ISSN: 2339-2541
JURNAL GAUSSIAN, Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017, Halaman 51-60
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

PEMODELAN *RETURN* PORTOFOLIO SAHAM MENGGUNAKAN METODE GARCH ASIMETRIS

Muhammad Arifin[1], Tarno[2], Budi Warsito[3]
[1]Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro
[2,3]Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Investment in stocks is an alternative for investors and companies to obtain external funding sources. In the investment world there is a strong relationship between risk and *return* (profit), if the risk is high then *return* will also be high. Risks can be minimized by performing stock portfolio. Stock is the time series data in the financial sector, which usually has a tendency to fluctuate rapidly from time to time so that variance of *error* is not constant. Time series model in accordance with these condition is *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). This research will apply asymmetric GARCH covering *Exponential* GARCH (EGARCH), *Threshold* GARCH (TGARCH), and *Autoregressive Power* ARCH (APARCH) in stock data Indocement Tunggal Tbk (INTP), Astra International Tbk (ASII), and Adaro Energy Tbk (ADRO) commencing from the date of March 1, 2013 until February 29, 2016 during an active day (Monday to Friday). The purpose of this research is to predict the value of the volatility of a portfolio of three assets stocks. The best models used for forecasting volatility in asset stocks which have asymmetric effect is ARIMA ([13],0,[2,3]) EGARCH (1,1) on a single asset data INTP, ARIMA ([2],0,[2,3]) EGARCH (1,1) on the 2 asset portfolio data ASII INTP, and ARIMA ([3],0,[2]) EGARCH (1,1) on the 3 asset portfolio data INTP-ASII-ADRO.

Keywords: Stocks, Portfolio, *Return,* Volatility, Asymmetric GARCH.

1. PENDAHULUAN

Pasar modal merupakan salah satu alternatif investasi bagi para investor dan juga sebagai salah satu sumber dana eksternal bagi perusahaan. Pasar modal adalah tempat dimana berbagai pihak khususnya perusahaan menjual saham (*stock)* dan obligasi (*bond*) dengan tujuan dari hasil penjualan tersebut nantinya akan dipergunakan sebagai tambahan dana atau untuk memperkuat modal perusahaan (Fahmi, 2013).

Kegiatan yang dapat dilakukan di pasar modal adalah investasi. Investor pada umumnya akan mengharapkan tingkat pengembalian yang maksimal dari kebijakan investasi yang dilakukannya. *Risk* (risiko) dan *return* (tingkat pengembalian) merupakan kondisi yang dialami oleh investor dalam keputusan investasi yaitu baik kerugian ataupun keuntungan dalam suatu periode akuntansi. Dalam dunia investasi dikenal adanya hubungan kuat antara *risk* dan *return*, yaitu jika risiko tinggi maka *return* (keuntungan) juga akan tinggi begitu pula sebaliknya jika *return* rendah maka risiko juga akan rendah (Fahmi, 2013). Risiko dapat diminimalkan dengan melakukan portofolio saham. Semakin banyak saham yang dimasukan ke dalam portofolio, semakin kecil risiko yang ditanggung.

Saham merupakan data runtun waktu di bidang keuangan, yang biasanya memiliki kecenderungan berfluktuasi secara cepat dari waktu ke waktu sehingga variansi dari *error*nya akan selalu berubah setiap waktu atau tidak konstan, atau sering disebut kasus heterokesdastisitas. Engle (1982) memperkenalkan model runtun waktu untuk memodelkan kondisi ini yaitu model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH). Model

ARCH memerlukan orde yang besar dalam memodelkan ragamnya karena pada data keuangan mempunyai tingkat volatilitas yang besar. Pada tahun 1986, untuk mengatasi orde yang terlalu besar pada model ARCH Bollerslev melakukan generalisasi terhadap model ARCH, model ini dikenal dengan nama *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH).

