PERAMALAN HARGA SAHAM PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA TBK. PADA MODEL *THRESHOLD GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROCEDASTIC* (TGARCH)

(Skripsi)

Oleh

Alfan Andesta

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRAK

PERAMALAN HARGA SAHAM PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA TBK. PADA MODEL *THRESHOLD GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROCEDASTIC* (TGARCH)

Oleh

Alfan Andesta

Harga saham merupakan jenis data yang memiliki volatilitas yang tinggi sehingga menimbulkan pengaruh heteroskedasitas. Dalam mengatasi peramalan data dengan volatilitas tinggi tidak dapat digunakan model Box-Jenkins ataupun model ARCH, dan GARCH yang tidak mampu mengatasi efek asimetris. Oleh karena itu, penelitian ini digunakan model TGARCH pada data harga saham yang memiliki volatilitas tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik dari data harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. adalah model TGARCH(1,3,2) dengan persamaan rata-ratanya, $Y_t = 0.001534 + 0.674868Y_{t-1} - 0.820603e_{t-1.}$ dan ragamnya, $\sigma^2_t = 0.000171 + 0.101270e^2_{t-1} - 0.209495\sigma^2_{t-1} + 0.630915\sigma^2_{t-2} - 0.129610\ \sigma^2_{t-3}$.

Kata kunci: Harga saham, volatilitas, efek asimetris, model TGARCH.

ABSTRACT

THE FORECASTING STOCK PRICE OF TELEKOMUNIKASI INDONESIA INC. USING THRESHOLD GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROCEDASTIC (TGARCH) MODEL

BY

Alfan Andesta

Stock price is a type of data with high volatility which ussualy have non homogenity of variances. To solve such data, Box-Jenkins Model, ARCH, and GARCH Model are unappropriate. Therefore, in this research, TGARCH Model is used to solve the problem.

The result showed that the best model for stock price data of Telekomunikasi Indonesia Inc. is TGARCH(1,3,2) model with the equation of mean, $Y_t = 0.001534 + 0.674868Y_{t-1} - 0.820603e_{t-1.}$ and the equation of variance, $\sigma^2_t = 0.000171 + 0.101270e^2_{t-1} - 0.209495\sigma^2_{t-1} + 0.630915\sigma^2_{t-2} - 0.129610\,\sigma^2_{t-3}$.

Keywords : Stock price, volatility, asimetry effect, TGARCH model

PERAMALAN HARGA SAHAM PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA TBK. PADA MODEL *THRESHOLD GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROCEDASTIC* (TGARCH)

Oleh

Alfan Andesta

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi : **PERAMALAN HARGA SAHAM PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA TBK. PADA MODEL *THRESHOLD GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROCEDASTIC* (TGARCH)**

Nama Mahasiswa : *Alfan Andesta*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317031004

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Netti Herawati, Ph.D.
NIP. 19650125 199003 2 001

Tiryono Ruby, Ph.D.
NIP.19661010 199205 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Matematika

Tiryono Ruby, Ph.D.
NIP.19620704 198803 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

   Ketua : **Netti Herawati, Ph.D.** ....

   Sekretaris : **Tiryono Ruby, Ph.D.** ....

   Penguji
   Bukan Pembimbing : **Eri Setiawan, M.Si.** ....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Januari 2017**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: **Alfan Andesta**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1317031004**
Jurusan	: **Matematika**
Fakultas	: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Peramalan Harga Saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. pada Model *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heterocedastic* (TGARCH)"** merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya bukan merupakan hasil yang telah dipublikasikan atau ditulis orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada universitas atau institut lain.

Bandar Lampung, Januari 2017
Penulis

Alfan Andesta
NPM. 1317031004

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kalianda, Lampung Selatan pada tanggal 25 November 1994 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Syahruddin dan Ibu Hayani.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 2 Bulok, Kalianda Lampung Selatan pada tahun 2006. Kemudian, penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 3 Kalianda pada tahun 2009. Pada tahun 2012, penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Kalianda, Lampung Selatan.

Tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Matematika FMIPA Unila melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas (UKMF) Rohis dan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA). Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Statistika Industri tahun pelajaran 2016/2017. Pada awal tahun 2016, penulis melakukan kegiatan Kuliah Praktik di Kantor Perwakilan Bank Indonesia Provinsi Lampung. Di tahun yang sama, pada bulan Juli 2016 penulis juga melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Menggala Kecamatan Kota Agung Timur Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillah atas berkat dan rahmat Allah SWT Kupersembahkan Karya kecilku ini untuk :

Ayah dan Ibuku Tercinta yang telah mencurahkan seluruh hidupnya untuk kebahagiaanku dan tak berhenti untuk selalu mendoakanku. Puteramu ini akan selalu berusaha membahagiakanmu Ayah, Ibu.

Kedua adikku, orang terdekatku, sahabat-sahabatku, dan Almamaterku Universitas Lampung. Terima Kasih.

KATA INSPIRASI

Dua sifat yang harus anda miliki dalam menjalani kehidupan dizaman ini yakni Kreatif dan Peduli

(Alfan Andesta)

Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah SWT mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.

(QS. Al Baqarah : 216)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat dan salam senantiasa tetap terlimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kebodohan dan kegelapan ke jalan yang penuh cahaya kemulian.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang terlibat dan telah membantu serta membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“**Peramalan Harga Saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. pada Model *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heterocedastic* (TGARCH)”.

