IMPLEMENTASI MODEL APARCH *IN MEAN* MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*

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

SKRIPSI

OLEH
INDAH CAHYANTI
NIM. 16610042

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

IMPLEMENTASI MODEL APARCH *IN MEAN*
MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*

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

SKRIPSI

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

Oleh
Indah Cahyanti
NIM. 16610042

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

IMPLEMENTASI MODEL APARCH *IN MEAN*
MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*

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

SKRIPSI

Oleh
Indah Cahyanti
NIM. 16610042

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 10 Mei 2020

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Abdul Aziz, M.Si	Muhammad Khudzaifah, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002	NIDT. 19900511 20160801 1 057

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 2000312 1 001

IMPLEMENTASI MODEL APARCH *IN MEAN*
MENGGUNAKAN METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*

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

SKRIPSI

Oleh
Indah Cahyanti
NIM. 16610042

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 2000312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama	: Indah Cahyanti
NIM	: 16610042
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Skripsi	: Implementasi Model APARCH *in Mean* menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: *Log Return* Harga Saham *Jakarta Islamic Index*)

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

Malang, 10 Mei 2020
Yang membuat pernyataan,

Indah Cahyanti
NIM. 16610042

MOTO

"Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan

yang didasarkan pada ilmu pengetahuan."

-Ali bin Abi Thalib

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Bapak tercinta Kuswanto dan Ibu tercinta Jamiati, yang senantiasa dengan ikhlas dan istiqomah mendoakan, memberikan nasihat, semangat dan kasih sayang yang sangat berarti bagi penulis, serta kakak tersayang Jatmiko Agus Setianto, S.H yang selalu menjadi kebanggaan dan penyemangat di setiap waktu bagi penulis.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya terutama 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.Si, selaku ketua Jurusan matematika Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi dan berbagi pengalaman yang berharga bagi penulis.
5. Muhammad Khudzaifah, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, nasihat, serta berbagi ilmunya kepada penulis.

6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen atas segala ilmu yang telah diberikan.
7. Bapak dan Ibu tercinta serta kakak tersayang yang selalu memberikan doa, dukungan, nasihat, dan motivasi kepada penulis hingga saat ini.
8. Sahabat-sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan, menemani, dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman di Jurusan Matematika angkatan 2016 yang berjuang bersama-sama untuk meraih impian.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam menyelsaikan skripsi ini baik moril mapun materil.

Semoga Allah Swt melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Penulis berharap semoga dengan rahmat dan izin-Nya, skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca. *Aamiin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 10 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR SIMBOL

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

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

μ : Nilai ekspektasi xvariable acak (rata-rata xvariable acak)

σ^2 : Nilai variansi varaibel acak

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

γ_k : Nilai fungsi autokovariansi (koefisien kovariansi) pada saat k

ρ_k : Nilai fungsi autokorelasi (koefisien korelasi) pada saat k

$\hat{Z}_{t+k}$: Estimasi xvariable acak untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$ pada saat k

ε_t : Nilai *error* pada saat t

ε_{t+k} : Nilai *error* pada saat $t+k$

P_k : Nilai fungsi autokorelasi parsial pada saat k

n : Banyaknya pengamatan

Z_{t-1} : Variabel acak pada saat $t-1$

B : Operator *shift* mundur

Z_t' : Hasil *differencing* pertama dari Z_t

Z_t'' : Hasil *differencing* kedua dari Z_t

Z_t^d : Hasil *differencing* orde ke-*d dari* Z_t

d : Orde *differencing*

$\dot{Z}_t$: Simpangan data terhadap rata-ratanya

ω_i : Parameter AR untuk koefisien xvariable ke-$(t-i)$, $i = 1,2, \ldots, p$

p : Orde AR

ϕ_i : Parameter MA untuk koefisien xvariable ke-$(t-i)$, $i = 1,2, \ldots, q$

q : Orde MA

ω_p : Parameter AR untuk koefisien xvariable ke- $(t-p)$

ϕ_p : Parameter MA untuk koefisien xvariable ke-$(t-p)$

ϕ_0 : Parameter konstanta rata-rata

w_t : *White noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t : Nilai standar deviasi *error*

h_t^2 : Nilai variansi *error*

α : Parameter ARCH

m : Orde ARCH

ϑ : Parameter GARCH

s : Orde GARCH

θ : Konstanta asimetris (*leverage effect*)

δ : parameter APARCH

ADF : Nilai uji Dickey Fuller

$\hat{\omega}$: Penduga dari koefisien ω

SE : Nilai standar *error*

s_d^2 : Variansi sampel

s_d : Standar deviasi sampel

S_k : Skewness

K_u : Kurtosis

Q : Nilai uji *Ljung-Box*

x : Jumlah *lag* maksimum yang ingin diuji

ρ_k^2 : Kuadrat dari nilai koefisien autokorelasi *lag* ke k

χ^2 : Distribusi *chi-square*

$\hat{\beta}$: Nilai parameter estimasi

W_T : Proses *Wiener* saat T

T : Periode

r : *Log return*

S : Harga saham

s_d : Standar deviasi sampel

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

y : Vektor (acak) $1 \times n$

X : Matrik (acak) $n \times (u+1)$

β : Vektor parameter $(u+1) \times 1$

X' : Matrik transpos

β' : Vektor parameter transpos

l : Fungsi *likelihood*

L : Fungsi *log-likelihood*

$\hat{\beta}_{ml}$: Vektor penduga parameter *Maximum Likelihood*

ABSTRAK

Cahyanti, Indah. 2020. **Implementasi Model APARCH *in Mean* menggunakan metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: *Log Return* 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: APARCH-M, GARCH, Harga saham, *Maximum Likelihood*, *Return*.

Data deret waktu di bidang keuangan merupakan kumpulan data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu secara berurutan yang memiliki volatilitas tidak konstan di setiap waktunya. Model deret waktu yang digunakan di bidang keuangan yaitu model ARCH/GARCH. Model modifikasi dari GARCH yang digunakan pada penelitian ini yaitu model APARCH-M. Model APARCH-M digunakan untuk mengetahui hubungan antara risiko dan *return*. Model ini diimplementasikan pada *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019 – Februari 2020. Model yang diperoleh yaitu model APARCH(1,1)-M. Parameter-parameter pada model tersebut diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Model menunjukkan bahwa ada proporsi peningkatan risiko pada deret *log return*. Semakin tinggi risiko maka semakin tinggi *return* yang diterima oleh investor. Hasil estimasi digunakan untuk meramalkan volatilitas harga saham pada periode selanjutnya. Peramalan volatilitas harga saham untuk periode Maret 2020 bersifat fluktuatif. Sehingga investor lebih baik melakukan investasi ketika penurunan volatilitas untuk meminimalkan risiko dan menarik investasi saat peningkatan volatilitas untuk mendapatkan *return* yang lebih tinggi.

ABSTRACT

Cahyanti, Indah. 2020. **Implementation of APARCH *in Mean Model* Using The *Maximum Likelihood Method* (Case Study: *Jakarta Islamic Index* Stock Price Log Return.** Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si (II) Muhammad Khudzaifah, M.Si.

Keyword: APARCH-M, GARCH, Stock Price, *Maximum Likelihood, Return*.

Time series data in finance is a collection of data that collected from time to time in a sorted that has unconstant volatility in every time. The time series model used in finance is the ARCH/GARCH model. The modified model of the GARCH model used in this research is the APARCH-M model. The APARCH-M model is used to know the correlation between risk and return. This model is implemented on the log return of the stock price of the Jakarta Islamic Index on January 2019-February 2020. The model obtained is the APARCH(1,1)-M model. The parameters of the APARCH(1,1)-M model are estimated using the *Maximum Likelihood*. The model shows that there is a proportion of increased risk in the log return series. The higher risk, the higher the return is received by investors. The result of estimation is used to forecast stock price volatility in the next period. Forecasting stock price volatility in March 2020 is fluctuation. So, investors are better for investing when the volatility decreases to minimize the risk and attracting investment when the volatility increases to get a higher return.

ملخص

جهيانتي، انداه. ٢٠٢٠. **تطبيق نموذج *APARCH in Mean* باستخدام طريقة *Maximum Likelihood* (الدراسة الافرادية : *log return* سعر سهم مؤش بجاكرتا الإسلامي لأسهم).** بحث جامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الاسلامية الحكومية مولانا مالك ابراهيم مالانج. المشرف: (١) عبد العزيز، الماجستير. (٢) محمدخذيفة ،الماجستير.

الكلمات الرئيسية : APARCH-M، GARCH، سعرسهم، *Maximum Likelihood*، *Return*.

بيانات السلاسل الزمنية في الجال المالي هي مجموعة من البيانات التي تجمع من مزة بعد مزة بالتتابع لها تقلب غير دائم في أي وقت. النموذج الذي يمكنه التغلب على هذا التقلب هو نموذج ARCH/GARCH. تستخدم هذه الدراسة نموذجًا معدلاً من GARCH، نموذج APARCH-M. يمثل هذا النموذج العلاقة بين المخاطر والعوائد الذي يحصل عليه المستثمرون. يتم تطبيق هذا النموذج عند العودة اللوغا ريتمية سجل أسعار الأسهم لمؤشر جاكرتا الإسلامي يناير ٢٠١٩ - فبراير٢٠٢٠. النموذج الذي تم الحصول عليه هو نموذج APARCH(١،١)-M. يتم تقدي المعايير في النموذج باستخدام طريقة أقصى احتمال *Maximum Likelihood*. يوضح النموذج أن هناك نسبة متزايدة من المخاطر في سلسلة العودة اللوغا ويتمية. كلما زادت المخاطر، ارتفع العائد الذي يحصل عليه المستثمرون. يتم استخدام نتائج التقدير للتنبؤ بتقلبات أسعار الأسهم في الفترة القادمة. التنبؤ بتقلب أسعار الأسهم للفترة مارس ٢٠٢٠ متقلب. بحيث يكون المستثمرون في وضع أفضل للاستثمار عندما تقل التقلبات لتقليل المخاطر وجذب الاستثمار عند زيادة التقلب للحصول على عائد أعلى.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika mempunyai berbagai cabang ilmu pengetahuan. Salah satunya adalah matematika terapan. Matematika keuangan merupakan bagian dari matematika terapan yang berhubungan dengan pasar keuangan. Pasar keuangan merupakan instrumen ekonomi yang memungkinkan bagi seseorang atau sekumpulan orang melakukan transaksi jual beli dengan mudah atas instrumen keuangan. Salah satu instrumen keuangan adalah saham. Harga saham berfluktuasi secara cepat dari waktu ke waktu, sehingga data harga saham dapat dimodelkan dengan pemodelan deret waktu. Deret waktu merupakan kumpulan nilai-nilai pengamatan dari suatu variabel yang dikumpulkan pada interval waktu tertentu. Sehingga harga saham sekarang dapat diprediksi menggunakan harga saham periode sebelumnya.