Model ARCH/GARCH mempunyai kelemahan dalam menangkap fenomena ketidaksimetrisan *good news* dan *bad news* pada volatilitas. *Good news* berarti informasi akan berdampak positif terhadap pergerakan volatilitas yaitu kenaikan nilai volatilitas, contohnya kenaikan tajam penjualan. *Bad news* berarti informasi akan berdampak negatif terhadap pergerakan volatilitas yaitu penurunan nilai volatilitas, contohnya kenaikan drastis harga bahan bakar. Menurut Tsay (2002), kelemahan model ARCH/GARCH tersebut bisa diperbaiki dengan menggunakan model GARCH asimetris. Pada penelitian ini akan difokuskan untuk pengaplikasian model GARCH asimetris yang meliputi *Exponential* GARCH (EGARCH), *Threshold* GARCH (TGARCH), dan *Autoregressive Power* ARCH (APARCH) dari data 3 aset saham yaitu Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Astra International Tbk, dan Adaro Energy Tbk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Runtun Waktu

Runtun waktu adalah suatu deret observasi yang berurut dalam waktu. Analisis data runtun waktu digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (Z_t) tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (Z_{t-k}), k=1,2,...,q. Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara statistik ada korelasi (dependen) antar deret pengamatan (Makridakis, 1999).

2.2 Model Box Jenkins

Dalam pemodelan data runtun waktu biasanya digunakan model yang diperkenalkan oleh Box dan Jenkins pada tahun 1970 atau yang biasa disebut dengan model Box Jenkins. Dengan model runtun waktu stasioner adalah model AR, MA, dan ARMA dan model runtun waktu tidak stasioner adalah model ARIMA, dengan model sebagai berikut:

a. Model *Autoregressive* (AR)
$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$
b. Model *Moving Average* (MA)
$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_1 a_{t-2} - \cdots - \theta_q a_{t-q}$$
c. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)
$$Z_t = \emptyset_1 Z_{t-1} + \cdots + \emptyset_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q}$$
d. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)
$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) a_t$$

dengan $a_t \sim$ iid N(0,σ_a^2)

Secara umum pemodelan data runtun waktu dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi model
2. Estimasi parameter
3. Verifikasi model

2.3 Uji ARCH-LM

Uji ARCH *Lagrange-Multiplier* (LM) yang dikenalkan oleh Engle digunakan untuk mengecek kasus heteroskedastisitas atau efek ARCH/GARCH pada residual model ARIMA yang telah terbentuk sebelumnya dengan cara meregresikan kuadrat dari residual model (Tsay, 2002):

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

Hipotesis :

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

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

Taraf Signifikansi: α

Statistik Uji :

$$LM = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/m}{SSR_1/(N-2m-1)}$$

dengan

$$SSR_o = \sum_{t=m+1}^{N} (a_t^2 - \overline{\omega})^2$$

$$\overline{\omega} = \frac{\sum_{t=1}^{N} \varepsilon_t^2}{N}$$

$$SSR_1 = \sum_{t=m+1}^{N} \hat{e}_t^2$$

Statistik uji LM berdistribusi χ^2 dengan derajat bebas m

Kriteria uji :

Tolak H_0 jika nilai LM > $\chi^2_{(\alpha,m)}$ atau p-value < α

2.4 Model Volatilitas

Data runtun waktu yang memiliki varian *error* yang tidak konstan atau disebut kasus heteroskedastisitas dapat diatasi dengan menggunakan model ARCH/GARCH. Model GARCH terbagi menjadi GARCH simetris dan GARCH asimetris. Model GARCH asimetris digunakan untuk memperbaiki kelemahan model GARCH simetris dalam menangkap fenomena ketidaksimetrisan *good news* dan *bad news* pada volatilitas.

2.4.1 GARCH Simetris

a. GARCH (p,q)

Bollerslev (1986) mengembangkan model ARCH ke dalam model yang lebih umum yang dikenal sebagai *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Model ini digunakan untuk mengatasi orde yang terlalu besar pada model ARCH. Bentuk umum model GARCH(p,q) adalah sebagai berikut (Tsay, 2002):

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

dimana β_j adalah parameter dari GARCH, σ_{t-j}^2 adalah varian dari residual pada saat t-j

b. *Integrated* GARCH (IGARCH)

Model IGARCH digunakan apabila terdapat akar unit dalam model GARCH. Menurut Engle dan Bollersev (1993) model IGARCH didefinisikan sebagai berikut:

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

dimana $\sum_{i=1}^{p} \alpha_i + \sum_{j=1}^{q} \beta_j = 1$

Perbedaan model IGARCH dengan GARCH adalah pada IGARCH tidak terdapat konstanta α_0. Model IGARCH mensyaratkan jumlah koefisen $\alpha_i + \beta_j = 1$.

c. GARCH in *Mean* (GARCH-M)

Menurut Engle *et al.* (1987), jika dimasukkan variansi bersyarat atau standar deviasi ke dalam persamaan *mean* maka akan diperoleh model GARCH in *Mean.* Model GARCH (p,q) – M didefinisikan sebagai berikut:

$Z_t = \mu + c\sigma_t^2 + a_t$

$\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i\, a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \sigma_{t-j}^2$

Parameter c disebut parameter *premium risk*. Nilai c yang positif mengindikasikan bahwa nilai *return* secara positif dipengaruhi oleh volatilitas masa lalu.