Untuk itu, iringan do’a dan ucapkan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ibu Netti Herawati, Ph.D., selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
2. Bapak Tiryono Ruby, Ph.D., selaku Pembimbing Kedua dan Pembimbing Akademik atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
3. Bapak Eri Setiawan, M.Si., selaku Pembahas atas kritik dan saran dalam proses penyelesaian skripsi;

4. Bapak Tiryono Ruby, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Matematika;
5. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan FMIPA Unila;
6. Bapak Tamrin, Ibu Ratna, dan Bapak Drajat sebagai staf administrasi Jurusan Matematika FMIPA Unila;
7. Ayah dan ibu tercinta, terima kasih atas dukungan dan doanya. Seluruh perhatian dan materi diberikan hanya untuk penulis yang belum dapat dibalas;
8. Adik – adik penulis, Silvi dan Isma yang telah menjadi penyemangat penulis untuk mengenyam pendidikan sebaik mungkin;
9. Teman-teman matematika 2013 yang kompak;
10. Teman-teman, ijal, ali, afif, suyit, rasid, dan dimas. Terima kasih telah menjadi teman baik di dalam maupun diluar kampus;
11. Teman-teman satu pembimbing skripsi, tika, Imelda, suci, yeyen, debi, eki. Terima kasih telah membantu dalam mempersiapkan keperluan seminar-seminar skripsi.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas peran dan dukungannya dalam laporan ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Januari 2017
Penulis

Alfan Andesta

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Model deret waktu yang paling popular dan banyak digunakan dalam peramalan data deret waktu adalah model yang diperkenalkan oleh Box dan Jenkins pada tahun 1971 yang dikenal dengan model *Autoregressive Integrated Moving Average* atau model ARIMA (Makridakis, 1998). Pemodelan dengan ARIMA seringkali memberikan galat dengan ragam yang tidak konstan atau heteroskedastisitas. Engle (1982), memperkenalkan model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH) untuk memodelkan inflasi di inggris yang mengandung variansi yang tidak konstan. Kemudian model ARCH disempurnakan menjadi *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) oleh Bolerslev pada tahun 1986. Kedua model ini memiliki karakteristik respon volatilitas yang simetris terhadap goncangan, baik goncangan positif maupun negatif. Data keuangan khususnya saham memiliki volatilitas yang asimetris, yakni pergerakan volatilitas yang berbeda terhadap kenaikan atau penurunan harga suatu aset (Ariefianto, 2012).

Salah satu model yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah asimetris yaitu model *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (TGARCH). Model ini diperkenalkan oleh Zakoian pada tahun 1994. Model

TGARCH ini mempunyai kelebihan mengukur volatilitas harga saham dengan ada perbedaan efek guncangan positif dan guncangan negatif (Widarjono, 2013).

Berdasarkan uraian tersebut penulis ingin mengkaji penggunaan model TGARCH dalam mengatasi masalah asimetris pada data investasi saham PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menentukan model TGARCH yang sesuai pada *return* harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk.
2. Melakukan peramalan dengan model TGARCH pada *return* harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. untuk beberapa periode berikutnya.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi masukan bagi investor dalam mengambil keputusan investasi sektor keuangan khususnya investasi saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk.
2. Menambah wawasan mengenai model TGARCH.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deret Waktu

Deret waktu adalah sebuah kumpulan dari observasi χ_t, tiap satu observasi yang dikumpulkan pada waktu t. Model deret waktu pada data observasi $\{\chi_t\}$ adalah sebuah spesifikasi dari distribusi bersama (atau mungkin hanya *mean* dan *covarian*) dari barisan peubah acak $\{X_t\}$. Bagian terpenting dari analisis deret waktu adalah pemilihan dari kemungkinan model yang cocok pada data tersebut. Data deret waktu sendiri adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu terhadap suatu individu (Brockwell dan Davis, 2001).

2.2 Kestasioneran Data Deret Waktu

Menurut Juanda dan Junaidi (2012), data deret waktu dikatakan stasioner jika memenuhi dua kriteria yaitu nilai tengah dan ragamnya konstan dari waktu ke waktu. Secara statistik dinyatakan sebagai berikut, $E(Y_t) = \mu$ (rata-rata yang konstan) serta *Var* $(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$ (ragam Y konstan).

Berdasarkan nilai tengah dan ragamnya, terdapat dua jenis kestasioneran data yaitu data stasioner pada nilai tengahnya, jika data berfluktuasi disekitar suatu nilai tengah yang tetap dari waktu ke waktu dan data stasioner pada ragamnya, jika data berflutuasi dengan ragam yang tetap dari waktu ke waktu.

Untuk mengatasi data yang tidak stasioner pada nilai tengahnya, dapat dilakukan proses pembedaan atau diferensiasi terhadap deret data asli. Proses pembedahan adalah proses mencari perbedaan antara data satu periode dengan periode sebelumnya secara berurutan. Data yang dihasilkan disebut data diferensiasi tingkat pertama. Selanjutya, jika diferensiasi pertama belum menghasilkan deret yang stasioner, dilakukan diferensiasi tingkat berikutnya. Membedah data diferensiasi tingkat pertama akan menghasilkan diferensiasi tingkat kedua. Membedah data diferensiasi tingkat kedua akan menghasilkan diferensiasi tingkat ketiga, dan seterusnya.

