menampilkan model EGARCH dari masing-masing saham dengan nilai parameter yang signifikan serta AIC terkecil.

Saham HDFA.JK, TRIM.JK, BMRI.JK, dan BBKA.JK memiliki nilai  $\omega$  yang merupakan parameter ARCH signifikan disemua saham. Kemudian untuk nilai  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  yang merupakan parameter model GARCH bernilai positif dan signifikan pada model terpilih disetiap saham, hal ini berarti jika volatilitas saat ini bergantung pada volatilitas

beberapa periode sebelumnya. Parameter  $\gamma_i$  menunjukkan efek asimetris atau *leverage effect* pada model, dimana nilai  $\gamma_i > 0$  pada saham HDFA.JK, TRIM.JK, BMRI.JK, dan BBCA.JK menunjukkan guncangan negatif (*bad news*) memiliki dampak yang lebih besar daripada guncangan positif pada volatilitas saat ini.

#### H. Threshold GARCH (TGARCH)

Pemodelan TGARCH pada masing-masing saham dilakukan dengan model yang paling sederhana yaitu TGARCH (1,1), TGARCH (1,2), TGARCH (2,1), dan TGARCH (2,2). Tabel 9 menampilkan model TGARCH dari masing-masing saham dengan nilai parameter yang signifikan serta AIC terkecil

Nilai  $\omega$  yang merupakan parameter ARCH pada saham HDFA.JK, TRIM.JK, BMRI.JK, dan BBCA.JK dengan nilai parameter yang signifikan. Kemudian untuk nilai  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  yang merupakan parameter model GARCH bernilai positif dan signifikan pada model terpilih disetiap saham, hal ini berarti jika volatilitas saat ini bergantung pada volatilitas beberapa periode sebelumnya. Parameter  $\gamma_i$  menunjukkan efek asimetris atau *leverage effect* pada model, dimana nilai  $\gamma_i > 0$  pada saham HDFA.JK dan BBCA.JK menunjukkan guncangan negatif (*bad news*) memiliki dampak yang lebih besar daripada guncangan positif pada volatilitas saat ini. Sebaliknya pada saham TRIM.JK dan BMRI.JK memiliki nilai  $\gamma_i < 0$  yang berarti guncangan positif (*good news*) memiliki dampak yang lebih besar daripada guncangan negatif pada volatilitas saat ini.

#### I. Asymmetric Power ARCH (APARCH)

Pemodelan APARCH pada masing-masing saham dilakukan dengan model yang paling sederhana yaitu APARCH (1,1), APARCH (1,2), APARCH (2,1), dan APARCH (2,2). Tabel 10 menampilkan model APARCH dari masing-masing saham dengan nilai parameter yang signifikan serta AIC terkecil.

Dari semua model yang didapatkan dari saham HDFA.JK, TRIM.JK, BMRI.JK, dan BBCA.JK memiliki nilai  $\omega$  yang merupakan parameter ARCH signifikan disemua saham. Nilai  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  yang merupakan parameter model GARCH bernilai positif dan signifikan pada model terpilih disetiap saham, hal ini berarti jika volatilitas saat ini bergantung pada volatilitas beberapa periode sebelumnya. Parameter  $\gamma_i$  menunjukkan efek asimetris pada model, dimana  $\gamma_i > 0$  pada saham HDFA.JK, BMRI.JK, dan BBCA.JK menunjukkan guncangan negatif memiliki dampak yang lebih besar daripada guncangan positif pada volatilitas saat ini, dan sebaliknya untuk saham TRIM.JK yang memiliki nilai  $\gamma_i < 0$ .

#### J. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dari masing-masing saham akan ditentukan oleh nilai akurasi peramalan yang didapatkan nilai *Mean Square Error* (MSE) pada Tabel 11.