2.4.2 GARCH Asimetris

a. *Exponential* GARCH (EGARCH)

Exponential GARCH yang diajukan oleh Nelson (1991) memiliki kelebihan lain dibandingkan model ARCH/GARCH, yaitu parameter-parameter pada *Exponential* GARCH tidak perlu dibatasi untuk menjamin variansi selalu positif. Hal ini dikarenakan bentuk persamaan dalam logaritma. Secara umum, proses EGARCH dengan orde p dan q atau EGARCH (p,q) didefinisikan sebagai berikut:

$$\ln \sigma_t^{\,2} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \beta_i \ln(\sigma_{t-i}^2) + \sum_{j=1}^{p} \gamma_j \frac{a_{t-j}}{\sigma_{t-j}} + \sum_{j=1}^{p} \alpha_j \left[\left|\frac{a_{t-j}}{\sigma_{t-j}}\right| - E\left|\frac{a_{t-j}}{\sigma_{t-j}}\right|\right]$$

b. *Threshold* GARCH (TGARCH)

Model TGARCH diperkenalkan oleh Glosten, Jagannathan, and Runkle (1993). Model TGARCH (p,q) dapat didefinisikan sebagai berikut:

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

dimana α_0, α_i, β_j merupakan konstanta parameter model TGARCH (p,q) dan γ_i merupakan *leverage effect*. S_{t-1}^- merupakan variabel *dummy* bernilai 1 ketika $a_{t-i} < 0$ dan bernilai 0 ketika $a_{t-i} \geq 0$. Jika *leverage effect* bernilai positif ($\gamma_i > 0$), artinya *bad news* memiliki efek yang kuat dibandingkan *good news*, begitu sebaliknya.

c. Asymmetric *Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (APARCH)

Pada tahun 1993, Ding, Granger dan Engle memperkenalkan model APARCH. Bentuk umum dari model APARCH(p,q) yaitu:

$$\sigma_t^\delta = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i (|a_{t-i}| - \gamma_i a_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^{q} \beta_j\, \sigma_{t-j}^\delta$$

dengan α_0, α_i, β_j merupakan parameter model APARCH (p,q), δ diestimasi menggunakan transformasi Box Cox dalam kondisi standar deviasi. γ_i merupakan *leverage effect*. Jika *leverage effect* bernilai positif, artinya *bad news* (berita buruk) memiliki pengaruh yang kuat dibandingkan dengan *good news* (berita baik), begitu pula sebaliknya (Laurent, 2003).

2.5 Uji Sign Bias

Uji sign bias dapat digunakan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh asimetris atau tidak pada data. Untuk memeriksa apakah terdapat pengaruh asimetris, data terlebih dahulu dimodelkan ke dalam model GARCH dan diambil residual datanya. Kemudian dilakukan uji efek asimetris berdasarkan persamaan regresi berikut (Chris Brook, 2008):

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \varphi_0 + \varphi_1 S_{t-1}^- + \varphi_2 S_{t-1}^- \hat{\varepsilon}_{t-1} + \varphi_3 S_{t-1}^+ \hat{\varepsilon}_{t-1} + u_t$$

Hipotesis:

H_0: $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 0$ (residual bersifat simetris)

H_1: paling sedikit ada satu $\varphi_j \neq 0$, untuk j=1,2,3 (residual bersifat asimetris)

Taraf signifikansi: α

Statistik Uji:

$$F = \frac{SSR_0/k}{SSR_1/_{n-k-1}}$$

dengan

$$SSR_o = \sum_{t=1}^{n} (\hat{\varepsilon}_t^2 - \bar{\omega})^2$$

$$\overline{\omega} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \varepsilon_t^2}{n}$$

$$SSR_1 = \sum_{t=1}^{n} u_t^2$$

Statistik uji F berdistribusi F dengan derajat bebas 1 = k dan derajat bebas 2 = n-k-1

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(\alpha;\, k, n-k-1)}$ atau p-$value$ < α

2.6 *Return* Portofolio

R*eturn* adalah pendapatan yang akan diterima jika menginvestasikan uang pada suatu aktiva finansial (saham, obligasi) atau aktiva riil (property, tanah). *Return* saham dapat dihitung harian, mingguan, bulanan dan tahunan (Ghozali, 2007).