Sebagaimana firman Allah Swt dalam al-Quran surat Ali-Imron ayat 24 mengenai prediksi, yaitu:

"Hal itu adalah karena mereka berkata, "Api neraka tidak akan menyentuh kami kecuali beberapa hari saja." Mereka terperdaya dalam agama mereka oleh apa yang mereka ada-adakan."

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2003) dijelaskan bahwa:

> *"Hal itu adalah karena mereka berkata, "Api neraka tidak akan menyentuh kami kecuali beberapa hari saja."* Maksudnya, keberanian mereka menentang kebenaran itu disebabkan oleh sikap mengada-ada mereka terhadap Allah yang berupa pengakuan terhadap diri mereka

sendiri bahwa hanya akan diadzab di Neraka selama tujuh hari saja dari setiap seribu tahun di dunia satu hari (Abdullah, 2003).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa orang-orang Yahudi memprediksi bahwa mereka hanya akan disentuh api neraka beberapa hari saja. Pada tafsir Ibnu Katsir, "*…beberapa hari saja*" mereka memprediksi hanya tujuh hari di Neraka dimana setiap seribu tahun di dunia adalah satu hari di Neraka. Prediksi tersebut dilatarbelakangi oleh kesombongan mereka yang terus-menerus dalam sikap beragama mereka. Ayat ini terdapat ketidakpastian terhadap pernyataan dalam hitungan hari lamanya mereka disentuh api neraka.

Data deret waktu pada permasalahan keuangan memiliki variansi yang tidak konstan di setiap waktunya. Kondisi data deret waktu seperti itu disebut heterokedastisitas bersyarat. Pada kondisi ini, asumsi untuk model umum deret waktu seperti *Autoregressive* (AR), *Moving Avarage* (MA), *Autoregressive Moving Avarage* (ARMA) dan *Autoregressive Integreted Moving* Avarage (ARIMA) tidak terpenuhi. Salah satu model deret waktu yang dapat mengatasi heterokedastisitas adalah model *Autoregressive conditional heteroscedasticity* (ARCH) yang diperkenalkan oleh Engle (1982). Model ini mampu menggambarkan semua karakteristik dari variabel-variabel pasar keuangan. Namun, pada permasalahan keuangan dengan tingkat volatilitas yang lebih besar, model ini memerlukan orde yang besar supaya didapatkan model yang tepat. Untuk menghindarinya, Bollerslev (1986) mengembangkan model ARCH menjadi *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH). Salah satu model variansi ARCH/GARCH yaitu GARCH *in* Mean (GARCH-M). Model GARCH memiliki karakteristik respon volatilitas yang simetris terhadap goncangan. Dengan kata lain, jika nominalnya sama maka respon volatilitas terhadap goncangan adalah sama, baik goncangan positif (*good news*) maupun negatif (*bad news*). Namun dari beberapa data finansial, diketahui respon *bad news* lebih besar daripada *good news* (Ariefianto, 2012). Hal tersebut mengakibatkan respon volatilitasnya bersifat asimetris (*leverage effect*) sehingga Ding, dkk (1993) mengembangkan ARCH dan GARCH yang digunakan untuk memperbaiki kelemahannya yang bersifat asimetris yaitu *Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (APARCH) dan mengembangkan APARCH menjadi APARCH in *Mean* untuk memodelkan hubungan *return* dan risiko dengan menggunakan model APARCH pada persamaan rata-ratanya.

Penelitian mengenai peramalan volatilitas menggunakan model GARCH-M pada *return* saham harian PT. Wijaya Karya yang menghasilkan bahwa model *return* harga saham terbaik adalah ARIMA(0,0,[35]) GARCH(1,1)-M. Dengan model volatilitas tersebut, diperoleh estimasi volatilitas selama lima hari tidak terlihat nilai ekstrem pada peramalan volatilitas yang dihasilkan (Ratnasari & Tarno, 2014).

Penelitian lain mengenai pemodelan dan peramalan volatilitas pada *return* saham Bank Bukopin menggunakan APARCH. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model terbaik yang digunakan untuk peramalan volatilitas dari *return* saham Bank Bukopin adalah model APARCH (1,2). Hasil peramalannya di periode pertama sampai kedua mengalami peningkatan. Dari periode ke-2 sampai ke-3 mengalami penurunan, kemudian mengalami peningkatan sampai periode ke-18. Sedangkan pergerakan untuk peramalan rata-rata dari periode pertama sampai dengan periode ke-18 adalah konstan (Rohmaningsih, et al., 2016). Penelitian terkait juga mengenai pemodelan volatilitas saham menggunakan APARCH pada *return* saham Bank Central Asia (BCA) harian. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model APARCH yang layak memodelkan volatilitas adalah model APARCH (1,1) (Pandia, et al., 2019).

Penelitian mengenai model APARCH-M pada harga minyak mentah *West Texas Intermediate* (WTI) dan meramalkan harga minyak mentah WTI dalam beberapa hari. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa model APARCH-M terbaik adalah AR(1)-APARCH(2,3)-M. Dari hasil peramalan selama sepuluh hari, menunjukkan bahwa harga minyak mentah WTI mengalami penurunan secara berkala (Niswah, 2017).

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian tersebut, yaitu Ratnasari dan Tarno (2014) yang memodelkan volatilitas menggunakan model GARCH-M pada return harga saham PT. Wijaya Karya. Selanjutnya Rohmaningsih, Sudarno, & Safitri (2016) dan Pandia, Debataraja & Martha (2019) memodelkan volatilitas menggunakan model yang sama yaitu APARCH pada data yang berbeda yaitu Bank Bukopin dan BCA. Niswah (2017) memodelkan dan meramalkan APARCH-M pada harga minyak mentah *West Texas Intermediate* (WTI). Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengimplementasikan model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* yang diterapkan pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*. Peneliti menggunakan data *log return* karena fluktuasi dapat diketahui melalui nilai *log return*. Jika nilai *log return* bernilai positif maka terjadi kenaikan dan sebaliknya. Sehingga fluktuasi terlihat lebih jelas jika harga saham ditransformasikan ke bentuk *log return*. Peneliti memilih harga saham *Jakarta Islamic Index* (JII) karena JII yang dikeluarkan oleh Bursa

Efek Indonesia merupakan kumpulan indeks saham dari 30 saham perusahaan pilihan yang kegiatannya tidak bertentangan dengan syariah islam dan dievaluasi secara berkala setiap enam bulan. Melalui indeks syariah ini, dapat meningkatkan kepercayaan investor untuk mengembangkan investasi dalam ekuitas secara syariah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemodelan APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*?
2. Bagaimana peramalan model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pada penelitian, yaitu:

1. Untuk mengetahui pemodelan APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*.
2. Untuk mengetahui peramalan model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memodelkan APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index*.
2. Dapat meramalkan model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index.*

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. Data yang digunakan adalah *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019-Februari 2020.
3. Estimasi parameter model APARCH-M 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, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang mendasari pembahasan diantaranya; deret waktu, *autocorrelation fuction*, *partial autocorrelation fuction*, kestasioneran, *differencing*, proses *white noise*, model deret waktu, model ARCH dan GARCH, model GARCH-M, model APARCH dan APARCH *in Mean*, uji hipotesa, saham, volatilitas, metode *Maximum Likelihood*, iterasi *Newton-Raphson* dan konsep prediksi dalam Al Quran.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian, di antaranya pendekatan penelitian, jenis dan sumber data, variabel penelitian dan tahap analisis data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini merupakan inti dari skripsi yang menjelaskan tentang implementasi model APARCH-M pada data *log return* harga saham menggunakan metode *Maximum Likelihood*.

Bab IV Penutup

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

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Deret Waktu

2.1.1 Pengertian Deret Waktu

Deret waktu merupakan kumpulan nilai-nilai pengamatan dari suatu variabel yang diambil pada waktu yang berbeda. Data jenis ini, dikumpulkan pada interval waktu tertentu, seperti: harian, minggua, bulanan, dan tahunan. Contoh-contoh penerapan deret waktu, yaitu: harga saham, laporan cuaca, jumlah uang yang beredar, tingkat pengangguran, Indek Harga Konsumen (IHK), dan anggaran pemerintah (Gujarati & Porter, 2003).

Analisis deret waktu merupakan suatu analisis terhadap pengamatan, pencatatan, dan penyusunan peristiwa yang diambil dari waktu ke waktu. Sebagai teknik dari statistik, analisis deret waktu dapat dilakukan terhadap data yang sudah diwujudkan dalam bentuk angka. Apabila besarnya peristiwa dalam serangkaian waktu diberi simbol $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$, dan waktu-waktu pencatatan peristiwa diberi simbol $t_1, t_2, \dots., t_n$, maka deret waktu dari peristiwa Z disimbolkan Z_t yang berarti besarnya peristiwa bergantung pada waktu terjadinya peristiwa (Hadi, 2015).

2.1.2 *Autocorrelation Function*

Korelasi adalah hubungan linier antara dua variabel. Sedangkan autokorelasi adalah suatu kondisi dimana terdapat hubungan antara nilai-nilai suatu deret waktu yang sama pada waktu yang berbeda (Makridakis, et al., 1999).

