**IMPLEMENTASI MODEL ARIMA-GARCH MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD***

**(Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)**

**SKRIPSI**

**OLEH**
**NIKSIE GRETA SANCHIA**
**NIM. 16610081**

**JURUSAN MATEMATIKA**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**
**MALANG**
**2020**

**IMPLEMENTASI MODEL ARIMA-GARCH**
**MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD***

**(Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada**
**Fakultas Sains dan Teknologi**
**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**
**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam**
**Memperoleh Gelar Sarajana Matematika (S.Mat)**

**Oleh**
**NIKSIE GRETA SANCHIA**
**NIM. 16610081**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**
**MALANG**
**2020**

**IMPLEMENTASI MODEL ARIMA-GARCH MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD***

**(Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)**

**SKRIPSI**

**Oleh**
**NIKSIE GRETA SANCHIA**
**NIM. 16610081**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 12 Mei 2020

| Pembimbing I, | Pembimbing II, |
|---|---|
| Abdul Aziz, M.Si | Muhammad Khudzaifah, M.Si |
| NIP. 19760318 200604 1 002 | NIDT. 1990511 20160811 057 |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

**IMPLEMENTASI MODEL ARIMA-GARCH**
**MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD***

**(Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**NIKSIE GRETA SANCHIA**
**NIM. 16610081**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 12 Mei 2020

| | | |
|---|---|---|
| Penguji Utama | : Dr. Sri Harini, M.Si | ……………….... |
| Ketua Penguji | : Angga Dwi Mulyanto, M.Si | ……………….... |
| Sekretaris Penguji | : Abdul Aziz, M.Si | ……………….... |
| Anggota Penguji | : Muhammad Khudzaifah, M.Si | ……………….... |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niksie Greta Sanchia

NIM : 16610081

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi :Implementasi Model ARIMA-GARCH menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Mei 2020
Yang membuat pernyataan,

METERAI TEMPEL
A4DCDAHF47169
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Niksie Greta Sanchia
NIM. 16610081

## MOTO

"Jika orang lain bisa, maka aku juga pasti bisa"

"Raihlah cita-citamu setinggi langit, tetapi rendahkanlah hatimu serendah mutiara dasar laut"

*"Where there's a will there's a way, Live must go on"*

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda Teguh, dukungan dan arahan darinya menjadi semangat bagi penulis. Ibunda tercinta Rista, do’a darinya menghadirkan keselamatan, keterlindungan, dan kelancaran bagi penulis. Mas Sandika dan adik Nevil tersayang, serta seluruh keluarga yang telah memberi dukungan kepada penulis.

# KATA PENGANTAR

*Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pada dasarnya penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Pd selaku ketua Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan arahan, nasihat dan motivasi kepada penulis.
5. M. Khudzaifah, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terimakasih atas segala ilmu dan bimbinganya
7. Ayah dan ibu serta adik tersayang yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan, kasih sayang, serta motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman mahasiswa angkatan 2016 yang telah banyak membantu penulis dan memberikan dukungan dalam menyusun skripsi sampai selesai.
9. Serta semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dalam penulisan skripsi ini, baik dalam teknik penyajian materi maupun pembahasan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan ilmu bagi para pembaca.

Malang, 10 Mei 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

## DAFTAR GAMBAR

## DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini memiliki makna sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| $\sigma^2$ | : Nilai variansi varaibel acak |
| t | : Periode/waktu |
| $r$ | : Return |
| $n$ | : Banyaknya pengamatan |
| $\mu$ | : Rata-rata variabel acak |
| $Z_t$ | : Variabel acak untuk $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$ |
| $\widehat{Z}_t$ | : Estimasi variabel acak untuk $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$ |
| $Z'_t$ | : Hasil *differencing* pertama dari $Z_t$ |
| $Z"_t$ | : Hasil *differencing* kedua dari $Z_t$ |
| $Z_{t+k}$ | : Variabel acak untuk $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$ pada saat $k$ |
| $\hat{Z}_{t+k}$ | : Estimasi variabel acak $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$ pada saat $k$ |
| $d$ | : Orde *differencing* |
| $B$ | : Operator *shift* mundur |
| $\varepsilon$ | : Nilai *error* |
| $k$ | : Selang waktu, $k = \{0,1,2, ...\}$ |
| $\gamma_k$ | : Nilai fungsi autokovariansi (koefisien kovariansi) pada saat $k$ |
| $\rho_k$ | : Nilai fungsi autokorelasi (koefisien korelasi) pada saat $k$ |
| $P_k$ | : Nilai fungsi autokorelasi parsial pada saat $k$ |
| $\dot{Z}_t$ | : Simpangan data terhadap rata-ratanya |
| $\omega_i$ | : Parameter AR untuk koefisien variabel ke-$(t-i)$ , $i = 1,2, ..., p$ |
| $p$ | : Orde AR |
| $\phi_i$ | : Parameter MA untuk koefisien variabel ke-$(t-i)$ , $i = 1,2, ..., q$ |
| $q$ | : Orde MA |
| $\omega_p$ | : Parameter AR untuk koefisien variabel ke- $(t-p)$ |

| | | |
|---|---|---|
| $\phi_p$ | : Parameter MA untuk koefisien variabel ke-$(t-p)$ |
| $\phi_0$ | : Parameter konsanta rata-rata |
| $w_t$ | : *White noise* |
| $h_t$ | : Nilai standar deviasi *error* |
| $h_t^2$ | : Nilai variansi *error* |
| $\sigma_t^2$ | : Variansi pada saat $t$ |
| $\alpha$ | : Parameter ARCH |
| $m$ | : Orde ARCH |
| $\alpha$ | : Parameter ARCH |
| $m,s$ | : Orde GARCH |
| $\alpha, \theta$ | : Parameter GARCH |
| SE | : Nilai standar *error* |
| DF | : Nilai uji Dickey Fuller |
| $\hat{\omega}$ | : Penduga dari koefisien $\omega$ |
| $S_k$ | : Skewness |
| TOL | : Nilai TOL |
| VIF | : Nilai VIF |
| $S_T$ | : Harga saham pada waktu ke-$t$ |
| $K_u$ | : Kurtosis |
| $R^2$ | : Koefisien determinasi |
| $\chi^2$ | : Distribusi *chi-square* |
| $\mu S_T dt$ | : Komponen deterministik |
| $\sigma S_T dW_T$ | : Komponen stokastik |
| $W_T$ | : Proses *Wiener* |
| $T$ | : Periode |
| $r$ | : *Return* |
| $S$ | : Harga saham |
| K | : Harga ketentuan |
| C | : Opsi beli |
| P | : Opsi jual |

| | | |
|---|---|---|
| $s$ | : Standar deviasi |
| $\bar{r}$ | : Rata-rata *return* |
| $Y$ | : Vektor (acak) $1 \times n$ |
| $X$ | : Matrik (acak) $n \times (u+1)$ |
| $\beta$ | : Vektor parameter $(u+1) \times 1$ |
| $X'_i$ | : Vektor $1 \times u$ |
| $X'$ | : Matrik transpos |
| $\beta'$ | : Vektor parameter transpos |
| $l$ | : Fungsi *likelihood* |
| $L$ | : Fungsi *log-likelihood* |
| $\hat{\beta}_{ml}$ | : Vektor parameter *Maximum Likelihood* |
| $P_{BS}$ | : Harga opsi jual dengan *Black Scholes* |

# ABSTRAK

Sanchia, Niksie Greta. 2020. **Implementasi Model ARIMA-GARCH menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M.Si (II) Muhammad Khudzaifah, M.Si

**Kata kunci**: ARIMA, GARCH, Harga Saham, *Maximum Likelihood*, *Return*

Penelitian ini membahas implementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data harga saham *Jakarta Islamic Index*. Pemodelan ARIMA-GARCH diawali dengan transformasi data harga saham menjadi data *log return* kemudian dilakukan uji stasioneritas dan uji normalitas. Kemudian estimasi model menggunakan metode *maximum likelihood* dengan iterasi *Newton Raphson.* Setelah dilakukan estimasi, didapatkan model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) sebagai model signifikan. Kemudian model tersebut digunakan untuk meramalkan harga saham beberapa periode ke depan. Hasil peramalan menyatakan bahwa plot data prediksi hampir mengikuti pola data aktual. Hal tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) dapat memberikan hasil peramalan yang baik.

# ABSTRACT

Sanchia, Niksie Greta. 2020. **Implementation of ARIMA-GARCH Model with *Maximum Likelihood* Method (Case Study: Stock Price of *Jakarta Index Islamic*)**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si (II) Muhammad Khudzaifah, M.Si

**Keywords:** ARIMA, GARCH, Stock Price, *Maximum Likelihood*, *Return*

This thesis discusses the implementation of the ARIMA-GARCH model using the *Maximum Likelihood* method on the *Jakarta Islamic Index* stock price data. ARIMA-GARCH modeling begins with the transformation of stock price data into log return data then a stationarity and normality test is performed. Further, the model estimation using the *maximum likelihood* method with *Newton Raphson* iteration. After estimation, ARIMA (1,1,1)-GARCH (0,2) model is obtained as a significant model. Eventually model is used to forecast stock prices in the next few periods. Forecasting results state that the prediction data plot almost follows the actual data pattern. This shows that the ARIMA (1,1,1) - GARCH (0,2) model can provide good forecasting results.

# ملخص

سانشيا ، نيكسي جريتا. ٢٠٢٠.تنفيذ نموذج (*ARIMA-GARCH*) بأقصى قدر *Maximum Likelihood* (دراسة حالة: سعر سهم مؤشر جاكرتا الإسلامي). البحث العلمي. شعبة الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.

١. المشرف الأول، عبد العزيز ، الماجستيرٍ ٢. المشرف الثاني، محمد خديفة ، الماجستيرٍ

**الكلمات الرئيسية**: ARIMA، GARCH ، سعر السهم ، *Maximum Likelihood* ، عائد

يناقش هذا البحث تطبيق نموذج *ARIMA-GARCH* باستخدام طريقة *Maximum Likelihood* في بيانات أسعار أسهم في مؤشر جاكرتا الإسلامي. تبدأ نمذجة *ARIMA-GARCH* بتحويل بيانات أسعار الأسهم إلى بيانات إرجاع السجل ثم يتم إجراء اختبار الاستقرارية والحالة الطبيعية. ثم قام بتقدير النموذج باستخدام طريقة *Maximum Likelihood* مع تكرار *Newton Raphson*. بعد التقدير ، يتم الحصول على نموذ ARIMA (1,1,1)-GARCH (0,2) نموذجاً هاماً. ثم يتم استخدام النموذج للتنبؤ بأسعار الأسهم في الفترات القليلة القادمة. تشير نتائج التنبؤ إلى أن مخطط بيانات التنبؤ يتبع نمط البيانات الفعلي تقريبًا. يوضح هذا أن نموذج ARIMA (1,1,1)-GARCH (0,2) يمكن أن يوفر نتائج تنبؤ جيداً.

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu yang banyak digunakan sebagai alat bantu memecahkan masalah dalam berbagai bidang ilmu yang lain. Salah satu cabang ilmu matematika yang sedang berkembang dan berperan dalam menjawab masalah-masalah dalam kehidupan adalah ilmu statistika (Saefuddin, dkk, 2009). Banyak teori-teori dari ilmu statistik yang dapat diterapkan pada semua bidang kehidupan. Salah satu teori statistik yang biasa digunakan adalah pemodelan deret berkala (*time series*) (Sudjana, 2005). Penerapan analisis deret berkala (*time series*) salah satunya adalah pada bidang ekonomi dan keuangan. Misalnya, untuk menggambarkan pergerakan harga opsi. Mawby (2007) mendefinisikan opsi sebagai salah satu bentuk investasi yang sangat populer karena kontrak pada opsi memungkinkan seseorang untuk mengendalikan resiko dan dapat berpotensi menghilangkannya. Harga opsi dipengaruhi oleh harga saham.

Model runtun waktu yang dikembangkan oleh Box-Jenkins yaitu diantaranya, model *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), *Autoregressive Moving Average* (ARMA), dan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model-model tersebut berdasarkan asumsi bahwa datanya stasioner dan variansinya tetap atau konstan (homoskedastik). Model ARIMA tidak relevan jika dihadapkan pada data dengan variansinya yang tidak konstan (heteroskedastik). Untuk itu dibutuhkan model yang dapat digunakan untuk dihadapkan pada data dengan kondisi heteroskedastik. Model yang dapat digunakan untuk memodelkan data yang bersifat heteroskedastik adalah *Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (ARCH). Model ARCH pertama kali dikenalkan oleh Engle (1982). Model ARCH menggambarkan perubahan variansi yang dipengaruhi oleh beberapa data sebelumnya. Pada tahun 1986, Bollerslev memperkenalkan model *Generallized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) sebagai pengembangan dari model ARCH. Model GARCH merupakan model yang lebih sederhana dengan banyaknya parameter yang lebih sedikit dibandingkan model ARCH berderajat tinggi (Surya & Hariadi, 2002) .

Metode yang dapat digunakan digunakan dalam model ARIMA-GARCH, yaitu metode *least square,* metode *maximum likelihood,* dan metode *quasi-maximum likelihood.* Metode *maximum likelihood* pertama kali diperkenalkan oleh R. A. Fisher pada tahun 1922. *Maximum likelihood* digunakan untuk menentukan parameter yang memaksimalkan kemungkinan dari data sampel.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan jenis penelitian studi kasus pada harga saham. Saham merupakan salah satu jenis investasi yang banyak digunakan untuk meningkatkan pendapatan. Seseorang berinvestasi sama halnya dengan menabung. Sebagaimana Allah berfirman dalam al-Qur'an surat al-Kahfi ayat 82 yang berkaitan dengan menabung:

*"Dan adapun dinding rumah itu adalah milik dua anak yatim di kota itu, yang dibawahnya tersimpan harta bagi mereka berdua, dan ayahnya seorang yang saleh. Maka Tuhanmu menghendaki agar jeduanya sampai dewasa dan keduanya mengeluarkan simpananya itu sebagai rahmat dari Tuhanmu…."*

Dalam tafsir Ibnu Katsir, ayat di atas terdapat dalil yang menyatakan bahwa orang yang shalih akan senantiasa dipelihara keturunanya. Selain itu, juga mencangkup berkah ibadah yang dilakukan bagi anak keturunanya di dunia dan di akhirat melalui syafa'at bagi mereka. Derajat mereka akan ditinggikan ke derajat paling tinggi di surga supaya hatinya merasa senang terhadap mereka. Ayat di atas juga menjelaskan bahwa tersimpan harta bagi mereka anak yatim di balik dinding rumah mereka. Harta tersebut simpanan sampai mereka dewasa kelak sebagai rahmat dari Allah SWT.

Fitriyah (2012), meneliti tentang pemodelan harga saham menggunakan model ARIMA-GARCH. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model ARIMA-GARCH terbukti dapat menghilangkan masalah heteroskedastisitas dan dapat memodelkan ragam sisanya, selain itu model tersebut juga dapat memberikan peramalan yang baik. Penelitian terkait juga dilakukan oleh Khoirunnisa Elok (2014) yang meneliti tentang penerapan metode ARCH/GARCH pada pemodelan harga penutupan saham di Bursa Efek Indonesia periode 2005-2013. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model ARCH/GARCH terbukti dapat mengatasi masalah heteroskedastisitas dengan baik. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Bunga Lety (2015) yang meneliti tentang pemodelan dan peramalan penutupan harga saham PT.Telkom dengan metode ARCH/GARCH. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model ARCH/GARCH dapat memodelkan dan meramalkan harga saham dengan baik. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yolanda, dkk (2017). Dalam penelitian tersebut dilakukan penerapan model ARIMA-GARCH untuk memprediksi harga saham Bank BRI. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model ARIMA-GARCH dapat dikatakan baik untuk memodelkan dan memprediksi harga saham Bank BRI.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian di atas, yaitu Fitriyah (2012) dan Yolanda, dkk (2017) menggunakan penerapan model ARIMA-GARCH untuk memodelkan dan meramalkan harga saham, Khoirunnisa Elok (2014) dan Bunga Lety (2015) menggunakan penerapan model ARCH/GARCH pada pemodelan harga saham. Sehingga, peneliti tertarik untuk mengimplementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data harga saham *Jakarta Islamic Index* (JII). Alasan (Fitriyah, 2012)Sehingga investor syariah akan memilih saham yang tergabung dalam JII karena dianggap sebagai yang terbaik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada penentuan harga saham JII?
2. Bagaimana peramalan harga saham JII menggunakan model ARIMA-GARCH?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil implementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada penentuan harga saham JII.
2. Untuk mengetahui hasil peramalan harga saham JII menggunakan model

ARIMA-GARCH.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penilitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan mengenai pemodelan ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada penentuan harga saham dan peramalannya.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengembangan kurikulum dan silabus di bidang mata kuliah ekonometri.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan atau pengembangan masalah dalam penelitian ini, maka diperlukan adanya batasan masalah yaitu:

1. *Error* berdistribusi normal
2. Estimasi parameter model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* dengan iterasi *Newton-Raphson.*

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang mendasari pembahasan diantaranya; deret waktu *(time series)*, *autocorrelation fuction* (ACF) , *partial autocorrelation fuction* (PACF), kestasioneran, *differencing*, proses *white noise*, model *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), *Autoregressive Moving Average* (ARMA), dan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), ARCH dan GARCH, uji hipotesa, saham dan volatilitas, dan metode *Maximum Likelihood.*

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pendekatan penelitian, sumber data, variabel penelitian, dan analisis data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini merupakan inti dari skripsi yang menjelaskan tentang pembahasan hasil implementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada penentuan harga saham.