Untuk mengatasi data yang tidak stasioner pada ragamnya, umumnya dilakukan transformasi data asli kebentuk *logaritma natural* atau akar kuadrat. Data yang tidak stasioner pada ragam dapat juga disebabkan oleh pengaruh musiman, sehingga setelah dihilangkan pengaruh musimnya dapat menjadi data stasioner. Selanjutnya, jika data tidak stasioner baik pada nilai tengah maupun ragamnya, dilakukan proses diferensiasi dan transformasi Ln atau akar kuadrat.

2.3 Pemeriksaan Kestasioneran Data Deret Waktu

Menurut Muis (2008), terdapat dua cara untuk menguji suatu data bersifat stasioner atau tidak, yaitu dengan cara grafik berupa tampilan *correlogram* dengan nilai ACF (*Autocorrelation Function*), dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*) beserta nilai statistiknya, atau secara kuantitatif berupa uji *Unit Root* dengan metode ADF (*Dickey-Fuller Test*) dengan uji hipotesis.

2.3.1 Uji Stasioner Data Secara *Correlogram*

Uji stasioner secara *correlogram* dengan tampilan grafik batang berupa nilai koefisien ACF dan PACF dari *lag* yang tidak lain merupakan data runtun waktu dari harga saham penutupan hari ke 1 sampai hari ke 16 maupun nilai galat. Koefisien autokorelasi menunjukan tingkat keeratan hubungan antara nilai dari variabel yang sama untuk periode waktu yang berbeda yang disebut *time lag*. Pengidentifikasian sifat stasioner data mengacu kepada penurunan nilai koefisien ACF maupun PACF, bila nilai koefisien baik ACF maupun PACF menurun secara eksponensial seiring dengan meningkatnya k (*lag*), hal tersebut menunjukan data sudah dalam kondisi stasioner. Sebaliknya data tidak stasioner, bila nilai koefisien ACF dan PACF tidak menurun menuju nol seiring dengan meningkatnya k.

Fungsi ACF yang dipergunakan untuk identifikasi sifat stasioner data tidak lain adalah memberikan informasi mengenai korelasi antara data-data runtun waktu yang berdekatan. Secara matematis, fungsi autokorelasi *lag* ke k ditulis sebagai:

$$\begin{aligned} \rho_k &= \textit{kovarian lag} \text{ ke k} / \textit{varian} \\ &= \textit{cov}\,(Y_t\ Y_{t+k}) / [\textit{var}\,(Y_t)\ \textit{var}\,(Y_{t+k})] \end{aligned} \tag{2.1}$$

Untuk data yang bersifat stasioner, maka nilai *varian* akan konstan, sehingga *var* (Y_t) = *var* (Y_{t+k}). Dengan demikian persamaan ρ_k menjadi,

$$\begin{aligned} \rho_k &= \textit{cov}\,(Y_t\ Y_{t+k}) / [\textit{var}^2\,(Y)] \\ &= \gamma_k / \gamma_0 \end{aligned} \tag{2.2}$$

2.3.2 Uji Stasioner Secara Kuantitatif

Yang dimaksud dengan pengujian sifat stasioner data secara kuantitatif adalah uji akar-akar unit yang menggunakan metode ADF. Pengujian secara kuantitatif apakah data deret waktu harga saham penutupan bersifat stasioner atau tidak stasioner, sangatlah penting agar hasil kesimpulan tidak bersifat subyektif sebagaimana bila dalam bentuk tampilan grafik.

Pengujian dengan menggunakan metode ADF menyiaratkan data bersifat stasioner jika hasil ADF lebih kecil dari nilai kritis 5%.

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho\, Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t$$

$$\Delta Y_t = (\rho - 1)\, Y_{t-1} + e_t$$

$$= \delta\, Y_{t-1} + e_t \qquad (2.3)$$

Dengan kata lain, jika $\delta = (\rho - 1) = 0$ atau $\rho = 1$ yang berarti data tidak bersifat stasioner atau sebaliknya. Metode transformasi dengan cara pembedaan untuk mengatasi data deret waktu yang tidak stasioner menjadi stasioner adalah sebagai berikut:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + e_t \qquad (2.4)$$

Persamaan (2.4) merupakan model yang tidak stasioner. Dengan transformasi pembedaan pertama, yaitu dikurangi Y_{t-1}, maka nilai rata-rata dan varian menjadi:

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_1 + e_t$$

$$\Delta(Y_t) = \beta_1 + e_t$$

$$E(\Delta Y_t) = E(\beta_1 + e_t) = \beta_1 \qquad (2,5)$$

$$Var\,(\Delta Y_t) = Var\,(\beta_1 + e_t) = \sigma^2 \qquad (2.6)$$

Tampak jelas bahwa setelah ditransformasi, baik nilai rata-rata maupun varian telah konstan, yang berarti data $\Delta(Y_t)$ sudah stasioner.