Perhitungan *return* masing-masing aset dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$R_{it} = ln\left[\frac{P_{it}}{P_{i(t-1)}}\right]$$

dengan R_{it} adalah *Return* aset ke-i pada waktu ke-t, P_{it} adalah harga aset ke-i pada waktu ke-t, $P_{i(t-1)}$ adalah harga aset ke-i pada waktu ke-(t-1).

Dalam pembentukan portofolio setiap aset memiliki kontribusi dengan pembobotan $\boldsymbol{w}$ (Jorion, 2002). Nilai varian dari *return* portofolio sebagai berikut:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij} = \boldsymbol{w}^T \sum \boldsymbol{w}$$

Menurut Maruddani dan Purbowati (2009), untuk memperoleh portofolio yang optimal, dilakukan pengoptimalan dengan cara meminimumkan varian *return* portofolio menggunakan metode *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP) agar bobot alokasi dana ($\boldsymbol{w}$) optimal. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{minimum } \sigma_p^2 = \text{minimum } \boldsymbol{w}^T \sum \boldsymbol{w}$$

Pengoptimalan portofolio tersebut terkendala dengan jumlah bobot alokasi dana yang harus bernilai 1 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = \mathbf{1}_N^T \boldsymbol{w} = 1$$

Menurut Varberg *et al.* (2007), untuk memperoleh nilai $\boldsymbol{w}$ yang dapat meminimumkan varian *return* potofolio dapat diselesaikan menggunakan metode *Lagrange* sebagai berikut:

$$L(\boldsymbol{w}) = \boldsymbol{w}^T \sum \boldsymbol{w} + \lambda(1 - \mathbf{1}_N^T \boldsymbol{w})$$

Fungsi *Lagrange* harus diturunkan terhadap $\boldsymbol{w}$ untuk mendapatkan nilai $\boldsymbol{w}$ atau dapat ditulis sebagai berikut:

$$L'(\boldsymbol{w}) = \frac{\partial L(\boldsymbol{w})}{\partial \boldsymbol{w}} = 0$$

$$L'(\boldsymbol{w}) = \frac{\partial(\boldsymbol{w}^T \sum \boldsymbol{w} + \lambda - \lambda \mathbf{1}_N^T \boldsymbol{w})}{\partial \boldsymbol{w}} = 0$$

$$\boldsymbol{w} = \frac{1}{2}\lambda \mathbf{1}_N \Sigma^{-1} = \frac{1}{2}\lambda \Sigma^{-1} \mathbf{1}_N$$

Nilai pengali *Lagrange* dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{2}{\mathbf{1}_N^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}$$

Nilai $\boldsymbol{w}$ disubstitusikan dengan nilai pengali *Lagrange*:

$$\boldsymbol{w} = \frac{\Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}{\mathbf{1}_N^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}_N}$$

Bobot yang telah didapatkan menghasilkan persamaan *return* portofolio sebagai berikut:

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^{n} (w_i . R_{it})$$

dengan $w_i$adalah bobot aset ke-i, R_{it} adalah *return* aset ke-i pada waktu ke- t, R_{pt} adalah *return* portofolio pada waktu ke- t.

3. METODOLOGI PENELITIAN

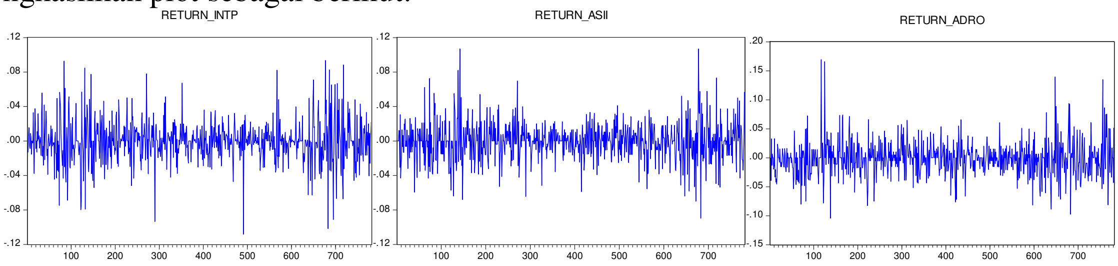
Data yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian tugas akhir ini berupa data sekunder yang diperoleh dari website resmi Yahoo Finance, yaitu http//www.finance.yahoo.com. Data tersebut merupakan data 3 aset saham yaitu Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Astra International Tbk, dan Adaro Energy Tbk terhitung sejak tanggal 1 Maret 2013 sampai dengan 29 Februari 2016 selama hari aktif (Senin sampai Jumat). Penelitian ini menggunakan data 3 aset saham tersebut sebanyak 782 data.Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data penelitian adalah:

