

# Perbandingan Volatilitas Saham dengan Menggunakan Metode EWMA, GARCH, dan EGARCH dalam Pembentukan Portofolio Optimal

Azkanisa Pradipta Mheresmi, dan Galuh Oktavia Siswono  
Departemen Aktuaria, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: galuh@aktuaria.its.ac.id

**Abstrak**—Sebagai seorang investor tentunya mengharapkan keuntungan dalam berinvestasi. Salah satu investasi yang banyak digunakan oleh investor yaitu saham. Berinvestasi saham dapat menghasilkan tingkat pengembalian yang tinggi namun juga membawa risiko yang besar (*high risk high return*). Hal tersebut karena saham bersifat fluktuatif, artinya harga saham bisa naik dan bisa juga turun. Pergerakan harga saham dapat diukur dengan mencari nilai volatilitas harga saham. Saham yang digunakan dalam penelitian ini yaitu indeks LQ45 periode 4 Februari 2020 - 27 Januari 2023, yaitu sebanyak 30 saham. Dalam mencari nilai volatilitas dapat menggunakan metode *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan metode *Generalized Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Pada penelitian ini, jika nilai volatilitas memberikan efek asimetris, maka akan digunakan model GARCH asimetris yaitu model *Exponential GARCH* (EGARCH). Selain mengukur pergerakan harga saham, investor perlu melakukan optimalisasi portofolio. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir risiko serta mendapatkan *return* yang optimal. Pembentukan portofolio optimal dilakukan dengan membentuk matriks *variance-covariance* dan dipilih berdasarkan *slope Capital Allocation Line* (CAL) tertinggi. Selanjutnya, akan dilakukan analisis *value at risk* menggunakan *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP) dan terakhir akan dilakukan evaluasi kinerja portofolio dari portofolio optimal yang terbentuk. Evaluasi kinerja portofolio pada penelitian ini menggunakan tiga indeks, yaitu indeks *sharpe*, indeks *treynor*, dan juga indeks *jensen*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *risk* dan *return* lebih baik dengan metode EWMA dengan nilai *expected return* portofolio sebesar 0,000653755. Kinerja portofolio optimal yang terbentuk dengan metode EWMA lebih baik dibandingkan dengan metode GARCH dan EGARCH dengan nilai indeks *sharpe* sebesar 0,013673512, indeks *treynor* sebesar 0,000573522, dan indeks *jensen* sebesar 0,000380382. Risiko pasar portofolio optimal yang terbentuk lebih baik menggunakan metode GARCH dengan nilai sebesar Rp26.905.896.

**Kata Kunci**—EGARCH, EWMA, GARCH, Portofolio Optimal, Volatilitas.

## I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi internet yang semakin pesat ikut memengaruhi sektor investasi dalam digitalisasi keuangan. Dalam berinvestasi, hal paling mendasar yang harus diketahui oleh seorang investor adalah adanya *return* dan risiko memiliki hubungan searah yang menunjukkan bahwa semakin besar risiko yang ditanggung semakin besar pula tingkat *return* yang diharapkan [1].

Perubahan harga saham dikenal dengan volatilitas harga saham. Volatilitas harga saham dapat digunakan untuk mengukur risiko suatu saham. Risiko inilah yang selanjutnya

Tabel 1.  
Variable penelitian

Nama Variabel	Keterangan	Skala Pengukuran
$R_{Mt}$	Data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) periode $t$	Rasio
$R_f$	Data Suku Bunga Bebas Risiko (SBI)	Rasio
$R_{it}$	<i>Return</i> harian saham LQ45 periode $t$	Rasio

Tabel 2.  
Statistika deskriptif data *return* saham

Kode Saham	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
ADRO	0,0021	0,0313	0,4290	6,5425
BBRI	0,0005	0,0242	0,9619	11,437
CPIN	0,0003	0,0261	0,4886	6,6646
EXCL	0,0116	0,3455	26,286	705,03
INDF	0,0002	0,0198	1,1450	17,482
KLBF	0,0008	0,0231	1,2158	11,255

digunakan untuk mengendalikan atau mengelola risiko dalam manajemen risiko. *Value at Risk* (VaR) merupakan salah satu alat untuk mengukur risiko pasar yang ada [2].

Untuk menganalisis VaR digunakan nilai volatilitas yang dapat dihitung dengan menggunakan metode *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan metode *Generalized Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Dalam penelitian yang menggunakan dua metode, dilakukan pembentukan portofolio menggunakan data saham syariah di JII (*Jakarta Islamic Index*) pada periode Juli 2013 sampai dengan Juni 2018. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa *risk* dan *return*, portofolio optimal, dan kinerja portofolio optimal yang terbentuk dengan metode EWMA lebih baik dibandingkan metode GARCH, sedangkan untuk risiko pasar portofolio optimal yang terbentuk lebih baik dengan menggunakan metode GARCH [3].

Sifat asimetris merupakan perbedaan dari kenaikan harga atau penurunan harga yang biasa disebut dengan *leverage effects*. Terdapat beberapa model GARCH asimetris, yaitu model EGARCH, TGARCH, dan APARCH. Penelitian yang dilakukan oleh Muhayani (2019), menggunakan tiga model tersebut untuk mengatasi masalah asimetris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik untuk memperkirakan harga emas dunia adalah model EGARCH (1,1).

Penelitian ini akan membahas mengenai tiga metode yang berbeda, yaitu metode EWMA, GARCH, dan EGARCH untuk mendapatkan volatilitas dengan menggunakan data saham LQ45 pada periode 4 Februari 2020 - 27 Januari 2023 sebanyak 30 saham. Dalam analisis metode GARCH, dilakukan pengujian untuk melihat efek asimetris. Jika