Berdasarkan hasil akurasi peramalan dari masing-masing saham dapat dilihat dari nilai MSE, saham HDFA.JK dan TRIM.JK yang merupakan saham dengan volatilitas tinggi memiliki nilai MSE terkecil pada model TGARCH (1,1) dan

EGARCH (1,2). Nilai MSE tersebut merupakan nilai terkecil diantara dua model lainnya. Saham BMRI.JK dan BBCA.JK yang merupakan saham dengan volatilitas rendah memiliki nilai MSE terkecil pada model EGARCH (2,2) dan TGARCH (1,2). Kedua model dengan volatilitas rendah yaitu tidak memiliki model yang sama, namun nilai MSE terkecil terdapat pada model yang berbeda yang didominasi oleh EGARCH dan TGARCH.

#### K. Peramalan Return dan Volatilitas

Peramalan dilakukan untuk sepuluh hari kedepan atau sama dengan dua pekan dalam hari aktif di pasar saham. Berdasarkan hasil dari peramalan *return* saham pada Tabel 12 maka dapat diketahui saham HDFA.JK memiliki volatilitas 0,000029993, saham TRIM.JK 0,000000869, saham BMRI.JK 0,000000133, dan saham BBCA.JK 0,000000049. Hasil volatilitas tertinggi dimiliki oleh HDFA.JK kemudian TRIM.JK, sedangkan untuk yang terendah adalah BBCA.JK kemudian BMRI.JK, volatilitas dikatakan rendah jika *return* saham jarang berubah atau cenderung konstan.

#### L. Estimasi Risiko Value at Risk

Estimasi risiko *Value at Risk* (VaR) dihitung dengan pendekatan *Cornish-Fisher* dikarenakan distribusi *return* tidak mengikuti distribusi normal. Tabel 13 menunjukkan estimasi risiko VaR dari masing-masing saham dengan tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90%. Pada tingkat kepercayaan 99% dan 95% memberikan hasil jika nilai risiko tertinggi dimiliki oleh saham dengan volatilitas tinggi yaitu TRIM.JK dan saham dengan nilai risiko terendah dimiliki oleh saham dengan volatilitas rendah yaitu BMRI.JK. Pada tingkat kepercayaan 90% nilai risiko tertinggi dimiliki oleh saham dengan volatilitas tinggi yaitu TRIM.JK dan saham dengan nilai risiko terendah dimiliki oleh saham dengan volatilitas rendah yaitu BBCA.JK.

Misalnya seorang investor berinvestasi sebesar Rp 1.000.000, maka akan ada kemungkinan 1% kerugian harian pada saham BMRI.JK akan sama dengan atau melebihi Rp 1.860 atau dapat dikatakan akan memiliki peluang 99% untuk bernilai Rp 998.140 atau lebih pada esok harinya. Selain itu, terdapat kemungkinan sebesar 5% dan 10% investor akan mengalami kerugian sebesar Rp 980 dan Rp 610.

#### M. Estimasi Risiko Conditional Value at Risk

Estimasi risiko *Conditional Value at Risk* (CVaR) dihitung dengan pendekatan *Cornish-Fisher* dikarenakan distribusi *return* tidak mengikuti distribusi normal. Saham dengan risiko tertinggi dan terendah pada estimasi CVaR adalah saham yang sama pada estimasi VaR yang memiliki risiko tertinggi dan terendah. Dan dapat dilihat juga pada Tabel 14 jika semakin besar tingkat kepercayaan yang digunakan untuk menghitung nilai CVaR, maka semakin besar pula estimasi risiko kerugian yang ditanggung oleh investor atau semakin kecil estimasi keuntungan yang diperoleh investor.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil analisis adalah sebagai berikut: (1) Model terbaik untuk mengakomodasi efek asimetris pada saham sektor keuangan diantaranya untuk saham dengan volatilitas tinggi yaitu