Fungsi autokorelasi merupakan ukuran korelasi antara Z_t dan Z_{t+k}. Rata-rata kedua nilai tersebut konstan yang dapat dinyatakan sebagai berikut (Wei, 2006):

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

dan memiliki variansi konstan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Fungsi autokovarian antara Z_t dan Z_{t+k} dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Sehingga fungsi autokorelasi antara Z_t dan Z_{t+k} dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana:

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

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

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

σ^2 : nilai variansi varaibel acak

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

n : banyaknya pengamatan

γ_k : nilai fungsi autokovariansi (koefisien kovariansi) pada saat k

ρ_k : nilai fungsi autokorelasi (koefisien korelasi) pada saat k

2.1.3 *Partial Autocorrelation Function*

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 $t-k$. Menurut Wei (2006), Variansi antara $Z_t$dan $\hat{Z}_t$ dapat dirumuskan sebagai berikut (Ariefianto, 2012):

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

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

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

dan fungsi autokovarian dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Sehingga fungsi autokorelasi parsial dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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

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

$$=P_k \qquad (2.8)$$

dengan:

Z_t : variabel acak untuk semua $t=\{0,\pm1,\pm2,...\}$

$\hat{Z}_t$: estimasi variabel acak untuk semua $t=\{0,\pm1,\pm2,...\}$

Z_{t+k} : variabel acak untuk semua $t=\{0,\pm1,\pm2,...\}$ pada saat k

$\hat{Z}_{t+k}$: estimasi variabel acak untuk semua $t=\{0,\pm1,\pm2,...\}$ pada saat k

ε_t : nilai *error* pada saat t

ε_{t+k} : nilai *error* pada saat $t+k$

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

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

n : banyaknya pengamatan

P_k : nilai fungsi autokorelasi parsial pada saat k

2.1.4 Kestasioneran

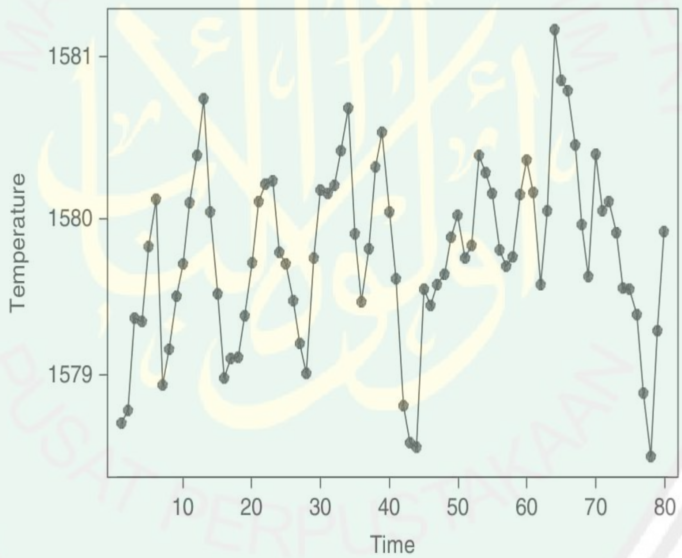
Stasioner merupakan keadaan ketika nilai rata-rata dan variansi dari *error* tidak berubah sepanjang waktu atau konstan dan sebaliknya (Effendi & Setiawan, 2014). Stasioner dibagi menjadi dua, yaitu (Wei, 2006):

1. Stasioner dalam rata-rata

Sebuah proses dikatakan stasioner dalam rata-rata jika nilai rata-ratanya konstan. Stasioner dalam rata-rata dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E(Z_t) = \mu \tag{2.9}$$

Berikut ini merupakan salah satu contoh plot data yang stasioner dalam rata-rata.



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

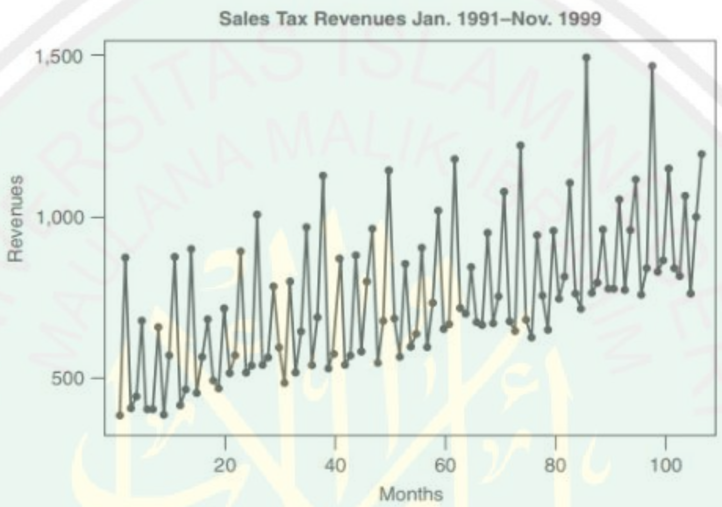
Dari Gambar 2.1 menunjukkan data deret waktu tentang pendapatan. Apabila ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata, semua data berada di sekitar garis tengah sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata.

2. Stasioner dalam variansi

Sebuah proses dikatakan stasioner dalam variansi jika nilai variansinya konstan. Stasioner dalam variansi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\operatorname{var}(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2 \tag{2.10}$$

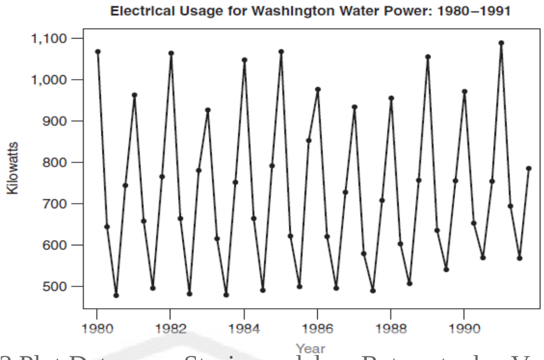
Berikut ini merupakan salah satu contoh plot data yang stasioner dalam variansi.



Gambar 2.2 Plot Data yang Stasioner dalam Variansi
Sumber: (Hanke & Wichem, 2014)

Dari Gambar 2.2 menunjukkan data deret waktu tentang pendapatan pajak penjualan. Apabila ditarik garis tengah yang mengikuti bentuk plot, garis tersebut menaik. Hal ini menunjukkan nilai rata-rata yang tidak konstan dan fluktuasi setiap data konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam variansi.

Berikut ini merupakan salah satu contoh plot data yang stasioner dalam rata-rata dan variansi.



Gambar 2.3 Plot Data yang Stasioner dalam Rata-rata dan Variansi
Sumber: (Hanke & Wichem, 2014)

Dari Gambar 2.3 menunjukkan data deret waktu tentang penggunaan listrik. Apabila ditarik garis tengah yang mengikuti bentuk plot, semua nilai variabel berada di sekitar garis tengah dan fluktuasi setiap data konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata dan variansi.

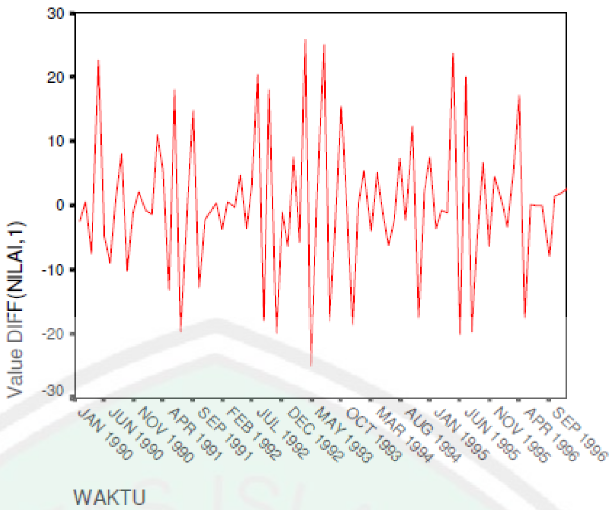
Stasioneritas dibagi menjadi dua, yaitu (Box, et al., 2016):

1. Stasioneritas kuat (*strictly stasionarity*)

Suatu data dapat dikatakan stasioner kuat apabila distribusi probabilitas gabungan dari variabel acak $Z_{t_1}, Z_{t_2}, ..., Z_{t_n}$ pada suatu himpunan waktu $t_1, t_2, ..., t_n$ sama dengan distribusi gabungan dari variabel acak $Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k}, ..., Z_{t_n+k}$ pada waktu $t_{1+k}, t_{2+k}, ..., t_{n+k}$ atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F\left(Z_{t_1}, Z_{t_2}, ..., Z_{t_n}\right) = F\left(Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k}, ..., Z_{t_n+k}\right) \quad (2.11)$$

dengan k adalah selang waktu yaitu $k = \{0, 1, 2, ...\}$ dan n adalah banyaknya pengamatan. Berikut ini merupakan salah satu contoh plot data stasioner kuat.



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

Dari Gambar 2.4 menunjukkan data deret waktu tentang penjualan. Apabila diambil sampel dimanapun, nilai tengah semua data konstan. Sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner kuat.

2. Stasioneritas lemah (*weakly stasionarity*)

Suatu data dikatakan stasioner lemah apabila rata-rata konstan untuk setiap waktu dan autokovariansi konstan hanya berdasarkan pada selang waktu k untuk setiap waktu atau dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E(Z_t) = \mu \tag{2.12}$$

dan

$$cov(Z_t, Z_{t+k}) = \gamma_k \tag{2.13}$$

dimana:

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

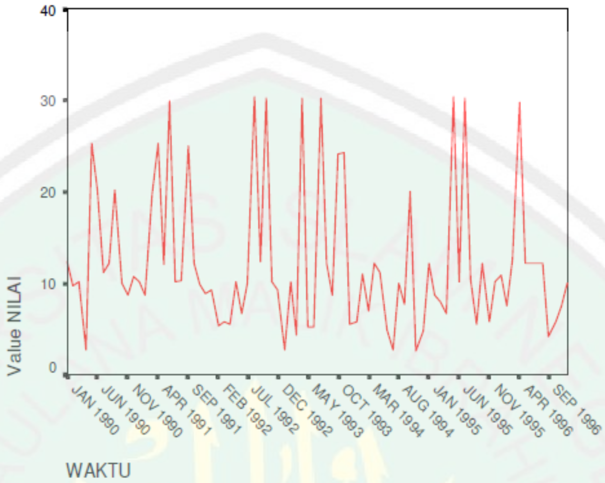
Z_{t+k} : variabel acak pada saat k untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$ pada saat k

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

γ_k : nilai fungsi autokovariansi (koefisien kovariansi) pada saat k

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

Berikut ini merupakan salah satu contoh plot data stasioner lemah.



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

Dari Gambar 2.5 menunjukkan data deret waktu tentang penjualan. Apabila diambil sampel dimanapun, nilai tengah konstan pada beberapa data sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner lemah.

2.1.5 *Differencing*

Data deret waktu dikatakan stasioner apabila rata-rata dan variansinya konstan, tidak ada unsur pola naik atau turun dalam data dan tidak ada unsur musiman. Apabila data tidak stasioner, maka perlu dilakukan modifikasi. Salah satu caranya yaitu dengan metode pembedaan (*differencing*) (Wei, 2006).