1. Mencari nilai *return* aset tunggal, *return* portofolio 2 aset, dan *return* portofolio 3 aset dari 3 aset saham Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Astra International Tbk, dan Adaro Energy Tbk.
2. Melakukan uji normalitas data *return* aset tunggal, *return* portofolio 2 aset, dan *return* portofolio 3 aset.
3. Melakukan uji stasioneritas data.
4. Mengidentifikasi model ARIMA.
5. Melakukan estimasi parameter model ARIMA.
6. Melakukan verifikasi model ARIMA.
7. Melakukan uji *Lagrange Multiplier* untuk mengetahui apakah ada efek ARCH/GARCH dalam model.
8. Mengidentifikasi model GARCH.
9. Melakukan estimasi model GARCH.
10. Melakukan uji asimetris menggunakan uji *sign bias*.
11. Mengidentifikasi model GARCH asimetris.
12. Melakukan estimasi parameter GARCH asimetris dengan estimasi *maximum likelihood*.
13. Menentukan model terbaik dengan melihat nilai AIC.
14. Meramalkan nilai volatilitas *return* aset tunggal, *return* portofolio 2 aset, dan *return* portofolio 3 aset saham Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Astra International Tbk, dan Adaro Energy Tbk beberapa hari ke depan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembentukan Portofolio

Data harga masing-masing aset saham yang diubah ke dalam bentuk *return* menghasilkan plot sebagai berikut:



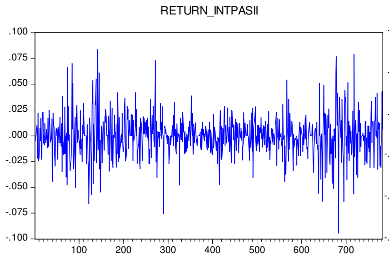
(a) INTP (b) ASII (c) ADRO

Perhitungan bobot dengan metode MVEP menghasilkan nilai bobot sebagai berikut:

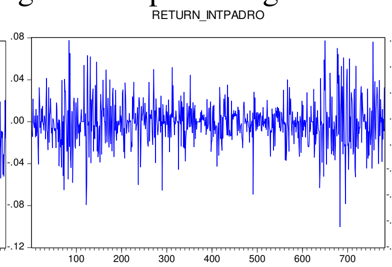
Tabel 1. Bobot Portofolio

Portofolio	Bobot Saham		
	INTP	ASII	ADRO
INTP-ASII	0,3964	0,6035	-
INTP-ADRO	0,6397	-	0,3603
ASII-ADRO	-	0,6978	0,3021
INTP-ASII-ADRO	0,2869	0,6978	0,3021

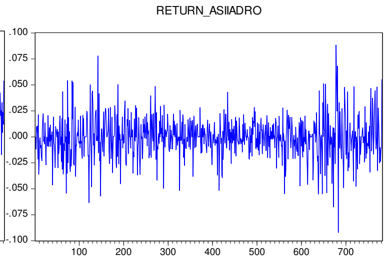
Nilai bobot yang telah didapatkan digunakan untuk membentuk portofolio 2 aset saham atau portofolio 3 aset saham dan menghasilkan plot sebagai berikut:



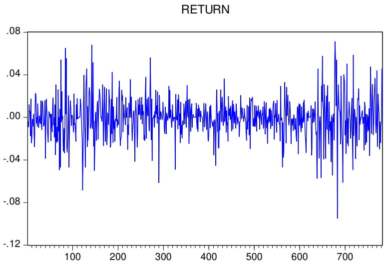
(a) INTP & ASII



(b) INTP & ADRO



(c) ASII & ADRO



(d) INTP, ASII &ADRO

Secara visual semua grafik data *return* telah stasioner dalam mean. Konsep stasioneritas secara visual sangat lemah tergantung individu yang mengamati, maka dilakukan uji formal menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* dan didapatkan kesimpulan bahwa semua data *return* stasioner dalam mean.