Bab V Penutup

Pada bab ini disajikan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan.

# BAB II

# KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Deret Waktu *(Time Series)*

### 2.1.1 Pengertian Deret Waktu

Deret waktu adalah serangkaian pengamatan yang diambil berdasarkan urutan waktu dan antara pengamatan yang berdekatan dan saling berkorelasi, sehingga dikatakan bahwa pada deret waktu, tiap pengamatan yang di ambil dari variabel berkorelasi dengan variabel itu sendiri pada waktu sebelumnya (Wei, 2006). Deret waktu memiliki aplikasi dalam berbagai bidang. Contoh deret waktu dalam bidang ekonomi antara lain pergerakan harga saham, jumlah ekspor setiap bulan, dan keuntungan perusahaan.

Dalam deret waktu (*time series*) perlu memperhatikan pola pergerakan data. Pola pergerakan data atau nilai variabel dapat diikuti dengan adanya data deret waktu, sehingga data deret waktu dapat digunakan sebagai dasar untuk pembuatan keputusan pada saat ini, peramalan keadaan perdagangan dan ekonomi pada masa yang akan datang, perencanaan kegiatan untuk masa depan (Spiegel & Stephens, 2017).

### 2.1.2 *Autocorrelation Function* (ACF)

Korelasi merupakan hubungan linier antara dua variabel (Reykov & George, 2013), sedangkan autokorelasi merupakan suatu kondisi dimana terdapat hubungan antara nilai-nilai suatu deret waktu yang sama pada waktu yang berbeda (Makridakis, MeGee, & Wheel, 1999). Pada ACF, $\rho_k$ merupakan ukuran korelasi antara dua nilai $Z_t$ dan $Z_{t+k}$ dengan koefisien korelasi pada *lag-k.* Rata-rata kedua nilai tersebut konstan yang dapat dinyatakan dengan:

$$E(Z_t) = E(Z_{t+k}) = \mu \tag{2.1}$$

dan memiliki variansi konstan sebagai berikut

$$\text{var}(Z_t) = \text{var}(Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma_Z^2 \tag{2.2}$$

Fungsi autokovariansi antara $Z_t$ dan $Z_{t+k}$ adalah sebagai berikut:

$$\text{cov}(Z_t, Z_{t+k}) = E\left[(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)\right] = \gamma_k \tag{2.3}$$

Sehingga fungsi autokorelasi antara $Z_t$ dan $Z_{t+k}$ adalah:

$$\begin{aligned} corr(Z_t, Z_{t+k}) &= \frac{\text{cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(Z_t)}\sqrt{\text{var}(Z_{t+k})}} \\ &= \frac{\text{cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(Z_t)}\sqrt{\text{var}(Z_t)}} \\ &= \frac{\text{cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\text{var}(Z_t)} \\ &= \frac{E\left[(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)\right]}{E(Z_t - \mu)^2} \\ &= \frac{E(Z_t - \mu)E(Z_{t+k} - \mu)}{E(Z_t - \mu)^2} \\ &= \frac{\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \mu)\sum_{t=1}^{n}(Z_{t+k} - \mu)}{\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \mu)^2} \\ &= \rho_k \end{aligned} \tag{2.4}$$

dimana:

$Z_t$ : variabel acak untuk $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

$k$ : selang waktu, $k = \{0,1,2, \dots\}$

$Z_{t+k}$ : variabel acak untuk $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ pada *lag* ke $k$

$\rho_k$ : nilai fungsi autokorelasi (koefisien korelasi) pada *lag* ke $k$

$\gamma_k$ : nilai fungsi autokovariansi pada *lag* ke $k$

$\mu$ : rata-rata variabel acak

### 2.1.3 *Parsial Autocorrelation Function* (PACF)

PACF menunjukkan korelasi antara variabel pada saat $t$ dan variabel pada saat $t - k$ dengan mengeluarkan seluruh pengaruh antara variabel pada saat $t$ dan variabel pada saat $t - k$ (Ariedianto, 2012). Menurut Wei (2006), Variansi antara $Z_t$dan $\hat{Z}_t$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\operatorname{var}\left(Z_t - \hat{Z}_t\right) = E\left(Z_t - \hat{Z}_t\right)^2 = E\left(\varepsilon_t\right)^2 \tag{2.5}$$

sedangkan variansi antara $Z_{t+k}$dan $\hat{Z}_{t+k}$ dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\operatorname{var}\left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right) = E\left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right)^2 = E\left(\varepsilon_{t+k}\right)^2 \tag{2.6}$$

dan fungsi autokovarian dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \operatorname{cov}\left[\left(Z_t - \hat{Z}_t\right), \left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right)\right] &= E\left[\left(\left(Z_t - \hat{Z}_t\right) - \mu\right)\left(\left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right) - \mu\right)\right] \\ &= E\left[\left(\varepsilon_t - \mu\right)\left(\varepsilon_{t+k} - \mu\right)\right] \\ &= E\left(\varepsilon_t - \mu\right) E\left(\varepsilon_{t+k} - \mu\right) \end{aligned} \tag{2.7}$$

Sehingga fungsi autokorelasi parsial dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$corr\left[\left(Z_t - \hat{Z}_t\right), \left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right)\right] = \frac{\operatorname{cov}\left(Z_t - \hat{Z}_t\right), \left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right)}{\sqrt{\operatorname{var}\left(Z_t - \hat{Z}_t\right)}\sqrt{\operatorname{var}\left(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k}\right)}}$$

$$= \frac{E(\varepsilon_t - \mu)E(\varepsilon_{t+k} - \mu)}{\sqrt{E(\varepsilon_t)^2}\sqrt{E(\varepsilon_{t+k})^2}}$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n}(\varepsilon_t - \mu)\sum_{t=1}^{n}(\varepsilon_{t+k} - \mu)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n}(\varepsilon_t)^2}\sqrt{\sum_{t=1}^{n}(\varepsilon_{t+k})^2}}$$

$$= P_k \tag{2.8}$$

dimana:

$Z_t$ : variabel acak untuk $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

$\hat{Z}_t$ : estimasi variabel acak untuk $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

$Z_{t+k}$ : variabel acak $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$ pada *lag* ke $k$

$\hat{Z}_{t+k}$ : estimasi variabel acak $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$ pada *lag* ke $k$

$\varepsilon$ : nilai *error*

$k$ : selang waktu, $k = \{0,1,2, ...\}$

$P_k$ : nilai fungsi autokorelasi parsial pada *lag* ke $k$

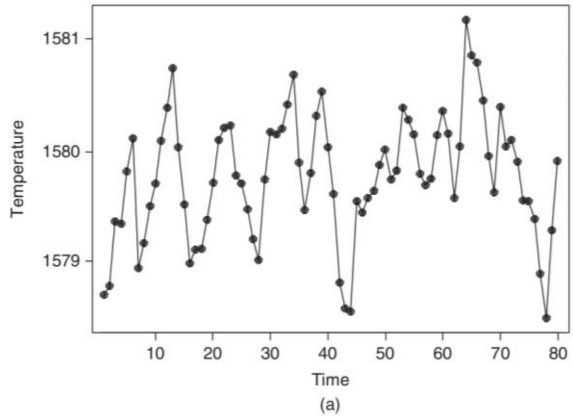
$\mu$ : rata-rata variabel acak

### 2.1.4 Kestasioneran

Data *time series* dapat dikatakan stasioner apabila tidak terjadi kenaikan atau penurunan secara tajam pada data. Stasioneritas dapat dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

1. Stasioneritas dalam Rata-rata

   Suatu data dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata apabila fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut (Wei, 2006). Berikut merupakan contoh gambar plot data *time series* stasioner dalam rata-rata.

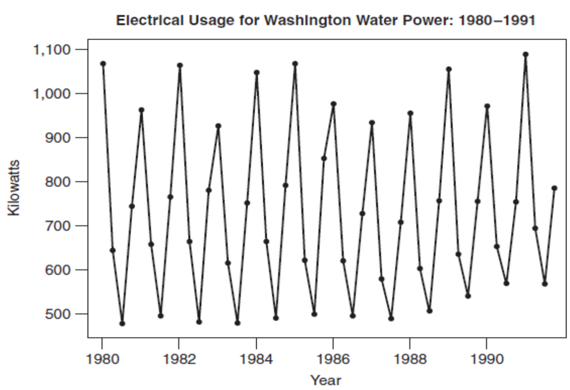



Gambar 2.1 Plot Data Time Series Stasioner dalam Rata-rata
Sumber: Bisgaard & Kulahci (2011)

Dari Gambar 2.1 dapat diketahui bahwa data *time series* tentang pendapatan diatas apabila ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata menunjukkan nilai yang terlihat mendekati tetap atau konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata.

2. Stasioneritas dalam Variansi

Suatu data dapat dikatakan stasioner dalam variansi apabila struktur data dari waktu ke waktu mempunyai fluktuasi yang tetap atau konstan (Wei, 2006). Berikut merupakan contoh gambar plot data *time series* stasioner dalam variansi.

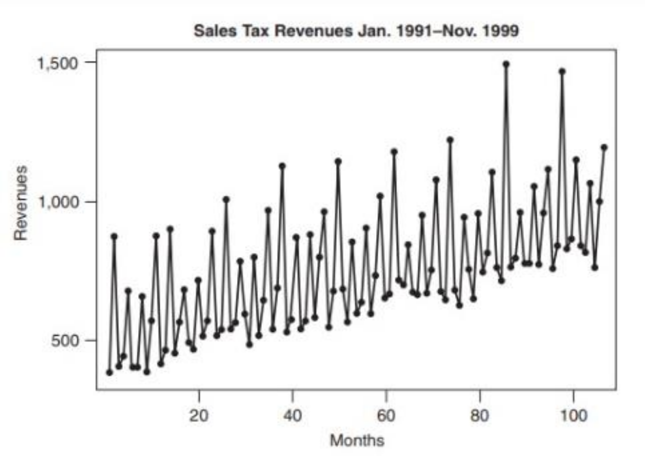



Gambar 2.2 Plot Data Time Series Stasioner dalam Variansi
Sumber: Hanke & Wichern (2014)

Dari Gambar 2.2 dapat diketahui bahwa data *time series* tentang pendapatan pajak penjualan diatas apabila ditarik garis lurus menaik pada tengah-tengah *plot* yang menandakan perkiraan rata-rata menunjukkan nilai yang terlihat berubah-ubah dan simpangan setiap data terhadap rata-ratanya menunjukkan nilai yang terlihat mendekati tetap atau konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam variansi.

3. Stasioneritas dalam Rata-rata dan Variansi

Berikut merupakan contoh gambar plot data *time series* stasioner dalam rata-rata danvariansi.




Gambar 2.3 Plot Data Time Series Stasioner dalam Rata-rata dan Variansi
Sumber: Hanke & Wichern (2014)

Dari gambar 2.3 dapat diketahui bahwa data *time series* tentang penggunaan listrik diatas apabila ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata menunjukkan nilai yang konstan dan simpangan setiap data terhadap rata-ratanya menunjukkan nilai yang terlihat mendekati tetap atau konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata dan variansi.

Menurut Mulyana (2014), stasioneritas terbagi menjadi dua, yaitu:

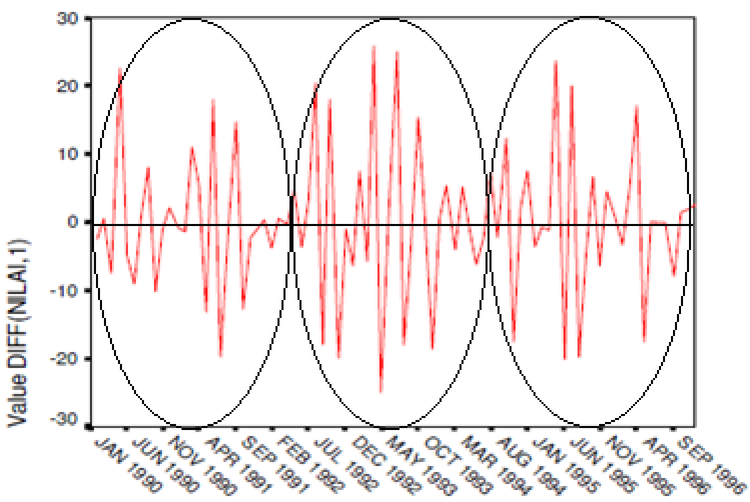
1. Stasioneritas kuat (*strictly stasionarity*)

Suatu data dapat dikatakan stasioner kuat apabila distribusi gabungan dari variabel acak $Z_t, t=1,2,...,n$ sama dengan distribusi gabungan dari variabel acak $Z_{t+k}$ dengan $t=1,2,...,n$ dan untuk semua lag $k$ atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F(Z_1, Z_2, ..., Z_n) = F(Z_{1+k}, Z_{2+k}, ..., Z_{n+k}) \quad (2.9)$$

dengan $k$ adalah selang waktu, yaitu $k$= 1,2,…

Berikut ini merupakan contoh gambar plot data stasioner kuat:




Gambar 2.4 Plot Data Stasioner Kuat
Sumber: Mulyana (2004)

Dari Gambar 2.4 dapat diketahui bahwa plot data *time series* apabila diambil sampel dimanapun nilai tengah atau perkiraan rata-ratanya konstan, sehingga dapat dikatakan stasioner kuat.

2. Stasioneritas lemah (*weakly stasionarity*)

Suatu data deret waktu dikatakan satsioner lemah apabila memiliki rata-rata konstan dan autokovariansinya merupakan fungsi dari *lag*. Menurut Effendi & Setiawan (2014), stasioneritas lemah dapat diartikan sebagai kondisi dimana rata-rata, variansi, dan autokovariansi konstan pada suatu waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E(Z_t) = E(Z_{t+k}) = \mu \tag{2.10}$$

$$var(Z_t) = var(Z_{t+k}) = E\left\{(Z_{t+k} - \mu)^2\right\} = \sigma_Z^2 \tag{2.11}$$

$$cov(Z_t, Z_{t+k}) = \gamma_k \tag{2.12}$$

dengan:

$Z_t$ : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

$Z_{t+k}$ : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$ pada saat $k$

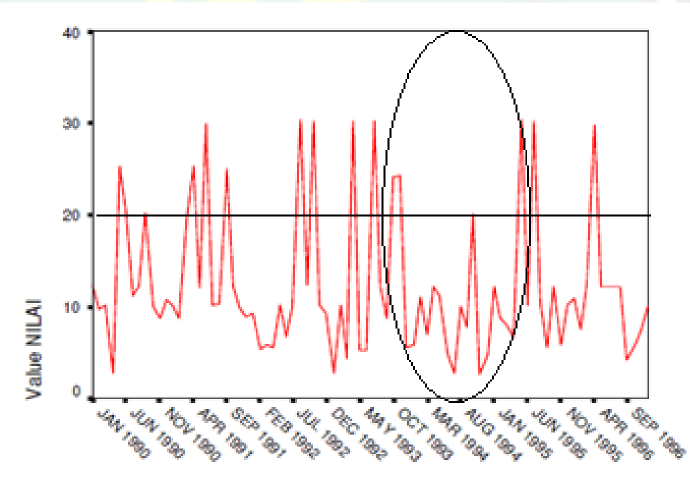
$\mu$ : rata-rata populasi

$\sigma_Z^2$ : variansi dari nilai variabel acak

$\gamma_k$ : nilai fungsi autokovariansi antara $Z_t$ dan $Z_{t+k}$

$k$ : selang waktu, $k = \{0, 1, 2, ...\}$

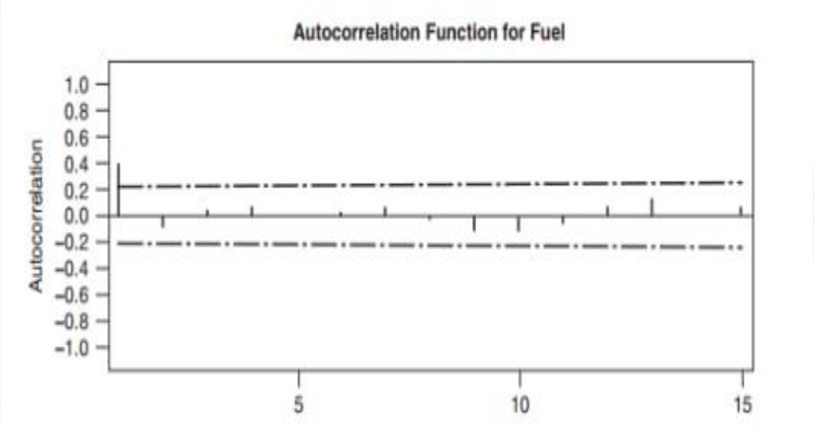
Berikut ini merupakan contoh gambar plot data stasioner lemah.