Proses *differencing* dapat dinyatakan sebagai berikut (Makridakis, et al., 1999):

$$Z_t^{'} = Z_t - Z_{t-1} \quad (2.14)$$

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

$$BZ_t = Z_{t-1} \tag{2.15}$$

dengan menggunakan *backward shift*, persamaan (2.14) dapat ditulis menjadi

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

atau

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

Sehingga *differencing* pertama pada persamaan (2.17) dinyatakan oleh $(1-B)$. *Differencing* orde kedua, yaitu *differencing* pertama dari *differencing* pertama sebelumnya. *Differencing* orde kedua dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

dimana Z_t'' merupakan hasil *differencing* kedua dari Z_t. *Differencing* orde kedua pada persamaan (2.18) dinotasikan oleh $(1-B)^2$. Rumus *differencing* orde ke-d untuk mencapai stasioneritas adalah sebagai berikut (Makridakis, et al., 1999):

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

dimana:

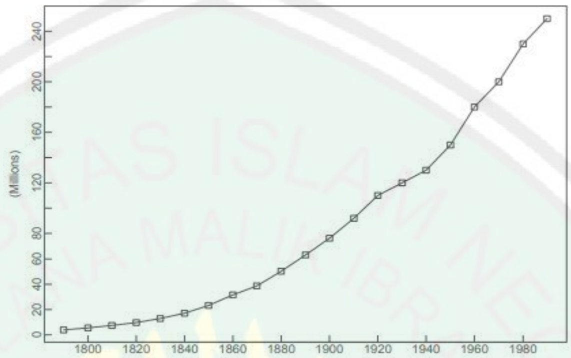
Z_t^d : hasil *differencing* orde ke-*d dari* Z_t

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

B : operator *shift* mundur

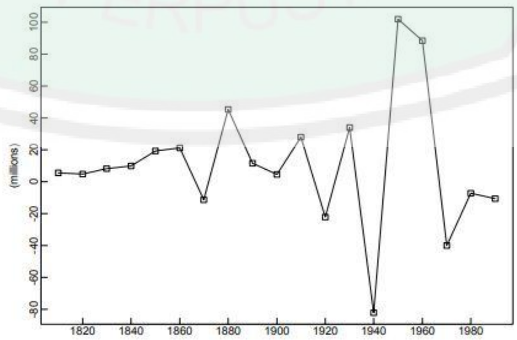
d : orde *differencing*

Berikut ini contoh-contoh plot data deret waktu sebelum dan sesudah dilakukan proses *differencing.*



Gambar 2.6 Plot Data Sebelum *Differencing*
Sumber: (Brockwell & Davis, 2002)

Dari Gambar 2.6 menunjukkan data deret waktu tentang populasi penduduk U.S.A pada 1790-1990. Apabila ditarik garis tengah, setiap data tidak ada yang berada di sekitar garis tengah. Hal ini menunjukkan rata-rata tidak konstan dan fluktuasi setiap data tidak konstan. sehingga data tersebut dapat dikatakan tidak stasioner dalam rata-rata dan variansi.



Gambar 2.7 Plot Data Setelah *Differencing*
Sumber: Brockwell & Davis (2002)

Dari Gambar 2.7 sudah stasioner setelah proses *differencing* karena apabila ditarik garis tengah yang menandakan perkiraan rata-rata, beberapa data berada di sekitar garis tengah. Hal ini menunjukkan nilai rata-rata sudah konstan sehingga data tersebut dapat dikatakan stasioner dalam rata-rata.

2.1.6 Proses *White Noise*

Proses $\{Z_t\}$ disebut proses *white noise* jika himpunan variabel acak yang tidak berkorelasi dari distribusi tertentu. Proses tersebut memiliki rata-rata konstan yang dinyatakan sebagai berikut (Wei, 2006):

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

Selain itu, proses *white noise* memiliki variansi konstan yang dinyatakan sebagai berikut:

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

dan

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

dimana:

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

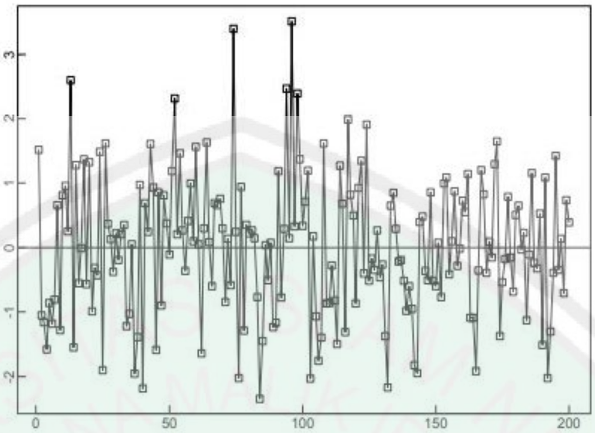
k : selang waktu, $k = \{0,1,2, ...\}$

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

σ^2 : nilai variansi variabel acak

γ_k : Nilai fungsi autokovariansi (koefisien kovariansi) pada saat k, $\forall k \neq 0$.

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



Gambar 2.8 Plot Data yang Bersifat *White Noise*
Sumber: Brockwell & Davis (2002)

Dari Gambar 2.8 menunjukkan bahwa apabila ditarik garis tengah perkiraan rata-rata, data memiliki rata-rata konstan dan biasanya diasumsikan dengan nol, fluktuasi data konstan, dan rata-rata sama dengan nol mengakibatkan autokovariansi menjadi nol. Hal tersebut menunjukkan tidak ada relasi satu sama lain. Oleh karena itu, data deret waktu tersebut bersifat *white noise*.

2.1.7 Model Deret Waktu Stasioner

Model deret waktu stasioner dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Model *Autoregressive* (AR)

Autoregressive (AR) merupakan suatu kombinasi linier dari data-data sebelumnya hingga *lag* ke-*p*. Bentuk persamaan AR(p) adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\dot{Z}_t = \omega_1 \dot{Z}_{t-1} + \omega_2 \dot{Z}_{t-2} + \ldots + \omega_p \dot{Z}_{t-p} + \varepsilon_t \tag{2.23}$$

dengan,

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu \tag{2.24}$$

dimana:

$\dot{Z}_t$: simpangan data terhadap rata-ratanya untuk semua $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$

Z_t : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

ω_i : parameter AR untuk koefisien variabel ke-i , $i = 1,2, \dots, p$

ε_t : nilai *error* pada saat *t*

p : orde AR

2. Model *Moving Average* (MA)

Moving Average (MA) merupakan kombinasi linier dari *error-error* sebelumnya hingga *lag* ke-q. Bentuk persamaan MA(q) adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\dot{Z}_t = \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \phi_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \phi_q\varepsilon_{t-q} \tag{2.25}$$

dengan,

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu \tag{2.26}$$

dimana:

$\dot{Z}_t$: simpangan data terhadap rata-ratanya untuk semua $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$

Z_t : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$

μ : rata-rata populasi

ϕ_i : parameter MA untuk koefisien variabel ke-i, $i = 1,2, \dots, q$

ε_t : nilai *error* pada saat *t*

q : orde MA

3. Model ARMA

Model ARMA merupakan kombinasi antara model AR dan MA. Bentuk persamaan ARMA(p, q) adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

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

dengan,

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu \tag{2.28}$$

dimana:

$\dot{Z}_t$: simpangan data terhadap rata-ratanya untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$

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

ω_i : parameter AR untuk koefisien variabel ke-i , $i = 1,2, \ldots, p$

ε_t : nilai *error* pada saat t

p : orde AR

ϕ_i : parameter AR untuk koefisien variabel ke-i, $i = 1,2, \ldots, q$

q : orde MA

2.1.8 Model Deret Waktu Nonstasioner

Salah satu model deret waktu nonstasioner adalah model ARIMA. Model ARIMA adalah implementasi ARMA pada data yang telah distasionerisasi melalui *differencing* (Ariefianto, 2012). Secara sistematis, bentuknya sama dengan persamaan (2.27) hanya saja $\dot{Z}_t$ pada model ARIMA adalah bentuk pembeda (*diferens*). Bentuk persamaan ARIMA(p, d, q) adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

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

dimana:

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

Z_{t-d} : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$ ke-d

d : orde *differencing*

ω_p : parameter AR untuk koefisien variabel ke-p

p : orde AR

ϕ_0 : parameter konsanta rata-rata

ϕ_q : parameter MA untuk koefisien variabel ke-q

q : orde MA

ε_t : nilai *error* pada saat t

2.1.9 Identifikasi Model ARMA

Pada data yang stasioner, dapat ditentukan model ARMA yang tepat dalam menggambarkan sifat-sifat data, dengan membandingkan plot sampel ACF/PACF dengan sifat fungsi ACF/PACF teoritis dari model ARMA. Rangkuman bentuk plot sampel ACF/PACF dari model ARMA ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut (Ansofino, 2016):

Tabel 2.1 Sifat-sifat ACF/PACF dari Model ARMA

Proses	Sampel ACF	Sampel PACF
White noise	Tidak ada yang melewati batas interval pada *lag* > 0	Tidak ada yang melewati batas interval pada *lag* > 0

Proses	Sampel ACF	Sampel PACF
AR(*p*)	Meluruh menuju nol secara eksponensial	Diatas batas interval maksimum sampai *lag* ke *p* dan di bawah baas pada *lag* > *p*
MA(*q*)	Diatas batas interval maksimum sampai *lag* ke *q* dan di bawah baas pada *lag* > *q*	Meluruh menuju nol secara eksponensial
ARMA(*p*,*q*)	Meluruh menuju nol secara eksponensial	Meluruh menuju nol secara eksponensial

2.1.10 Model ARCH dan GARCH

Model *Autoregressive Heteroscedasticity* (ARCH(*m*)) merupakan model variansi *error* yang dipengaruhi oleh *error-error* sebelumnya hingga *lag* ke-*m*. model ARCH(*m*) dapat didefinisikan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\varepsilon_t = h_t w_t$$

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 \tag{2.30}$$

dimana:

ε_t : *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$

w_t : *white noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$

h_t : nilai standar deviasi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$

h_t^2 : nilai variansi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \ldots\}$

α_0 : konstanta

α_i : parameter ARCH untuk $i = \{1, 2, ..., m\}$

m : orde ARCH

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

Selanjutnya, Model *Generalized Autoregressive Heteroscedasticity* (GARCH) merupakan pengembangan dari model ARCH. Model ini mampu menghindari orde yang terlalu tinggi pada model ARCH(m). Dalam model ini, variansi bersyarat tidak hanya dipengaruhi oleh *error* pada waktu sebelumnya tetapi juga oleh variansi bersyarat itu sendiri (Ariefianto, 2012).

Variansi bersyarat pada model GARCH terdiri atas dua komponen, yaitu komponen *error* kuadrat pada waktu sebelumnya dan komponen variansi bersyarat pada waktu sebelumnya. Sehingga, bentuk umum model GARCH(m,s) dapat didefinisikan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\varepsilon_t = h_t w_t$$

$$\mathrm{h}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 + \vartheta_1 h_{t-1}^2 \ldots + \vartheta_s h_{t-s}^2 \tag{2.31}$$

dimana:

ε_t : *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

w_t : *white noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t : nilai standar deviasi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t^2 : nilai variansi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

α_0 : konstanta

α_i : parameter ARCH untuk $i = \{1, 2, ..., m\}$

m : orde ARCH

ϑ_j : parameter GARCH untuk $j = \{1, 2, ..., s\}$

s : orde GARCH

dengan $\alpha_0 > 0,\ \alpha_m \geq 0,\ \vartheta_s \geq 0$. Kondisi tersebut diperlukan supaya model bersifat stasioner. Sedangkan kondisi $0 < \alpha_m + \vartheta_s < 1$ diperlukan supaya $\sigma_t^2 > 0$.

