PENDUGAAN PARAMETER MODEL *GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTIC* (GARCH) DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION*

(SKRIPSI)

Oleh :

Hijriati Aisha Putri

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

2023

ABSTRAK

PENDUGAAN PARAMETER MODEL *GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTIC (GARCH)* DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION*

OLEH

HIJRIATI AISHA PUTRI

Model GARCH adalah suatu model yang dapat mengatasi unsur heteroskedastisitas pada data. Model GARCH dikembangkan untuk menghindari orde yang terlalu tinggi pada model ARCH dengan memilih model yang lebih sederhana. Tujuan dari penelitian ini adalah menduga parameter dari *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) (3,0) dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* serta meramalkan harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk dengan model GARCH. Parameter yang diduga dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* yaitu $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ dan α_3. Hasil penelitian memperlihatkan model terbaik dengan nilai AIC terkecil 11,353 yaitu pada model ARIMA (1,1,0) GARCH (3,0). Hasil peramalan dapat memprediksi secara baik data harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia dilihat dari nilai akurasi peramalan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 1.164629.

Kata Kunci : Pendugaan Parameter, *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH), Deret Waktu, Peramalan.

ABSTRACT

ESTIMATION OF *GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTIC* (GARCH) MODEL PARAMETERS WITH MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION METHOD

OLEH

HIJRIATI AISHA PUTRI

The GARCH model is a model that can overcome the element of heteroscedasticity in the data. The GARCH model was developed to avoid too high an order in the ARCH model by choosing a simpler model. The purpose of this research is to estimate the parameters of the *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) (3.0) using the *Maximum Likelihood Estimation* method and to predict the stock price of PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk with the GARCH model. The parameters estimated by the *Maximum Likelihood Estimation* method are $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ dan α_3. The results showed that the best model with the smallest AIC value of 11.353 was the ARIMA (1,1,0) GARCH (3,0) model. Forecasting results can predict well PT stock price data. Bank Rakyat Indonesia seen from the value of forecasting accuracy using the *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) of 1.164629.

Keywords : Parameter Estimation, *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH), Time Series, Forecasting.

PENDUGAAN PARAMETER MODEL *GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTIC* (GARCH) DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION*

Oleh

HIJRIATI AISHA PUTRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **PENDUGAAN PARAMETER MODEL *GENERALIZED AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSCEDASTIC* (GARCH) DENGAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION***

Nama Mahasiswa : *Hijriati Aisha Putri*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1957031020

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Widiarti, S.Si., M.Si.	**Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.**
NIP. 19800502 200501 2 003	NIP. 19720227 199802 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Widiarti, S.Si., M.Si.** ....

Sekretaris : **Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.** ....

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

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si. M.Si
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Juni 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: **Hijriati Aisha Putri**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1957031020**
Jurusan	: **Matematika**
Fakultas	: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**
Judul Skripsi	: **Pendugaan Parameter Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) dengan Metode *Maximum Likelihood Estimation***

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini merupakan hasil saya sendiri dan semua yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023

Penulis

Hijriati Aisha Putri

NPM. 1957031020

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Hijriati Aisha Putri lahir di Bandar Lampung pada tanggal 7 Februari 2001, dari pasangan Bapak Yufrizal Hendra dan Ibu Refi Anita. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara, yaitu Ridha Hayati, Iffah Khairunnisa, Ufaira Izzatunnisa dan Raffi Athalla Kamil.

Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak - Kanak (TK) Sari Teladan pada tahun 2005 – 2007, lalu melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Rawa Laut pada tahun 2007-2013, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 26 Bandar Lampung pada tahun 2013-2016, lalu penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 14 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN-Barat). Penulis aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) FMIPA UNILA yaitu pada tahun 2020 sebagai Anggota Bidang Minat dan Bakat dan tahun 2021 sebagai Sekretaris Bidang Minat dan Bakat. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan Kampus Merdeka seperti Kampus Mengajar 2 di SDN 1 Way Kandis pada Agustus 2021 – Desember 2021 dan Wirausaha Merdeka di Institut Teknologi Bandung pada Agustus 2022 – Desember 2022.