Tabel 5.  
Expected return saham

Kode Saham	Nama Perusahaan	$E(R_i)$
ADRO	Adaro Energy Tbk.	0,0021199
ANTM	Aneka Tambang Tbk.	0,0023087
ASII	Astra International Tbk.	0,0003217
BBCA	Bank Central Asia Tbk.	0,0006543
BBNI	Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk.	0,0007890
BBRI	Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk.	0,0004901
BBTN	Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk.	0,0000897
BMRI	Bank Mandiri (Persero) Tbk.	0,0008668
CPIN	Charoen Pokphand Indonesia Tbk	0,0003291
ERAA	Erajaya Swasembada Tbk.	0,0009326
EXCL	XL Axiata Tbk.	0,0116246
HMSP	H.M. Sampoerna Tbk.	-0,0005121
ICBP	Indofood CBP Sukses Makmur Tbk.	0,0000945
INCO	Vale Indonesia Tbk.	0,0016646
INDF	Indofood Sukses Makmur Tbk.	0,0001824
INKP	Indah Kiat Pulp & Paper Tbk.	0,0009345
INTP	Indocement Tunggul Prakarsa Tbk.	-0,0001293
ITMG	Indo Tambangraya Megah Tbk.	0,0027278
JPFA	Japfa Comfeed Indonesia Tbk.	0,0003842
KLBF	Kalbe Farma Tbk.	0,0007967
MNCN	Media Nusantara Citra Tbk.	-0,0007487
PGAS	Perusahaan Gas Negara Tbk.	0,0005938
PTBA	Bukit Asam Tbk.	0,0014896
SMGR	Semen Indonesia (Persero) Tbk.	-0,0002085
TBIG	Tower Bersama Infrastructure Tbk.	0,0013163
TLKM	Telekomunikasi Indonesia (Persero) Tbk.	0,0004780
TOWR	Sarana Menara Nusantara Tbk.	0,0007668
UNTR	United Tractors Tbk.	0,0009556
UNVR	Unilever Indonesia Tbk.	-0,0003081
WIKA	Wijaya Karya (Persero) Tbk.	-0,0007292

Tabel 3.  
Hasil cornis fisher expansion

Kode Saham	Skewness (S)	$\alpha = 0,05$	$Z_{\alpha'}$
ADRO	0,429047	1,645	1,523005849
ANTM	1,416399	1,645	1,242264649
ASII	0,225987	1,645	1,580743421
BBCA	1,114363	1,645	1,328144810
BBNI	0,410245	1,645	1,528351962
BBRI	0,961884	1,645	1,371500308
BBTN	0,891745	1,645	1,391443456
BMRI	0,284815	1,645	1,564016415
CPIN	0,488636	1,645	1,506062461
ERAA	1,123515	1,645	1,325542554
EXCL	26,28616	1,645	0,897585898
ICBP	0,703578	1,645	1,444946390
INCO	0,665394	1,645	1,455803534
INDF	1,144953	1,645	1,319446926
INKP	1,098127	1,645	1,332761314
ITMG	0,810699	1,645	1,414487873
JPFA	0,630842	1,645	1,465627963
KLBF	1,215800	1,645	1,299302468
PGAS	0,503127	1,645	1,501942127
PTBA	0,759752	1,645	1,428974016
TBIG	1,477099	1,645	1,225005363
TLKM	0,818897	1,645	1,412156874
TOWR	1,173387	1,645	1,311362074
UNTR	0,843596	1,645	1,405134022

Tabel 4.  
Volatilitas saham dengan EWMA

Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )	Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )
ADRO	0,0238856	INCO	0,0158114
ANTM	0,0197397	INDF	0,0130069
ASII	0,0172055	INKP	0,0172782
BBCA	0,0146932	ITMG	0,0246233
BBNI	0,0169710	JPFA	0,0144837
BBRI	0,0127468**	KLBF	0,0153243
BBTN	0,0243857	PGAS	0,0190109
BMRI	0,0204415	PTBA	0,0200930
CPIN	0,0166495	TBIG	0,0230542
ERAA	0,0195437	TLKM	0,0165372
EXCL	0,5494454*	TOWR	0,0141300
ICBP	0,0132547	UNTR	0,0235409

terdapat volatilitas yang asimetris, maka akan digunakan model *Exponential GARCH* (EGARCH) dalam mengatasi masalah tersebut. Selanjutnya hasil perbandingan volatilitas dengan metode EWMA, GARCH, dan EGARCH digunakan untuk membentuk portofolio optimal yang akan digambarkan dengan garis *Capital Allocation Line* (CAL). Setelah portofolio optimal terbentuk, akan dilakukan evaluasi kinerja portofolio menggunakan tiga indeks, yaitu indeks *sharpe*, indeks *treynor*, dan indeks *jensen* guna menyimpulkan portofolio mana yang menghasilkan kinerja lebih baik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Return dan Resiko

Dalam konteks manajemen investasi, *return* dibedakan menjadi dua, yaitu *actual return* dan *expected return*. *Return* yang terjadi (*actual return*) merupakan tingkat *return* yang benar-benar diperoleh investor. *Return* yang diharapkan (*expected return*) merupakan tingkat *return* yang diantisipasi oleh investor di masa yang akan datang [4]. *Actual return* dapat dihitung dengan persamaan [3]:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,(t-1)}}{P_{i,(t-1)}} \quad (1)$$

*Expected return* saham dihitung dengan persamaan [5]:

$$E(R_i) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_{it} \quad (2)$$

Setiap akan melakukan investasi pasti selalu membandingkan besarnya risiko dengan pengembalian yang diharapkan [6]. Risiko saham tunggal dapat dihitung dengan persamaan [7]:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (R_{it} - E(R_i))^2 \quad (3)$$

### B. Pengujian Nilai Return

Penelitian ini menggunakan tiga jenis pengujian, yaitu uji stasioneritas, uji normalitas, dan uji heteroskedastisitas.

#### 1) Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas digunakan untuk mengetahui apakah data telah terbebas dari autokorelasi dan telah bersifat acak. Uji stasioneritas pada penelitian ini menggunakan *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dengan rumus sebagai berikut [8]:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^m \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4)$$

#### 2) Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah sebaran data telah berdistribusi normal atau tidak. Salah satu cara untuk menguji normalitas data adalah dengan menggunakan *Jarque Bera*.

$$JB = n \left( \frac{s^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right) \quad (5)$$

Tabel 6.  
Estimasi dan uji signifikansi parameter ARIMA

Kode Saham	Model	Tipe	Koefisien	Probabilitas
ADRO	ARMA (1,1)	C	0,002124	0,1090
		AR(1)	0,691781	0,0133
ANTM	ARMA (3,3)	MA(1)	-0,656477	0,0265
		C	0,002306	0,2474
ASII	ARMA (0,1)	AR(3)	0,676747	0,0000
		MA(3)	-0,593758	0,0000
:	:	C	0,000320	0,6941
		MA(1)	-0,066863	0,0056
TLKM	ARMA (2,3)	MA(1)	-0,849230	0,0000
		C	0,000475	0,5368
TOWR	ARMA (0,1)	AR(2)	-0,142805	0,0000
		MA(3)	0,090440	0,0002
UNTR	ARMA (0,1)	C	0,000764	0,3483
		MA(1)	-0,065193	0,0210
		C	0,000957	0,3083
		MA(1)	-0,102201	0,0003