4.2 Identifikasi Model ARIMA

Identifikasi orde AR dan orde MA dalam identifikasi model menggunakan plot fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF) dengan melihat lag yang terpotong pada plot ACF dan plot PACF. Dengan melihat nilai AIC terkecil 3 model ARIMA terbaik yang mungkin untuk data *return* aset saham adalah sebagai berikut:

Aset tunggal:

INTP: ARIMA ([13],0,[2,3]), ARIMA ([2,3],0,[2,13]), ARIMA ([3,13],0,[2])
ASII: ARIMA ([3],0,0), ARIMA ([3],0,[3]), ARIMA (0,0,[3])
ADRO: ARIMA ([2],0,0), ARIMA (0,0,[2]), ARIMA ([2],0,[17])

Portofolio 2 aset:

INTP-ASII: ARIMA (0,0,[2,3]), ARIMA ([2],0,[2,3]), ARIMA ([3],0,[2,3])
INTP-ADRO: ARIMA (0,0,[2,3]), ARIMA ([2,3],0,[2]), ARIMA ([3],0,[2])
ASII-ADRO: ARIMA ([3],0,0), ARIMA (0,0,[3]), ARIMA ([3],0,[17])

Portofolio 3 aset:

INTP-ASII-ADRO: ARIMA (0,0,[2,3]), ARIMA ([2],0,[3]), ARIMA ([3],0,[2])

4.3 Uji ARCH-LM

Model ARIMA yang memiliki parameter signifikan dan lolos verifikasi model selanjutnya dilakukan uji ARCH-LM untuk mengetahui ada tidaknya efek ARCH/GARCH pada residual model ARIMA tersebut.

Tabel 2. Uji ARCH-LM

Saham	Model	Nilai LM	Probabilitas	Keputusan
INTP	ARIMA ([13],0,[2,3])	8,831217	0,0030	H_0 ditolak
	ARIMA ([2,3],0,[2,13])	8,849208	0,0029	H_0 ditolak
	ARIMA ([3,13],0,[2])	8,528319	0,0035	H_0 ditolak
ASII	ARIMA ([3],0,0)	2,727605	0,0986	H_0 diterima
	ARIMA ([3],0,[3])	2,629443	0,1049	H_0 diterima

	ARIMA (0,0,[3])	2,877429	0,0898	H_0 diterima
ADRO	ARIMA ([2],0,0)	0,330534	0,5653	H_0 diterima
	ARIMA (0,0,[2])	0,317405	0,5732	H_0 diterima
	ARIMA ([2],0,[17])	0,414070	0,5199	H_0 diterima
INTP-ASII	ARIMA (0,0,[2,3])	8,107580	0,0044	H_0 ditolak
	ARIMA ([2],0,[2,3])	7,014956	0,0081	H_0 ditolak
	ARIMA ([3],0,[2,3])	6,385796	0,0115	H_0 ditolak
INTP-ADRO	ARIMA (0,0,[2,3])	6,647368	0,0099	H_0 ditolak
	ARIMA ([2,3],0,[2])	6,588759	0,0103	H_0 ditolak
	ARIMA ([3],0,[2])	6,570713	0,0104	H_0 ditolak
INTP-ASII-ADRO	ARIMA (0,0,[2,3])	9,154915	0,0025	H_0 ditolak
	ARIMA ([2],0,[3])	8,662410	0,0032	H_0 ditolak
	ARIMA ([3],0,[2])	9,008866	0,0027	H_0 ditolak

Pada uji ARCH-LM disimpulkan bahwa residual model ARIMA pada data *return* aset tunggal INTP, *return* portofolio 2 aset antara INTP-ASII dan INTP-ADRO, dan *return* portofolio 3 aset antara INTP-ASII-ADRO terdapat efek ARCH/GARCH. Sehingga model GARCH yang terbentuk sebagai berikut:

Aset tunggal:

INTP:

ARIMA ([13],0,[2,3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([2,3],0,[2,13]) - GARCH (1,1), ARIMA ([3,13],0,[2]) - GARCH (1,1)

Portofolio 2 aset:

INTP-ASII:

ARIMA (0,0,[2,3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([2],0,[2,3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([3],0,[2,3]) - GARCH (1,1)

INTP-ADRO:

ARIMA (0,0,[2,3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([2,3],0,[2]) - GARCH (1,1), ARIMA ([3],0,[2]) - GARCH (1,1)

Portofolio 3 aset:

INTP-ASII-ADRO:

ARIMA (0,0,[2,3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([2],0,[3]) - GARCH (1,1), ARIMA ([3],0,[2]) - GARCH (1,1)

4.4 Uji *Sign Bias*

Model GARCH yang memiliki parameter signifikan dan lolos verifikasi model selanjutnya dilakukan uji *sign bias* untuk mengetahui ada atau tidaknya efek asimetris pada residual.