2.4 Proses *Autoregressive*

Proses *autoregressive* pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1927. Proses *autoregressive,* disingkat AR adalah regresi deret Y_t terhadap amatan waktu lampau dirinya sendiri. Y_{t+k}, untuk k = 1, 2, … , p. Bentuk persamaannya adalah

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \ldots + \beta_p Y_{t-p} + e_t \quad (2.7)$$

Dengan $|\beta q|$ dan e_t merupakan kumpulan semua peubah yang memengaruhi Y_t selain dari nilai p muatan waktu lampau terdekat. Dapat diperhatikan model ini sudah dikurangi dengan konstanta nilai tengah atau garis kecenderungan deret, sehingga $E(Y_t) = 0$. Dengan demikian, deret yang digunakan dalam model ini adalah simpangan terhadap rataannya atau terhadap garis kecenderungannya. Jika garis kecenderungannya membentuk kecenderungan musiman, maka model ini dikatakan "*deseasonalized*" atau secara umum dikatakan "*detrended*" yaitu model yang garis kecenderungan nya sudah dihilangkan.

2.4.1 Proses *Autoregressive* Orde Pertama

Model *autoregressive* orde pertama, disingkat AR(1), persamaannya adalah

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + e_t \quad (2.8)$$

Sifat – sifat AR(1) yang stasioner adalah

i. $E(Y_t) = 0$

ii. $\gamma_0 = Var\ (Y_t) = \sigma^2 / (1- \beta^2)$

iii. $\gamma_k = \beta\gamma_{k-1} = \beta^k\ \sigma^2 / (1-\beta^2)$

iv. $\rho_k = \gamma_k / \gamma_0$

Syarat kestasioneran proses AR(1) ini ialah bahwa $|\beta| < 1$.

2.4.2 Proses *Autoregressive* Orde Kedua

Model *Autoregressive* orde kedua, disingkat AR(2), persamaannya adalah

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + e_t \tag{2.9}$$

Sifat – sifat AR(2) yang stasioner adalah

i. $\gamma_k = \beta\gamma_{k-1} + \beta\gamma_{k-2}$ untuk k= 1, 2, …

ii. $\rho_k = \beta\rho_{k-1} + \beta\rho_{k-2}$ untuk k= 1, 2, …

Persamaan diatas dinamakan persamaan Yule-Walker. Syarat kestasioneran AR(2) adalah $\beta_1 + \beta_2 < 1$, $\beta_2 – \beta_1 < 1$, $|\beta_2| < 1$.

2.4.3 Proses Autoregressive Ordo p

Model autoregressive ordo p, disingkat AR(p), persamaannya adalah

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + e_t \tag{2.10}$$

Persamaan Yule-Walker untuk AR(p) adalah

$\rho_1 = \beta_1 \quad + \beta_2\ \rho_2 \quad + \dots + \beta_p\ Y_{t-1}$

$\rho_2 = \beta_1\ \rho_1 \quad + \beta_2 \quad + \dots + \beta_p\ Y_{t-2}$

$\rho_p = \beta_1\ \rho_{p-1} + \beta_2\ \rho_{p-2} \quad + \dots + \beta_p.$

2.5 Proses *Moving Average*

Proses *moving average* pertama kali diperkenalkan oleh Slutsky. Model ini regersinya melibatkan selisih nilai variabel sekarang dengan nilai dari variabel sebelumnya. Proses *moving average* disingkat sebagai MA(q), persamaannya adalah

$$Y_t = e_t - \beta_1 e_{t-1} + \beta_2 e_{t-2} - \dots + \beta_p e_{t-q} \qquad (2.11)$$

2.5.1 Proses *Moving Average* Orde Pertama

Model yang paling sederhana adalah MA(1), persamaannya adalah

$$Y_t = e_t - \beta_1 e_{t-1} \qquad (2.12)$$

Sifat-sifat model ini adalah

i. $E(Y_t) = 0$
ii. $\gamma_0 = Var\ (Y_t) = \sigma^2 / (1+ \beta^2)$
iii. $\gamma_1 = -\beta\sigma^2$
iv. $\rho_1 = -\beta / (1+ \beta^2)$
v. $\gamma_k = \rho_k = 0$ untuk $k \geq 2$.

2.5.2 Proses *Moving Average Orde* Kedua

Model MA(1), persamaannya adalah

$$Y_t = e_t - \beta_1 e_{t-1} \qquad (2.12)$$

Sifat-sifat model ini adalah

i. $E(Y_t) = 0$
ii. $\gamma_0 = Var\ (Y_t) = \sigma^2 / (1 + \beta_1^2 + \beta_2^2)\sigma^2$

iii. $\gamma_1 = (-\beta_1 + \beta_1\, \beta_2)\sigma^2$

iv. $\gamma_1 = -\beta_1\sigma^2$

v. $\rho_1 = (-\beta_1 + \beta_1\, \beta_2)\ (1 + \beta_1^2 + \beta_2^2)$

vi. $\gamma_k = \rho_k = 0$ untuk $k \geq 3$.