Gambar 2.5 Plot Data Stasioner Lemah
Sumber: Mulyana (2004)

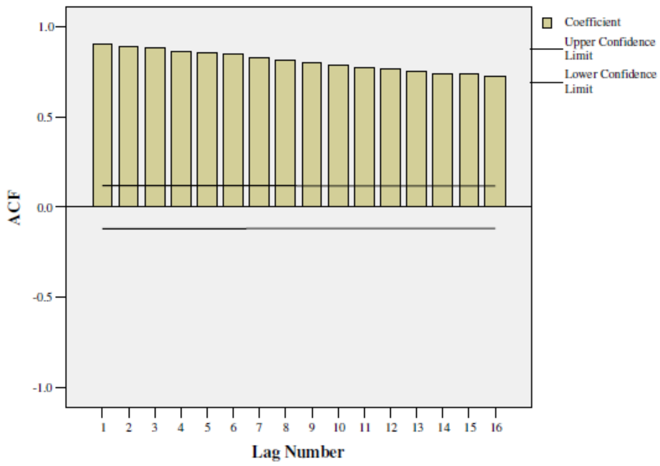
Dari Gambar 2.5 dapat diketahui bahwa plot data *time series* apabila diambil suatu sampel acak, garis tengahnya tidak mewakili rata-rata setiap data sehingga dapat dikatakan stasioner lemah.

Menurut Ekananda (2015), terdapat tiga cara yang dapat digunakan untuk menguji kestasioneran. Cara yang pertama dapat menggunakan analisis grafis, yaitu dengan membuat plot dari deret data yang dimiliki. Kemudian cara yang ke dua dapat dilihat dari *Autocorrelation Function* (ACF) atau *correlogram*, yaitu apabila gambar *correlogram* mendekati nol mulai dari *lag* ke-2 atau *lag* ke-3 maka data dikatakan stasioner. Berikut ini merupakan contoh gambar uji stasioneritas dengan ACF:




Gambar 2.6 Plot Stasioner Hasil Uji Stasioneritas dengan ACF
Sumber: Hanke & Wichern (2014)

Dari gambar 2.6 dapat diketahui bahwa plot ACF dari data *time series* tentang bahan bakar menunjukkan nilai fungsi autokorelasi yang mendekati nol diantara garis interval pada saat lag ke-2, sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner. Sedangkan suatu data dapat dikatakan tidak stasioner apabila gambar *correlogram* mendekati nol pada *lag* yang cukup panjang, misalkan pada *lag* ke-15 atau bahkan lebih. Berikut ini merupakan contoh visualisasi *correlogram* suatu data yang tidak stasioner:



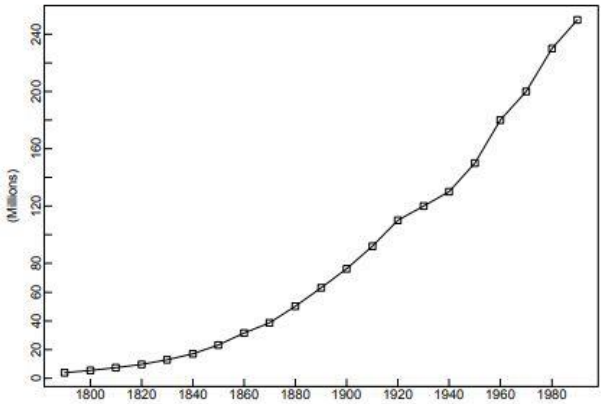

Gambar 2.7 Plot Tidak Stasioner Hasil Uji Stasioneritas dengan ACF
Sumber: Mulyana (2004)

Dari gambar 2.7 dapat diketahui bahwa *plot* ACF dari data *time series* di bawah ini menunjukkan nilai fungsi autokorelasi (ACF) yang melebihi garis interval saat *lag* pertama hingga *lag* ke-16 dan bergerak perlahan mendekati nol, karena pergerakan nilai ACF mendekati nol membutuhkan *lag* yang cukup panjang sehingga data tersebut dapat dikatakan tidak stasioner.

### 2.1.5 Differencing

*Differencing* dilakukan untuk menstasionerkan data yang non stasioner. Operator *shift* mundur (*backward shift*) sangat tepat dalam menggambarkan proses *differencing* (Makridakis, MeGee, & Wheel, 1999). Berikut merupakan gambar plot data tidak stasioner kemudian dilakukan proses *differencing* sehingga plot data menunjukkan stasioner. Dari gambar 2.8 dapat diketahui bahwa data *time series* tentang populasi penduduk U.S.A pada 1790-1990 diatas jika ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata menunjukkan nilai yang terlihat tidak mendekati tetap atau konstan begitu juga simpangan setiap data terhadap rata-ratanya menunjukkan nilai yang terlihat tidak mendekati tetap atau konstan.

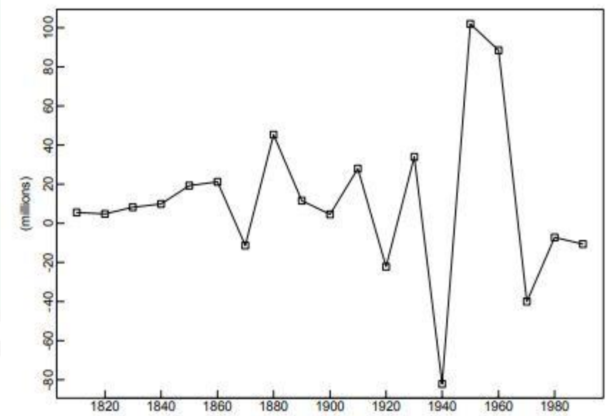
sehingga data tersebut dapat dikatakan tidak stasioner dalam rata-rata dan variansi




.

Gambar 2.8 Plot Data Sebelum Differencing
Sumber: Brockwell & Davis (2002)

Berikut merupakan gambar plot data setelah *differencing*. Gambar 2.9 sudah stasioner setelah di*differencing* karena apabila ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata menunjukkan nilai yang terlihat mendekati tetap atau konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata.




Gambar 2.9 Plot Data Setelah Differencing
Sumber: Brockwell & Davis (2002)

Menurut Makridakis, MeGee, dan Wheel (1999), proses *differencing* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z'_t = Z_t - Z_{t-1} \tag{2.13}$$

dimana $Z'_t$ merupakan *differencing* pertama dari $Z_t$. Selain itu, notasi yang dipasang pada $Z_t$ digunakan untuk menggeser data satu periode ke belakang yang dinotasikan dengan $B$ yang merupakan operator mundur (*backward shift*) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$BZ_t = Z_{t-1} \tag{2.14}$$

Pada persamaan tersebut, notasi $B$ yang dipasang pada $X_t$ memiliki efek menggeser data satu periode ke belakang. Opersasi shift mundur tersebut dapat menggambarkan proses *differencing*. Sebagai contoh, apabila suatu deret waktu tidak stasioner, maka data tersebut dapat dibuat lebih mendekati stasioner dengan melakukan *differencing* pertama dari deret data dan *differencing* pertama dituliskan sebagai berikut (Makridakis, dkk, 1999):

$$Z_t^{'} = Z_t - Z_{t-1} \tag{2.15}$$

dengan $Z_t^{'}$ merupakan nilai variabel $Z$ pada waktu *t* setelah *differencing*.

Dengan menggunakan *backward shift*, persamaan (2.15) dapat ditulis menjadi:

$$Z_t^{'} = Z_t - BZ_t \tag{2.16}$$

atau

$$Z_t^{'} = (1-B)Z_t \tag{2.17}$$

*Differencing* pertama pada persamaan (2.17) dinyatakan oleh $(1-B)$.

*Differencing* orde kedua, yaitu *differencing* pertama dari *differencing* pertama sebelumnya. Jika *differencing* orde kedua harus dihitung, maka

$$
\begin{aligned}
Z_t'' &= Z_t' - Z_{t-1}' \\
&= (Z_t - Z_{t-1}) - (Z_{t-1} - Z_{t-2}) \\
&= Z_t - 2Z_{t-1} - Z_{t-2} \\
&= (1 - 2B + B^2) Z_t \\
&= (1 - B)^2 Z_t
\end{aligned} \tag{2.18}
$$

*Differencing* orde kedua pada persamaan (2.18) dinotasikan oleh $(1-B)^2$. Secara umum, *differencing* orde ke-*d* dapat dinotasikan dengan

$$Z_t^d = (1-B)^d Z_t, d \geq 1 \tag{2.19}$$

dimana:

$Z_t^d$ : *differencing* orde ke-*d*

$d$ : orde *differencing*

### 2.1.6 Proses White Noise

*White noise* merupakan suatu bentuk variabel acak yang tidak saling berkorelasi dari distribusi tertentu. Menurut Wei (2006), proses *white noise* ditentukan dengan rata-rata yang konstan:

$$E(Z_t) = \mu = 0 \tag{2.20}$$

Proses ini juga memiliki varians konstan:

$$var(Z_t) = \sigma^2 \tag{2.21}$$

dan kovarian

$$cov(Z_t, Z_{t-k}) = \gamma_k = 0 \tag{2.22}$$

dimana:

$Z_t$ : variabel acak

$Z_{t+k}$ : variabel acak pada saat $k$

$t$ : waktu

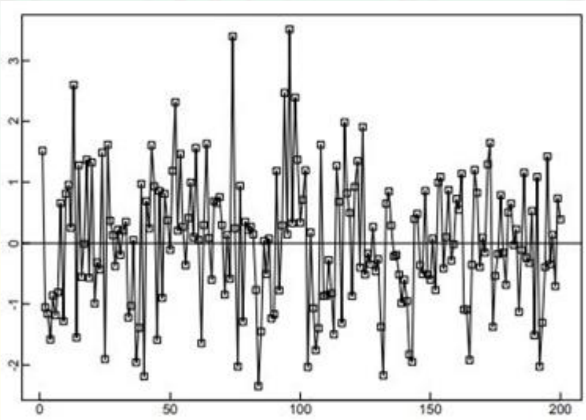
k : selang waktu/lag

$\mu$ : rata-rata variabel acak

$\sigma^2$ : variansi dari variabel acak

$\gamma_k$ : nilai fungsi autokovariansi antara $Z_t$dan $Z_{t+k}$ , $\forall k \neq 0$

Berikut ini merupakan contoh gambar yang menunjukkan bahwa data bersifat *white noise*.



Gambar 2.10 Plot Data bersifat White Noise
Sumber: Brockwell & Davis (2002)

Dari gambar 2.10 menunjukkan data yang bersifat *white noise* karena membentuk seperti plot data stasioner, tidak mengandung unsur *trend*, hanya saja jarak antardata pada plot *white noise* lebih rapat daripada plot data stasioner.

### 2.1.7 Model *Time Series* Stasioner

Model *time series* stasioner dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Model *Autoregressive* (AR)

   *Autoregressive* merupakan suatu bentuk regresi yang tidak menghubungkan variabel tak bebas, melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya pada selang waktu yang bermacam-macam. Jadi model

*Autoregressive* akan menyatakan ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret waktu tertentu (Makridakis, MeGee, & Wheel, 1999). Model *Autoregressive* (AR) dengan orde *p* dinotasikan dengan AR(*p*).

Menurut Wei (2006), model AR(*p*), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\dot{Z}_t = \omega_1 \dot{Z}_{t-1} + \ldots + \omega_p \dot{Z}_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (2.23)$$

Karena $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$ maka, persamaan (2.23) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_t - \mu &= \omega_1 (Z_{t-1} - \mu) + \ldots + \omega_p (Z_{t-p} - \mu) + \varepsilon_t \\ &= \omega_1 Z_{t-1} - \omega_1 \mu + \ldots + \omega_p Z_{t-p} - \omega_p \mu + \varepsilon_t \\ Z_t &= \mu - \omega_1 \mu - \ldots - \omega_p \mu + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \omega_p \\ &= \mu(1 - \omega_1 - \ldots - \omega_p) + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \\ &= \mu(1 - (\omega_1 - \ldots - \omega_p)) + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \\ &= \omega_0 + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (2.24) \end{aligned}$$

dimana:

$\dot{Z}_t$ : selisih antara variabel acak pada saat *t* dan rata-rata populasi

$Z_t$ : nilai variabel acak pada saat *t*

$\mu$ : rata-rata populasi

$\omega_i$ : koefisien regresi pada proses AR orde ke-$i$, $i = 1,2, \ldots, p$

$\omega_0$ : konstanta rata-rata

$\varepsilon_t$ : nilai *error* pada saat *t*

$t$ : waktu

$p$ : orde AR

2. Model *Moving Average* (MA)

*Moving Average* (MA) adalah nilai *time series* pada waktu *t* yang dipengaruhi oleh unsur kesalahan pada saat ini dan unsur kesalahan terbobot pada masa lalu (Makridakis, MeGee, & Wheel, 1999). Model *moving average* dengan orde $q$ dinotasikan dengan MA($q$). Menurut Wei (2006), model *moving average* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\dot{Z}_t = \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q\varepsilon_{t-q} \tag{2.25}$$

Karena $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$ dan diasumsikan bahwa $\mu = \phi_0$, maka persamaan (2.25) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$Z_t - \mu = \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q\varepsilon_{t-q}$$

$$Z_t - \phi_0 = \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q\varepsilon_{t-q}$$

$$Z_t = \phi_0 + \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q\varepsilon_{t-q} \tag{2.26}$$

dimana:

$\dot{Z}_t$ : selisih antara variabel acak pada saat *t* dan rata-rata populasi

$Z_t$ : nilai variabel acak pada saat *t*

$\mu$ : rata-rata populasi

$\phi_i$ : koefisien regresi pada proses MA orde ke-$i$, $i = 1,2,\ldots,q$

$\varepsilon_t$ : nilai *error* pada saat *t*

*t* : waktu

*q* : orde MA

3. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Model AR dan MA dapat dikombinasikan untuk menghasilkan berbagai macam model yang merupakan gabungan dari model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA). Menurut Wei (2006), bentuk persamaan ARMA$(p, q)$ adalah sebagai berikut:

$$\dot{Z}_t = \omega_1 \dot{Z}_{t-1} + \ldots + \omega_p \dot{Z}_{t-p} + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.27)$$

Karena $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$, maka persamaan (2.27) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$Z_t - \mu = \omega_1 (Z_{t-1} - \mu) + \ldots + \omega_p (Z_{t-p} - \mu) + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q \varepsilon_{t-q}$$

$$= \omega_1 Z_{t-1} - \omega_1 \mu + \ldots + \omega_p Z_{t-p} - \omega_p \mu + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q \varepsilon_{t-q}$$

$$Z_t = \mu - \omega_1 \mu - \omega_p \mu + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q \varepsilon_{t-q}$$

$$= \mu(1 - \omega_1 - \ldots - \omega_p) + \omega_1 Z_{t-1} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} + \varepsilon_t - \phi_1 \varepsilon_{t-1} - \ldots - \phi_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.28)$$

dimana:

$\dot{Z}_t$ : selisih antara variabel acak pada saat $t$ dan rata-rata populasi

$Z_t$ : nilai variabel acak pada saat $t$

$\omega_i$ : koefisien regresi pada proses AR orde ke-$i$, $i = 1,2, \ldots, p$

$\varepsilon_t$ : nilai *error* pada saat $t$

$t$ : waktu

$p$ : orde AR

$\phi_i$ : koefisien regresi pada proses MA orde ke-$i$, $i = 1,2, \ldots, q$

$q$ : orde MA

### 2.1.8 Model *Time Series* Nonstasioner

Salah satu model deret waktu nonstasioner adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). ARIMA merupakan hasil modifikasi model ARMA ($p$,$q$) dengan memasukkan operator *differencing* karena merupakan syarat untuk menstasionerkan data, dalam notasi operator *shift* mundur. Menurut Wei (2006), bentuk persamaan ARIMA$(p, d, q)$ adalah sebagai berikut:

$$Z_t - Z_{t-d} = \omega_1 Z_{t-1} - \omega_1 Z_{t-1-d} + \ldots + \omega_p Z_{t-p} - \omega_p Z_{t-p-d} + \phi_0 + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \ldots + \phi_q \varepsilon_{t-q}$$

$$Z_t - Z_{t-d} = \omega_1 (Z_{t-1} - Z_{t-1-d}) + \ldots + \omega_p (Z_{t-p} - Z_{t-p-d}) + \phi_0 + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \ldots + \phi_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.29)$$

atau dapat disederhanakan dengan bentuk berikut ini:

$$Z_t - Z_{t-d} = \phi_0 + \sum_{i=1}^{p} \omega_1 (Z_{t-1} - Z_{t-1-d}) + \sum_{j=1}^{q} \phi_j \varepsilon_{t-j} \quad (2.30)$$

dimana:

$Z_t$ : variabel acak pada saat $t$

$\omega_i$ : koefisien regresi pada proses AR orde ke-$i$, $i = 1,2, \ldots, p$

$p$ : orde AR

$\phi_i$ : koefisien regresi pada proses MA orde ke-$i$, $i = 1,2, \ldots, q$

$q$ : orde MA

$\varepsilon_t$ : nilai *error* pada saat $t$

$t$ : waktu

$d$ : orde *differencing*

### 2.1.9 Model ARCH dan GARCH

Pada umumnya pemodelan data *time series* harus memenuhi asumsi varian konstan (homoskedastisitas). Namun data time series pada sektor keuangan sangat tinggi volatilitasnya. Hal ini ditunjukkan oleh pergerakan varian yang tidak konstan (heteroskedastisitas). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan model *Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (ARCH) yang diperkenalkan oleh Engle (1982).