Tabel 3. Uji *Sign Bias*

Saham	Model	F-statistic	Probabilitas	Keputusan
INTP	ARIMA ([13],0,[2,3]) GARCH (1,1)	3,747554	0,010852	H_0 ditolak
	ARIMA ([3,13],0,[2]) GARCH (1,1)	3,83768	0,009594	H_0 ditolak
INTP-ASII	ARIMA (0,0,[2,3]) GARCH (1,1)	3,097922	0,026211	H_0 ditolak
	ARIMA ([2],0,[2,3]) GARCH (1,1)	3,289984	0,020216	H_0 ditolak
	ARIMA ([3],0,[2,3]) GARCH (1,1)	3,212394	0,022457	H_0 ditolak
INTP-ASII-ADRO	ARIMA (0,0,[2,3]) GARCH (1,1)	3,719137	0,011275	H_0 ditolak
	ARIMA ([2],0,[3]) GARCH (1,1)	2,895325	0,034431	H_0 ditolak
	ARIMA ([3],0,[2]) GARCH (1,1)	3,347034	0,018712	H_0 ditolak

Pada uji *sign bias* disimpulkan bahwa terdapat efek asimetris pada semua model GARCH, selanjutnya akan dibentuk model GARCH asimetris yang meliputi EGARCH, TGARCH dan APARCH.

4.5 Pemodelan GARCH Asimetris

Pada uji signifikansi parameter GARCH asimetris didapatkan bahwa semua model TGARCH dan EGARCH pada data aset tunggal INTP dan data portofolio 2 aset INTP-ASII memiliki parameter yang signifikan, dan ketiga model TGARCH pada data portofolio 3 aset INTP-ASII-ADRO juga memiliki parameter yang signifikan, sedangkan pada model EGARCH hanya mempunyai 1 model yang memiliki parameter signifkan yaitu model ARIMA ([3],0,[2]) EGARCH (1,1). Pada model APARCH, semua model tidak memiliki parameter yang signifikan sehingga tidak digunakan untuk analisis lebih lanjut.

4.6 Pemilihan Model Terbaik

Model GARCH asimetris yang memiliki parameter signifikan selanjutnya dilakukan pemilihan model terbaik pada tiap aset tunggal atau kombinasi portofolio dengan menggunakan kriteria AIC (*Akaike's Information Criterion*). Model terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC paling kecil.