2.5.3 Proses *Moving Average Orde q*

Untuk model umum MA(q), persamaannya adalah

$$Y_t = e_t - \beta_1 e_{t-1} + \beta_2 e_{t-2} - \dots + \beta_p e_{t-q} \tag{2.13}$$

berlaku,

$$\rho_k = \frac{-\beta_k + \beta_1\beta_{k+1} + \beta_2\beta_{k+2} + \cdots + \beta_{q-k}\beta_q}{1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 + \cdots + \beta_q^2} \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, q$$

$$= 0, \text{ untuk } k \geq q+1$$

2.6 Proses ARMA(p,q)

Proses ini terdiri dari penggabungan antara model AR dan MA. Nilai Y_t tidak hanya dipengaruhi oleh nilai peubah tersebut, tetapi juga oleh galat perubah tersebut pada periode sebelumnya. Bentuk umumnya sebagai berikut,

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + e_t + \alpha_1 e_{t-1} + \alpha_2 e_{t-2} - \dots + \alpha_p e_{t-q} \tag{2.14}$$

2.6.1 ARMA(1.1)

Persamaan Yule Walker untuk ARMA(1, 1) adalah,

i. $\gamma_0 = \beta_1 Y_1 + [1- \alpha\ (\beta - \alpha)]\sigma^2$ untuk $k = 0$

ii. $\gamma_k = (1- \alpha\beta)\ (\alpha - \beta)\beta^{k-1}\ \sigma^2 / (1 - \alpha^2)$ untuk $k = 1$

iii. $\rho_k = (1- \alpha\beta)\,(\alpha - \beta)\beta^{k-1}\,\sigma^2 / (1 - 2\alpha\beta + \alpha^2)$ untuk $k = 1$

2.6.2 ARMA (p,q)

Persamaan Yule Walker untuk ARMA(p,q) adalah

$$Y_t = \beta_1 Y_{k-1} + \beta_2 Y_{k-2} + \dots + \beta_p Y_{k-p} \text{ untuk } k > q \qquad (2.15)$$

2.7 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model AR, MA, atau ARMA dengan data yang stasioner melalui proses diferensiasi disebut model ARIMA. Suatu deret waktu (Y_t) disebut mengikuti model ARIMA jika deret dengan diferensiasi ke-d ($W_t = \Delta^d Y_t$) adalah proses ARMA (p,d,q). Dalam Praktik biasanya $d \leq 2$. Misalnya Yt suatu ARIMA (p,1,q), dengan $W_t = Y_t - Y_{t-1}$ maka

$$W_t = \beta_0 + \beta_1 W_{t-1} + \beta_2 W_{t-2} + \dots + \beta_p W_{t-p} + e_t + + \alpha_1 e_{t-1} + \alpha_2 e_{t-2} - \dots + \alpha_p e_{t-q} \qquad (2.16)$$

2.8 Prosedur Box-Jenkins

Untuk menentukan apakah perilaku data mengikuti pola AR, MA, ARMA, atau ARIMA dan untuk menentukan ordo AR, MA serta tingkat proses diferensiasi untuk menjadi data stasioner. Box dan Jenkins (1982), telah mengembangkan suatu prosedur yang dikenal dengan prosedur Box-Jenkins, yaitu

1. Identifikasi model
2. Estimasi parameter model
3. Evaluasi model
4. Prediksi atau peramalan

2.8.1 Identifikasi Model

Langkah pertama yang perlu dilakukan dalam membangun model adalah mendeteksi masalah stasioner data yang digunakan. Jika data tidak stasioner pada *level*, diperlukan proses diferensiasi untuk mendapatkan data yang stasioner (baik pada *level* maupun pada *differens*), langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi model.

Metode yang umum digunakan untuk pemilihan model melului *correlogram Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Misalnya, jika dimiliki data deret waktu sebagai berikut Y_1, Y_2, …, Y_n, maka dapat dibangun pasangan nilai (Y_1, Y_{k+1}), (Y_2, Y_{k+2}), … , (Y_n, Y_{k+n}). *autokorelation* untuk *lag* k (korelasi antara Y_t dengan Y_{t+k}) dinyatakan sebagai ρ_k, yaitu

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{T}(Y_t-\overline{Y})(Y_{t-k}-\overline{Y})}{\sum_{t=1}^{T}(Y_t-\overline{Y})^2} \qquad (2.17)$$

dimana , ρ_k = koefisien autokorelasi untuk *lag* k dan $\overline{Y}$ = rata-rata data deret waktu. Karena ρ_k merupakan fungsi dari k, maka hubungan autokorelasi dengan *lag*nya dinamakan fungsi autokorelasi (*autocorrelation function* = ACF). Fungsi autokorelasi pada dasarnya memberikan informasi bagaimana korelasi antara data-data (Y_t) yang berdekatan. Selanjutnya, jika fungsi autokorelasi tersebut digambarkan dalam bentuk kurva, dikenal dengan istilah *correlogram* ACF.

PACF didefenisikan sebagai korelasi antara Y_t dan Y_{t-k} setelah menghilangkan pengaruh autokorelasi *lag* pendek dari korelasi yang diestimasi pada *lag* yang lebih panjang. Algoritma untuk menghitung PACF sebagai berikut,

$$\begin{cases} \rho_1 & untuk\ k=1 \\ \dfrac{\rho_k - \sum_{j-1}^{k-1} \phi_{k-1}\rho_{k-j}}{1-\sum_{j-1}^{k-1} \phi_{k-1}\rho_{k-j}} & untuk\ k > 1 \end{cases} \quad (2.18)$$

Dimana, ϕ_k : *partial autocorrelation* pada *lag* k dan ρ_k adalah *autocorrelation* pada *lag* k. Pemilihan modelnya dengan ACF maupun PACF secara grafis mengikuti ketentuan sebagai berikut,

Tabel 1. Pola ACF dan PACF

Model	Pola ACF	Pola PACF
AR(p)	*Exponential, Exponential oscillation atau sinewave*	Menurun drastic pada *lag* tertentu
MA(q)	Menurun drastic pada *lag* tertentu	*Exponential, Exponential oscillation atau sinewave*
ARMA(p,q)	*Exponential, Exponential oscillation atau sinewave*	*Exponential, Exponential oscillation atau sinewave*

2.8.2 Estimasi Parameter Model

Tahap ini merupakan estimasi model tentatif dari persamaan tersebut. Pada tahap ini dilakukan pengujian kelayakan model dengan mencari model terbaik. Model terbaik didasarkan pada *goodness of fit,* yaitu tingkat signifikasi koefisien peubah *independen* (termasuk konstanta) melalui uji t, uji F, maupun nilai koefisien determinasi (R^2) serta dengan menggunakan AIC dan SC.