Menurut Wei (2006) model ARCH$(m)$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon_t = h_t w_t \tag{2.31}$$

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 \tag{2.32}$$

dimana:

$w_t$ : variabel acak *white noise*

$h_t^2$ : variansi *error* pada saat *t*

$h_t$ : standar deviasi *error*

$\alpha$ : parameter ARCH

$\varepsilon_t$ : *error* pada saat *t*

$m$ : orde ARCH

dengan $\alpha_0 > 0$ dan $a_m \geq 0$ untuk $m > 0$

Selanjutnya, model *Generallized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) dikembangkan oleh Bollerslev tahun 1986 yang merupakan model pengembangan dari model ARCH(*m*) untuk mengatasi orde yang lebih tinggi. Menurut Wei (2006), bentuk umum model GARCH(*m*,*s*) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 + \vartheta_1 h_{t-1}^2 \ldots + \vartheta_s h_{t-s}^2 \tag{2.33}$$

dimana:

$h_t^2$ : variansi *error* pada saat *t*

$\varepsilon_t$ : *error* pada saat *t*

$\alpha, \vartheta$ : parameter GARCH

*m*,*s* : orde GARCH

## 2.2 Uji Hipotesa

### 2.2.1 Uji Stasioneritas

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui data bersifat stasioner atau tidak yaitu dengan membuat plot antara nilai pengamatan terhadap waktu. Selain itu menurut Saludin (2017), uji stasioneritas juga dapat dilakukan dengan uji akar unit. Untuk memperoleh gambaran uji akar unit, akan ditunjukkan pada persamaan AR(1) berikut ini:

$$Z_t = \omega Z_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.34}$$

Hipotesis yang digunakan:

$H_0 : ADF = 1$ (data memiliki akar unit/ data bersifat stasioner)

$H_1 : ADF < 1$ (data tidak memiliki akar unit/ data bersifat tidak stasioner)

Statistik uji:

$$ADF = \frac{\hat{\omega}}{SE(\hat{\omega})} \tag{2.35}$$

dengan,

$$SE = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \tag{2.36}$$

dimana:

DF : Uji Dickey Fuller

$\hat{\omega}$ : penduga dari koefisien $\omega$

$\omega$ : parameter AR

SE : nilai standar *error*

$\sigma^2$ : variansi

n : banyaknya pengamatan

Keputusan : $H_0$ ditolak jika statistik uji DF lebih kecil daripada nilai kritis

Kesimpulan : Jika $H_0$ ditolak maka data bersifat stasioner

### 2.2.2 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah suatu data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dapat digunakan untuk mengukur data berskala ordinal, interval, atau rasio. Menurut Rosadi (2012), salah satu pengujian normalitas data, yaitu menggunakan pendekatan grafik. Selain itu, normalitas juga dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Jarque Bera* (JB) dan nilai *Chi Square* tabel (Ansofino, 2016).

Hipotesis yang digunakan:

$H_0$ : $\mu = 0$ (*error* berdistribusi normal)

$H_1$ : $\mu \neq 0$ (*error* tidak berdistribusi normal)

Statistik uji:

$$JB = \frac{n}{2}\left( S_k^2 + \frac{(K_u - 3)^2}{4} \right) \tag{2.37}$$

dan untuk estimasi skewness dan kurtosis digunakan statistik $S_k$ dan $K$ yang didefinisikan sebagai berikut:

$$S_k = \frac{\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n}(Z_l - \mu)^3}{\left(\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n}(Z_l - \mu)^2\right)^{3/2}} \tag{2.38}$$

dan

$$K_u = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z_l - \mu)^4}{\left(\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n}(Z_l - \mu)^2\right)^{2}} \tag{2.39}$$

dimana:

$Z_t$ : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

$\mu$ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

$S_k$ : skewness

$K_u$ : kurtosis

Keputusan : Jika JB hitung > *Chi Square* tabel maka $H_0$ ditolak.

Kesimpulan : Jika $H_0$ ditolak, maka *error* tidak berdistribusi normal.

### 2.2.3 Uji Heteroskedastisitas

Tujuan dari uji heteroskedastisitas adalah untuk menguji apakah dalam sebuah model regresi terjadi ketidaksamaan varians atau residual dari satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Menurut Sarjono dan Julianita (2013), deteksi heteroskedastisitas dapat dilakukan dengan metode scatter plot dengan memplotkan nilai ZPRED (nilai prediksi) dengan SRESID (nilai residualnya). Model yang baik didapatkan jika tidak terdapat pola tertentu pada grafik, seperti mengumpul di tengah, menyempit kemudian melebar atau sebaliknya melebar kemudian menyempit.

Selain itu, menurut Effendi & Setiawan (2014), cara untuk menguji heteroskedastisitas yaitu dengan menggunakan metode White. Proses pengujian dengan metode White pada model adalah dengan melakukan regresi tambahan sebagai berikut:

$$\varepsilon_i^2 = \alpha_1 + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + \alpha_4 X_{2i}^2 + \alpha_5 X_{3i}^2 + \alpha_6 X_{2i} X_{3i} + \varepsilon_i \quad (2.40)$$

dimana $\varepsilon_i$ merupakan nilai *error* dari persamaan struktural. Hasil regresi ini bertujuan untuk mendapatkan nilai $R^2$ yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis.

Hipotesis yang digunakan:

$H_0 \,:\, \sigma_t^2 = \sigma^2$ (homoskedastisitas)

$H_1 \,:\, \sigma_t^2 \neq \sigma^2$ (heteroskedastisitas)

Statistik uji:

$$\chi^2 = n.R^2 \tag{2.41}$$

dengan,

$$R^2 = \frac{\left(\hat{Y} - \bar{Y}\right)^2}{\left(Y - \bar{Y}\right)^2} \tag{2.42}$$

dimana:

$n$ : banyaknya pengamatan

$R^2$ : koefisien determinasi

$\chi^2$ : distribusi *chi-square*

$\hat{Y}$ : variabel terikat estimasi

$Y$ : variabel terikat

$\bar{Y}$ : variabel terikat rata-rata

Keputusan : Jika $\chi^2{}_{hitung} > \chi^2{}_{tabel}$ maka $H_0$ ditolak.

Kesimpulan : Jika $H_0$ ditolak maka ada heteroskedastisitas di dalam model.

### 2.2.4 Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter merupakan uji yang dilakukan setelah estimasi nilai-nilai parameter dari model ARIMA yang ditetapkan sementara. Uji signifikansi parameter berguna untuk mengetahui signifikan atau tidaknya suatu parameter. Menurut Aswi & Sukarna (2006), pengujian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Hipotesis yang digunakan:

$H_0 : \theta = 0$ (parameter $\theta$ tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \theta \neq 0$ (parameter $\theta$ signifikan dalam model)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}}{SE\left(\hat{\theta}\right)} \tag{2.43}$$

dimana:

$\hat{\theta}$ : nilai estimasi parameter

$SE$ : *standart error*

Keputusan: Tolak $H_0$ jika $\left|t_{hitung}\right| > t_{\frac{\alpha}{2}}$ dengan dimana $\alpha$ adalah taraf signifikansi.

Kesimpulan: Tolak $H_0$ artinya parameter pada model telah signifikan.

## 2.3 Saham dan Volatilitas

### 2.3.1 Saham

Saham adalah salah satu bentuk investasi yang paling banyak diminati karena memberi keuntungan yang menarik. Saham berwujud selembar kertas yang menerangkan bahwa pemilik kertas adalah pemilik perusahaan yang menerbitkan surat berharga tersebut. Porsi kepemilikan ditentukan oleh seberapa besar penyertaan yang ditanamkan di perusahaan tersebut (Darmadji & Hendi, 2006). Perubahan harga saham tidak dapat ditentukan secara pasti. Menurut Hull (2012), perubahan harga saham dapat dimodelkan menggunakan persamaan differensial stokastik sebagai berikut:

$$dS_T = \mu S_T dt + \sigma S_T dW_T \tag{2.44}$$

dengan:

$\mu S_T dt$ : komponen deterministik

$\sigma S_T dW_T$ : komponen stokastik

$W(t)$ : proses *Wiener*

### 2.3.2 Volatilitas

Volatilitas adalah salah satu pengukuran statistik untuk fluktuasi harga selama periode waktu tertentu. Volatilitas juga dapat didefinisikan sebagai ukuran dalam presentase yang menyatakan seberapa besar kemungkinan harga saham dapat bergerak naik atau turun dalam suatu periode tertentu (Karnadjaja, dkk, 2007). Dalam saham, volatilitas sangat penting untuk dipahami oleh para investor.

Volatilitas digunakan para investor untuk meminimalisir resiko yang akan dihadapi. Semakin tinggi niali volatilitas dari suatu saham, maka semakin tinggi ketidakpastian dari *return* saham yang akan diperoleh. Menurut Ekananda (2015), perhitungan besarnya volatilitas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \tag{2.45}$$

dimana:

$r$ : *return*

$t$ : waktu

$S$ : harga saham

dan perhitungan standar deviasi dari *return* dapat dinyatakan sebagai berikut (Hull, 2012):

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(r_t - \bar{r}\right)^2} \tag{2.46}$$

dimana:

$s$ : standar deviasi

$n$ : banyaknya pengamatan

$r$ : *return*

$\bar{r}$ : rata-rata *return*

## 2.4 Estimasi Parameter

### 2.4.1 Metode Maximum Likelihood

*Maximum Likelihood* atau metode kemungkinan maksimum adalah teknik yang sangat luas dipakasi dalam penaksiran suatu parameter distribusi data dan tetap dominan dipakai dalam pengembangan uji-uji yang baru (Lehmann, 1986).

Menurut Aziz (2010), metode *maximum likelihood* dirumuskan sebagai berikut:

Misalkan $X_i^{'}$ vektor $1 \times k, i = 1, \ldots, n.,$ maka $y_i = X_i^{'}\beta + \varepsilon_i, i = 1, \ldots, m.,$ sehingga $y_i \sim N\left(X_i^{'}\beta, \sigma^2\right)$. Fungsi distribusi peluang dari $y_i$ jika diberikan $X_i, \beta$ dan $\sigma^2$ adalah

$$f\left(y_i \mid X_i, \beta, \sigma^2\right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i - X_i^{'}\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.47}$$

karena $y_i, \ldots, y_n$ saling bebas, diperoleh:

$$f\left(y_i, \ldots, y_n\right) = \left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i - X_i^{'}\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.48}$$

Pandang fungsi *likelihood* berikut:

$$l\left(\beta,\sigma^2|X,y\right)=\left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}}\exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y-X\beta\right)'\left(y-X\beta\right)\right) \qquad (2.49)$$

maka fungsi *log-likelihood*-nya adalah

$$L=\ln l=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y-X\beta\right)'\left(y-X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'-\beta'X'\right)\left(y-X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-y'X\beta-\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-\left(y'X\beta\right)'-\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-\beta'X'y-\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-\beta'X'y-\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right)$$

$$=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-2\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right) \qquad (2.50)$$

sehingga,

$$\frac{\partial L}{\partial\beta}=-\frac{1}{2\sigma^2}\left(-2X'y+X'X\beta+\beta'X'X\right)$$

$$=-\frac{1}{2\sigma^2}\left(-2X'y+X'X\beta+\left(\beta'X'X\right)'\right)$$

$$=-\frac{1}{2\sigma^2}\left(-2X'y+2X'X\beta\right)$$

$$= \frac{1}{\sigma^2}\left( X'y - X'X\beta \right) \tag{2.51}$$

dengan menyamakan hasil turunan ini dengan nol diperoleh

$$\hat{\beta}_{ml} = \left( X'X \right)^{-1} X'Y \tag{2.52}$$

### 2.4.2 Iterasi *Newton-Raphson*

Fungsi distribusi peluang (pdf) dari $y_t$ diberikan oleh $X_t, \beta, \sigma^2$ adalah sebagai berikut (Aziz, 2010):

$$f\left( y_t \mid X_t, \beta, \sigma^2 \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2}\left( y_t - f\left( X_t, \beta \right) \right)^2 \right) \tag{2.53}$$

Fungsi *likelihood* dari $\beta$ dan $\sigma^2$ diberikan oleh $y_t$ dan $X_t$ adalah

$$l\left( \beta \right) = \left( 2\pi\sigma^2 \right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2}\left( y_t - f\left( X_t, \beta \right) \right)^2 \right) \tag{2.54}$$

Fungsi *log-likelihood* dari $\beta$ dan $\sigma^2$ diberikan oleh $y_t$ dan $X_t$ adalah

$$L\left( \beta \right) = \ln\left( l\left( \beta \right) \right)$$

$$= \ln\left( \left( 2\pi\sigma^2 \right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2}\left( y_t - f\left( X_t, \beta \right) \right)^2 \right) \right)$$

$$= \ln\left( \left( 2\pi\sigma^2 \right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2}\left( y_t - f\left( X_t, \beta \right) \right)' \left( y_t - f\left( X_t, \beta \right) \right) \right) \right) \tag{2.55}$$

Aprokmasi $L\left( \beta \right)$ di sekitar $\beta^{(1)}$ dengan deret Taylor 2, yaitu (Aziz, 2010):

$$L\left( \beta \right) = L\left( \beta^{(1)} \right) + \frac{\partial L}{\partial \beta'} |_{\beta^{(1)}} \left( \beta - \beta^{(1)} \right) + \frac{1}{2}\left( \beta - \beta^{(1)} \right)' \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'} |_{\beta^{(1)}} \left( \beta - \beta^{(1)} \right) \tag{2.56}$$

sehingga diperoleh

$$\frac{\partial L\left( \beta \right)}{\partial \beta} = \left( \frac{\partial L}{\partial \beta'} |_{\beta^{(1)}} \right)' + \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'} |_{\beta^{(1)}} \left( \beta - \beta^{(1)} \right) \tag{2.57}$$

karena

$$\left(\frac{\partial L}{\partial \beta'}|_{\beta^{(1)}}\right)' = \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} \tag{2.58}$$

sehingga

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta} = \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} + \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(1)}} \left(\beta - \beta^{(1)}\right) \tag{2.59}$$

Menyamakan dengan nol akan diperoleh

$$\frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} + \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(1)}} \left(\beta^{(2)} - \beta^{(1)}\right) = 0 \tag{2.60}$$

atau

$$\beta^{(2)} = \beta^{(1)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(1)}}\right)^{-1} \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} \tag{2.61}$$

Pada umumnya diperoleh iterasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\beta^{(n+1)} &= \beta^{(n)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}} \\
&= \beta^{(n)} - \left(-\frac{1}{2\sigma^2}\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \left(-\frac{1}{2\sigma^2}\frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}}\right) \\
&= \beta^{(n)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta'}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \left(\frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}}\right)
\end{aligned} \tag{2.62}$$

Iterasi inilah yang dikenal sebagai iterasi *Newton-Raphson.*

## 2.5 Ayat Al-Qur'an tentang Jual Beli

Dalam Al-Qur'an, sikap jual beli telah disinggung dalam surat Al-Baqarah ayat 282 berikut:

*"Dan persaksikanlah apabila kamu berjual beli, dan janganlah penulis dan saksi saling sulit menyulitkan. Jika kamu lakukan (yang demikian), maka sesunguhnya hal itu adalah suatu kefasikan pada dirimu. Dan bertakwalah kepada Allah, Allah mengajarmu, dan Allah maha mengetahui segala sesuatu."*

Dalam tafsir Ibnu Katsir, menjelaskan dalam ayat tersebut bahwa bagi orang yang ingin melakukan transaksi jual beli atau bermuamalah tidak secara tunai dalam kurun waktu yang ditentukan, hendaknya untuk menuliskannya, agar lebih dapat menjaga jumlah dan batas waktu dalam muamalah, serta lebih menguatkan bagi saksi. Ketika seseorang bermuamalah dan membuat surat perjanjian, orang tersebut harus berlaku adil dan benar serta tidak boleh berpihak kepada salah seorang dalam penulisanya tersebut dan tidak boleh juga sesorang menulis kecuali apa yang telah disepakati tanpa menambah atau menguranginya. Ayat di atas mengajarkan sesorang untuk tidak saling menyusahkan ketika ingin bermuamalah atau transaksi jual beli. Ketika salah seorang tidak mengerti mengenai tulis-menulis dalam bermuamalah, hendaklah mengajarinya agar orang tersebut mengerti dan mengamalkanya dalam bermuamalah.