Tabel 7.  
Hasil uji lagrange multiplier

Kode Saham	P-Value	Keputusan	Kode Saham	P-Value	Keputusan
ADRO	0,0446	Tolak $H_0$	BBTN	0,0000	Tolak $H_0$
ANTM	0,0809	Gagal tolak $H_0$	BMRI	0,0000	Tolak $H_0$
ASII	0,0000	Tolak $H_0$	CPIN	0,0000	Tolak $H_0$
BBCA	0,0610	Gagal tolak $H_0$	ERAA	0,0007	Tolak $H_0$
BBNI	0,0000	Tolak $H_0$	BBRI	0,0000	Tolak $H_0$
EXCL	0,6250	Gagal tolak $H_0$	KLBF	0,0072	Tolak $H_0$
ICBP	0,0000	Tolak $H_0$	PGAS	0,0000	Tolak $H_0$
INCO	0,0000	Tolak $H_0$	PTBA	0,0000	Tolak $H_0$
INDF	0,0000	Tolak $H_0$	TBIG	0,0001	Tolak $H_0$
INKP	0,0000	Tolak $H_0$	TLKM	0,0000	Tolak $H_0$
ITMG	0,1136	Gagal tolak $H_0$	TOWR	0,0589	Gagal tolak $H_0$
JPFA	0,0000	Tolak $H_0$	UNTR	0,0002	Tolak $H_0$

3) Uji Hetero skedastisitas

Asumsi dalam regresi linear adalah bahwa residual pada data bersifat homoskedastik, artinya semua memiliki varians yang sama yaitu  $\sigma^2$  [9]. Metode EWMA menggunakan uji white untuk melihat apakah terdapat heteroskedastisitas pada data. Berikut merupakan statistik uji white [10]:

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(T - 2m - 1)} \tag{6}$$

C. Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) pertama kali diperkenalkan oleh JP Morgan pada tahun 1994 sebagai alat pengukuran volatilitas data yang tidak konstan (heteroskedastic) [3].

Diasumsikan bahwa hasil proyeksi esok hari dipengaruhi oleh data aktual hari ini dan data lampau. EWMA menggunakan decay factor untuk bobot setiap hari dari perubahan persentase harga. Parameter  $\lambda$  (decay factor) menunjukkan skala bobot dari pengamatan data terbaru dengan data sebelumnya dengan nilai  $0 < \lambda < 1$ .

Risk Metrics menggunakan nilai  $\lambda$  sebesar 0,94 untuk data harian, sedangkan nilai  $\lambda$  sebesar 0,97 digunakan untuk data bulanan mengingat hitungan nilai  $\lambda$  sangat tergantung dengan rentang waktu pengamatan data saham [11]. Berikut merupakan persamaan volatilitas dengan metode EWMA [7]:

$$\sigma_t = \sqrt{\lambda \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) R_{t-1}^2} \tag{7}$$

Tabel 8.  
Estimasi dan uji signifikansi parameter ARCH/GARCH

Kode Saham	Model	Tipe	Koefisien	Prob.
ADRO	GARCH (1,2)	C	0,0000509	0,0131
		ARCH (1)	0,065827	0,0055
		GARCH (1)	1,337054	0,0000
ASII	GARCH (1,1)	GARCH (2)	-0,456325	0,0166
		C	0,0000348	0,0041
		ARCH (1)	0,100578	0,0000
:	:	GARCH (1)	0,829634	0,0000
		C	0,0000394	0,0002
		ARCH (1)	0,100195	0,0000
TLKM	GARCH (1,1)	GARCH (1)	0,801807	0,0000
		C	0,000150	0,0001
		ARCH (1)	0,197838	0,0000
UNTR	GARCH (1,1)	GARCH (1)	0,593504	0,0000

Tabel 9.  
Uji efek asimetris

Kode Saham	Parameter	P-value
BBNI	Sign Bias	0,7134
	Negative Sign Bias	0,0146
	Positive Sign Bias	0,9894
BBRI	Joint Sign Bias	0,0723
	Sign Bias	0,0326
	Negative Sign Bias	0,0189
CPIN	Positive Sign Bias	0,2720
	Joint Sign Bias	0,0692
	Sign Bias	0,9551
INDF	Negative Sign Bias	0,1247
	Positive Sign Bias	0,0369
	Joint Sign Bias	0,0795
PGAS	Sign Bias	0,1291
	Negative Sign Bias	0,2106
	Positive Sign Bias	0,7227
TBIG	Joint Sign Bias	0,0351
	Sign Bias	0,0468
	Negative Sign Bias	0,2607
UNTR	Positive Sign Bias	0,1218
	Joint Sign Bias	0,2144
	Sign Bias	0,1853
UNTR	Negative Sign Bias	0,0354
	Positive Sign Bias	0,7957
	Joint Sign Bias	0,2109

Tabel 10.  
Volatilitas saham GARCH

Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )	Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )
ADRO	0,027377245	INKP	0,020626052
ASII	0,019148806	JPFA	0,018420520
BBTN	0,022883304	KLBF	0,016441971
BMRI	0,021190049	PTBA	0,022556864
ERAA	0,021182273	TLKM	0,019137040
ICBP	0,023414132	UNTR	0,026697576
INCO	0,018998867		

D. Metode ARIMA Box-Jenkins

Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) merupakan metode yang digunakan untuk meramalkan harga di masa depan yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins. Metode ini dapat juga disebut dengan ARIMA Box-Jenkins.

Metode ARIMA merupakan salah satu alat analisis time series yang sering digunakan untuk peramalan tanpa adanya pengaruh variabel lain. Metode ini tidak memerlukan pola data seperti trend, musiman, siklus atau acak. Model runtun waktu stasioner adalah model AR, MA, dan ARMA, sedangkan model runtun waktu tidak stasioner adalah model ARIMA [12].