Pada Januari 2022 penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung dan pada bulan Juni 2022 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kali Bening, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus.

KATA INSPIRASI

"Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan dengan sabar dan shalat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."

(Q.S Al-Baqarah: 153)

"Jika kamu bersungguh-sungguh, kesungguhan itu untuk kebaikanmu sendiri."

(Q.S Al-Ankabut : 46)

"Semakin keras kamu berusaha, semakin nikmat rasanya ketika kamu berhasil."

(Loak)

"Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi. Tak ada mimpi yang patut untuk diremehkan. Lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang kau harapkan."

(Maudy Ayunda)

"Hargai dirimu, hargai prosesmu tanpa berfikir bahwa dirimu tak layak dan orang lain lebih baik darimu."

PERSEMBAHAN

Puji syukur senantiasa kita panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan nikmat rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan saya dalam meraih cita-cita. Dengan segala kerendahan hati, saya persembahkan karya ini kepada :

Orang Tua Tercinta

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya Ayah dan Bunda. Terimakasih atas segala pengorbanan, kesabaran, kasih sayang, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti Ayah dan Bunda berikan kepada saya. Terimakasih sudah menjadi orang tua yang selalu ada untuk saya.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Terimakasih sudah memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu yang bermanfaat.

Almameter Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pendugaan Parameter Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) dengan Metode *Maximum Likelihood Estimation*". Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Matematika (S.Mat) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing pertama atas bimbingan, pengarahan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua atas bimbingan dan pengarahan selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku dosen pembahas atas evaluasi, arahan dan saran untuk skripsi ini.
4. Ibu Dina Eka Nurvazly, M.Si. dan Alm. Bapak Amanto, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik atas bimbingannya selama ini.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ..... **i**
DAFTAR TABEL ..... **iii**
DAFTAR GAMBAR ..... **iv**
I. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang dan Masalah 1
1.2 Tujuan Penelitian 3
1.3 Manfaat Penelitian 3
II. TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Deret Waktu (*Time Series*) 4
2.2 Kestasioneran Data Deret Waktu 5
2.2.1 Uji Akar Unit 5
2.2.2 *Autocorrelation Function* (ACF) 5
2.2.3 *Partial Autocorrelation Function* (PACF) 6
2.2.4 *Akaike Information Criteria* (AIC) 6
2.3 Model *Autoregressive* (AR) 7
2.4 Model *Moving Average* (MA) 7
2.5 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) 8
2.6 *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) .. 9
2.7 Uji Heteroskedastisitas 10
2.8 Uji Signifikansi Parameter 10
2.9 Metode *Maximum Likelihood* 11
III. METODOLOGI PENELITIAN **13**
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 13
3.2 Data Penelitian 13
3.3 Metode Penelitian 13

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 15
4.1 Pendugaan Parameter GARCH 15
4.2 Uji Kestasioneran Data 20
4.3 Identifikasi Model ARIMA 21
4.4 Estimasi Model ARIMA 23
4.5 Evaluasi Parameter Model ARIMA 24
4.6 Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA 26
4.7 Pengecekan Efek ARCH pada Model ARIMA (1,1,0) 26
4.8 Identifikasi Model GARCH 27
4.9 Estimasi Model GARCH 29
4.10 Evaluasi Parameter Model GARCH 29
4.11 Peramalan BRI dengan Model ARIMA-GARCH 31
V. KESIMPULAN 33
5.1 Kesimpulan 33
DAFTAR PUSTAKA 35