2.8.3 Evaluasi Model

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap galat model yang diperoleh. model yang baik memiliki galat yang bersifat acak. Analisis galat dilakukan dengan *correlogram*, baik melalui ACF maupun PACF. Jika koefisien ACF maupun PACF secara individual tidak bersifat acak, harus kembali ketahap sebelumnya untuk memilih model yang lain. Pengujian signifikasi ACF dan PACF dapat dilakukan melalui uji BarletT, Box dan Pierce maupun Ljung-Box.

2.8.4 Prediksi atau Peramalan

Tahap terakhir adalah melakukan prediksi atau peramalan berdasarkan model yang terpilih. Menurut Supranto (1984), peramalan adalah memperkirakan sesuatu pada waktu-waktu yang akan datang berdasarkan data masa lampau yang dianalisis secara ilmiah, khususnya menggunakan metode statistika. Menurut Assauri (1993), peramalan merupakan seni dan ilmu dalam memprediksikan kejadian yang mungkin dihadapi pada masa yang akan datang.

Masalah dalam peramalan biasanya dibagi kedalam tiga istilah. Istilah pendek, sedang, dan panjang dalam peramalan. Istilah pendek menyangkut kejadian yang hanya beberapa waktu periode (hari, minggu, dan bulan) kedepannya. Lalu istilah sedang artinya peramalannya secara luas dari satu sampai dua tahun kedepannya. Istilah panjang sendiri dalam masalah peramalan dapat diperluas menjadi dua tahun atau lebih (Shewhart and Wilks, 2007).

Dengan metode peramalan yang tepat, hasil peramalannya dapat dipercaya ketetapannya. Oleh karena masing-masing metode peramalan berbeda-beda, maka penggunaannya harus hati-hati terutama dalam pemilihan metode dalam peramalan. Untuk mengevaluasi kesalahan peramalan bisa menggunakan *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

2.9 Model ARCH

Untuk menangani voaltilitas data, diperlukan suatu pendekatan tertentu untuk mengukur volatilitas galat. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah dengan memasukan peubah bebas yang mampu memprediksi volatilitas galat tersebut. Menurut Engle (1982), ragam galat yang berubah-ubah ini terjadi karena ragam galat tidak hanya fungsi dari peubah bebas tetapi juga tergantung seberapa besar galat dimasa lalu.

Engle mengembangkan model dimana rata-rata dan ragam suatu deret waktu dimodelkan secara simultan. Model tersebut dikenal dengan model ARCH. Untuk menjelaskan proses terbentuknya model ARCH, misalnya terdapat model regresi univariat dengan persamaan berikut,

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + e_t \tag{2.19}$$

Pada data *cross section*, heterokedastisitas yang terjadi berhubungan langsung dengan peubah bebas, sehingga untuk mengatasinya hanya perlu melakukan transformasi persamaan regresi. Namun dalam model ARCH, heteroskedasitas terjadi karena data deret waktu memiliki volatilitas tinggi. Jika suatu data pada suatu periode memiliki fluktuasi yang tinggi dan galat juga tinggi, diikuti suatu periode dimana fluktuasinya rendah dan galatnya juga rendah, ragam galat dari model akan sangat bergantung dari fluktuasi galat sebelumnya. Persamaan ragam galat dalam model ARCH dapat ditulis sebagai berikut,

$$\sigma^2_t = \theta_0 + \theta_1 e^2_{t-1} \quad (2.20)$$

Persamaan 2.19 disebut persamaan rata-rata sedangkan persamaan 6.2 disebut 6.2 persamaan ragam. Persamaan 2.20 menunjukan bahwa ragam galat memiliki dua unsur, yaitu konstanta (θ_0) dan kuadrat galat periode yang lalu bersyarat pada galat e_{t-1}. Menggunakan informasi heteroskedasitas bersyarat dari et, maka parameter β_1 dan β_2 akan dapat diestimasi secara lebih efisien.

Persamaan 2.19 disebut model ARCH (1) karena ragam dari galat e_t tergantung hanya dari fluktuasi galat kuadrat satu periode yang lalu. Jika regam galat e_t tergantung dari fluktuasi galat kuadrat dari beberapa periode yang lalu (*lag* p), maka model ARCH (p) dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut,

$$\sigma^2_t = \theta_0 + \theta_1 e^2_{t-1} + \theta_2 e^2_{t-2} + \ldots + \theta_p e^2_{t-p} \quad (2.21)$$

2.10 Model GARCH

Bollerslev (1986), mengemukakan bahwa ragam galat tidak hanya tergantung dari galat lalu tetapi juga ragam galat periode yang lalu. Berdasarkan hal tersebut, Bollerslev kemudian mengembangkan model ARCH dengan memasukan unsur galat periode lalu dan ragam galat. Model ini dikenal sebagai model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedacity* (GARCH).