2.1.11 Model GARCH *in Mean*

Model GARCH *in Mean* dikenalkan oleh Engle, dkk pada tahun 1987. Jika terdapat variansi kondisional di persamaan rata-rata maka akan mendapatkan model GARCH *in Mean*. Model ini memodelkan hubungan antara *return* harga saham dan risiko. GARCH(*m*,*s*)-M dapat didefinisikan sebagai berikut (Jorion, 2001):

$$\varepsilon_t = h_t w_t$$

$$\mathrm{h}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_m \varepsilon_{t-m}^2 + \vartheta_1 h_{t-1}^2 \ldots + \vartheta_s h_{t-s}^2$$

$$\dot{Z}_t = \omega_0 + \omega_1 \dot{Z}_{t-1} + \vartheta h_t^2 + \varepsilon_t \tag{2.32}$$

dimana:

ε_t : *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

w_t : *white noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t : nilai standar deviasi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t^2 : nilai variansi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

α_0 : konstanta

α_i : parameter ARCH untuk $i = \{1, 2, ..., m\}$

m : orde ARCH

ϑ_j : parameter GARCH untuk $j = \{1, 2, ..., s\}$

s : orde GARCH

$\dot{Z}_t$: simpangan data terhadap rata-ratanya untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

ω_0 : konstanta

ω_1 : parameter AR untuk koefisien variabel ke-1

$\dot{Z}_{t-1}$: simpangan data terhadap rata-ratanya pada $t-1$

2.1.12 Model APARCH dan APARCH *in Mean*

Model *Asymmetric Power* ARCH (APARCH) merupakan pengembangan dari model ARCH dan GARCH yang dikenalkan oleh Ding, dkk pada tahun 1993. Model APARCH(*m*,*s*) dapat didefinisikan sebagai berikut (Francq & Zakoian, 2010):

$$\varepsilon_t = h_t w_t$$

$$h_t^{\delta} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i \left(|\varepsilon_{t-i}| - \theta \varepsilon_{t-i} \right)^{\delta} + \sum_{j=1}^{s} \vartheta_j h^{\delta}{}_{t-i} \tag{2.33}$$

dimana:

ε_t : *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

w_t : *white noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t : nilai standar deviasi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t^2 : variansi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

ε_{t-i} : nilai *error* pada saat $t - i$, $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

α_0 : konstanta

α_i : parameter ARCH untuk $i = \{1, 2, ..., m\}$

m : orde ARCH

ϑ_j : parameter GARCH untuk $j = \{1, 2, ..., s\}$

s : orde GARCH

θ : konstanta asimetris (*leverage effect*)

δ : parameter APARCH

dengan $\alpha_0 > 0, \delta > 0, \alpha_i > 0, \vartheta_j > 0, -1 < \theta < 1$. Jika *leverage effect* bernilai positif maka *bad news* memiliki pengaruh yang lebih besar daripada *good news* dan sebaliknya.

Jika terdapat variansi error model APARCH di persamaan rata-rata maka akan mendapatkan model APARCH in Mean. Model APARCH(m,s)-M dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon_t = h_t w_t$$

$$h_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i \left(|\varepsilon_{t-i}| - \theta \varepsilon_{t-i} \right)^{\delta} + \sum_{j=1}^{s} \vartheta_j h^2_{t-i}$$

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu$$

$$\dot{Z}_t = \omega_0 + \omega_1 \dot{Z}_{t-1} + \vartheta h_t^2 + \varepsilon_t \tag{2.34}$$

ε_t : *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

w_t : *white noise* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t : nilai standar deviasi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

h_t^2 : variansi *error* untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

ε_{t-i} : nilai *error* pada saat $t - i$, $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

α_0 : konstanta

α_i : parameter ARCH untuk $i = \{1, 2, ..., m\}$

m : orde ARCH

ϑ_j : parameter GARCH untuk $j = \{1, 2, ..., s\}$

s : orde GARCH

θ : konstanta asimetris (*leverage effect*)

$\dot{Z}_t$: simpangan data terhadap rata-ratanya untuk semua $t = \{0, \pm 1, \pm 2, ...\}$

ω_0 : konstanta

ω_1 : parameter AR untuk koefisien variabel ke-1

$\dot{Z}_{t-1}$: simpangan data terhadap rata-ratanya pada $t-1$

Untuk memeriksa keberadaan pengaruh *leverage effect* (efek asimetris), dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Tagliafichi, 2003):

Memodelkan data deret waktu ke dalam model GARCH. Kemudian melihat korelasi antara ε_t^2 (standar *error* kuadrat model *Box Jenkins*) dengan ε_{t-k} (standar *error* model GARCH) dengan menggunakan *cross correlation*. Kriteria pengujiannya adalah jika terdapat *lag* yang melebihi batas interval sehingga nilai *cross correlation* berbeda signifikan dengan nol yang berarti kondisi *bad news* dan *good news* memberi pengaruh asimetris terhadap volatilitas.

2.2 Uji Hipotesa

2.2.1 Uji Stasioner

Salah satu metode untuk menguji kestasioneran adalah uji *unit root*. Uji *unit root* adalah istilah yang menunjukkan nilai eigen suatu data sebesar satu. Untuk memperoleh gambaran uji akar unit, akan ditunjukkan pada proses AR(1) sebagai berikut (Ekananda, 2015):

$$\dot{Z}_t = \omega \dot{Z}_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.35}$$

Berikut ini hipotesa uji stasioner menggunakan uji *unit root* (Uji *Augmented Dickey Fuller*):

Hipotesis:

H_0 : ADF > 0 (data stasioner)

H_1 : ADF ≤ 0 (data tidak stasioner)

Statistik uji:

$$ADF = \frac{\hat{\omega}}{SE(\hat{\omega})} \tag{2.36}$$

dengan,

$$SE = \sqrt{\frac{s_d^{\ 2}}{n}} \tag{2.37}$$

dan

$$s_d^{\ 2} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(z_t - \bar{z})^2 \tag{2.38}$$

dimana:

ADF : nilai Uji *Augmented* Dickey Fuller

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

ω : parameter AR

SE : nilai standar *error*

$s_d^{\ 2}$: variansi sampel

n : banyaknya pengamatan

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

$\bar{z}$: rata-rata sampel

Keputusan: H_0 ditolak apabila $|t\ statistic\ ADF| < |t\ statistic\ \alpha|$ atau $p\ value > \alpha$.

Kesimpulan: Jika H_0 ditolak maka data tidak bersifat stasioner.

2.2.2 Uji Normalitas

Salah satu metode untuk menguji normalitas adalah uji *Jarque Bera*. Uji ini menghitung kemiringan (*skewness*) dan keruncingan (*kurtosis*) (Gujarati & Porter, 2003). Normalitas dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Jarque Bera* (JB) dan nilai *Chi Square* tabel (Ansofino, 2016). Berikut ini hipotesa uji normalitas menggunakan uji *Jarque Bera*:

Hipotesis:

H_0 : JB < 2 (data berdistribusi normal)

H_1 : JB $\geq$ 2 (data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji:

$$JB = \frac{n}{2}\left(S_k^2 + \frac{(K_u - 3)^2}{4}\right) \tag{2.39}$$

dengan,

$$S_k = \frac{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \mu)^3}{\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Z_l - \mu)^2\right)^{3/2}} \tag{2.40}$$

dan

$$K_u = \frac{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Z_t-\mu)^4}{\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Z_t-\mu)^2\right)^2} \qquad (2.41)$$

dimana:

Z_t : variabel acak untuk semua $t = \{0, \pm1, \pm2, ...\}$

μ : nilai ekspektasi variabel acak (rata-rata variabel acak)

S_k : skewness

K_u : kurtosis

Keputusan: H_0 ditolak apabila nilai JB hitung $\geq$ 2 atau *p value* < α .

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

Akibat ketika asumsi normalitas pada model regresi tidak terpenuhi yaitu nilai prediksi yang diperoleh akan bias dan tidak konsisten. Jika asumsi tidak terpenuhi maka dapat dilakukan beberapa metode untuk mengatasinya. Metode-metode tersebut adalah sebagai berikut (Suliyanto, 2011):

1. Menambah jumlah data.
2. Melakukan transformasi data.
3. Menghilangkan data yang dianggap sebagai penyebab data tidak normal.
4. Menggunakan analisis non-parametik.

2.2.3 Uji Autokorelasi

Autokorelasi merupakan korelasi antara satu *error* dengan *error* lainnya. Salah satu metode untuk mengetahui autokorelasi dalam data deret waktu adalah uji *Ljung-Box* (Pankartz, 1983). Berikut ini hipotesa uji autokorelasi menggunakan uji *Ljung-Box* atau uji $Q_{statistic}$.

Hipotesis:

H_0 : (tidak ada autokorelasi dalam data deret waktu)

H_1 : (ada autokorelasi dalam data deret waktu)

Statistik uji:

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{x}\left(\frac{\rho_k^2}{n-k}\right) \quad (2.42)$$

dimana:

Q : nilai uji *Ljung-Box*

n : banyaknya pengamatan

k : banyaknya *lag*

x : jumlah *lag* maksimum yang ingin diuji

ρ_k^2 : kuadrat dari nilai koefisien autokorelasi *lag* ke k

Keputusan: H_0 ditolak apabila $Q_{statistic} > \chi^2_{tabel}$ atau *p value* < α.

Kesimpulan: Jika H_0 ditolak maka ada autokorelasi pada data deret waktu.

2.2.4 Uji Efek ARCH

Salah satu cara untuk menguji efek ARCH yaitu menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (Rosadi, 2012). Berikut ini uji hipotesa untuk uji *Lagrange Multiplier*.

Hipotesis:

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_k^2 = 0$ (tidak ada efek ARCH hingga *lag* k)

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\sigma_k^2 = 0$ (terdapat efek ARCH paling tidak pada sebuah *lag*)

Statistik uji:

$$\chi^2 = n.R^2 \tag{2.43}$$

dimana:

n : banyaknya pengamatan

R^2 : koefisien determinasi

χ^2 : distribusi *chi-square*

Keputusan: H_0 ditolak apabila $\chi^2_{statistic} > \chi^2_{tabel}$ dan *p value* $< \alpha$.

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

2.2.5 Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter dilakukan setelah dilakukan estimasi nilai-nilai parameter yang berguna untuk mengetahui signifikan atau tidaknya suatu parameter (Aswi & Sukarna, 2006). Berikut ini hipotesa uji signifikansi parameter menggunakan uji *t*.