DAFTAR TABEL

Tabel 1.Uji Augmented Dickey-Fuller 20
Tabel 2. Uji Augmented Dickey-Fuller setelah *differencing* 1 22
Tabel 3. Perbandingan nilai AIC... 24
Tabel 4. Uji *Ljung-box* model ARIMA (1,1,0) 24
Tabel 5. Uji Kolmogorov-Smirnov... 25
Tabel 6. Tabel Hasil Uji Signifikansi Parameter 26
Tabel 7. Uji ARCH Langrange Multipier 27
Tabel 8. Estimasi dan Nilai AIC terhadap Model Dugaan GARCH..................... 29
Tabel 9. Uji ARCH *Langrange Multiplier* model GARCH................................. 30
Tabel 10. Uji Signifikan Parameter Model GARCH (3,0)................................... 30
Tabel 11. Hasil Peramalan dengan model ARIMA (1,1,0) – GARCH (3,0) 31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Plot Deret Waktu Data Harian BRI Periode.. 20
Gambar 2. Plot Deret Waktu Data Harian BRI setelah *diff* 1 21
Gambar 3. Plot ACF data BRI setelah dilakukan *differencing* 1. 22
Gambar 4. Plot PACF data BRI setelah dilakukan differencing 1........................ 23
Gambar 5. Plot ACF Residual Kuadrat Model ARIMA (1,1,0) 28
Gambar 6. Plot PACF Residual Kuadrat Model ARIMA (1,1,0) 28

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Time series merupakan teknik peramalan yang banyak digunakan karena telah terbukti menghasilkan peramalan yang baik dengan menggunakan data historis (Arifani, dkk, 2014). Menurut Cryer dan Chan (1986), *Time Series* merupakan analisis dengan menggunakan data dari waktu ke waktu (data masa sebelumnya) bisa berupa data harian, mingguan, bulanan dan kuartalan untuk membantu prediksi pada kejadian di masa yang akan datang. Sedangkan menurut Makridakis (1999), penetapan karakteristik data *time series*, seperti stasioner, musiman dan sebagainya, memerlukan suatu pendekatan yang sistematik dan mendapatkan gambaran jelas mengenai model-model dasarnya.

Model deret waktu yang dikembangkan oleh Box-Jenkins meliputi model *Autoregressive* (AR), *Moving Average* (MA), *Autoregressive Moving Average* (ARMA), dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Harga saham termasuk dalam sektor keuangan yang volatilitasnya cukup tinggi dan berubah dengan sangat cepat. Hal ini disebabkan oleh varian yang tidak konstan atau adanya heteroskedastisitas, sedangkan asumsi yang harus dipenuhi oleh ARIMA yaitu asumsi homoskedastisitas. Oleh karena itu, model ARIMA harus dipadukan dengan model yang dapat mengatasi masalah heteroskedastisitas.

Pada tahun 1982, Engle memperkenalkan sebuah model yang menggambarkan perubahan variansi yang dipengaruhi oleh beberapa data sebelumnya yaitu model *Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (ARCH). Kemudian pada tahun

1986, Bollerslev memperkenalkan model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) sebagai pengembangan dari model ARCH. Model GARCH merupakan model yang lebih sederhana dengan parameter yang lebih sedikit dibandingkan dengan model ARCH orde tinggi (Surya & Hariadi, 2002).

Model GARCH juga mampu untuk memenuhi semua karakteristik data deret waktu keuangan. Dalam model ARCH/GARCH, variansi error masa sekarang dipengaruhi oleh volatilitas masa lalu. Hal ini mengakibatkan terdapat banyaknya parameter yang harus diestimasi.

Beberapa penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang model GARCH yaitu, Al Haris dan Prizka (2020) mengkaji tentang Peramalan harga emas dengan model GARCH. Ardikha, Zukhronah & Pratiwi (2021) mengkaji tentang model ARIMA-GARCH pada peramalan harga saham PT. Jasa Marga (persero). Fitriyani, dkk (2021) mengkaji tentang peramalan indeks harga saham PT. Verena Multi Finance Tbk dengan metode pemodelan ARIMA dan ARCH/GARCH.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penaksiran parameter model *time series*, yaitu metode *least square,* metode *maximum likelihood,* dan metode *quasi-maximum likelihood.* Menurut Assauri dan Sofyan (1991), metode *least square* merupakan metode peramalan yang digunakan untuk melihat *trend* dari data deret waktu, sedangkan metode *maximum likelihood* digunakan untuk menentukan parameter yang memaksimalkan kemungkinan dari data sampel, kemudian pada metode *quasi-maximum likelihood* yaitu metode estimasi yang dilakukan terhadap variansi-kovariansi parameter model, tetapi masih tetap memanfaatkan metode *maximum likelihood* sebagai dasar, sehingga perhitungan varian-kovariansi quasi juga merupakan nilai-nilai yang diperoleh dari metode *maximum likelihood*.