Menggunakan persamaan rata-rata (2.19) dan memasukan ragam galat periode yang lalu ke dalam persamaan ragam (2.20), model GARCH dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + e_t \tag{2.22}$$

$$\sigma^2_t = \theta_0 + \theta_1 e^2_{t-1} + \lambda_1 \sigma^2_{t-1} \tag{2.23}$$

Model persamaan (2.23) disebut model GARCH(1,1), karena ragam galat hanya dipengaruhi oleh galat satu periode sebelumnya dan ragam galat satu sebelumnya. Jika ragam galat dipengaruhi oleh galat p periode sebelumnya (*lag* p unsur ARCH) dan ragam galat q periode sebelumnya (*lag* q unsur GARCH), maka model GARCH (p,q) dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$\sigma^2_t = \theta_0 + \theta_1 e^2_{t-1} + \theta_p e^2_{t-p} + \lambda_1 \sigma^2_{t-1} + \ldots + \lambda_q \sigma^2_{t-q} \tag{2.24}$$

2.11 Model TGARCH

Model *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (TGARCH) diperkenalkan Zakoian pada tahun 1994 merupakan pengembangan dari model sebelumnya yakni model *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (EGARCH) oleh Nelson pada tahun 1991 dan model GJR-GARCH oleh Glosten, Jagannathan dan Runkle pada tahun 1993.

2.11.1 Proses TGARCH

Diberikan Y_t adalah peubah acak yang iid (*independent identic distribution*) dengan $E(Y_t) = 0$ dan $Var(Y_t) = 1$. Lalu (e_t) dinamakan proses *Threshold* GARCH (p,q) jika memenuhi sebuah persamaan dari bentuk,

$$\begin{cases} e_t = \sigma_t Y_t \\ \sigma_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^{p} \theta_i^{(1)} e_{t-i}^{(1)} - \theta_i^{(2)} e_{t-i}^{(2)} + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \sigma_{t-j} \end{cases} \tag{2.25}$$

Dimana $e_t^{(1)} = \max(e_t,0)$, $e_t^{(2)} = \min(e_t,0)$ dan $e_t = e_t^{(1)} - e_t^{(2)}$ yang merupakan efek dari *threshold*. Variabel θ_0, $\theta_i^{(1)}$, $\theta_i^{(2)}$, dan λ_i adalaah bilangan asli (Francq dan Zakoian, 2010). Berdasarkan persamaan (2.25), nilai σ_t^2 adalah

$$\sigma_t^2 = \theta_0 + \sum_{i=1}^{p} \theta_i e_{t-i}^2 + \gamma_i e_{t-1}^2 d_{(e_{t-i})>0} + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \lambda_j^2 \tag{2.26}$$

Kondisi pada saat terjadi *good news* ($\varepsilon_t > 0$) dan *bad news*($\varepsilon_t < 0$) memberi pengaruh berbeda terhadap ragamnya. Pengaruh *good news* ditunjukkan oleh θ sedangkan pengaruh *bad news* ditunjukkan oleh (θ + γ). Jika γ ≠ 0 maka terjadi efek asimetris. Deret e_t mempunyai rata-rata nol dan tidak berkorelasi. Misalkan y_t adalah himpunan pengamatan selama waktu t, dengan t = 1, 2, … , T yang dipengaruhi variabel eksogen x_t'. x_t' adalah vektor dari variabel bebas yang lemah berukuran n_t sedangkan d adalah vektor parameter atau koefisien dari variabel eksogen. Parameter d, θ_0, θ_i, λ_j, dan γ_i merupakan parameter-parameter yang di estimasi, sedangkan γ_i juga merupakan *leverage effect*.

Pada persamaan (2.25) memiliki nilai-nilai variabelnya yakni,

$$\theta_0 > 0,\ \theta_i^{(1)} \geq 0,\ \theta_2^{(2)} > 0,\ \text{dan } \lambda_i \geq 0 \tag{2.27}$$

dengan variabel σ_t selalu positif dan menjelaskan kondisi simpangan baku dari e_t. Pada umummnya kondisi simpangan baku dari e_t adalah $|\sigma_t|$ yang membuat nilai positif dari $|\sigma_t$ tidak diperlukan. Model TGARCH yang linier serupa dengan model GARCH. Berdasarkan persamaan (2.27) didapatkan

$$e_t^{(1)} = \sigma_t y^{(1)}, \quad e_t^{(2)} = \sigma_t y^{(2)} \tag{2.28}$$

dimana dapat ditulis simpangan baku dalam bentuk,

$$\sigma_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^{\max(p,q)} \theta_i (Y_{T-1}) \sigma_{T-I} \tag{2.29}$$

Dimana i = 1, …, *max*(p,q). Dinamika dari σ_t diberikan sebuah koefisien acak model *autoregressive*.