Hipotesis:

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

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

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}}{SE\left(\hat{\beta}\right)} \tag{2.44}$$

dengan,

$$SE = \sqrt{\frac{s_d^{\ 2}}{n}} \tag{2.45}$$

dan

$$s_d^{\ 2} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(z_t - \bar{z}\right)^2 \tag{2.46}$$

dimana:

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

SE : nilai *standart error*

$s_d^{\ 2}$: variansi sampel

n : banyaknya pengamatan

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

$\bar{z}$: rata-rata sampel

Keputusan: H_0 ditolak apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau *p value* $< \alpha$.

Kesimpulan: Jika H_0 ditolak maka parameter pada model telah signifikan.

2.3 Saham dan Volatilitas

2.3.1 Saham

Saham adalah adalah sertifikat yang menunjukkan bukti kemilikan suatu perusahaan. Pemegang saham memiliki hak klaim atas penghasilan dan kekayaan perusahaan. Apabila perusahaan menghasilkan laba dalam menjalankan bisnisnya, maka sebagian atau seluruh laba dapat dibagikan kepada pemiliknya yaitu pemegang saham sebagai deviden (Tandelilin, 2017).

Harga saham merupakan variabel stokastik karena dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak dapat ditentukan secara pasti. Faktor-faktor ini dipandang sebagai komponen stokastik yang tidak dapat ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu, perubahan harga saham dapat dimodelkan menggunakan persamaan differensial stokastik sebagi berikut (Hull, 2012):

$$dS_T = \mu S_T dt + \sigma S_T dW_T \quad (2.45)$$

dengan $\mu S_T dt$ adalah komponen deterministik, $\sigma S_T dW_T$ adalah komponen stokastik dan W_T adalah proses *Wiener*. Persamaan ini juga dikenal sebagai model pergerakan harga saham.

2.3.2 Volatilitas

Volatilitas merupakan standar deviasi dari *return*. *Return* adalah variabel yang mengukur perubahan nilai terhadap posisi awalnya. Contoh yang paling sering digunakan adalah *return* saham (Hull, 2012). Perhitungan *return* dapat dinyatakan sebagai berikut (Ekananda, 2015):

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (2.46)$$

dimana:

r : *log return*

t : waktu

S : harga saham

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

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(r_t - \bar{r}\right)^2} \quad (2.47)$$

dimana:

s_d : standar deviasi sampel

n : banyaknya pengamatan

r : *return*

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

2.4 Estimasi Parameter

2.4.1 Metode *Maximum Likelihood*

Estimasi adalah suatu metode untuk mengetahui nilai-nilai suatu populasi dengan menggunakan nilai-nilai sampel (Gujarati & Porter, 2003). Salah satu metode untuk mengestimasi parameter yang tidak diketahui adalah metode *maximum likelihood*. Metode ini dilakukan dengan cara memaksimumkan fungsi likelihood.

Misalkan $X_i^{\bullet}$ vektor $1 \times u, i = 1, \dots, n.$, maka

$$y_i = X_i^{\bullet}\beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \tag{2.48}$$

sehingga $y_i \sim N\left(X_i\,\beta, \sigma^2\right)$.

Fungsi distribusi peluang dari y_i jika diberikan X_i, β dan σ^2 adalah sebagai berikut (Aziz, 2010):

$$f\left(y_i \mid X_i, \beta, \sigma^2\right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i - X_i^{\bullet}\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.49}$$

karena $y_i, \dots, y_n$ saling bebas, diperoleh

$$f\left(y_i, \dots, y_n\right) = \left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{y_i - X_i^{\bullet}\beta}{\sigma}\right)^2\right) \tag{2.50}$$

Pandang fungsi *likelihood* berikut (Aziz, 2010):

$$l\left(\beta,\sigma^2|X,y\right)=\left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}}\exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(y-X\beta)'(y-X\beta)\right) \quad (2.51)$$

maka fungsi *log-likelihood*-nya adalah

$$\begin{aligned}
L=\ln l &= -\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}(y-X\beta)'(y-X\beta)\\
&=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}(y'-\beta'X')(y-X\beta)\\
&=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}(y'y-y'X\beta-\beta'X'y+\beta'X'X\beta)\\
&=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y'y-(y'X\beta)'-\beta'X'y+\beta'X'X\beta\right)\\
&=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}(y'y-\beta'X'y-\beta'X'y+\beta'X'X\beta)\\
&=-\frac{n}{2}\ln\left(2\pi\sigma^2\right)-\frac{1}{2\sigma^2}(y'y-2\beta'X'y+\beta'X'X\beta) \quad (2.52)
\end{aligned}$$

Menurunkan pertama fungsi *log-likelihood*-nya sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial\beta} &= -\frac{1}{2\sigma^2}(-2X'y+X'X\beta+\beta'X'X)\\
&=-\frac{1}{2\sigma^2}\left(-2X'y+X'X\beta+\left(\beta'X'X\right)'\right)\\
&=-\frac{1}{2\sigma^2}\left(-2X'y+2X'X\beta\right)\\
&=\frac{1}{\sigma^2}(X'y-X'X\beta) \quad (2.53)
\end{aligned}$$

dengan menyamakan hasil turunan ini dengan nol diperoleh

$$\hat{\beta}_{ml}=(X'X)^{-1}X'Y \quad (2.56)$$

Estimasi parameter pada model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* dapat dilakukan dengan cara mensubstitusikan variansi *error* model APARCH-M ke variansi pada fungsi *likelihood*, menurunkan pertama dan menyamakan turunan kedua nol terhadap setiap parameter model APARCH-M.

2.4.2 Iterasi *Newton Raphson*

Fungsi distribusi peluang (pdf) dari y_t diberikan oleh X_t, β, σ^2 adalah sebagai berikut (Aziz, 2010):

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

Fungsi *likelihood* dari β dan σ^2 diberikan oleh y_t dan X_t adalah

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

Fungsi *log-likelihood* dari β dan σ^2 diberikan oleh y_t dan X_t adalah

$$\begin{aligned} L(\beta) &= \ln\left(l(\beta)\right) \\ &= \ln\left(\left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y_t - f\left(X_t, \beta\right)\right)^2\right)\right) \\ &= \ln\left(\left(2\pi\sigma^2\right)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\left(y_t - f\left(X_t, \beta\right)\right)'\left(y_t - f\left(X_t, \beta\right)\right)\right)\right) \end{aligned} \tag{2.56}$$

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

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

sehingga diperoleh

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta} = \left(\frac{\partial L}{\partial \beta'}\Big|_{\beta^{(1)}}\right)' + \frac{\partial^2 L}{\partial\beta\partial\beta'}\Big|_{\beta^{(1)}} \left(\beta - \beta^{(1)}\right) \tag{2.58}$$

Karena

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

sehingga

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

Menyamakan dengan nol akan diperoleh

$$\frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} + \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta^{'}}|_{\beta^{(1)}} \left(\beta^{(2)} - \beta^{(1)}\right) = 0 \tag{2.61}$$

atau

$$\beta^{(2)} = \beta^{(1)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta^{'}}|_{\beta^{(1)}}\right)^{-1} \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(1)}} \tag{2.62}$$

Pada umumnya diperoleh iterasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta^{(n+1)} &= \beta^{(n)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta^{'}}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}} \\ &= \beta^{(n)} - \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta^{'}}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}}\right) \\ &= \beta^{(n)} - \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \beta \partial \beta^{'}}|_{\beta^{(n)}}\right)^{-1} \left(\frac{\partial L}{\partial \beta}|_{\beta^{(n)}}\right) \end{aligned} \tag{2.63}$$

Iterasi inilah yang dikenal sebagai iterasi *Newton-Raphson* untuk *nonlinear maximum likelihood.*

2.5 Konsep Prediksi dalam Al Quran

Berikut ini merupakan salah satu konsep prediksi yang tercantum pada surat Yusuf ayat 42, yaitu:

"dan dia (Yusuf) berkata kepada orang yang diketahuinya akan selamat diantara mereka berdua, "Terangkanlah keadaanku kepada tuanmu". Maka setan menjadikan dia lupa untuk menerangkan (keadaan Yusuf) kepada tuannya. Karena itu dia (Yusuf) tetap dalam penjara beberapa tahun lamanya."

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2003) dijelaskan bahwa:

> Tatkala Yusuf menduga bahwa pelayan minuman raja akan selamat, maka Yusuf mengatakan kepadanya secara diam-diam tanpa diketahui yang lain -*wallahu a'lam*-, agar tidak merasa bahwa dia pasti akan disalib, Yusuf mengatakan "*Terangkanlah keadaanku kepada tuanmu",* maksudnya, ceritakan kisahku kepada tuanmu, yaitu sang raja. Tetapi orang yang diberi pesan itu lupa menceritakan pesan itu kepada sang raja, dan hal ini termasuk upaya syaitan agar Nabi Allah Yusuf tidak keluar dari penjara. Ini adalah pendapat yang benar, karena kata ganti dalam kalimat *"Maka syaitan menjadikan dia lupa menerangkan (keadaan Yusuf) kepada tuannya."* Itu kembali kepada orang yang diyakini akan selamat (dan) keluar dari penjara, sebagaimana dikatakan oleh Mujahid, Muhammad bin Ishaq dan lain-lain, sedangkan kata *bidh'a* (beberapa) menurut Mujahid dan Qatadah digunakan untuk menunjukkan bilangan antara tiga sampai sembilan tahun (Abdullah, 2003).

Ayat tersebut merupakan salah satu konsep prediksi yang tercantum dalam Al-Quran. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada frasa *"...beberapa tahun lamanya"*. Pada tafsir Ibnu Katsir, frasa tersebut diprediksi antara tiga sampai sembilan tahun. Jika hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan nilai sebenarnya, maka nilai hasil prediksi tersebut akan mendekati nilai sebenarnya atau berkisar di sekitar nilai sebenarnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang menggunakan beberapa penjelasan spesifik berupa data numerik secara terencana, tersetruktur dan sistematis.

3.2 Jenis dan Sumber Data

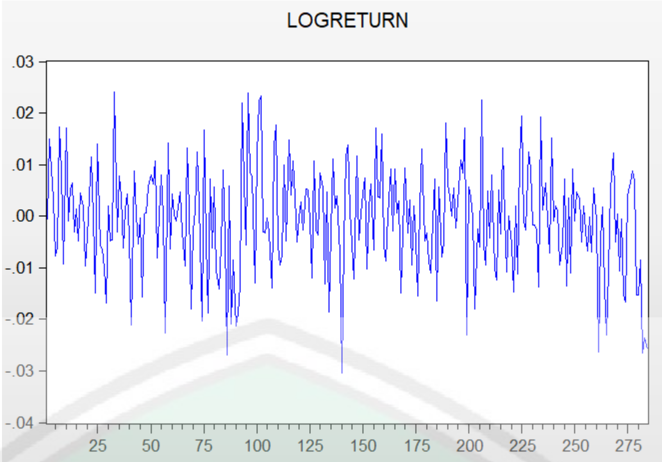
Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yaitu data yang peneliti peroleh dari data yang sudah ada dan bersumber dari akses internet yaitu data harga saham harian *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019-Februari 2020.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu *log return* harga saham.