Metode *maximum likelihood* memiliki kelebihan dibandingkan metode lainnya yaitu memiliki konsep prosedur yang sangat sederhana dan lebih umum digunakan untuk mengestimasi parameter serta bisa menyesuaikan model statistik dengan data statistik yang ada. Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *maximum likelohood* pada model GARCH yaitu Rafulta dan Putra (2015) yang mengkaji tentang pemodelan data *time series* GARCH (1,1) untuk pasar saham Indonesia. Rahmadayanti, dkk (2018) mengkaji tentang model GARCH dengan pendekatan *conditional maximum likelihood* untuk prediksi harga saham.

Berdasarkan uraian tersebut pada penelitian ini akan membahas pendugaan parameter dari model GARCH (3,0) dengan metode *maximum likelihood estimation* serta melakukan peramalan terhadap harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menduga parameter model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH) (3,0) dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).
2. Meramalkan harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk menggunakan model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH).

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi dan menambah wawasan tentang pendugaan parameter pada model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* (GARCH).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deret Waktu (*Time Series*)

Deret waktu adalah sekumpulan pengamatan yang dilakukan pada titik waktu yang berbeda selama interval waktu yang sama, dan urutan data diasumsikan berkaitan (Box & Jenkins, 1976). Deret waktu adalah sekumpulan data pengamatan yang terjadi secara berurutan dengan interval waktu yang tetap berdasarkan indeks waktu (Aswi dan Sukarna, 2006).

Menurut Hanke & Wincern (2005) ada empat jenis pola data, yaitu:

1. Pola Data Horizontal

   Pola data horizontal atau sering disebut sebagai data stasioner, terjadi ketika data yang diamati berfluktuasi di sekitar nilai konstanta, atau ketika rata-rata membentuk garis horizontal.
2. Pola Data *Trend*

   Pola data *trend* muncul ketika data pengamatan naik atau turun dalam jangka waktu yang lama. Data pengamatan yang memiliki trend disebut sebagai data yang tidak stasioner.
3. Pola Data Musiman

   Pola data musiman terjadi ketika deret tersebut dipengaruhi oleh faktor musiman, baik triwulanan, bulanan, mingguan, atau harian.
4. Pola Data Siklis

   Pola data siklis merupakan pola data yang berfluktuasi selama satu tahun atau lebih.

2.2 Kestasioneran Data Deret Waktu

Suatu kumpulan data dapat dikatakan stasioner jika nilai rata-rata dan varian dari data deret waktu tidak berubah secara sistematis dari waktu ke waktu, atau dengan kata lain rata-rata dan varian tidak berubah. Selain itu, jika data yang digunakan dalam model tidak tetap, maka data tersebut akan ditinjau validitas dan stabilitasnya. Salah satu penyebab data tidak stasioner adalah adanya autokorelasi. Jika data stasioner, autokorelasi akan hilang dengan sendirinya. Oleh karena itu, untuk menghilangkan autokorelasi pada data yang tidak stasioner, perlu dilakukan transformasi data sehingga data yang sebelumnya tidak stasioner menjadi stasioner (Makridakis, 1995).

2.2.1 Uji Akar Unit

Uji akar unit yaitu uji yang digunakan untuk memeriksa kestasioneran, uji yang biasa digunakan adalah uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Pada metode ADF menyatakan data bersifat stasioner jika hasil ADF lebih kecil dari nilai kritis 5%. Adapun persamaan ADF yaitu (Wei, 2006).