saham HDFA.JK memiliki model terbaik TGARCH (1,1) dan saham TRIM.JK memiliki model terbaik EGARCH (1,2). Pada saham dengan volatilitas rendah yaitu BMRI.JK memiliki model terbaik EGARCH (2,2) dan saham BBCA.JK memiliki model terbaik TGARCH (1,2). Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan jika tidak terdapat karakteristik tertentu yang membedakan pemodelan antara saham dengan volatilitas tinggi dan rendah. Namun, dapat dikatakan jika model TGARCH dan EGARCH adalah model yang terbaik dalam memodelkan sifat asimetris dari saham dengan volatilitas tinggi dan rendah. (2) Peramalan volatilitas untuk sepuluh hari kedepan pada saham dengan volatilitas tinggi dan rendah dengan model terpilih menghasilkan hasil yang sesuai dimana saham dengan volatilitas tinggi memiliki hasil peramalan volatilitas yang tinggi dan sebaliknya. (3) Estimasi risiko VaR dan CVaR berdasarkan model terbaik untuk tingkat kepercayaan 99%, 95%, dan 90% memberikan hasil jika nilai risiko tertinggi dimiliki oleh saham dengan volatilitas tinggi dan risiko terendah dimiliki oleh saham dengan volatilitas rendah. Berdasarkan hasil nilai estimasi risiko dari tiap tingkat kepercayaan, semakin tinggi tingkat kepercayaan maka akan semakin tinggi pula nilai VaR dan CVaR yang didapatkan.

Saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian ini adalah pada pemodelan yang dilakukan hanya mampu untuk memodelkan sifat asimetris, tidak untuk peramalan *return* kedepan karena hasil peramalan yang cenderung konstan. Dapat juga dilakukan pemodelan dengan membandingkan model GARCH asimetris dengan GARCH simetris seperti *Integrated GARCH (IGARCH)*, *GARCH in Mean (GARCH-M)* dan *Absolute Value GARCH (AV-GARCH)*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wahyuni, M. Ramly, and A. Arfah, "Pengaruh sektor pertanian, sektor pariwisata dan sektor keuangan terhadap pertumbuhan ekonomi kabupaten selayar periode 2008-2019," *Jurnal Ilmu Ekonomi*, vol. 3, pp. 161–176, Oct. 2020, doi: 10.33096/paradoks.v3i4.626.
- [2] P. Jorion, *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. USA: McGraw Hill Professional, 2006.
- [3] R. Rahmawati, A. Rusgiyono, A. Hoyyi, and D. A. I. Maruddani, "Expected shortfall untuk mengukur risiko kerugian petani jagung," *Media Statistika*, vol. 12, no. 1, pp. 117–128, 2019, doi: 10.14710/medstat.12.1.117-128.
- [4] V. A. Inlistya, "Perbandingan Metode Antara GJR-GARCH dan EGARCH pada Analisis Volatilitas Indeks Saham Syariah Indonesia," Departemen Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [5] R. S. Tsay, *Analysis of Financial Time Series*, 3rd ed. Chicago: John Wiley & Sons, 2010. doi: 10.1002/9780470644560.
- [6] W. Enders, *Applied Econometric Time Series*, 4th ed. New York: Wiley, 2014.
- [7] D. N. Gujarati and D. C. Porter, *Basic Econometrics*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 2009.
- [8] W. W. S. Wei, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, 2nd ed. Canada: Greg Tobin, 2006.
- [9] S. Manganelli and R. F. Engle, "Value at risk models in finance," European Central Bank Working Paper Series, no. 75, Aug. 2001.
- [10] J. Franke, W. K. Härdle, and C. M. Hafner, *Statistics of Financial Markets*, 2nd ed. Heidelberg: Springer, 2008.
- [11] C. Francq and J. M. Zakoian, *GARCH MODEL : Structure, Statistical Inference and Financial Applications*. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [12] K. Redhead, *Financial Derivatives: An Introduction to Future, Forwards, Options and Swaps*. Pennsylvania: Prentice Hall, 1997.
- [13] S. Firman, N. Nurhasanah, J. Saputra, and Y. Hidayat, "Modeling of modified value-at-risk for the skewed student-t distribution," *Opcion*, vol. 35, pp. 932–957, Jul. 2020.
- [14] J. H. Sidadadolog, I. W. Sumarjaya, and N. K. T. Tastrawati, "Peramalan Volatilitas Return Saham Menggunakan Metode Asymmetric Power Arch (Aparch)," *E-Jurnal Matematika*, vol. 9, no. 3, p. 157, 2020, doi: 10.24843/mtk.2020.v09.i03.p293.