# BAB III

# METODE PENELITIAN

## 3.1 Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan studi literatur. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diukur dalam suatu skala numerik, yaitu data harga saham (*closing price).* Studi literatur pada penelitian ini merupakan suatu metode penelitian yang dijadikan sumber dalam pemecahan masalah dengan kajian kepustakaan.

## 3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari internet yaitu data harga saham harian *Jakarta Islamic Index* (JII) periode Januari 2019-Februari 2020. Data-data tersebut diperoleh peneliti dari sumber website https://finance.yahoo.com/quote/%5EJKII/history?period1=1546300800&period2=1582848000&interval=1d&filter=history&frequency=1d pada tanggal 25 April 2020.

## 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu harga saham harian dari *Jakarta Islamic Index* (JII) sebagai variabel *independent*.

## 3.4 Analisis Data

Adapun langkah-langkah yang digunakan untuk implementasi model ARIMA-GARCH menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data harga saham *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019-Februari 2020, yaitu sebagai berikut:

a. Transformasi data ke dalam bentuk *log return*

b. Melakukan uji stasioneritas dan uji normalitas

c. Identifikasi model ARIMA berdasarkan grafik ACF dan PACF

d. Menentukan estimasi model ARIMA dengan metode *Maximum Likelihood* menggunakan iterasi *Newton Raphson*

e. Melakukan uji signifikansi parameter pada hasil estimasi model ARIMA

f. Melakukan uji heteroskedastisitas dan uji autokorelasi pada hasil estimasi model ARIMA

g. Identifikasi model GARCH dengan model ARIMA

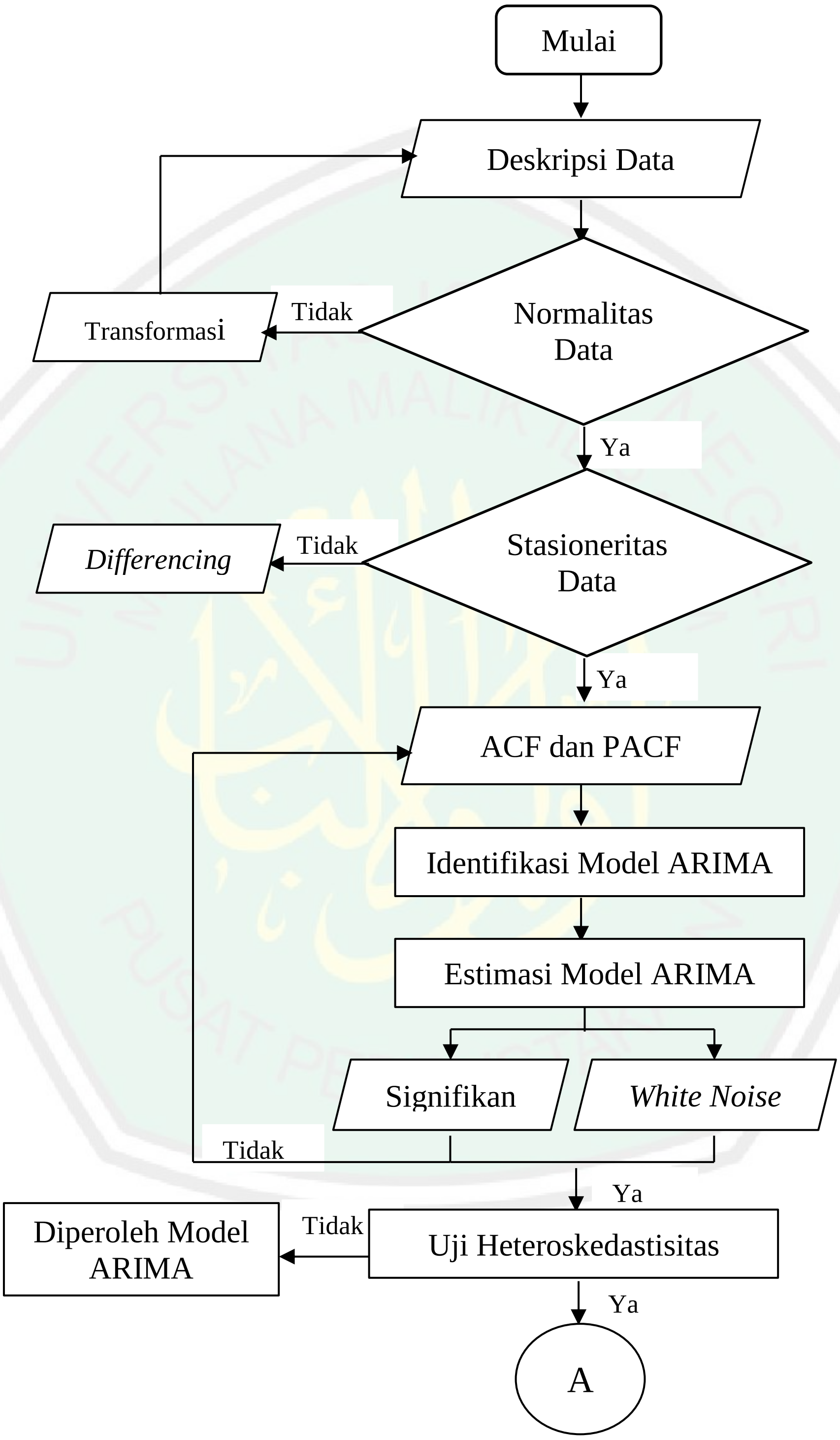
h. Menentukan model ARIMA-GARCH dengan metode *Maximum Likelihood* menggunakan iterasi *Newton Raphson*.

i. Melakukan uji signifikansi parameter pada hasil estimasi model ARMA-GARCH

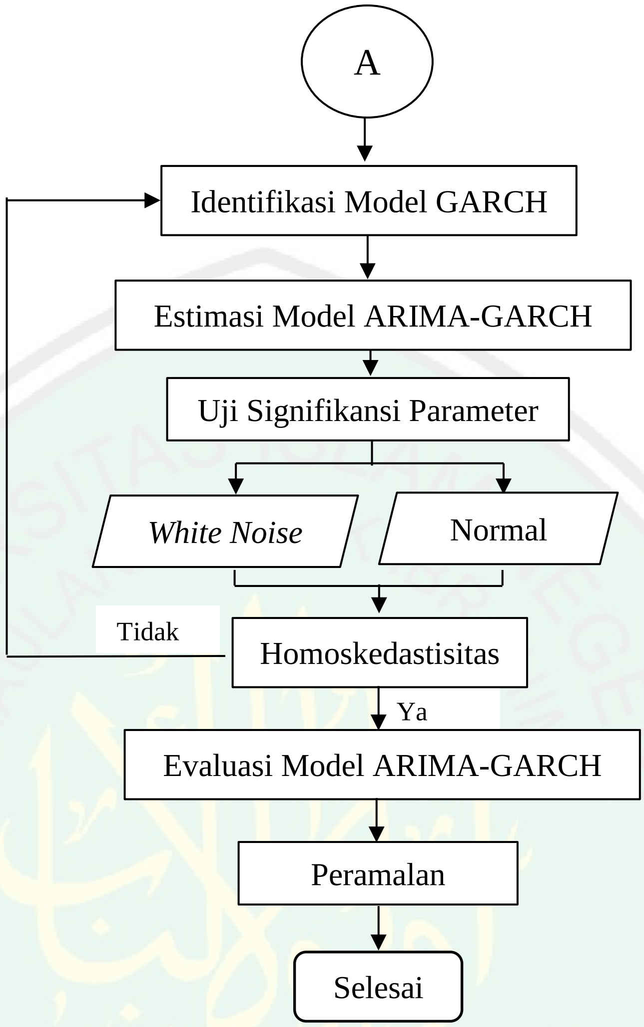
j. Melakukan uji normalitas, uji heteroskedastisitas, uji autokorelasi pada hasil estimasi model ARIMA-GARCH

k. Mengembalikan model kedalam bentuk harga saham, kemudian meramalkan harga saham dengan model ARIMA-GARCH

**3.5 Diagram Alir Analisis Data**




Gambar 3.1 *Flowchart* Analisis Data




Gambar 3.2 Lanjutan *Flowchart* Analisis Data (A)

# BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Implementasi Model ARIMA-GARCH menggunakan Metode *Maximum Likelihood*

### 4.1.1 Deskripsi Data

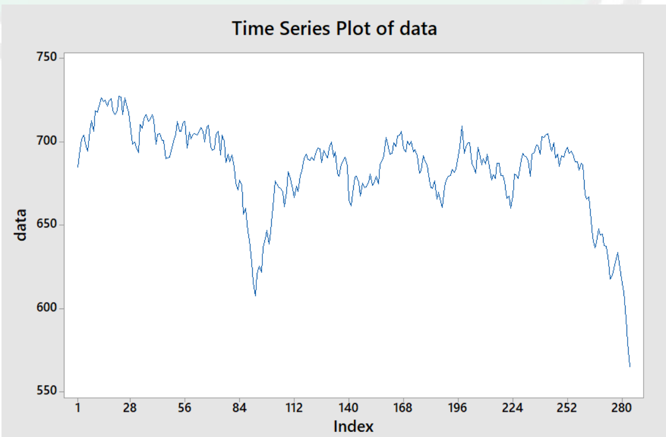
Analisis statistik deskriptif dari data harga saham JII dapat dilihat pada gambar berikut:

**Descriptive Statistics: Data Harga Saham**

| Variable | N | N* | Mean | SE Mean | StDev | Minimum | Q1 | Median | Q3 | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| data | 284 | 0 | 683.99 | 1.55 | 26.13 | 565.01 | 674.91 | 690.01 | 699.57 | 727.01 |

Gambar 4.1Statistik Deskriptif Data dengan Bantuan Minitab

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa terdapat 284 data harga saham. Rata-rata harga saham JII periode Januari 2019-Februari 2020 sebesar Rp.683,990, median sebesar Rp.690,01, nilai maximum sebesar Rp.727,01, nilai minimum sebesar Rp.565,01, dan standar deviasi sebesar Rp.26,13. Untuk mengetahui perubahan harga saham tersebut, dapat dilihat pada gambar plot data sebagai berikut:




Gambar 4.2 Plot Data Harga Saham JII dengan Bantuan Minitab

Pada gambar 4.2 menunjukkan pergerakan harga saham untuk periode 1 Januari 2019-31 Februari 2020 (284 data). Dari plot data tersebut terlihat bahwa data mengalami penurunan dan penigkatan setiap minggunya, dengan kata lain fluktuasi data tidak berada di sekitar nilai rata-rata yang konstan.

### 4.1.2 Uji Hipotesa Data

Sebelum dilakukan proses pemodelan dan estimasi, data harga saham terlebih dahulu harus memenuhi beberapa uji hipotesis berikut ini:

a. Uji Stasioneritas

Untuk mengetahui stasioneritas harga saham, maka dilakukan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : ADF = 1$ (data bersifat stasioner)

$H_1 : ADF < 1$ (data bersifat tidak stasioner)

Dengan kriteria uji yaitu tolak $H_0$ jika $ADF > |t_\alpha|$ atau niali probabilitas > taraf signifikan 5% maka didapatkan hasil sebagai berikut:

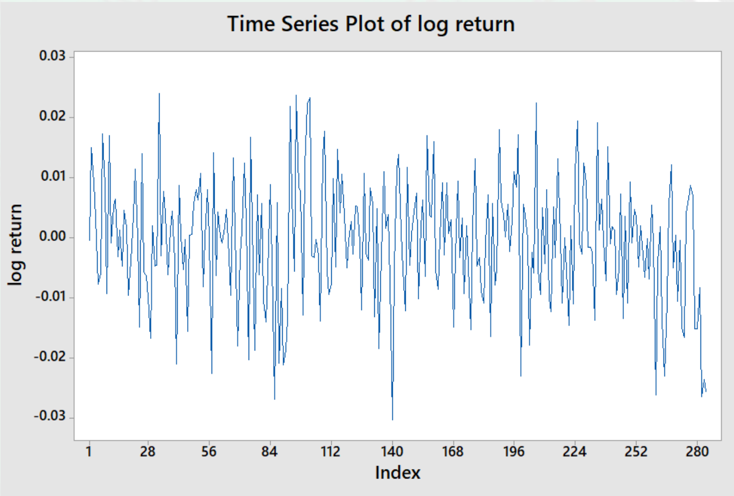
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=15)

| | | t-Statistic | Prob.* |
|---|---|---|---|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | | 0.086526 | 0.9642 |
| Test critical values: | 1% level | -3.453317 | |
| | 5% level | -2.871546 | |
| | 10% level | -2.572174 | |

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 4.3 Uji Stasioner Data Harga Saham JII dengan Bantuan Eviews

Berdasarkan output diatas dapat dilihat nilai *t-statistic* uji ADF sebesar 0,086526 dan nilai probabilitas ADF sebesar 0,9624. Dengan menggunakan taraf signifikan sebesar $\alpha = 5\%$, nilai probabilitas ADF tersebut lebih besar dibandingkan dengan taraf signifikan atau nilai $|t\ statistic| = 0,086526 > |t_\alpha| = -2,871546$ yang berarti $H_0$ ditolak. Hal tersebut menunjukkan bahwa data harga saham bersifat tidak stasioner. Untuk mengubah data tidak stasioner menjadi data yang stasioner dapat dilakukan dengan menstransformasikan data ke dalam bentuk *log return* seperti pada persamaan (2.45). Hasil transformasi dapat dilihat pada plot data dibawah ini:




Gambar 4.4 Plot Data *Log Return* dengan Bantuan Minitab

Plot data *return* harga saham dari JII pada gambar di atas menunjukkan bahwa rata-rata data berada pada satu nilai konstan yaitu nol. Nilai *return* bernilai positif jika terjadi kenaikan harga saham dan bernilai negatif jika harga saham mengalami penurunan. Untuk memastikan apakah data *log return* sudah stasioner, maka dilakukan uji ADF dengan hasil sebagai berikut:

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=15)

| | | t-Statistic | Prob.* |
|---|---|---|---|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | | -15.88868 | 0.0000 |
| Test critical values: | 1% level | -3.453317 | |
| | 5% level | -2.871546 | |
| | 10% level | -2.572174 | |

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 4.5 Uji Stasioneritas Data *Log Return* dengan Bantuan Eviews