Tabel 11.  
Estimasi dan uji signifikansi parameter EGARCH

Kode Saham	Model	Parameter	Koefisien	Prob.
BBNI	EGARCH (1,2)	$\alpha_0$	-0,754837	0,0000
		$\alpha_1$	0,323011	0,0000
		$\beta_1$	0,260848	0,0046
		$\beta_2$	0,670837	0,0000
		$\xi$	-0,087554	0,0007
BBRI	EGARCH (1,1)	$\alpha_0$	-0,651085	0,0000
		$\alpha_1$	0,286775	0,0000
		$\beta_1$	0,943375	0,0000
		$\xi$	-0,080602	0,0011
CPIN	EGARCH (1,1)	$\alpha_0$	-0,070375	0,0003
		$\alpha_1$	0,043941	0,0009
		$\beta_1$	0,995323	0,0000
		$\xi$	-0,048078	0,0000
INDF	EGARCH (1,2)	$\alpha_0$	-0,838467	0,0000
		$\alpha_1$	0,356178	0,0000
		$\beta_1$	0,459206	0,0003
		$\beta_2$	0,471105	0,0002
		$\xi$	-0,124374	0,0000
PGAS	EGARCH (1,1)	$\alpha_0$	-0,424042	0,0000
		$\alpha_1$	0,199466	0,0000
		$\beta_1$	0,961386	0,0000
		$\xi$	-0,005222	0,7873
TBIG	EGARCH (1,2)	$\alpha_0$	-0,758258	0,0001
		$\alpha_1$	0,303250	0,0000
		$\beta_1$	0,616546	0,0007
		$\beta_2$	0,309429	0,0737
		$\xi$	-0,008569	0,6834

1) Model Autoregressive (AR)

Model AR(p) atau ARIMA(p,0,0) adalah model yang mendiskripsikan data time series dipengaruhi data itu sendiri pada periode sebelumnya [5]. Model AR(p) dapat dituliskan dalam persamaan [13]:

$$\hat{Z}_t = \phi_1 \hat{Z}_{t-1} + \phi_2 \hat{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \hat{Z}_{t-p} + a_t \quad (8)$$

2) Model Moving Average (MA)

Model MA(q) atau ARIMA(0,0,q) adalah model yang mendeskripsikan secara eksplisit hubungan ketergantungan antara nilai-nilai kesalahan yang berurutan [5]. Model MA(q) dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut [13]:

$$\hat{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (9)$$

3) Model Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model ARMA(p,q) merupakan gabungan dari model AR dan MA [5]. Model ARMA(p,q) dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut [13]:

$$\hat{Z}_t = \phi_1 \hat{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \hat{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (10)$$

E. Estimasi Parameter Model

Setelah memilih model ARIMA, parameter yang telah teridentifikasi sebelumnya dilakukan estimasi menggunakan Ordinary Least Square (OLS). Misalkan untuk model AR(1), estimasi least square adalah sebagai berikut [14]:

$$Z_t - \mu = \phi_1 (Z_{t-1} - \mu) + a_t \quad (11)$$

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \quad (12)$$

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \quad (13)$$

Tabel 12.  
Volatilitas saham EGARCH

Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )	Kode Saham	Volatilitas ( $\sigma$ )
BBNI	0,287318921	INDF	0,250393146
BBRI	0,334117015	PGAS	0,427247128
CPIN	0,884149211	TBIG	0,322987596

Tabel 13.  
Bobot saham metode EWMA

Kode Saham	Bobot	Kode Saham	Bobot
ASII	0,023084	ERAA	0,066273
BBCA	0,216865	ICBP	0,203891
INDF	0,0882908	TBIG	0,016181
ITMG	0,054299	TLKM	0,093127
KLBF	0,105508	TOWR	0,131009
UNTR	0,006549	EXCL	0,000304

Tabel 14.  
Bobot saham metode GARCH

Kode Saham	Bobot	Kode Saham	Bobot
ADRO	0,00032262	JPFA	0,01475842
ASII	0,07478909	KLBF	0,16018582
INCO	0,01251479	PTBA	0,02136981
BMRI	0,02885487	TLKM	0,19101690
ERAA	0,08894818	UNTR	0,05997299
ICBP	0,34726651		

Tabel 15.  
Bobot saham metode EGARCH

Kode Saham	Bobot	Kode Saham	Bobot
BBNI	0,06733173	INDF	0,46791493
BBRI	0,15754098	PGAS	0,03632230
CPIN	0,10860077	TBIG	0,16228929

F. Uji ARCH-Lagrange Multiplier

Uji Lagrange Multiplier adalah uji yang digunakan untuk menganalisa adanya ARCH effect dalam model. Uji Lagrange Multiplier bertujuan untuk melihat ada tidaknya unsur heteroskedasticity dalam sebuah model [15].

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(T-2m-1)} \quad (14)$$

G. ARCH / GARCH

Model Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) dikembangkan oleh Engle pada 1982. Kemudian model tersebut dikembangkan lagi oleh Bollerslev dan Taylor pada 1986. Hasil dari pengembangan tersebut dinamakan model Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH). Volatilitas model ARCH/GARCH dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \delta_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \lambda_j \sigma_{t-j}^2 \quad (15)$$

H. Penentuan Model Terbaik

Pada penelitian ini menggunakan nilai Akaike Info Criterion (AIC) untuk mendapatkan model terbaik. Persamaan AIC dapat dituliskan dengan persamaan [16]:

$$AIC(l) = \ln(\hat{\sigma}_l^2) + \frac{2l}{T} \quad (16)$$

I. Efek Asimetris

Sifat asimetris merupakan perbedaan dari kenaikan harga atau penurunan harga yang biasa disebut dengan leverage effects. Pada penelitian ini akan menggunakan metode

Tabel 16.  
Kinerja portofolio optimal

	EWMA	GARCH	EGARCH
$E(R_p)$	0,000653755	0,000500086	0,000486611
$\sigma_p$	0,039908420	0,034546391	0,464354564
$\beta_p$	0,951468656	0,975291837	1,112251410
$R_f$	0,000108067	0,000108067	0,000108067
$R_M$	0,000281805	0,000281805	0,000281805
Indeks Sharpe	0,013673512	0,011347602	0,001168244
Indeks Treynor	0,000573522	0,000401950	0,000340340
Indeks Jansen	0,000380382	0,000222574	0,000185304

Tabel 17.  
Value at risk

	EWMA	GARCH	EGARCH
$\sigma_p$	0,039908420	0,219062951	0,464354564
$\alpha_p$	1,362869107	1,416061372	1,353281787
$\sqrt{t}$	1	1	1
Exposure	Rp100.000.000	Rp100.000.000	Rp100.000.000
Value at Risk	Rp5.438.995	Rp4.891.981	Rp62.840.257
Value at Risk (%)	5,44	4,89	62,84
	EWMA	GARCH	EGARCH

EGARCH untuk mengatasi GARCH yang asimetris. Proses EGARCH ( $p,q$ ) dapat didefinisikan sebagai berikut [16].