3.4 Analisis Data

Data yang digunakan yaitu *log return* harga saham harian *Jakarta Islamic Index* (JII) periode Januari 2019-Februari 2020 dengan data sebanyak 284 pengamatan. Plot data tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Plot Data *Log Return* Harga Saham

Pada Gambar 3.1 plot data *log return* harga saham terlihat stasioner karena plot menunjukkan rata-rata konstan di sekitar nol dan fluktuasi data konstan. Namun untuk kebenarannya, data tersebut akan diuji stasioner pada Bab 4 hasil dan pembahasan. Adapun langkah-langkah yang digunakan untuk mengimplementasi model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada *log return* data harga saham *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019 hingga Februari 2020, yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan uji normalitas dan uji stasioneritas data *log return.*
2. Pemodelan ARMA
    a. Mengidentifikasi model ARMA berdasarkan grafik ACF dan PACF.
    b. Menguji signifikansi parameter model ARMA.
    c. Menguji normalitas, dan uji autokorelasi *error* pada model ARMA.
    d. Mengestimasi parameter model ARIMA dengan metode *Maximum Likelihood*.
3. Menguji efek ARCH.
4. Menguji efek asimetris model
5. Pemodelan APARCH-M

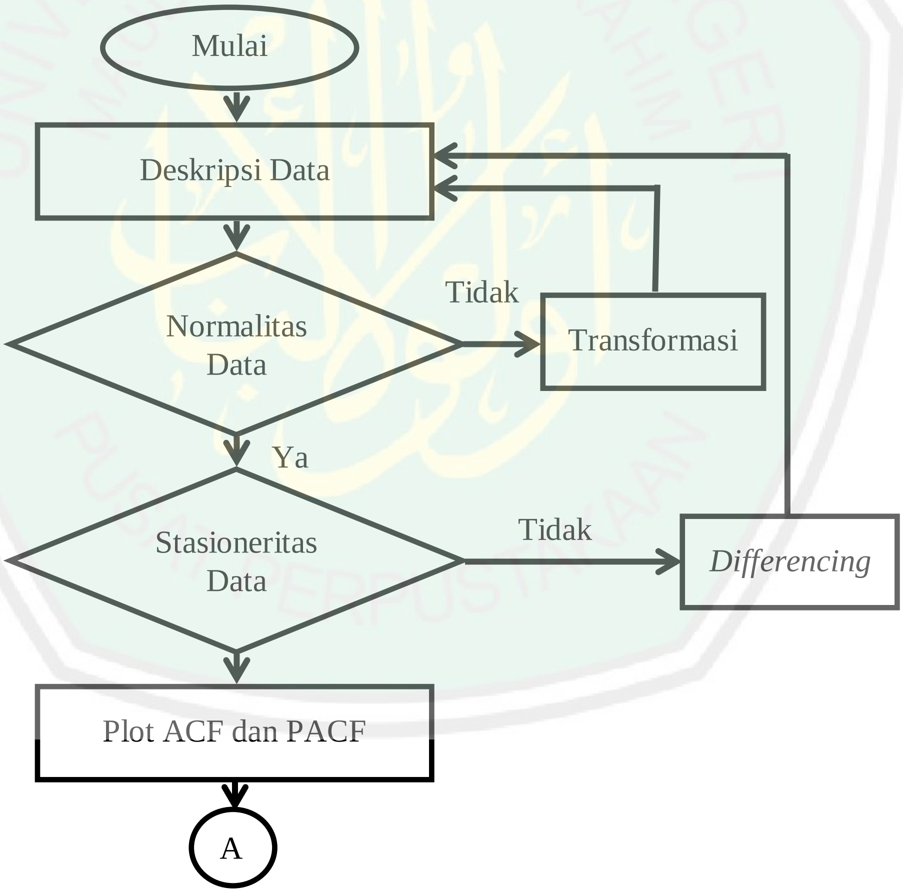
a. Mengidentifikasi model APARCH-M berdasarkan model ARMA yang signifikan.

b. Menguji signifikansi parameter pada hasil estimasi model APARCH-M.

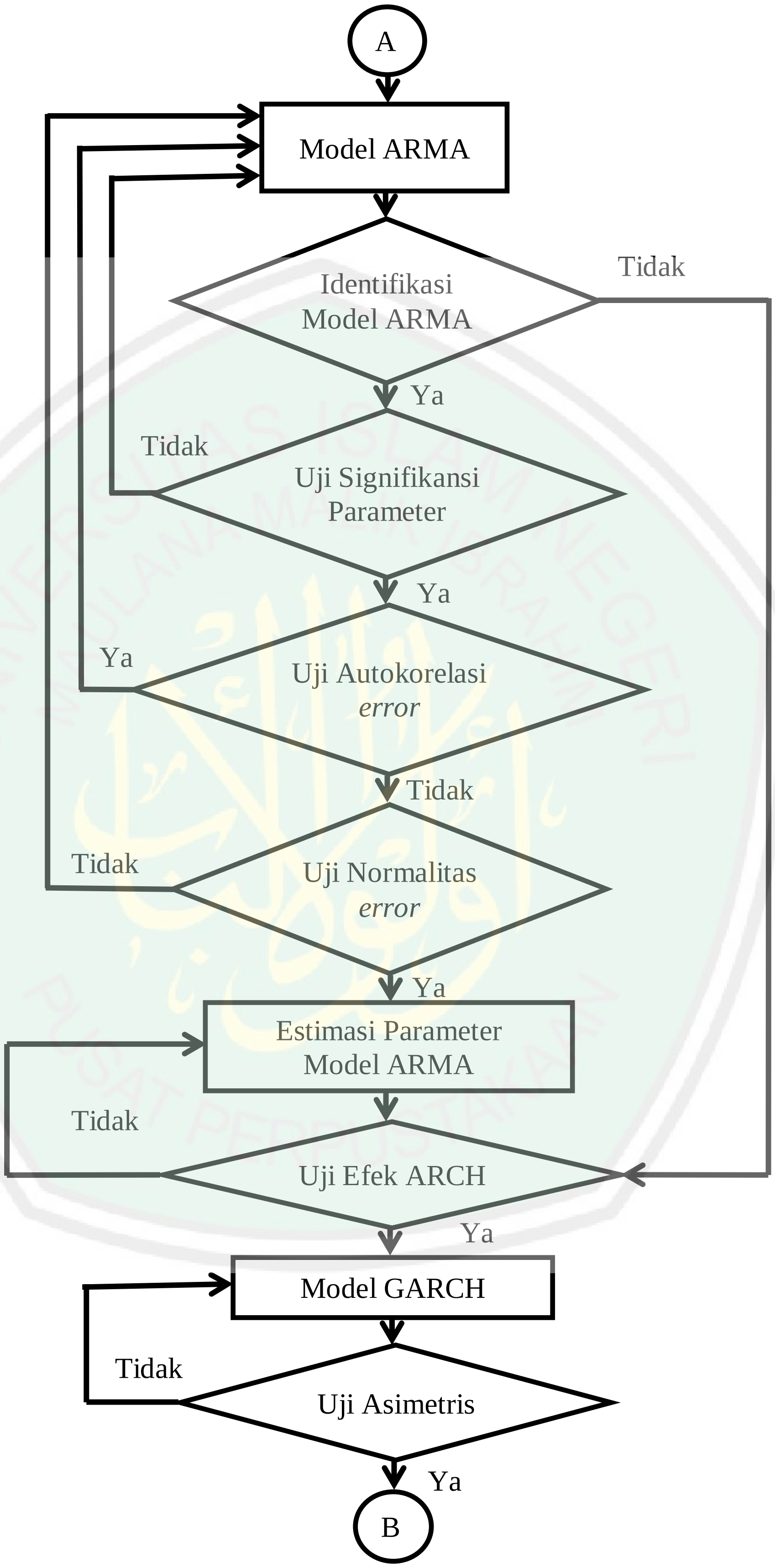
c. Menguji normalitas dan uji autokorelasi *error* pada hasil estimasi model APARCH-M.

d. Mengestimasi parameter model APARCH-M dengan metode *Maximum Likelihood*.

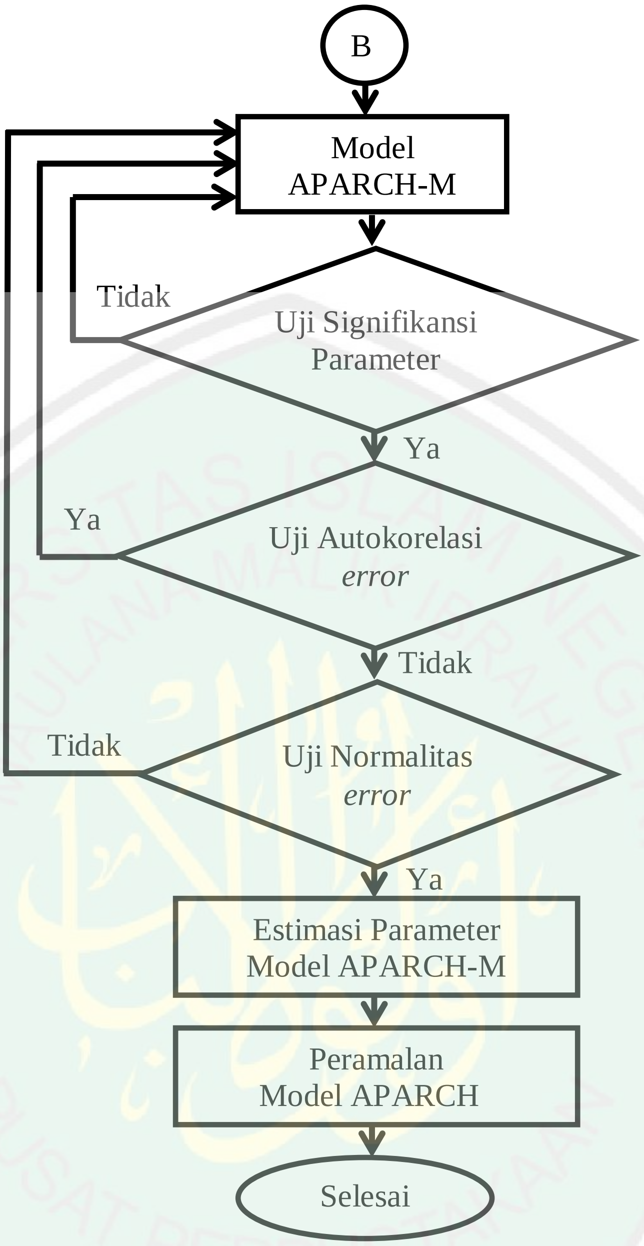
Berikut ini *flowchart* implementasi model APARCH-M menggunakan metode *Maximum Likelihood*.