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (2.1)$$

2.2.2 *Autocorrelation Function* (ACF)

Menurut Hanke & Winchen (2005), Autokorelasi adalah hubungan yang terjadi antara variabel satu atau lebih. Menurut Tsay (2010), ketika korelasi linier antara y_t dan nilai masa lalunya y_{t-i}, konsep korelasi digenerelisasikan ke autokorelasi. Koefisien korelasi antara y_t dan y_{t-k} disebut autokorelasi lag-*k* dari y_t dan biasanya dilambangkan dengan ρ_k. Secara khusus, didefinisikan:

$$\rho_k = \frac{Cov(y_t, y_{t-k})}{\sqrt{Var(y_t)Var(y_{t-k})}} = \frac{Cov(y_t, y_{t-k})}{Var(y_t)} \qquad (2.2)$$

dengan,

ρ_k : koefisien autokorelasi pada lag ke-*k*

y_t : nilai data pada waktu ke-*t*

y_{t-k} : nilai data pada waktu ke-*(t-k)*

2.2.3 *Partial Autocorrelation Function* (PACF)

Partial Autocorrelation merupakan ukuran kedekatan antara sebuah variabel satu dengan variabel bebas lainnya. Menurut Cryer & Chan (2008), fungsi tersebut dapat didefinisikan sebaga korelasi antara y_t dan y_{t-k} setelah menghilangkan efek dari $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-k+1}$. Koefisien ini disebut autokorelasi parsial pada lag *k* dan akan dilambangkan dengan ϕ_{kk}. Secara khusus, didefinisikan:

$$\phi_{kk} = Corr(y_t, y_{t-k} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-k+1}) \tag{2.3}$$

dengan,

ϕ_{kk} : koefisien autokorelasi parsial pada lag ke-*k*

y_t : nilai data pada waktu ke-*t*

y_{t-k} : nilai data pada waktu ke-*(t-k)*

2.2.4 *Akaike Information Criteria* (AIC)

Metode *Akaike Information Criteria* (AIC) merupakan metode yang dapat digunakan untuk memilih model terbaik yang ditemukan oleh Akaike (Grasa, 1989). Metode ini didasarkan pada estimasi *maximum likelihood.*

Untuk menghitung nilai AIC menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\ln AIC = \frac{2b}{n} + \ln(\sum_{i=1}^{n} u_i^2 + n) \tag{2.4}$$

dengan:

b : jumlah parameter yang diestimasi

n : jumlah data

u : sisa

Menurut Widarjono (2007), Model regresi terbaik adalah model regresi yang mempunyai nilai AIC terkecil.

2.3 Model *Autoregressive* (AR)

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

$$Z_t = \phi_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \cdots + \phi_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \tag{2.5}$$

dengan:

Z_t : nilai variabel pada waktu ke-*t*

Z_{t-p} : variabel bebas

ϕ_p : parameter model *Autoregressive* (AR)

ε_t : nilai *error* pada waktu ke-*t*

p : orde AR

2.4 Model *Moving Average* (MA)

Moving Average (MA) adalah nilai *time series* pada waktu *t* yang dipengaruhi oleh kesalahan pada saat ini dan unsur kesalahan terbobot pada masa lalu (Makridakis, Wheel, & MeGee, 1999). Bentuk umum model *Moving Average* dengan orde *q* (MA(*q*)) sebagai berikut:

$$Z_t = \varepsilon_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q} \tag{2.6}$$

dengan:

Z_t : nilai variabel pada waktu ke-*t*

a_{t-q} : variabel bebas

θ_q : parameter model *Moving Average* (MA)

ε_t : nilai *error* pada waktu ke-*t*

q : orde MA

2.5 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) digunakan dengan asumsi dasar yaitu data deret waktu yang digunakan harus stasioner, artinya rata-rata variasi dari data yang bersangkutan adalah konstan. Tetapi, ada beberapa hal yang terjadi jika data tidak stasioner. Untuk mengatasi data yang tidak stasioner, perlu dilakukan proses *differencing* agar data menjadi stasioner.