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \frac{|a_{t-i} + \gamma_i a_{t-i}|}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (17)$$

J. Portofolio

Dalam teori portofolio terdapat dua konsep portofolio, yaitu konsep portofolio efisien dan portofolio optimal [6]. Portofolio efisien diperoleh dengan mengukur *expected return* dan risiko portofolio, kemudian kumpulan investasi tersebut digambarkan dalam kurva *efficient frontier*. Kurva ini berisi kombinasi portofolio efisien dari tiga metode. Sedangkan portofolio optimal akan dipilih berdasarkan nilai *slope* pada *Capital Allocation Line* (CAL) tertinggi. *Expected return* portofolio dan risiko portofolio dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [7]:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n E(R_i)(W_i) \quad (18)$$

$$\sigma_p = \sum_{i=1}^n (W_i^2 \sigma_i^2) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_i W_j Cov_{(i,j)}) \quad (19)$$

K. Value at Risk (VaR)

*Value at Risk* (VaR) merupakan pengukuran kemungkinan kerugian terburuk dalam kondisi pasar yang normal pada kurun waktu  $t$  dengan tingkat kepercayaan  $\alpha$  tertentu. Terdapat dua komponen penting di dalam *Value at Risk* (VaR), yaitu periode waktu dan tingkat kepercayaan (*confidence level*). Periode waktu atau *holding period* dalam perhitungan ini merupakan lamanya waktu yang ditetapkan oleh investor untuk memiliki suatu aset. Semakin lama periode waktu maka nilai VaR akan semakin besar [17].

Persamaan  $VaR_\alpha$  dapat ditulis dengan persamaan [3]:

$$VaR_{Z_{\alpha'}} = W_i Z_{\alpha'} \sigma_p P \sqrt{t} \quad (20)$$

L. Evaluasi Kinerja Portofolio

Berikut adalah indeks yang digunakan dalam evaluasi kinerja portofolio.

1) Indeks Sharpe

Indeks *sharpe* dapat digunakan untuk membuat peringkat dari beberapa portofolio berdasarkan kinerjanya. Semakin tinggi indeks *sharpe* suatu portofolio, maka semakin baik kinerja portofolio tersebut [18].

$$S_p = \frac{\bar{R}_p - \bar{R}_f}{\sigma_p} \quad (21)$$

2) Indeks Treynor

Indeks *treynor* atau yang sering disebut dengan reward to volatility merupakan ukuran kinerja portofolio yang dikembangkan oleh Jack Treynor [18].

$$T_p = \frac{\bar{R}_p - \bar{R}_f}{\beta_p} \quad (22)$$

3) Indeks Jensen

Indeks *Jensen* merupakan indeks yang menunjukkan perbedaan antara tingkat return aktual yang diperoleh portofolio dengan tingkat return yang diharapkan jika portofolio tersebut berada pada garis pasar modal [18].

$$J_p = \bar{R}_p - [\bar{R}_f + (\bar{R}_M - \bar{R}_f)\beta_p] \quad (23)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder, yaitu data harga penutupan (*closing price*) saham harian LQ45, data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), dan juga data Suku Bunga Bebas Risiko (SBI). Data *return* saham yang digunakan dalam penelitian ini selama 4 Februari 2020 - 27 Januari 2023 sebanyak 30 saham dengan jumlah sebanyak 732 data observasi. Data saham yang masuk indeks LQ45 pada periode tersebut diperoleh dari idx.co.id, data data harga penutupan (*closing price*) saham harian LQ45 dan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) diperoleh dari finance.yahoo.com, sedangkan untuk data Suku Bunga Bebas Risiko (SBI) diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS).

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. Mengumpulkan data *return* saham harian LQ45 pada periode 4 Februari 2020 - 27 Januari 2023 yang diperoleh dari finance.yahoo.com.
2. Menentukan *Actual Return* dari masing-masing saham.
3. Menentukan *Expected Return* kemudian memilih saham yang memiliki *Expected Return* positif.
4. Menentukan *Actual Return* dari masing-masing saham yang terpilih.
5. Melakukan Uji Stasioner. Pada Uji Stasioner, jika data stasioner maka data dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika data tidak stasioner akan dilakukan *differencing* hingga data stasioner dan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya.
6. Melakukan Uji Normalitas. Pada Uji Normalitas, jika data berdistribusi normal maka data dapat dilanjutkan ke

tahap selanjutnya. Jika data tidak berdistribusi normal maka menggunakan pendekatan *Cornish Fisher Expansion*.

7. Melakukan Uji Heteroskedastisitas pada *return* masing-masing saham. Jika terdapat saham yang tidak bersifat *heteroskedastic* maka tidak dapat dilanjutkan ke metode EWMA.
8. Metode *Exponentially Weighted Moving Average*.
  - a. Menentukan nilai *return* dan standar deviasi pada masing-masing saham.
  - b. Menggunakan nilai *decay factor* sebesar 0,94 untuk menghitung volatilitas.
  - c. Menentukan matriks korelasi antar saham.
  - d. Menentukan matriks *covariance* antar saham.
  - e. Menyusun portofolio optimal
9. Metode *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity / Generalized Conditional Heteroskedasticity*.
  - a. Mengidentifikasi model ARIMA dengan melihat plot ACF dan PACF.
  - b. Melakukan estimasi parameter model ARIMA dengan *Ordinary Least Square* (OLS).
  - c. Melakukan uji heteroskedastisitas dengan uji *Lagrange Multiplier*.
  - d. Mengidentifikasi model GARCH dengan melihat plot ACF dan PACF.
  - e. Melakukan estimasi parameter model GARCH dengan *Ordinary Least Square* (OLS).
  - f. Melakukan uji heteroskedastisitas dengan uji *Lagrange Multiplier*.
  - g. Jika terdapat efek asimetris, maka dilakukan estimasi dengan model EGARCH.
  - h. Menentukan matriks korelasi antar saham.
  - i. Menentukan matriks *covariance* antar saham.
  - j. Menyusun portofolio optimal.
10. Metode *Exponential Generalized Conditional Heteroskedasticity* (EGARCH).
  - a. Melakukan estimasi parameter model EGARCH dengan *Ordinary Least Square* (OLS).
  - b. Menentukan volatilitas.
  - c. Menentukan matriks korelasi antar saham.
  - d. Menentukan matriks *covariance* antar saham.
  - e. Menyusun portofolio optimal.
11. Melakukan analisis kinerja portofolio saham.
  - a. Menentukan evaluasi kinerja portofolio optimal dengan menggunakan tiga indeks, yaitu indeks *Sharpe*, *Treynor*, dan *Jansen*.
  - b. Menentukan *Value at Risk* (VaR).
  - c. Menggambarkan *Kurva Efficient Frontier*.
  - d. Menggambarkan garis *Capital Allocation Line*.
12. Menarik kesimpulan dari hasil yang telah didapat.