Berdasarkan Gambar 4.5 di atas dapat dilihat nilai *t-statistic* uji ADF sebesar -15,88868 dan nilai kritis dengan tingkat 5% sebesar -2,871546. Sehingga nilai *t-statistic* uji ADF lebih kecil daripada nilai kritis yang berarti terima $H_0$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa *log return* bersifat stasioner

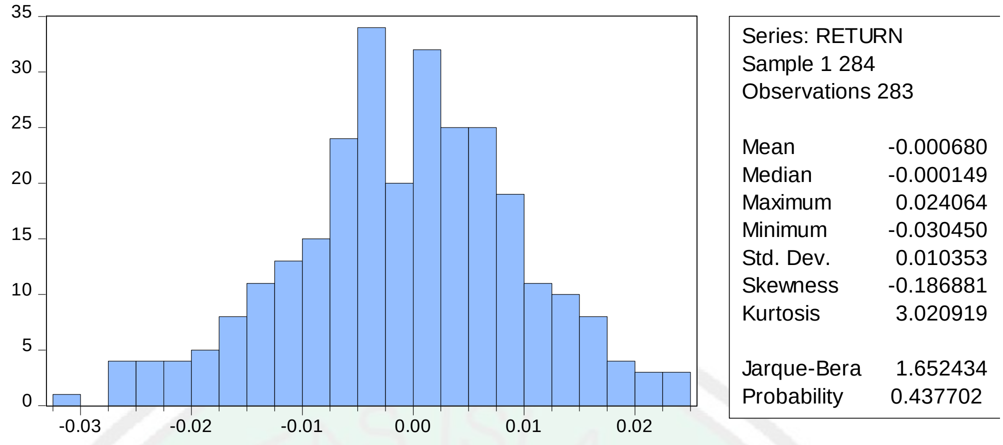
b. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak berdistribusi normal. Uji normalitas pada *log return* menggunakan uji *Jarque Bera* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : JB < 2$ (data berdistribusi normal)

$H_1 : JB > 2$ (data tidak berdistribusi normal)

Dengan kriteria uji yaitu terima $H_0$ jika nilai *Jarque Bera* < 2 atau nilai probabilitas > taraf signifikan 5%, maka didapatkan hasil sebagai berikut:



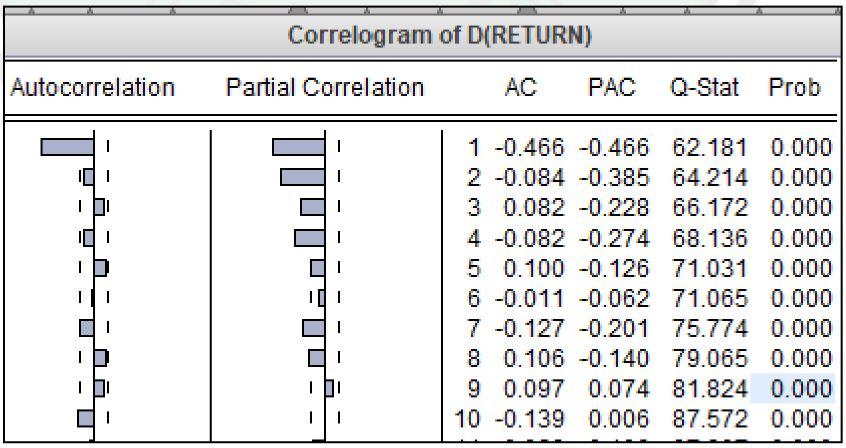

Gambar 4 6 Uji Normalitas Data *Log Return* dengan Bantuan Minitab

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa nilai *Jarque-Bera* sebesar 1.652434 < 2 dan nilai *p-value* sebesar 0.437702 > 0.05 maka artinya terima $H_0$ yang berarti bahwa data *log return* saham JII berdistribusi normal.

### 4.1.3 Pemodelan ARIMA

a. Identifikasi Model ARIMA

Identifikasi model ARIMA pada data deret waktu dapat dilihat dari plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) data *log return* sebagai berikut:


Correlogram of D(RETURN)

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | -0.466 | -0.466 | 62.181 | 0.000 |
| | | 2 | -0.084 | -0.385 | 64.214 | 0.000 |
| | | 3 | 0.082 | -0.228 | 66.172 | 0.000 |
| | | 4 | -0.082 | -0.274 | 68.136 | 0.000 |
| | | 5 | 0.100 | -0.126 | 71.031 | 0.000 |
| | | 6 | -0.011 | -0.062 | 71.065 | 0.000 |
| | | 7 | -0.127 | -0.201 | 75.774 | 0.000 |
| | | 8 | 0.106 | -0.140 | 79.065 | 0.000 |
| | | 9 | 0.097 | 0.074 | 81.824 | 0.000 |
| | | 10 | -0.139 | 0.006 | 87.572 | 0.000 |

Gambar 4.7 Correlogram *Log Return* dengan Bantuan Eviews

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat koefisien korelasi ACF dan PACF pada *lag* pertama telah melebihi batas interval, dan nilai probabilitas dari *lag* pertama sampai *lag* ke-sepuluh lebih kecil dari 0,05, maka hal ini menunjukkan bahwa model ARIMA (1,1,1) merupakan model yang teridentifikasi menjadi model yang akan diestimasi.

b. Estimasi Model ARIMA

Untuk mengetahui model ARIMA yang signifikan dapat dilihat dari nilai probabilitas < 0,05. Setelah dilakukan estimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood* dengan iterasi *Newton Raphson* sebanyak 500 kali pada model ARIMA, didapatkan model signifikan dan terbaik yaitu model ARIMA(1,1,1) dengan output sebagai berikut:

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| AR(1) | -0.724706 | 0.320600 | -2.260467 | 0.0246 |
| MA(1) | 0.783672 | 0.290794 | 2.694942 | 0.0075 |
| SIGMASQ | 0.000106 | 8.94E-06 | 11.87180 | 0.0000 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.002956 | Mean dependent var | -0.000679 |
| Adjusted R-squared | -0.004141 | S.D. dependent var | 0.010334 |
| S.E. of regression | 0.010356 | Akaike info criterion | -6.291967 |
| Sum squared resid | 0.030135 | Schwarz criterion | -6.253421 |
| Log likelihood | 896.4593 | Hannan-Quinn criter. | -6.276513 |
| Durbin-Watson stat | 1.991078 | | |

| | |
|---|---|
| Inverted AR Roots | -.72 |
| Inverted MA Roots | -.78 |

Gambar 4.8 Estimasi Model ARIMA(1,1,1) dengan Bantuan Eviews

Dari Gambar 4.8 tersebut dapat dilihat bahwa nilai probabilitas < 0.05 yang menunjukkan bahwa model ARIMA (1,1,1) signifikan, sehingga model ARIMA (1,1,1) dapat dijadikan model yang tepat.

c. Uji Parameter

Setelah mendapatkan model ARIMA, perlu diuji apakah parameter dari hasil estimasi telah signifikan atau tidak. Hipotesis dari uji signifikansi parameter adalah sebagai berikut:

$H_0 : \theta = 0$ (parameter $\theta$ tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \theta \neq 0$ (parameter $\theta$ signifikan dalam model)

Dengan kriteria uji yaitu tolak $H_0$ jika $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}}$ atau nilai probabilitas < taraf signifikan 5%. Berdasarkan gambar 4.6, hasil uji signifikansi parameter menunjukkan bahwa probabilitas AR(1) dan MA(1) < 0.05. Artinya $H_0$ ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA(1,1,1) merupakan model yang signifikan.

Selanjutnya, dilakukan uji heteroskedastisitas untuk mengetahui apakah model ARIMA yang didapatkan memiliki varians *error* yang konstan atau tidak. Jika model menghasilkan varians *error* yang tidak konstan artinya model tersebut memiliki masalah heteroskedastisitas. Uji heteroskedastisitas pada model ARIMA (1,1,1) menggunakan metode *White* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \sigma_t^2 = \sigma^2$ (data tidak bersifat heteroskedastisitas)

$H_1 : \sigma_t^2 \neq \sigma^2$ (data bersifat heteroskedastisitas)

Dengan kriteria uji yaitu tolak $H_0$ jika nilai probabilitas dari *Chi Squre* < taraf signifikan 5%, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

| Heteroskedasticity Test: White | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 170.9799 | Prob. F(6,277) | 0.0000 |
| Obs*R-squared | 223.6199 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0000 |
| Scaled explained SS | 223.0391 | Prob. Chi-Square(6) | 0.0000 |

Gambar 4.9 Uji Heteroskedastisitas Model ARIMA(1,1,1) dengan Bantuan Eviews

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai *probability chi-square* sebesar 0.0000 < 0.05. Artinya $H_0$ ditolak. Hal tersebut menunjukkan bahwa varians *error* mengandung heteroskedastisitas. Maka dapat dikatakan bahwa data tersebut mengikuti model ARCH/GARCH.

Selanjutnya, untuk mengetahui bahwa *error* bersifat *white noise* pada model ARIMA(1,1,1), maka dilakukan uji autokorelasi menggunakan *correlogram.* Didapatkan hasil uji autokorelasi sebagai berikut:

| Autocorrelation | Partial Correlation | | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | -0.010 | -0.010 | 0.0271 | |
| | | 2 | 0.007 | 0.007 | 0.0424 | |
| | | 3 | 0.026 | 0.026 | 0.2303 | 0.631 |
| | | 4 | 0.015 | 0.015 | 0.2917 | 0.864 |
| | | 5 | 0.072 | 0.072 | 1.8071 | 0.613 |
| | | 6 | 0.006 | 0.007 | 1.8178 | 0.769 |
| | | 7 | -0.070 | -0.072 | 3.2456 | 0.662 |
| | | 8 | 0.123 | 0.118 | 7.6788 | 0.263 |
| | | 9 | 0.096 | 0.098 | 10.374 | 0.168 |
| | | 10 | -0.091 | -0.097 | 12.848 | 0.117 |

Gambar 4.10 Uji Autokorelasi Residual dengan Bantuan Eviews

Berdasarkan Gambar 4.10 diatas, dapat dilihat bahwa nilai probabilitas dari *lag* pertama sampai dengan *lag* ke-10 menunjukkan nilai yang lebih dari taraf signifikan 5% . Artinya, *error* tidak memiliki gejala autokorelasi atau bersifat *white noise*.

### 4.1.4 Pemodelan ARIMA-GARCH

a. Estimasi Model ARIMA-GARCH

Dalam estimasi model GARCH digunakan metode *Maximum Likelihood* dengan iterasi *Newton Raphson.* Untuk membangun kemungkinan suatu model GARCH diperlukan iterasi sebanyak 500 kali untuk mendapatkan model yang tepat. Untuk mengetahui model GARCH yang signifikan dapat dilihat dari nilai probabilitas < 0,05. Dengan bantuan *software Eviews* didapatkan hasil estimasi model ARIMA(1,1,1)-GARCH (0,2) dengan output sebagai berikut:

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 0.853702 | 0.149369 | 5.715405 | 0.0000 |
| MA(1) | -0.843128 | 0.156236 | -5.396518 | 0.0000 |
| | | Variance Equation | | |
| C | 1.17E-07 | 2.18E-08 | 5.375299 | 0.0000 |
| GARCH(-1) | 1.996413 | 0.005151 | 387.6077 | 0.0000 |
| GARCH(-2) | -0.997518 | 0.005138 | -194.1410 | 0.0000 |
| R-squared | 0.005592 | Mean dependent var | | -0.000680 |
| Adjusted R-squared | 0.002053 | S.D. dependent var | | 0.010353 |
| S.E. of regression | 0.010342 | Akaike info criterion | | -6.305497 |
| Sum squared resid | 0.030055 | Schwarz criterion | | -6.241090 |
| Log likelihood | 897.2278 | Hannan-Quinn criter. | | -6.279672 |
| Durbin-Watson stat | 1.917162 | | | |
| Inverted AR Roots | .85 | | | |
| Inverted MA Roots | .84 | | | |

Gambar 4.11 Estimasi Model ARIMA(1,1,1)-GARCH (0,2) dengan Bantuan Eviews

Dari Gambar 4.11 tersebut dapat dilihat bahwa nilai probabilitas < 0.05 yang menunjukkan bahwa model GARCH (0,2) signifikan. Sehingga, model ARIMA(1,1,1)-GARCH (0,2) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t - Z_{t-1} = 0{,}853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0{,}843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \,,$$

dimana $\varepsilon_t \sim N(0, h_t^2)$

Berdasarkan model di atas dapat diketahui bahwa model berawal dari hasil *differencing* orde 1 dari *log* harga saham (selisih *log* harga saham sekarang dengan *log* harga saham sebelumnya) atau sama dengan *log return*. Kemudian akan sama dengan kombinasi linier dari *log* harga saham sebelumnya dengan koefisien sebesar 0,853702 dan *error* sebelumnya dengan koefisien sebesar -0,843128. Untuk persamaan variansi *error* yaitu kombinasi linier dari *error-error* sebelumnya dan variansi-variansi *error* sebelumnya dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$h_t^2 = 0,000000117 + 1,996413 h_{t-1}^2 - 0,997518 h_{t-2}^2$$

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa nilai koefisien ($\alpha_0$) sebesar 0,000000117, nilai parameter orde pertama ($\vartheta_1$) dari variansi-variansi sebelumnya adalah 1,996413, sedangkan untuk nilai parameter orde kedua ($\vartheta_2$) adalah 0,997518.

b. Uji Parameter

Setelah mendapatkan model ARIMA-GARCH, perlu diuji apakah parameter dari hasil estimasi telah signifikan atau tidak. Berdasarkan gambar 4.9, hasil uji signifikansi parameter menunjukkan bahwa probabilitas < 0.05. Artinya $H_0$ ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) merupakan model yang signifikan.

Selanjutnya, dilakukan untuk mengetahui apakah model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) menghasilkan varians *error* yang tidak konstan, maka dilakukan uji heteroskedastisitas kembali dengan ARCH-LM. Didapatkan uji heteroskedastisitas sebagai berikut:

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.053629 | Prob. F(1,280) | 0.8170 |
| Obs*R-squared | 0.054001 | Prob. Chi-Square(1) | 0.8162 |

Test Equation:
Dependent Variable: WGT_RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/26/20 Time: 08:26
Sample (adjusted): 3 284
Included observations: 282 after adjustments

Gambar 4.12 Uji Heteroskedastisitas Model ARIMA-GARCH dengan Bantuan Eviews

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai *probability chi-square* sebesar 0.8162 > 0.05, artinya $H_0$ diterima. Hal tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) sudah tidak terdapat masalah heteroskedastisitas.

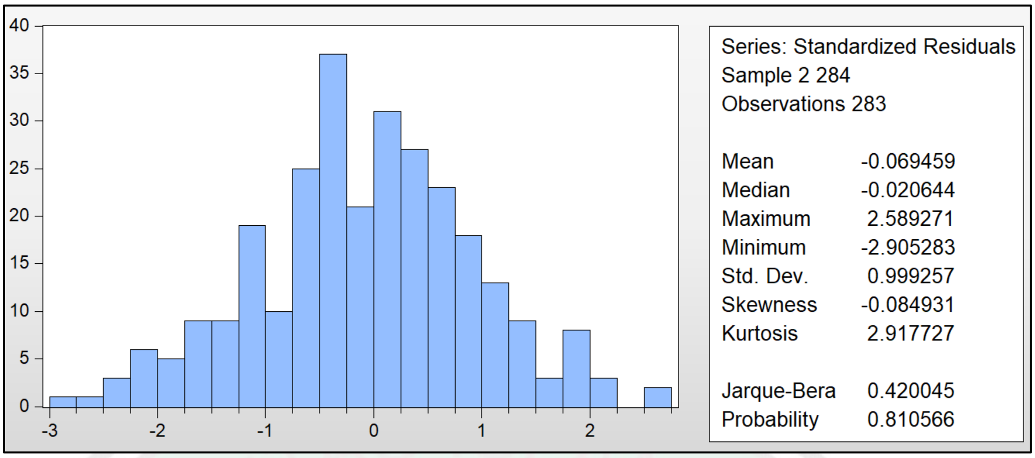
Selanjutnya adalah uji autokorelasi menggunakan *correlogram.* Didapatkan hasil uji autokorelasi sebagai berikut:

| | AC | PAC | Q-Stat | Prob* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | -0.008 | -0.008 | 0.0166 | |
| 2 | -0.061 | -0.061 | 1.0920 | |
| 3 | 0.039 | 0.038 | 1.5279 | 0.216 |
| 4 | -0.037 | -0.040 | 1.9161 | 0.384 |
| 5 | 0.089 | 0.094 | 4.2254 | 0.238 |
| 6 | -0.014 | -0.021 | 4.2858 | 0.369 |
| 7 | -0.088 | -0.075 | 6.5605 | 0.255 |
| 8 | 0.109 | 0.100 | 10.069 | 0.122 |
| 9 | 0.086 | 0.087 | 12.269 | 0.092 |
| 10 | -0.091 | -0.085 | 14.723 | 0.065 |

Gambar 4.13 Uji Autokorelasi Model ARIMA-GARCH dengan Bantuan Eviews

Berdasarkan Gambar 4.13 diatas, dapat dilihat bahwa nilai probabilitas dari *lag* pertama sampai dengan *lag* ke-10 menunjukkan nilai yang lebih dari taraf signifikan 5% . Artinya, model tidak memilik gejala autokorelasi atau bersifat *white noise*.