Menurut Suhartono (2007), model ARIMA *(p,d,q)* adalah kombinasi model ARMA *(p,q)* dan proses *differencing* yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \phi_0 + \theta_q(B)\varepsilon_t \qquad (2.7)$$

Untuk p = 1,2,...,p

Untuk q = 1,2,...,q

$$\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\cdots-\phi_p B^p\right)(1-B)^d Z_t = \phi_0+\varepsilon_t-\theta_1 a_{t-1}-..-\theta_q a_{t-q}$$

$$\left(1-B^d+\ \phi_1 B-\phi_2 B^{1+d}-\cdots-\phi_p B^{p+d}\right)Z_t = \phi_0+\varepsilon_t-\theta_1 a_{t-1}-..-\theta_q a_{t-q}$$

Dengan menggunakan persamaan :

$B^i Z_t = Z_{t-i}$

Maka diperoleh

$Z_t - Z_{t-i} - \phi_1 Z_{t-1-i} -..-\phi_p Z_{t-p-i} = \phi_0 + \varepsilon_t - \theta_1 a_{t-1} -..-\theta_q a_{t-q}$

$$Z_t = \phi_0 + Z_{t-i} + \phi_1 Z_{t-1-i} + .. + \phi_p Z_{t-p-i} + \varepsilon_t - \theta_1 a_{t-1} - .. - \theta_q a_{t-q}$$

Sehingga diperoleh persamaan model ARIMA, sebagai berikut :

$$Z_t = \phi_0 + Z_{t-i} + \phi_1 Z_{t-1-i} + .. + \phi_p Z_{t-p-i} + \varepsilon_t - \theta_1 a_{t-1} - .. - \theta_q a_{t-q} \quad (2.8)$$

dengan :

Z_t	: nilai variabel pada waktu ke-*t*
ϕ_p	: parameter model *Autoregressive* (AR)
θ_q	: parameter model *Moving Average* (MA)
B	: operator *backshift*
$(1-B)^d$	: *differencing*
ε_t	: nilai *error* pada saat ke-*t*

2.6 *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH)

Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) (p,q) dikembangkan dari model *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (ARCH**)**. Model ini dikembangkan untuk menghindari orde yang terlalu tinggi pada model ARCH dengan memilih model yang lebih sederhana untuk memastikan bahwa varian selalu positif (Enders, 1995). Model GARCH juga digunakan pada analisis deret waktu untuk mengatasi masalah heteroskedastisitas pada suatu model. Sehingga diperoleh bentuk umum model GARCH (p,q) yaitu :

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_t X_t + e_t \qquad t = 1, \dots, n$$

$$\varepsilon_t = Z_t \sqrt{h_t}$$

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 + \beta_1 h_{t-1}^2 + \cdots + \beta_s h_{t-s}^2$$

Sehingga menghasilkan persamaan model GARCH :

$$h_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 + \sum_{j=1}^{s} \beta_s h_{t-s}^2 \quad (2.9)$$

dengan :

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

ε_t : nilai *error* pada saat *t*

α, β : parameter ARCH/GARCH

m,s : orde ARCH/GARCH

ε_{t-m}^2 : kuadrat dari residual pada waktu t-m

h_{t-s}^2 : variansi dari residual pada waktu t-s

2.7 Uji Heteroskedastisitas

Dalam data deret waktu, sering terjadi adanya rentang waktu dengan ukuran yang tinggi diikuti rentang waktu dengan ukuran yang konstan, sehingga menyebabkan kesalahan galat yang tidak konstan (Enders, 1995). Uji Heteroskedastisitas adalah pengujian untuk mengetahui apakah terdapat masalah heteroskedastisitas pada suatu model data deret waktu. Cara mendeteksi adanya masalah heteroskedastisitas dapat diuji dengan menggunakan uji koefisien ARCH-*Langrange* atau sering disebut dengan Uji ARCH-LM dengan menggunakan model ARIMA, dan adanya heteroskedastisitas dapat dilihat dari plot ACF dan PACF dengan kuadrat residual model ARIMA.

2.8 Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter adalah pengujian yang dilakukan setelah estimasi nilai parameter dari model ARIMA yang ditentukan sementara. Uji signifikansi parameter berguna untuk menentukan apakah suatu parameter signifikan atau tidak. Menurut Aswi & Sukarna (2006), pengujian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Hipotesis

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

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

Statistik Uji :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})} \tag{2.10}$$

dimana:

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

SE : *standart error*

2.9 Metode *Maximum Likelihood*

Maximum Likelihood atau metode kemungkinan maksimum adalah teknik yang sangat banyak digunakan dalam mengevaluasi parameter distribusi data dan terus digunakan secara dominan dalam pengembangan uji yang baru (Lehmann, 1986).