#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### A. Karakteristik Saham LQ45

Pada analisis karakteristik saham dipilih beberapa saham yang memiliki volatilitas tinggi dan rendah sebagai contoh dalam melakukan deskripsi data saham.

Contoh hasil karakteristik data *return* saham pada Tabel 2 menunjukkan bahwa saham EXCL memiliki *mean* atau rata-rata tertinggi sedangkan saham INDF memiliki rata-rata terendah. Rata-rata data *return* saham bernilai positif

menunjukkan bahwa investasi pada saham tersebut menghasilkan keuntungan rata-rata di seluruh periode waktu yang diamati. Dilihat dari nilai standar deviasi, saham EXCL memiliki nilai terbesar yang menunjukkan bahwa volatilitas atau pergerakan harga saham yang dimiliki saham EXCL kurang stabil. Sedangkan saham INDF memiliki volatilitas atau pergerakan harga saham lebih stabil dibandingkan dengan saham lainnya.

##### B. Perhitungan Actual Return dan Expected Return Saham

Hasil perhitungan *expected return* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa diantara 30 saham terdapat 6 saham yang memiliki *expected return* negatif. Penelitian ini hanya menggunakan saham yang memiliki *expected return* positif. *Expected return* positif memiliki arti dapat memperkirakan bahwa investasi pada saham tersebut menghasilkan keuntungan di masa yang akan datang.

##### C. Pengujian Return Saham

###### 1) Uji Stasioneritas

Pengujian stasioneritas dalam penelitian ini menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai *ADF Test* dan *Critical Value*.

$H_0$  :  $\delta = 0$  (data *return* tidak stasioner)

$H_1$  :  $\delta < 0$  (data *return* stasioner)

Apabila nilai *ADF Test*  $\leq$  *Critical Value*, maka tolak  $H_0$  atau data *return* saham bersifat stasioner.

Setelah dilakukan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF), menunjukkan hasil bahwa semua data *return* saham memiliki nilai *ADF Test*  $\leq$  *Critical Value*. Sehingga semua data *return* saham bersifat stasioner.

###### 2) Uji Normalitas

Uji normalitas data dilakukan dengan perbandingan nilai *Jarque Bera* dengan *Chi Square* dengan hipotesis:

$H_0$  : data *return* berdistribusi normal

$H_1$  : data *return* tidak berdistribusi normal

Apabila nilai *Jarque Bera*  $>$   $\chi^2_{(\alpha,2)}$ , maka tolak  $H_0$  atau data *return* tidak berdistribusi normal.

Setelah dilakukan uji *Jarque Bera*, menunjukkan hasil bahwa semua data *return* saham memiliki nilai *Jarque Bera*  $>$   $\chi^2_{(\alpha,2)}$ . Sehingga semua nilai *return* tidak berdistribusi normal. Pada data yang tidak normal dilakukan dengan pendekatan *Cornish Fisher Expansion* untuk mencari nilai *alpha prime* ( $Z_{\alpha'}$ ). Tabel 4 menampilkan hasil dari pendekatan *Cornish Fisher Expansion*.

###### 3) Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan dengan menggunakan metode *White Heteroscedastic Test* dengan hipotesis:

$H_0$  : tidak terdapat masalah heteroskedastisitas dalam model regresi

$H_1$  : terdapat masalah heteroskedastisitas dalam model regresi

Apabila *Prob. F Statistic*  $<$  *P-Value*, maka tolak  $H_0$  terdapat masalah heteroskedastisitas dalam model regresi. Berikut merupakan hasil dari uji *White Heteroscedastic Test*.

Setelah dilakukan uji *White Heteroscedastic Test*, menunjukkan hasil bahwa semua data *return* saham memiliki nilai *Prob. F Statistic*  $\leq$  *P-Value*. Sehingga, data *return* saham bersifat heteroskedastis.

#### D. Estimasi Volatilitas Dengan Metode EWMA

Volatilitas metode EWMA digunakan sebagai salah satu komponen pembentuk portofolio. Volatilitas yang digunakan yaitu pada hari terakhir dari periode penelitian. Saham yang digunakan dalam perhitungan terdiri dari 24 saham yang dihitung dengan menggunakan persamaan 7. Hasil estimasi volatilitas saham dengan metode EWMA pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa saham EXCL memiliki tingkat fluktuasi paling tinggi sedangkan saham BBRI memiliki tingkat fluktuasi paling rendah yang artinya saham BBRI merupakan saham paling stabil dibandingkan dengan saham lainnya.

#### E. Penentuan Model ARIMA

Fungsi ACF dan PACF model ARMA yang dihasilkan pada seluruh saham cukup besar, sehingga parameter yang dihasilkan banyak dan cenderung tidak stabil. Oleh karena itu, digunakan prinsip *parsimony* sehingga dapat menghasilkan model yang paling sederhana. Setelah menentukan ordo, langkah selanjutnya yaitu menentukan model terbaik. Apabila terdapat lebih dari satu model yang signifikan, maka ditentukan dengan nilai AIC.

Hasil yang paling optimal untuk masing-masing saham pada Tabel 6 menghasilkan beberapa model terpilih pada saham-saham yang digunakan. Selanjutnya, disusun persamaan untuk model ARMA dari saham-saham tersebut. Berikut merupakan contoh bentuk persamaan untuk model ARMA (1,1) pada saham ADRO berdasarkan informasi yang diperoleh dari Tabel 5.

$$Z_t = 0,002124 + 0,691781 Z_{t-1} + a_t + 0,656477 a_{t-1}$$

#### F. Uji Lagrange Multiplier

Uji *Lagrange Multiplier* digunakan untuk mengetahui adanya efek ARCH dalam model ARMA.

$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_m = 0$  (tidak terdapat efek ARCH/GARCH)

$H_1 : \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, m$  (terdapat efek ARCH/GARCH)  
Jika  $P\text{-Value} \leq 5\%$ , maka tolak  $H_0$  terdapat efek ARCH/GARCH. Hasil dari uji *lagrange multiplier* pada Tabel 7 menunjukkan bahwa terdapat lima saham yang memiliki nilai  $P\text{-Value} \leq 5\%$  yang artinya tidak terdapat efek ARCH, yaitu terdapat pada saham ANTM, BBKA, EXCL, ITMG, dan TOWR.