Setelah uji heteroskedastisitas dan uji autokorelasi, langkah selanjutnya adalah uji normalitas residual untuk mengetahui bahwa error berdistribusi normal atau tidak melalui uji *Jarque Bera*. Didapatkan hasil uji sebagai berikut:




Gambar 4.14 Uji Normalitas Model ARIMA-GARCH dengan Bantuan Eviews

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai Jarque-Bera sebesar 0,420045 dan nilai probabilitasnya sebesar 0,810566. Dengan menggunakan taraf signifikan 5%, maka nilai probabilitas lebih besar dibandingkan dengan nilai signifikan. Hal tersebut berarti bahwa model ARIMA(1,1,1,)-GARCH(0,2) berdistribusi normal.

### 4.1.5 Evaluasi Model ARIMA-GARCH

Setelah model memenuhi semua kriteria uji, maka selanjutnya adalah mengembalikan model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) ke dalam bentuk harga saham sebagai berikut:

$$Z_t - Z_{t-1} = 0,853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0,843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Diketahui bahwa $Z_t$ merupakan *log* dari selisih harga saham sekarang dengan harga saham sebelumnya. Misal $w_t = Z_t - Z_{t-1}$ maka diperoleh:

$$w_t = 0,853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0,843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Misalakan $S_t$ adalah harga saham pada waktu ke-$t$, maka:

$$S_t - S_{t-1} = \exp(w_t)$$

$$S_t = S_{t-1} + \exp(w_t)$$

$$S_t = S_{t-1} + \exp(0,853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0,843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t)$$

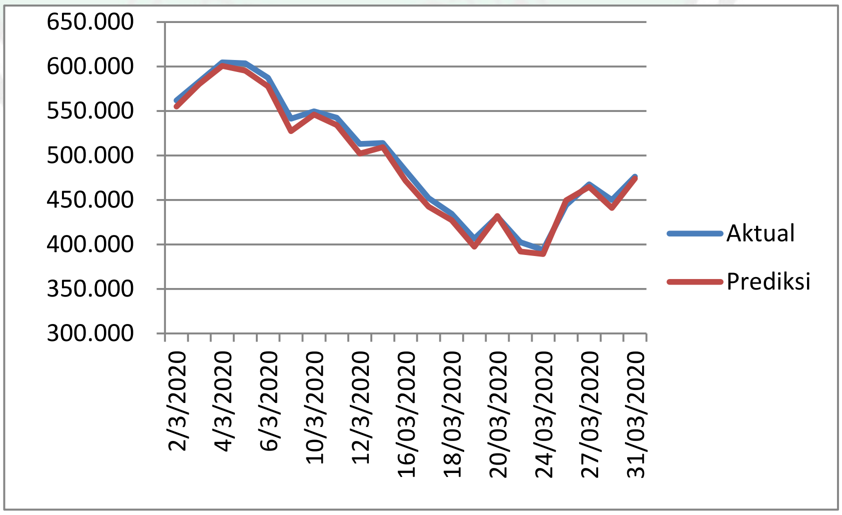
Dari model tersebut, maka dapat diketahui bahwa nilai dari harga saham sekarang ditentukan oleh nilai harga saham sebelumnya dan eksponensial dari selisih *log return* sekarang dan sebelumnya).

### 4.2 Peramalan Model ARIMA-GARCH

Setelah didapatkan model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) maka dilakukan peramalan (*forecasting*) dengan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_t &= S_{t-1} + \exp(0,853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0,843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t) \\ &= 565,007 + \exp(0,853702(-0,00533 + 0,0257) - 0,85312(0,00032) + 0,02785) \\ &= 555,0442 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian diatas, dapat diketahui bahwa nilai harga saham pada periode 2 Maret 2020 adalah 555,0442. Nilai tersebut mendekati nilai *real* harga saham dari *Jakarta Islamic Index* (JII) yaitu 562,007. Kemudian, dengan menggunakan model yang sama didapatkan peramalan (*forecasting*) untuk harga saham harian periode 2-31 Maret 2020 dan dibandingkan dengan harga saham *real* yang dapat divisualisasikan dengan gambar sebagai berikut:




Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Harga Saham dan Hasil Peramalan dengan Bantuan Excel

Peramalan harga saham dilakukan dengan menggunakan model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) selama periode 21 hari ke depan. Grafik hasil dari peramalan model tersebut terdapat pada Gambra 4.15 sedangkan data hasil peramalan terdapat pada Lampiran 2. Dari Gambar 4.15, terlihat bahwa data peramalan pada bulan Maret 2020 tidak berbeda jauh dengan data aktual. Hal tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) dapat memberikan peramalan yang baik.

# BAB V

# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi model ARIMA-GARCH pada harga saham harian (JII) periode Januari 2019-Februari 2020 menghasilkan model yang signifikan, yaitu model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t - Z_{t-1} = 0,853702(Z_{t-1} - Z_{t-2}) - 0,843128\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

dimana $\varepsilon_t \sim N(0, h_t^2)$

dengan persamaan variansi:

$$h_t^2 = 0,000000117 + 1,996413h_{t-1}^2 - 0,997518h_{t-2}^2$$

Sehingga dapat terlihat bahwa terdapat hubungan antara model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2).

2. Hasil peramalan harga saham periode Maret 2020 menggunakan model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) menyatakan bahwa plot data prediksi hampir mengikuti pola data aktual. Hal tersebut menunjukkan bahwa model ARIMA(1,1,1)-GARCH(0,2) dapat memberikan hasil peramalan yang baik.

## 5.2 Saran

Data deret waktu dari harga saham selalu mengalami perubahan setiap waktunya, menyebabkan model yang dihasilkan berbeda-beda. Maka bagi penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian yang serupa, yaitu mengestimasi model dari pengembangan GARCH, misalnya model IGARCH, GARCH BEKK, dan model-model lainnya. Kemudian dapat dilakukan peramalan pada harga saham dengan periode waktu yang lebih banyak.

## DAFTAR RUJUKAN


Abdullah. (2003). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 4.* Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Ansofino. (2016). *Buku Ajar Ekonometrika.* Yogyakarta: Deepublish.

Ariedianto, M. D. (2012). *Ekonometrika: Esensi dan Aplikasi dengan Menggunakan Eviews.* Jakarta: Erlangga.

Aswi, & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi.* Makasar: Andira Publisher.

Aziz, A. (2010). *Ekonometrika Teori dan Praktik Eksperimen dengan Matlab.* Malang: UIN Maliki Press.

Bisgaard, S., & Kulahci, M. (2011). *Time Series Analysis and Forecasting by Example.* Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Bollerslev. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heretoskedasticity. *Journal of Econometrics*, 33(3).

Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introsuction to Time Series and Forecasting Second Edition.* New York: Springer.

Bunga, L. M. (2015). Pemodelan dan Peramalan Penutupan Harga Saham PT.Telkom dengan Metode ARCH-GARCH. *Jurnal Matematika*, 2(1).

Darmadji, T., & Hendi, M. F. (2006). *Pasar Modal di Indonesia: Pendekatan Tanya Jawab.* Jakarta: Salemba Empat.

Efendy, N., & Setiawan, M. (2014). *Ekonometrika Pendekatan Teori dan Terapan.* Jakarta: Salemba Empat.

Ekananda, M. (2015). *Ekonometrika Dasar untuk Penelitian Ekonomi, Sosial, dan Bisnis.* Jakarta: Mitra Wacana Media.

Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heretoskedasticity with Estimates of The Variance of United Kingfom Inflation. *Econometrica*, 50(4).

Fitriyah. (2012). *Pemodelan Harga Saham Menggunakan Model ARIMA-GARCH.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Hanke, J. E., & Whichern, D. (2014). *Business Forecasting Ninth Edition.* United

States of America: Pearson Education Limited.

Hull, J. C. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives (Eight Edition).* England: Pearson.

Karnadjaja, A., Ong, E., Wijaya, C., Tanujaya, B., & Efendi, J. (2007). *Smart Investment For Mega Profit: Strategi Menuju Kebebasan Finansial Melalui Investasi Stocks dan Options dengan Small Capital, Low Risk, Liquid & Stress Free.* Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Khoirunnisa, E. (2014). *Penerapan Metode ARCH/GARCH Pada Pemodelan Harga Penutupan Saham di Bursa Efek Indonesia 2005-2013.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Lehmann, E. L. (1986). *Testing Statistical Hypotheses Second Edition.* Wiley Blackwell.

Makridakis, S., MeGee, E., & Wheel, W. S. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid I.* (H. Suminto, Trans.) Jakarta: Erlangga.

Mawby, W. D. (2007). *Project Portofolio Selection for Siv Sigma.* Milwauke: American Society for Quality.

Mulyana. (2004). *Buku AjarAnalisis Deret Waktu* . Bandung: FMIPA UNPAD.

Reykov, T., & George, A. M. (2013). *Basic Statistics An Introduction with R.* United Kingdom: Rowman & Littlefield Publisher, Inc.

Rosadi, D. (2012). *Ekonometrika dan Analisis Runtun Waktu Terapan.* Yogyakarta: Andi.

Saefuddin, A., KA, N., A, A., & K, S. (2009). *Statistika Dasar*. Jakarta: Grasindo.

Saludin. (2017). *Ekonometrika Keuangan: Aplikasi Permodelan dengan Minitab.* Jakarta: Mitra Wacana Media.

Sarjono, H., & Julianita, W. (2012). *SPSS vs LISREL: Sebuah Pengantar, Aplikasi untuk Riset.* Jakarta: Salemba Empat.

Spiegel, R. M., & Stephens, L. J. (2017). *Statistik Schaum's OuTline Edisi Ketiga.* Jakarta: Erlangga.

Sudjana. (2005). *Metode Statistika.* Bandung: Tarsito.

Surya, Y., & Hariadi, Y. (2002). *Sifat Statistika Data Ekonomi Keuangan (Studi Empirik Beberapa Indeks Saham Indonesia).* Bandung: FE Institute.

Wei. (2006). *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Method Second Edition.* New York: Person Education.

Yolanda, N. B., Nainggolan, N., & Komalig, H. A. (2017). Penerapan Model ARIMA-GARCH Untuk Memprediksi Harga Saham Bank BRI. *Jurnal MIPA UNSRAT*, 6(2).

# LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data harga saham Jakarta Islamic Index periode Januari 2019 sampai dengan Februari 2020

| Date | Close | Log Return |
|---|---|---|
| 2/1/2019 | 684.916 | -0.0004481 |
| 3/1/2019 | 695.300 | 0.015047204 |
| 4/1/2019 | 701.742 | 0.009222408 |
| 7/1/2019 | 704.113 | 0.00337304 |
| 8/1/2019 | 698.653 | -0.007784659 |
| 9/1/2019 | 694.404 | -0.006100272 |
| 10/1/2019 | 706.573 | 0.017372599 |
| 11/1/2019 | 712.760 | 0.008718235 |
| 14/1/2019 | 706.148 | -0.009319911 |
| 15/1/2019 | 718.294 | 0.017054109 |
| 16/1/2019 | 717.668 | -0.000871889 |
| 17/1/2019 | 721.426 | 0.005222742 |
| 18/1/2019 | 726.083 | 0.006434525 |
| 21/1/2019 | 723.802 | -0.003146459 |
| 22/1/2019 | 724.755 | 0.001315792 |
| 23/1/2019 | 721.313 | -0.004760504 |
| 24/1/2019 | 724.569 | 0.004503833 |
| 25/1/2019 | 725.818 | 0.001722299 |
| 28/1/2019 | 718.888 | -0.009593721 |
| 29/1/2019 | 716.119 | -0.003859219 |
| 30/1/2019 | 718.747 | 0.003663064 |
| 31/1/2019 | 727.011 | 0.01143219 |
| 1/2/2019 | 726.814 | -0.000271009 |
| 4/2/2019 | 716.078 | -0.014881499 |
| 6/2/2019 | 726.181 | 0.014010195 |
| 7/2/2019 | 722.046 | -0.005710446 |
| 8/2/2019 | 717.515 | -0.006294995 |
| 11/2/2019 | 710.370 | -0.010007892 |
| 12/2/2019 | 698.575 | -0.016743415 |
| 13/2/2019 | 699.924 | 0.001929212 |
| 14/2/2019 | 696.625 | -0.004724512 |
| 15/2/2019 | 693.429 | -0.004598391 |
| 18/2/2019 | 710.318 | 0.024063902 |
| 19/2/2019 | 708.119 | -0.003100598 |

| | | |
|---|---|---|
| 20/2/2019 | 713.633 | 0.007756666 |
| 21/2/2019 | 716.452 | 0.003942428 |
| 22/2/2019 | 712.008 | -0.006222105 |
| 25/2/2019 | 712.901 | 0.001253414 |
| 26/2/2019 | 716.033 | 0.004383694 |
| 27/2/2019 | 713.239 | -0.003909688 |
| 28/2/2019 | 698.316 | -0.021144845 |
| 1/3/2019 | 704.483 | 0.008792478 |
| 4/3/2019 | 704.673 | 0.000269665 |
| 5/3/2019 | 700.882 | -0.005394324 |
| 6/3/2019 | 700.674 | -0.000296813 |
| 8/3/2019 | 689.800 | -0.015641028 |
| 11/3/2019 | 690.088 | 0.000417425 |
| 12/3/2019 | 690.465 | 0.000546158 |
| 13/3/2019 | 694.429 | 0.005724641 |
| 14/3/2019 | 700.045 | 0.008054694 |
| 15/3/2019 | 704.419 | 0.006228731 |
| 18/3/2019 | 712.024 | 0.010738269 |
| 19/3/2019 | 706.222 | -0.008181983 |
| 20/3/2019 | 706.244 | 3.11512E-05 |
| 21/3/2019 | 711.897 | 0.007972451 |
| 22/3/2019 | 711.930 | 4.63539E-05 |
| 25/3/2019 | 695.948 | -0.022704647 |
| 26/3/2019 | 705.909 | 0.014211389 |
| 27/3/2019 | 701.499 | -0.00626686 |
| 28/3/2019 | 704.553 | 0.004344085 |
| 29/3/2019 | 704.688 | 0.000191592 |
| 1/4/2019 | 704.037 | -0.00092424 |
| 2/4/2019 | 705.270 | 0.001749797 |
| 4/4/2019 | 708.612 | 0.004727419 |
| 5/4/2019 | 706.396 | -0.00313214 |
| 8/4/2019 | 699.603 | -0.009662955 |
| 9/4/2019 | 708.928 | 0.013240939 |
| 10/4/2019 | 709.729 | 0.001129237 |
| 11/4/2019 | 697.018 | -0.018071972 |
| 12/4/2019 | 694.956 | -0.002962701 |
| 15/04/2019 | 695.808 | 0.001225226 |
| 16/04/2019 | 704.574 | 0.012519605 |
| 18/04/2019 | 706.245 | 0.002368838 |
| 22/04/2019 | 692.032 | -0.020330005 |
| 23/04/2019 | 703.766 | 0.016813717 |
| 24/04/2019 | 700.340 | -0.004879983 |
| 25/04/2019 | 687.331 | -0.01874995 |
| 26/04/2019 | 692.272 | 0.007162961 |