Misalkan diketahui model regresi sebagai berikut:

$$y_i = X_i'\beta + \varepsilon_i \quad , i = 1, \ldots, m \tag{2.11}$$

Menurut Aziz (2010), parameter β dalam persamaan tersebut dapat diduga dengan menggunakan *maximum likelihood estimation* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Misalkan X_i' vektor $1 \times k, i = 1, \ldots, n$, sehingga $y_i \sim N(X_i'\beta, \sigma^2)$. Fungsi distribusi peluang dari y_i jika diberikan $X_i'\beta, \sigma^2$ adalah

$$f(y_i|X_i'\beta, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i - X_i'\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.12}$$

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

$$f(y_i, \ldots, y_n) = (2\pi\sigma^2)^{\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i - X_i'\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.13}$$

Sehingga

$$l(\beta, \sigma^2|X, y) = (2\pi\sigma^2)^{\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma}(y - X\beta)'(y - X\beta)\right) \quad (2.14)$$

Maka fungsi dari *log-likelihood*-nya adalah

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

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

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

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

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

$$= -\frac{n}{2}\ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}(y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta) \quad (2.15)$$

Sehingga,

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

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

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

$$= -\frac{1}{\sigma^2}(X'y + X'X\beta) \quad (2.16)$$

dengan menyetarakan hasil turunan dengan nol, diperoleh

$$\hat{\beta}_{ml} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (2.17)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023 bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan yaitu data saham harian PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk. Periode 10 Januari 2022 – 31 Januari 2023 yang diperoleh dari https://finance.yahoo.com/quote/BBRI.JK/history?period1=1641600000&period2=1673136000&interval=1d&filter=history&frequency=1d&includeAdjustedClose=true.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini akan melakukan dua kajian yaitu kajian teori dan kajian aplikasi. Kajian teori yaitu menduga parameter model GARCH (3,0) dengan metode *maximum likelihood estimation* (MLE). Sedangkan kajian aplikasi akan melakukan peramalan harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk.

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah *R-Studio-4.1.1*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menduga parameter $(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2\ dan\ \alpha_3)$ model GARCH dengan metode *maximum likelihood estimation.*
2. Menginput data harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia periode 10 Januari 2022 – 31 Januari 2023.
3. Memeriksa kestasioneran data dengan menggunakan uji akar unit (ADF) serta uji *correlogram* ACF dan PACF.
4. Jika data tidak stasioner, maka akan dilakukan proses *differencing.*
5. Identifikasi model ARIMA dengan melihat plot *correlogram* dari ACF dan PACF. Orde MA ditentukan oleh plot ACF, dan orde AR ditentukan oleh plot PACF.
6. Memilih model ARIMA terbaik dengan melihat nilai AIC terkecil.
7. Melakukan uji signifikansi pada hasil estimasi model ARIMA.
8. Melakukan uji heteroskedastisitas pada hasil estimasi model ARIMA untuk mengetahui apakah ada efek ARCH menggunakan uji ARCH *Lagrange Multiplier* (ARCH-LM).
9. Mengidentifikasi model ARCH/GARCH.
10. Melakukan uji signifikansi pada model GARCH dan melihat nilai AIC terkecil untuk mendapatkan model GARCH terbaik.
11. Melakukan peramalan dengan model terbaik GARCH.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penduga parameter $\widehat{\alpha_0}$, $\widehat{\alpha_1}$, $\widehat{\alpha_2}$ dan $\widehat{\alpha_3}$ dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yaitu :

$$\widehat{\alpha_0} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{t=4}^{n} \varepsilon_t^2 - \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 - \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 - \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2$$

$$\widehat{\alpha_1} = \sum_{t=4}^{n} \frac{\varepsilon_t^2 - (n-1)\alpha_0 - \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 - \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2}{\varepsilon_{t-1}^2}$$

$$\widehat{\alpha_2} = \sum_{t=4}^{n} \frac{\varepsilon_t^2 - (n-1)\alpha_0 - \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 - \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2}{\varepsilon_{t-2}^2}$$

$$\widehat{\alpha_3} = \sum_{t=4}^{n} \frac{\varepsilon_t^2 - (n-1)\alpha_0 - \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 - \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2}{\varepsilon_{t-3}^2}$$