#### G. Penentuan Model GARCH

Proses estimasi model GARCH dilakukan dengan menginput model ARMA yang sebelumnya telah terpilih. Fungsi ACF dan PACF model GARCH yang dihasilkan pada seluruh saham cukup besar, sehingga parameter yang dihasilkan banyak dan cenderung tidak stabil. Oleh karena itu, digunakan prinsip *parsimony* sehingga dapat menghasilkan model yang paling sederhana. Apabila terdapat lebih dari satu model yang signifikan, maka ditentukan dengan nilai AIC.

Hasil yang paling optimal untuk masing-masing saham pada Tabel 8 menghasilkan beberapa model terpilih pada saham-saham yang digunakan. Selanjutnya, disusun persamaan untuk model GARCH dari saham-saham tersebut. Berikut merupakan contoh bentuk persamaan untuk model GARCH (1,1) pada saham ASII berdasarkan informasi yang diperoleh dari Tabel 7.

$$\sigma_t^2 = 0,0000348 + 0,100578 a_{t-1}^2 + 0,829634 \sigma_{t-1}^2$$

#### 1) Uji Lagrange Multiplier

Setelah dilakukan uji *Lagrange Multiplier*, menunjukkan hasil bahwa semua  $P\text{-value} \geq 5\%$ . Sehingga model GARCH telah terbukti mampu mengatasi masalah heteroskedastisitas.

#### 2) Pengujian Efek Asimetris

Uji efek asimetris dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat efek asimetris pada data. Apabila terdapat efek asimetris pada data, maka pemodelan dilakukan dengan menggunakan model EGARCH. Berdasarkan analisa yang dilakukan, terdapat 6 saham yang memiliki efek asimetris pada model GARCH sebagaimana pada Tabel 9. Terpilihnya keenam saham tersebut karena nilai salah satu parameter suatu saham memiliki  $p\text{-value} < 0,05$ .

#### 3) Estimasi Volatilitas dengan Metode GARCH

Volatilitas metode GARCH digunakan sebagai salah satu komponen pembentuk portofolio. Saham yang digunakan dalam perhitungan terdiri dari 13 saham yang dihitung dengan menggunakan persamaan 15. Hasil estimasi volatilitas saham dengan metode GARCH pada Tabel 10 dapat disimpulkan bahwa saham ADRO memiliki tingkat fluktuasi paling tinggi sedangkan saham KLBF memiliki tingkat fluktuasi paling rendah.

#### H. Penentuan Model EGARCH

Penentuan model EGARCH dilakukan untuk mengatasi masalah asimetris pada model GARCH. Hasil yang paling optimal untuk masing-masing saham pada Tabel 11 menunjukkan bahwa model EGARCH yang terpilih yaitu EGARCH(1,1) untuk saham BBRI, CPIN, dan PGAS. EGARCH(1,2) untuk saham BBNI, INDF, dan TBIG. Berikut merupakan contoh dari bentuk persamaan model EGARCH (1,2) pada saham BBNI.

$$\ln(\sigma_t^2) = -0,754837 + 0,323011 \frac{|a_{t-1}| - 0,087554 a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0,260848 \ln(\sigma_{t-1}^2) + 0,670837 \ln(\sigma_{t-2}^2)$$

Volatilitas metode EGARCH digunakan sebagai salah satu komponen pembentuk portofolio. Saham yang digunakan dalam perhitungan terdiri dari 6 saham yang dihitung dengan menggunakan persamaan 17. Tabel 12 merupakan hasil estimasi volatilitas saham dengan metode EGARCH, dapat disimpulkan bahwa saham INDF memiliki tingkat fluktuasi paling rendah yang artinya saham INDF merupakan saham paling stabil dibandingkan dengan saham lainnya.

#### I. Bobot Saham Model Markowitz

Bobot optimal pada penyusunan portofolio sebagai mana pada Tabel 13 menunjukkan bahwa terdapat 12 saham yang terpilih pada portofolio optimal dari 24 saham yang tergabung pada portofolio EWMA. Hal ini karena pada 12 saham lainnya yang tidak tergabung di portofolio optimal memiliki bobot nol. Tabel 14 menunjukkan bahwa terdapat 11 saham yang terpilih pada portofolio optimal dari 13 saham yang tergabung pada portofolio EWMA. Hal ini karena pada 2 saham lainnya yang tidak tergabung di portofolio optimal memiliki bobot nol. Tabel 15 menunjukkan bahwa semua saham telah memiliki bobot. Terdapat enam saham yang akan dibentuk menjadi portofolio optimal, antara lain saham BBNI, BBRI, CPIN, INDF, PGAS, dan TBIG.

### J. Evaluasi Kinerja Portofolio Optimal

Evaluasi kinerja portofolio dapat diukur dengan menggunakan tiga indeks, antara lain indeks *sharpe*, indeks *treynor*, dan indeks *jansen*. Evaluasi kinerja portofolio dihitung dengan menggunakan persamaan 20, 21, dan 22. Tabel 16 merupakan hasil dari kinerja portofolio optimal yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran evaluasi kinerja portofolio optimal pada indeks *sharpe* untuk metode EWMA sebesar 0,013673512, metode GARCH sebesar 0,011347602, dan metode EGARCH sebesar 0,001168244.

### K. Value at Risk

*Value at Risk* portofolio didapatkan dengan menggunakan persamaan 23. Penelitian ini mengasumsikan nilai *exposure* untuk masing-masing metode yaitu Rp 100.000.000, *holding period* selama 1 hari, dan tingkat kepercayaan yang digunakan dalam pengukuran *VaR* sebesar 95%.