2.12 Kasus-kasus model TGARCH dalam penggunaan *Eviews*

Menurut Agung (2009), kondisi ragam model TGARCH (a,b,c) persamaannya sebagai berikut,

$$\sigma_t^2 = \theta_0 + \sum_{i=1}^{a} \theta_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{a} \omega_j e_{t-j}^2 + \sum_{k=1}^{a} \gamma e_{t-k}^2 \; d_{(e_{t-i})>0} + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \lambda_j^2 \qquad (2.32)$$

dimana a = ARCH, b= GARCH, dan c= TARCH serta ragam regresinya. Lalu untuk pemilihan bilangan bulat dari a, b, dan c mengikuti model TGARCH khusus yang diperoleh,

i. Untuk a ≠ 0, b = 0, dan c = 0

   Pada kasus ini, kondisi model ragamnya dinamakan TGARCH(a,0,0) dengan persamaannya adalah

$$\sigma_t^2 = \theta_0 + \sum_{i=1}^{a} \theta_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \lambda_j^2 \qquad (2.33)$$

ii. Untuk a ≠ 0, b = 0, dan c = 0

   Pada kasus ini, kondisi model ragamnya dinamakan TGARCH(0,b,0) dengan persamaannya adalah

$$\sigma_t^2 = \theta_0 + \sum_{j=1}^{a} \omega_j e_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \lambda_j^2 \qquad (2.34)$$

iii. Untuk a ≠ 0, b = 0, dan c = 0

   Pada kasus ini, kondisi model ragamnya dinamakan TGARCH(0,0,c) dengan persamaannya adalah

$$\sigma_t^2 = \theta_0 + \sum_{k=1}^{a} \gamma e_{t-k}^2 \; d_{(e_{t-i})>0} + \sum_{j=1}^{q} \lambda_j \lambda_j^2 \qquad (2.35).$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2016/2017, Bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data runtun waktu sekunder yang diambil dari Telekomunikasi Indonesia *Official Website* yaitu *www.Telkom.co.id* untuk data harian harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. periode 26 Agustus 2015 sampai 13 September 2016 (lampiran).

3.3 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dalam mengkaji model TGARCH adalah sebagai berikut:

1. Melakukan plot data harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk.
2. Melihat garis kecenderungan data secara grafik.
3. Memeriksa kestasioneran data dengan hipotesis uji ADF. Jika data tidak stasioner dilakukan proses diferensiasi pada data.

4. Mengidentifikasi model Box-Jenkins dengan menggunakan metode pemilihan model melalui ACF dan PACF.
5. Mengestimasi parameter model Box-Jenkins terbaik melalui:

   a. Uji signifikasi koefisien peubah independen termasuk konstanta.

   b. Kriteria SC.
6. Mengevaluasi model Box-Jenkins dengan cara pengujian terhadap galatnya.
7. Mengidentifikasi dan mengestimasi efek ARCH dan GARCH pada galatnya.
8. Melakukan pengujian efek asimetris dengan menggunakan model GARCH.
9. Membentuk model dan mengestimasi parameter model TGARCH dengan uji berdasarkan nilai SC.
10. Mengevaluasi model TGARCH terhadap model dengan pengujian normalitas galat menggunakan Model Jargue-Bera.
11. Melakukan peramalan volatilitas model TGARCH untuk periode berikutnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah model TGARCH terbaik yang digunakan untuk meramalkan harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. adalah model TGARCH(1,3,2). Persamaan rata-ratanya, $Y_t = 0.001534 + 0.674868Y_{t-1} - 0.820603e_{t-1.}$ dan persamaan ragamnya, $\sigma^2_t = 0.000171 + 0.101270e^2_{t-1} - 0.209495\sigma^2_{t-1} + 0.630915\sigma^2_{t-2} - 0.129610\ \sigma^2_{t-3}$.

Hasil ramalan *return* harga saham pada periode berikutnya sebesar 0.008315. Pada hasil ramalan *return* data tersebut diperoleh harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. periode berikutnya sebesar 4080.

5.2 Saran

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model TGARCH untuk meramalkan data harga saham PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan model lain yang memiliki kharakteristik yang sama yakni model EGARCH dan APARCH.

DAFTAR PUSTAKA

Agung, I.G.N. 2009. *Time Series Data Analysis Using Eviews*. John Wiley and Sons, Ltd., Singapore.

Assauri, S. 1998. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga FEUI, Jakarta.

Ariefianto, M.D. 2012. *Ekonometrika Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan EViews*. Erlangga, Jakarta.

Box, G.E.P. dan Jenkins, G.L. 1976. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden day, San Francisco.

Brockwell, P.J. dan Davis, R.A. 2001. *Introduction to Time Series and Forecasting*. Fort Collins, Colorado

Engle, R.F. 1982. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimares of The Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrics*. **50**, 987-1008.

Francq, C. dan Zakoian, J.M. 2010. *Garch Models*. John Wiley and Sons, Ltd., United Kingdom.

Gujarati, N.D. 2004. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill, New York.

Knight, J. dan Satchel, S. 2007. *Forecasting Volatility in the Financial Markets*. 3th Edition. Elsevier, Ltd., Unitied Kingdom

Makridakis, S.S. 1998. *Methods and Aplications In Forecasting*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Muis, S. 2008. *Meramalkan Pergerakan Harga Saham Menggunakan Pendekatan Model Arima, Indeks Tunggal & Markowitz*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Shewhart, W.A. and Wilks, S.S. 2008. *Wiley Series in Probability and Statistics.* John Wiley & Sons, Inc., New York.

Singgih, P.S. dan Anna, L. 2015. *Gini Caranya Dapat Untung dari Bisnis Saham dan Reksadana*. Certe Posse, Yogyakarta.

Supranto. 1984. *Ekonomi*. Buku Dua Ghalia, Indonesia.

Widarjono. A. 2013. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. YKP, Yogyakarta.