2. Model ARIMA-GARCH pada harga saham harian PT. Bank Rakyat Indonesia (BBRI) periode 10 Januari 2022 – 31 Januari 2023 menghasilkan model ARIMA (1,1,0) – GARCH (3,0) atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t = -0.1915\, Z_{t-1} + \varepsilon_t + 3.0618 + 0.000007\varepsilon_{t-1}^2 + 0.070497\varepsilon_{t-2}^2 + 0.40423\varepsilon_{t-3}^2$$

Model ARIMA (1,1,0) – GARCH (3,0) dapat memprediksi secara baik data harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (BBRI), hal ini dapat dilihat dari nilai akurasi peramalan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Diperoleh nilai MAPE sebesar 1.164629, artinya model yang didapat sudah baik dalam memprediksi.

DAFTAR PUSTAKA

Al Haris, M & Rismawati, P. A. 2020. *Peramalan Harga Emas denggan Model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH).* Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang, 3 : 19-30 .

Ardikha ,F. T., Zukhronah, E., & Pratiwi, H. 2021. *Model ARIMA-GARCH pada Peramalan Harga Saham PT. Jasa Marga (Persero).* Surakarta: Universitas Sebelas Maret. 3 : 164-170.

Arifani, I., Rahmayanti, W., Putri, T., Oktavia, V. K., & Mutiara, A. A. 2014. *Pemodelan Peramalan Jumlah Pengunjung Kbs Menggunakan Model Variasi Kalender ARIMAX. Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa.* Indonesia.

Assauri, S. 1991. *Teknik dan Metode Peramalan*. Jakarta : LPFE UI.

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

Aziz, A. 2010. *Ekonometrika Teori & Praktik Eksperimen dengan MATLAB.* Malang : UIN-Maliki Press.

Box, G & Jenkins, G. 1976. *Time Series Analysis Forecasting and Control.* San Fransisco: Holden-Day.

Cryer, J. D. 1986. *Time Series Analysis*. Boston : Duxbury Press

Cryer, J. D., & Chan, K. S. 2008. *Time Series Analysis with Application R, second edition.* Lowa City: Springer.

Enders, W. 1995. *Applied Econometric Time Series.* New York: John Wiley & Sons.

Fitriyani, F., Fasya, S. A., Irfan, M. R., & Ammar, T. T. 2021. *Peramalan Indeks Harga Saham PT Verena Multi Finance Tbk dengan Metode Pemodelan ARIMA dan ARCH/GARCH.* Jawa Barat: Universitas Padjajaran. 14 : 11-23.

Grasa, A. A. 1989. *Econometric Model Selection: A New Approach.* Kluwer: Springer Science and Business Media.

Hanke, J. E., & Wincern, D. W. 2005. *Business Forecasing Eight Edition.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.

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

Makridakis, S., McGee, V. E., & Wheelwright, S. C. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid I.* Jakarta: Erlangga.

Rafulta, E. dan Tri, P. R. 2015. *Pemodelan Data Time Series GARCH (1,1) Untuk Pasar Saham Indonesia. Jurnal Poli Rekayasa*, 11 : 13-23.

Rahmadayanti, C., Rabbani, H., & Atiqi, A. R. 2018. *Model Autoregressive dengan Pendekatan Conditional Maximum Likelihood untuk Prediksi Harga Saham. Jurnal KUBIK*, 3 : 21-28.

Suhartono. 2007. *Teori dan Aplikasi Model Intervensi Fungsi Pulse. Jurnal Ilmiah MatStat*, 7(2).

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

Tsay, R. S. 2010. *Analysis of Financial Time Series.* Hoboken : John Wiley & Sons.

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

Widarjono, A. 2007. *Ekonometrika Teori dan Aplikasi.* Yogyakarta: Ekonisia FE UII.