Nilai *Value at Risk* pada Tabel 17 untuk portofolio optimal dengan metode EWMA sebesar Rp 5.438.995 atau 5,44% pada tingkat kepercayaan 95%. Dapat diartikan bahwa terdapat 5% kemungkinan seorang investor mendapatkan kerugian sebesar Rp 5.438.995 pada hari esok apabila memiliki portofolio optimum dengan nilai total saham sebesar Rp 100.000.000. Nilai *Value at Risk* untuk portofolio optimal dengan metode GARCH sebesar Rp4.891.981 atau 4,89% pada tingkat kepercayaan 95%. Nilai *Value at Risk* untuk portofolio optimal dengan metode EGARCH sebesar Rp 62.840.257 atau 62,84% pada tingkat kepercayaan 95%.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah: (1) *Risk* dan *return* portofolio yang terbentuk dengan metode EWMA lebih baik dibandingkan dengan metode GARCH dan EGARCH. Metode EWMA menghasilkan nilai *expected return* portofolio sebesar 0,000653755, metode GARCH sebesar 0,000500086, dan metode EGARCH sebesar 0,000486611. (2) Jenis saham yang tersusun dalam portofolio optimal berbeda-beda pada tiap metodenya, antara lain sebagai berikut: (a) Metode EWMA memiliki 24 saham, antara lain: ADRO, ANTM, ASII, BBKA, BBNI, BBRI, BBTN, BMRI, CPIN, ERAA, EXCL, ICBP, INCO, INDF, INKP, ITMG, JPFA, KLBF, PGAS, PTBA, TBIG, TLKM, TOWR, dan UNTR. Dengan *Value at Risk* sebesar Rp 5.438.995; (b) Metode GARCH memiliki 13 saham, antara lain: ADRO, ASII, BBTN, BMRI, ERAA, ICBP, INCO, INKP, JPFA, KLBF, PTBA, TLKM, dan UNTR. Dengan *Value at Risk* sebesar Rp4.891.981; (c) Metode EGARCH memiliki 6 saham, antara lain: BBNI, BBRI, CPIN, INDF, PGAS, dan TBIG. Dengan *Value at Risk* sebesar Rp 62.840.257. Risiko pasar portofolio optimal yang terbentuk dengan metode GARCH lebih baik dibandingkan dengan metode EWMA dan GARCH. (3) Evaluasi kinerja portofolio optimal yang terbentuk dengan metode EWMA lebih baik dibandingkan dengan metode GARCH dan EGARCH berdasarkan ketiga indeks, yaitu: (a) Indeks *sharpe*. Hasil pengukuran indeks *sharpe* untuk metode EWMA sebesar 0,013673512, metode GARCH sebesar 0,011347602, dan metode EGARCH sebesar 0,001168244; (b) Indeks *treynor*. Hasil pengukuran indeks *treynor* untuk metode EWMA sebesar 0,000573522,

metode GARCH sebesar 0,000401950, dan metode EGARCH sebesar 0,000340340; (c) Indeks *jensen*. Hasil pengukuran indeks *jensen* untuk metode EWMA sebesar 0,000380382, metode GARCH sebesar 0,000222574, dan metode EGARCH sebesar 0,000185304.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat mengkombinasikan metode EWMA dengan GARCH asimetris lainnya sebagai pengembangan berikutnya. Serta dapat menggunakan periode dan jenis saham yang berbeda untuk melihat risiko dan *return* yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Adnyana, *Manajemen Investasi dan Portofolio*. Jakarta: Lembaga Penerbitan Universitas Nasional, 2020. ISBN: 978-623-7376-46-0.
- [2] N. Pratiwi, "Analisis nilai risiko portofolio optimum pada reksadana campuran dengan pendekatan EWMA," *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2019, doi: 10.31316/j.derivat.v4i1.159.
- [3] R. F. N. Fatimah, "Perbandingan Metode EWMA dan ARCH/GARCH dalam Pembentukan Portofolio Optimal pada Saham Syariah di Jakarta Islamic Index (JII) Periode Juli 2013 – Juni 2018," Departemen Manajemen, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2018.
- [4] E. Tandelilin, *Portofolio dan Investasi*. Yogyakarta: Kanisius, 2010. ISBN: 9789792124781.
- [5] M. H. Pamungkas, "Stimasi Parameter Model ARIMA Menggunakan Kalman Filter untuk Peramalan Permintaan Darah (Studi Kasus: UTD PMI Surabaya)," Departemen Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [6] Sudirman, *Pasar Modal dan Manajemen Portofolio*, 1st ed. Gorontalo: Sultan Amal Press, 2015. ISBN: 978-979-155-875-4.
- [7] L. N. Desinaini, "Pembentukan dan Pengukuran Kinerja Portofolio Optimal pada Saham Syariah Jakarta Islamic Index (JII) Menggunakan Metode EWMA dan ARCH/GARCH," Departemen Matematika, UIN Sunan Ampel Surabaya, Surabaya, 2020.
- [8] D. N. Gujarati, *Basic Econometrics*, 4th ed. New York: McGraw Hill, 2003. ISBN: 9780071123426.
- [9] A. Muhayani, "Perbandingan Metode APARCH, EGARCH dan TGARCH untuk Prakiraan Harga Emas Dunia" Departemen Matematika, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2019.
- [10] C. Mokolong, J. Prang, and M. Manohas, "Analisis heteroskedastisitas pada data cross section dengan white heteroscedasticity test dan weighted least squares," *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, vol. 4, no. 2, pp. 172–179, Sep. 2015, doi: 10.35799/dc.4.2.2015.9056.
- [11] S. R. Djamil, "Perhitungan Value at Risk (Var) pada Portofolio Saham Syariah Menggunakan Model Mean-Variance Quadratic Programming dengan Pendekatan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)," Departemen Matematika, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makasar, 2021.
- [12] N. E. Yanti, "Analisis Risiko Investasi Dan Optimalisasi Portofolio Saham Lq45 Dengan Metode Value At Risk," Departemen Ilmu Ekonomi, Universitas Brawijaya, Malang, 2018.
- [13] W. Wei, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*, 2nd ed. New York: Addison Wesley Publishing Company, 2006. ISBN: 0-321-32216-9.
- [14] J. D. Cryer and K.-S. Chan, *Time Series Analysis: With Applications in R*, 2nd ed. New York: Springer, 2008. doi: 10.1007/978-0-387-75959-3. ISBN: 978-0-387-75958-6.
- [15] R. Purbowisanti, "Forecasting volatilitas reksa dana campuran dengan ARCH dan GARCH," *Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis Islam*, vol. 6, no. 2, pp. 132–46, Jul. 2020.
- [16] R. S. Tsay, *Analysis of Financial Time Series*. Canada: Wiley, 2010. doi: 10.1002/9780470644560. ISBN: 9780470414354.
- [17] H. D. Wulandari, M. Mustafid, and H. Yasin, "Penerapan metode exponentially weighted moving average (EWMA) dalam pengukuran risiko investasi saham portofolio untuk volatilitas heterogen," *Jurnal Gaussian*, vol. 7, no. 3, pp. 248–259, Aug. 2018, doi: 10.14710/j.gauss.7.3.248-259.
- [18] E. Sari, "Analisis Evaluasi Kinerja Portofolio Saham Dengan Menggunakan Metode Risk Adjusted Performance (Sharpe, Treynor, dan Jensen)," Departemen Manajemen, Universitas Hasanuddin, Makasar, 2022.