| | | |
|---|---|---|
| 29/04/2019 | 687.963 | -0.006243885 |
| 30/04/2019 | 691.910 | 0.005720832 |
| 2/5/2019 | 684.675 | -0.010511616 |
| 3/5/2019 | 675.091 | -0.014096777 |
| 6/5/2019 | 671.143 | -0.005865268 |
| 7/5/2019 | 677.155 | 0.008917969 |
| 8/5/2019 | 674.190 | -0.004388228 |
| 9/5/2019 | 656.231 | -0.026999109 |
| 10/5/2019 | 660.066 | 0.005826969 |
| 13/05/2019 | 646.385 | -0.020944529 |
| 14/05/2019 | 640.885 | -0.008545268 |
| 15/05/2019 | 627.432 | -0.021214735 |
| 16/05/2019 | 615.738 | -0.01881375 |
| 17/05/2019 | 607.427 | -0.013589545 |
| 20/05/2019 | 620.888 | 0.021918708 |
| 21/05/2019 | 625.166 | 0.006866503 |
| 22/05/2019 | 621.642 | -0.00565285 |
| 23/05/2019 | 636.621 | 0.023810138 |
| 24/05/2019 | 641.947 | 0.008331244 |
| 27/05/2019 | 647.003 | 0.007845186 |
| 28/05/2019 | 638.722 | -0.012881626 |
| 29/05/2019 | 646.390 | 0.011933732 |
| 31/05/2019 | 661.039 | 0.022409803 |
| 10/6/2019 | 676.658 | 0.023353136 |
| 11/6/2019 | 674.595 | -0.003053465 |
| 12/6/2019 | 672.354 | -0.003327523 |
| 13/06/2019 | 672.152 | -0.000300482 |
| 14/06/2019 | 670.107 | -0.003047104 |
| 17/06/2019 | 660.838 | -0.013928675 |
| 18/06/2019 | 669.956 | 0.013703312 |
| 19/06/2019 | 681.917 | 0.017695911 |
| 20/06/2019 | 678.075 | -0.005650048 |
| 21/06/2019 | 671.641 | -0.00953393 |
| 24/06/2019 | 666.552 | -0.007605816 |
| 25/06/2019 | 673.163 | 0.009869343 |
| 26/06/2019 | 669.895 | -0.004866516 |
| 27/06/2019 | 679.877 | 0.014790916 |
| 28/06/2019 | 682.647 | 0.004065989 |
| 1/7/2019 | 689.959 | 0.010654287 |
| 2/7/2019 | 692.584 | 0.003797355 |
| 3/7/2019 | 689.137 | -0.00498944 |
| 4/7/2019 | 688.840 | -0.000431067 |
| 5/7/2019 | 690.723 | 0.002729852 |
| 8/7/2019 | 688.839 | -0.002731303 |

| | | |
|---|---|---|
| 9/7/2019 | 692.516 | 0.005323771 |
| 10/7/2019 | 696.036 | 0.005070041 |
| 11/7/2019 | 695.550 | -0.000698484 |
| 12/7/2019 | 687.240 | -0.012019323 |
| 15/07/2019 | 694.642 | 0.010713029 |
| 16/07/2019 | 692.841 | -0.002596069 |
| 17/07/2019 | 690.260 | -0.003732197 |
| 18/07/2019 | 696.001 | 0.008282759 |
| 19/07/2019 | 699.861 | 0.005530647 |
| 24/07/2019 | 690.718 | -0.013150108 |
| 25/07/2019 | 694.032 | 0.004786433 |
| 26/07/2019 | 681.257 | -0.018578448 |
| 29/07/2019 | 679.171 | -0.003066684 |
| 30/07/2019 | 686.687 | 0.011005648 |
| 31/07/2019 | 687.802 | 0.001622421 |
| 1/8/2019 | 690.490 | 0.003900485 |
| 2/8/2019 | 685.476 | -0.007288003 |
| 5/8/2019 | 664.918 | -0.030449763 |
| 6/8/2019 | 661.591 | -0.005016185 |
| 7/8/2019 | 669.240 | 0.0114952 |
| 8/8/2019 | 678.599 | 0.013887639 |
| 9/8/2019 | 679.279 | 0.001001563 |
| 12/8/2019 | 675.633 | -0.005381912 |
| 13/08/2019 | 667.474 | -0.012149591 |
| 14/08/2019 | 675.345 | 0.011723233 |
| 15/08/2019 | 672.233 | -0.004618665 |
| 16/08/2019 | 672.647 | 0.000615668 |
| 19/08/2019 | 675.593 | 0.004370149 |
| 20/08/2019 | 680.658 | 0.007469154 |
| 21/08/2019 | 673.752 | -0.010197887 |
| 22/08/2019 | 675.015 | 0.001872822 |
| 23/08/2019 | 679.254 | 0.006260224 |
| 26/08/2019 | 674.870 | -0.006475057 |
| 27/08/2019 | 686.505 | 0.017093429 |
| 28/08/2019 | 689.022 | 0.003659692 |
| 29/08/2019 | 691.429 | 0.00348727 |
| 30/08/2019 | 702.590 | 0.016013036 |
| 2/9/2019 | 698.742 | -0.005491931 |
| 3/9/2019 | 692.699 | -0.008686014 |
| 4/9/2019 | 692.871 | 0.000248273 |
| 5/9/2019 | 699.284 | 0.00921312 |
| 6/9/2019 | 697.234 | -0.002935875 |
| 9/9/2019 | 703.612 | 0.009105989 |
| 10/9/2019 | 704.097 | 0.000689063 |

| | | |
|---|---|---|
| 11/9/2019 | 706.233 | 0.003029081 |
| 12/9/2019 | 695.758 | -0.014943313 |
| 13/09/2019 | 693.682 | -0.002988256 |
| 16/09/2019 | 700.229 | 0.009393782 |
| 17/09/2019 | 697.922 | -0.003300076 |
| 18/09/2019 | 700.179 | 0.003228668 |
| 19/09/2019 | 693.627 | -0.009401665 |
| 20/09/2019 | 695.031 | 0.002022097 |
| 23/09/2019 | 691.750 | -0.00473183 |
| 24/09/2019 | 681.169 | -0.015414179 |
| 25/09/2019 | 682.450 | 0.001878824 |
| 26/09/2019 | 691.455 | 0.013108809 |
| 27/09/2019 | 688.173 | -0.004757813 |
| 30/09/2019 | 685.920 | -0.003279257 |
| 1/10/2019 | 679.850 | -0.008888817 |
| 2/10/2019 | 672.444 | -0.010953349 |
| 3/10/2019 | 671.824 | -0.000922435 |
| 4/10/2019 | 676.645 | 0.007150362 |
| 7/10/2019 | 665.588 | -0.016475903 |
| 8/10/2019 | 669.417 | 0.005736324 |
| 9/10/2019 | 664.132 | -0.007926259 |
| 10/10/2019 | 660.638 | -0.00527489 |
| 11/10/2019 | 672.711 | 0.018109782 |
| 14/10/2019 | 676.878 | 0.006175233 |
| 15/10/2019 | 679.439 | 0.003776408 |
| 16/10/2019 | 679.501 | 9.12476E-05 |
| 17/10/2019 | 683.246 | 0.005496265 |
| 18/10/2019 | 681.656 | -0.002329839 |
| 21/10/2019 | 683.733 | 0.003042359 |
| 22/10/2019 | 691.270 | 0.010962995 |
| 23/10/2019 | 697.127 | 0.008437118 |
| 24/10/2019 | 709.173 | 0.017131899 |
| 25/10/2019 | 692.984 | -0.023092592 |
| 28/10/2019 | 696.855 | 0.005570444 |
| 29/10/2019 | 699.453 | 0.003721246 |
| 30/10/2019 | 699.349 | -0.000148699 |
| 31/10/2019 | 686.924 | -0.017926242 |
| 1/11/2019 | 685.245 | -0.002447222 |
| 4/11/2019 | 681.192 | -0.005932234 |
| 5/11/2019 | 696.650 | 0.022438928 |
| 6/11/2019 | 692.810 | -0.005527341 |
| 7/11/2019 | 686.311 | -0.009424914 |
| 8/11/2019 | 689.717 | 0.004950491 |
| 11/11/2019 | 686.750 | -0.004311044 |

| | | |
|---|---|---|
| 12/11/2019 | 692.276 | 0.008014395 |
| 13/11/2019 | 685.218 | -0.010247684 |
| 14/11/2019 | 676.844 | -0.012296218 |
| 15/11/2019 | 680.323 | 0.005126867 |
| 18/11/2019 | 678.039 | -0.003362877 |
| 19/11/2019 | 687.054 | 0.013208083 |
| 20/11/2019 | 687.115 | 8.87809E-05 |
| 21/11/2019 | 679.686 | -0.010870746 |
| 22/11/2019 | 679.686 | 0 |
| 25/11/2019 | 675.982 | -0.005464478 |
| 26/11/2019 | 666.165 | -0.014629061 |
| 27/11/2019 | 667.468 | 0.001954061 |
| 28/11/2019 | 660.084 | -0.011124349 |
| 29/11/2019 | 667.438 | 0.011079402 |
| 2/12/2019 | 680.532 | 0.019428343 |
| 3/12/2019 | 679.904 | -0.000923233 |
| 4/12/2019 | 678.067 | -0.002705509 |
| 5/12/2019 | 686.610 | 0.012520342 |
| 6/12/2019 | 692.889 | 0.009103368 |
| 9/12/2019 | 691.732 | -0.001671216 |
| 10/12/2019 | 690.619 | -0.0016103 |
| 11/12/2019 | 688.892 | -0.002503787 |
| 12/12/2019 | 679.452 | -0.013797919 |
| 13/12/2019 | 692.596 | 0.019160266 |
| 16/12/2019 | 693.458 | 0.001243819 |
| 17/12/2019 | 697.972 | 0.006488312 |
| 18/12/2019 | 697.564 | -0.000584722 |
| 19/12/2019 | 692.547 | -0.00721816 |
| 20/12/2019 | 703.152 | 0.015196979 |
| 23/12/2019 | 702.455 | -0.000991742 |
| 26/12/2019 | 703.784 | 0.001890149 |
| 27/12/2019 | 704.696 | 0.001295013 |
| 30/12/2019 | 698.085 | -0.009425632 |
| 2/1/2020 | 694.394 | -0.005301349 |
| 3/1/2020 | 699.446 | 0.00724907 |
| 6/1/2020 | 690.062 | -0.013507145 |
| 7/1/2020 | 692.539 | 0.003583106 |
| 8/1/2020 | 685.011 | -0.010929658 |
| 9/1/2020 | 691.376 | 0.009248918 |
| 10/1/2020 | 690.741 | -0.00091888 |
| 13/01/2020 | 694.017 | 0.004731521 |
| 14/01/2020 | 696.508 | 0.003582823 |
| 15/01/2020 | 693.076 | -0.004939618 |
| 16/01/2020 | 694.465 | 0.002002104 |

| | | |
|---|---|---|
| 17/01/2020 | 692.505 | -0.002826307 |
| 20/01/2020 | 687.901 | -0.006670526 |
| 21/01/2020 | 687.824 | -0.000111941 |
| 22/01/2020 | 683.113 | -0.006872699 |
| 23/01/2020 | 686.861 | 0.00547165 |
| 24/01/2020 | 686.309 | -0.000803979 |
| 27/01/2020 | 668.495 | -0.026299047 |
| 28/01/2020 | 665.724 | -0.004153747 |
| 29/01/2020 | 666.937 | 0.001820418 |
| 30/01/2020 | 657.831 | -0.013747529 |
| 31/01/2020 | 642.804 | -0.023108203 |
| 3/2/2020 | 636.107 | -0.010473068 |
| 4/2/2020 | 639.640 | 0.00553873 |
| 5/2/2020 | 647.511 | 0.012230264 |
| 6/2/2020 | 644.278 | -0.005005472 |
| 7/2/2020 | 644.539 | 0.000405023 |
| 10/2/2020 | 637.693 | -0.010678356 |
| 11/2/2020 | 637.363 | -0.000517624 |
| 12/2/2020 | 627.793 | -0.015128858 |
| 13/02/2020 | 617.417 | -0.016665848 |
| 14/02/2020 | 619.844 | 0.003923187 |
| 17/02/2020 | 623.974 | 0.006640867 |
| 19/02/2020 | 629.412 | 0.008677349 |
| 20/02/2020 | 633.775 | 0.006907952 |
| 21/02/2020 | 624.167 | -0.015276041 |
| 24/02/2020 | 614.722 | -0.015247828 |
| 25/02/2020 | 609.580 | -0.008399938 |
| 26/02/2020 | 593.595 | -0.026572927 |
| 27/02/2020 | 579.716 | -0.02365894 |
| 28/02/2020 | 565.007 | -0.025700208 |

LAMPIRAN 2

Data peramalan harga saham periode Maret 2020

| Periode | Aktual | Prediksi |
|---|---|---|
| 2/3/2020 | 562.005 | 555.0442 |
| 3/3/2020 | 583.014 | 580.3118 |
| 4/3/2020 | 604.524 | 600.7191 |
| 5/3/2020 | 603.403 | 595.4371 |
| 6/3/2020 | 587.456 | 577.7437 |
| 9/3/2020 | 541.403 | 527.3204 |
| 10/3/2020 | 549.482 | 546.1692 |
| 11/3/2020 | 542.304 | 534.0863 |
| 12/3/2020 | 512.958 | 502.0365 |
| 13/03/2020 | 514.153 | 509.4344 |
| 16/03/2020 | 483.066 | 471.6865 |
| 17/03/2020 | 452.125 | 442.4531 |
| 18/03/2020 | 434.494 | 427.2138 |
| 19/03/2020 | 406.511 | 397.3507 |
| 20/03/2020 | 431.165 | 432.1368 |
| 23/03/2020 | 402.572 | 391.9137 |
| 24/03/2020 | 393.863 | 389.0673 |
| 26/03/2020 | 444.318 | 449.6737 |
| 27/03/2020 | 467.462 | 464.5984 |
| 30/03/2020 | 449.848 | 441.0821 |
| 31/03/2020 | 476.388 | 474.2114 |

# RIWAYAT HIDUP

Niksie Greta Sanchia, lahir di Sumberpucung 17 Maret 1998. Kakak dari Nevil Griseldy yang merupakan anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Bapak Teguh Winarno dan Ibu Rista Utami Lambaringsih. Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN 06 Sumberpucung di kampong halamannya dan lulus pada tahun 2010.

Setelah itu melanjutkan sekolah di SMPN 2 Sumberpucung, lulus tahun 2013. Pendidikan selanjutnya ditempuh di SMAN 1 Sumberpucung dan lulus tahun 2016. Selanjutnya, pada tahun yang sama melanjutkan kuliah di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang Jurusan Matematika melalui jalur SBMPTN.

**KEMENTERIAN AGAMA RI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933**

## BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Niksie Greta Sanchia
NIM : 16610081
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Implementasi Model ARIMA-GARCH Menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si
Pembimbing II : Muhammad Khudzaifah, M.Si

| No. | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|---|---|---|---|
| 1. | 11 November 2019 | Setor dan Konsultasi Judul | 1. |
| 2. | 21 November 2019 | ACC Judul dan Konsultasi Bab I | 2. |
| 3. | 26 Desember 2019 | Revisi Bab I dan Setor Bab II | 3. |
| 4. | 7 Januari 2020 | Revisi Bab II | 4. |
| 5. | 14 Januari 2020 | Revisi Bab II | 5. |
| 6. | 27 Januari 2020 | ACC Bab I dan Bab II | 6. |
| 7. | 4 Februari 2020 | Setor Bab III | 7. |
| 8. | 9 Februari 2020 | Revisi Bab III | 8. |
| 9. | 20 Februari 2020 | Revisi Bab III | 9. |
| 10. | 5 Maret 2020 | Setor Kajian Agama | 10. |
| 11. | 30 Maret 2020 | ACC Bab III | 11. |
| 12. | 31 Maret 2020 | ACC Kajian Agama | 12. |
| 13. | 11 April 2020 | Setor Bab III dan Bab IV | 13. |
| 14. | 18 April 2020 | Revisi Bab III dan Bab IV | 14. |
| 15. | 24 April 2020 | ACC Bab III dan Revisi Bab IV | 15. |
| 16. | 26 April 2020 | Revisi Bab IV dan Setor Bab V | 16. |
| 17. | 27 April 2020 | Revisi Kajian Agama | 17. |
| 18. | 29 April 2020 | ACC Bab IV, Bab V, dan Abstrak | 18. |
| 19. | 30 April 2020 | ACC Kajian Agama | 19. |
| 20. | 5 Mei 2020 | Turnitin | 20. |
| 21. | 7 Mei 2020 | Latihan Presentasi Sidang | 21. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 22. | 16 Mei 2020 | Bimbingan Pasca Sidang | 22. |
| 23. | 25 Mei 2020 | ACC Keseluruhan | 23. |

Malang, 9 Juni 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001