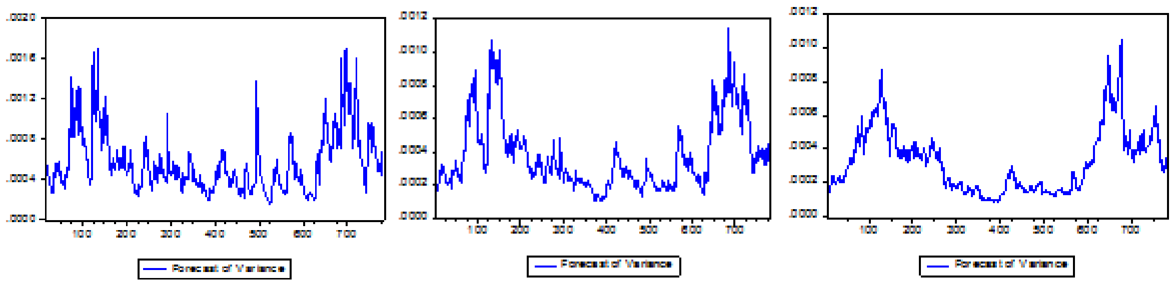
Tabel 4. Pemilihan Model Terbaik

Saham	Model		Nilai AIC
INTP	ARIMA ([13],0,[2,3])	EGARCH(1,1)	-4,72968
		TGARCH(1,1)	-4,71908
	ARIMA ([3,13],0,[2])	EGARCH(1,1)	-4,72862
		TGARCH(1,1)	-4,71780
INTP-ASII	ARIMA (0,0,[2,3])	EGARCH(1,1)	-5,15016
		TGARCH(1,1)	-5,14999
	ARIMA ([2],0,[2,3])	EGARCH(1,1)	-5,15040
		TGARCH(1,1)	-5,14695
	ARIMA ([3],0,[2,3])	EGARCH(1,1)	-5,14966
		TGARCH(1,1)	-5,14581
INTP-ASII-ADRO	ARIMA (0,0,[2,3])	TGARCH (1,1)	-5,27678
	ARIMA ([2],0,[3])	TGARCH (1,1)	-5,27288
	ARIMA ([3],0,[2])	EGARCH (1,1)	-5,30051
		TGARCH (1,1)	-5,27241

Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa model terbaik untuk aset tunggal INTP adalah ARIMA ([13],0,[2,3]) EGARCH(1,1), model terbaik untuk portofolio 2 aset INTP-ASII adalah ARIMA ([2],0,[2,3]) EGARCH(1,1), dan model terbaik untuk portofolio 3 aset INTP-ASII-ADRO adalah ARIMA ([3],0,[2]) EGARCH (1,1).

4.7 Peramalan

Peramalan nilai volatilitas menggunakan model GARCH asimetris terbaik yang telah didapatkan menghasilkan grafik volatilitas sebagai berikut:



(a) INTP (b) INTP -ASII (c) INTP – ASII -ADRO

5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan hasil model GARCH asimetris terbaik yang dapat digunakan untuk peramalan voltilitas aset tunggal atau portofolio adalah EGARCH(1,1), dengan menghasilkan model mean dan varian sebagai berikut:

1. Aset tunggal INTP: ARIMA ([13],0,[2,3]) EGARCH(1,1)
   $Z_t = -0{,}11435\, Z_{t-13} + 0{,}108461\, a_{t-2} + 0{,}109924\, a_{t-3} + a_t$
   $\ln \sigma_t^2 = -0{,}625942 + 0{,}935553 \ln(\sigma_{t-1}^2) - 0{,}070109 \frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0{,}189309 \left[\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - E\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right|\right]$
2. Portofolio 2 aset INTP-ASII: ARIMA ([2],0,[2,3]) EGARCH(1,1)
   $Z_t = 0{,}525108\, Z_{t-2} + 0{,}108461\, a_{t-2} + 0{,}112743\, a_{t-3} + a_t$
   $\ln \sigma_t^2 = -0{,}246239 + 0{,}981155 \ln(\sigma_{t-1}^2) - 0{,}047983 \frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0{,}128157 \left[\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - E\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right|\right]$
3. Portofolio 3 aset INTP-ASII-ADRO: ARIMA ([3],0,[2]) EGARCH (1,1)
   $Z_t = -0{,}112942\, Z_{t-3} + 0{,}110933\, a_{t-2} + a_t$
   $\ln \sigma_t^2 = 0{,}010637 + 0{,}999352 \ln(\sigma_{t-1}^2) - 0{,}075562 \frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}} - 0{,}011490 \left[\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| - E\left|\frac{a_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right|\right]$

DAFTAR PUSTAKA

Bollerslev, T., dan Engle, R.F. 1993. *Common Persistence in Conditional Variances.* Econometrica Vol. 61, No. 1 : Hal. 167-168

Engle, R.F., David M.L., dan Russell P.R. 1987. *Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model.* Econometrica Vol. 55, No.2 : Hal. 391-407

Fahmi, I. 2013. *Pengantar Pasar Modal*. Bandung: Alfabeta.

Ghozali, I. 2007. *Manajemen Risiko Perbankan*. Semarang: BPUNDIP.

Jorion, P. 2002. *Value at Risk: A New Brenchmark for managing Financial Risk*. Singapore: McGraw Hill.

Laurent, S. 2003. *Analytical Derivates of the APARCH Model.* Fourthcoming in Computational Economics.

Makridakis, S., Wheelwright S.C., dan McGee V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan.* Diterjemahkan oleh Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.

Maruddani, D. A. I., dan Ari, P. 2009. *Pengukuran Value at Risk Pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo*. Jurnal Media Statistika, Vol.2, No.2.

Tsay, R.S. 2002. *Analysis of Financial Time Series*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.

Varberg, D., Purcell, E.J., dan Rigdon, S.E. 2007. *Calculus, 9th Edition.* Newyork: Pearson Education, Inc.