Gambar 3.2 *Flowchart* Analisis Data



Gambar 3.3 Lanjutan *Flowchart* Analisis Data (A)



3.4 Lanjutan *Flowchart* Analisis Data (B)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan APARCH-M

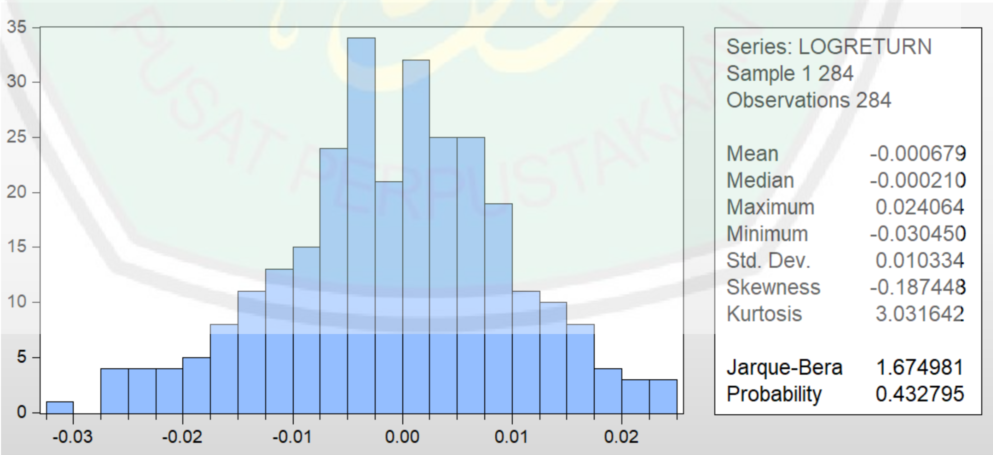
4.1.1 Uji Normalitas Data

Data yang digunakan harus berdistribusi normal, untuk mengetahui kenormalannya, perlu diuji normalitas data. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Jarque Bera (JB) . Berikut ini hipotesa untuk uji Jarque Bera.

H_0 : JB < 2 (data berdistribusi normal)

H_1 : JB $\geq$ 2 (data tidak berdistribusi normal)

Dengan kriteria uji yaitu tolak H_0 apabila nilai JB $\geq$ 2 atau *p value* < taraf signifikan 5%. Hasil uji Jarque-bera dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Hasil Uji Normalitas Data *Log Return*

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas dapat diketahui bahwa *p value* sebesar 0,432795 lebih besar daripada taraf signifikan 5%. Hal ini berarti terima H_0. Jika terima H_0 maka data *log-return* berdistribusi normal.

Pada Gambar 4.1, *log return* harga saham memiliki nilai rata-rata sebesar 0,000679, median sebesar -0,00021, maksimum sebesar 0,024064, minimum sebesar -0,03045, dan standar deviasi sebesar 0,010334. Grafik tersebut memiliki skewness -0,187448 dan kurtosis 3,031642.

4.1.2 Uji Stasioneritas Data

Data yang digunakan harus stasioner. Oleh karena itu, untuk mengetahui kestasioneran data perlu dilakukan uji stasioneritas data. Uji stasioneritas pada penelitian ini menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Berikut ini hipotesa untuk uji ADF.

H_0 : ADF > 0 (data stasioner)

H_1 : ADF $\leq$ 0 (data tidak stasioner)

Dengan kriteria uji yaitu tolak H_0 apabila $|t\ statistic\ ADF| \leq |t_\alpha|$ atau *p value* > taraf signifikan 5%. Hasil uji stasioner terhadap data *log return* harga saham dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.

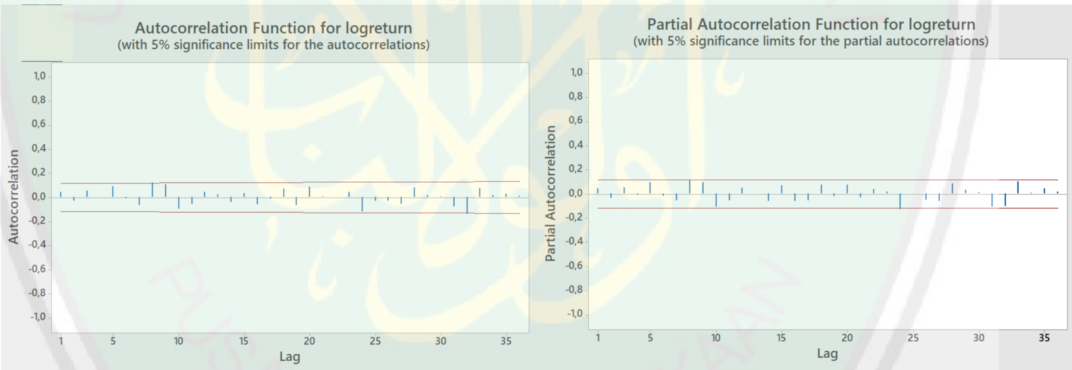
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-15.88868	0.0000
Test critical values:			
	5% level	-2.871546	
	[illegible]	[illegible]	

Gambar 4.2 Hasil Uji *Augmented Dickey Fuller Log Return*

Berdasarkan Gambar 4.2 diatas diperoleh nilai mutlak ADF sebesar 15,88868 lebih dari nilai mutlak taraf signifikan 5% sebesar 2,871546 dan *p value* uji ADF sebesar 0,0000 lebih kecil daripada taraf signifikan 5%. Hal ini berarti H_0 diterima. Jika H_0 diterima maka data sudah stasioner.

4.1.3 Identifikasi Model

Identifikasi model pada data deret waktu dapat dilihat melalui *correlogram*. Berikut ini *correlogram* dari data *log return*.



Gambar 4.3 *Correlogram Log Return*

Berdasarkan Gambar 4.3 diatas, tidak ada yang melewati batas interval pada *lag*>0 pada plot ACF dan PACF. Sehingga bersifat *white noise* dan kurang sesuai untuk pemodelan AR, MA, atau ARMA. Oleh karena itu, akan dilakukan pemodelan ARCH/GARCH.

4.1.4 Uji Efek ARCH

Sebelum memodelkan ARCH/GARCH, perlu dilakukan uji efek ARCH untuk mengetahui ada tidaknya efek ARCH pada model. Berikut ini uji hepotesa menggunakan uji *Lagrange Multiplier*.

Hipotesis:

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_k^2 = 0$ (tidak ada efek ARCH hingga *lag k*)

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\sigma_k^2 = 0$ (terdapat efek ARCH paling tidak pada sebuah *lag*)

Dengan kriteria uji yaitu H_0 ditolak apabila *p value* < taraf signifikan 5%. Hasil uji *Lagrange Multiplier* dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut.

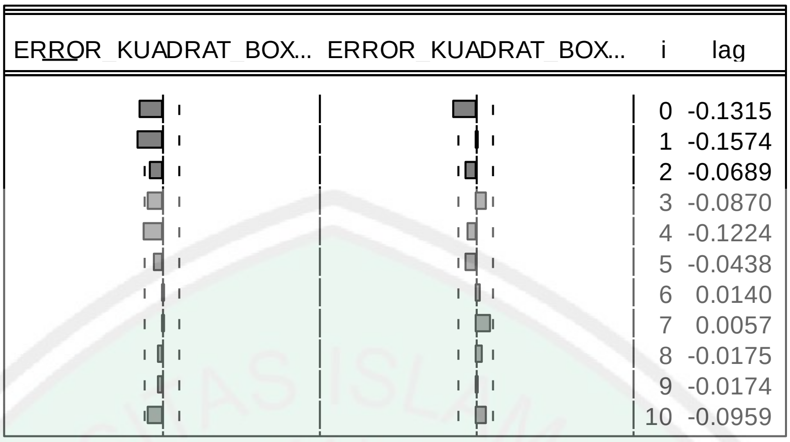
Tabel 4.1 Hasil Uji *Lagrange Multiplier*

P Value	0,0008

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas diperoleh *p value* sebesar 0,0008 lebih kecil daripada taraf signifikan 5%. Hal ini berarti H_0 ditolak. Jika H_0 ditolak model memiliki efek ARCH sehingga dapat dilakukan pemodelan ARCH/GARCH.

4.1.5 Uji Asimetris Model

Model ARCH/GARCH yang digunakan pada penelitian ini adalah APARCH-M. Model APARCH-M memiliki asumsi heteroskedastisitas dan efek asimetris. Oleh karena itu, sebelum dimodelkan APARCH-M, perlu dilakukan uji efek asimetris yang disajikan sebagai berikut.



Gambar 4.4 *Cross Correlogram*

Berdasarkan Gambar 4.4, terdapat *lag* yang melebihi batas interval yaitu pada *lag* ke-1 dan ke-2. Hal ini berarti kondisi *bad news* dan *good news* memberi pengaruh asimetris terhadap volatilitas. Sehingga dapat dilakukan pemodelan APARCH-M.

4.1.6 Identifikasi Model APARCH-M

Semua parameter pada model APARCH-M yang kurang dari taraf signifikan 5% hanya pada model APARCH(1,1)-M. Sehingga model yang teridentifikasi adalah model APARCH(1,1)-M. Model tersebut akan dilakukan uji signifikan untuk menunjukkan bahwa model tersebut layak digunakan.

4.1.7 Uji Signifikansi Parameter Model APARCH-M

Parameter-parameter model harus signifikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji signifikansi parameter pada APARCH(1,1)-M. Berikut ini hipotesa uji signifikansi parameter.

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

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

Dengan kriteria uji yaitu tolak H_0 jika nilai probabilitas < taraf signifikan 5%. Hasil uji signifikansi dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Signifikansi Parameter Model APARCH(1,1)-M

Parameter	*P Value*
ϑ	0,0155
ω_0	0,0103
α_0	0,0116
α_1	0,0099
θ	0,0099
ϑ_1	0,0000

Berdasarkan Tabel 4.2, parameter-parameter pada model APARCH(1,1)-M mempunyai *p value* kurang dari taraf signifikan sehingga model APARCH(1,1)-M mempunyai parameter-parameter yang signifikan dan layak digunakan.

4.1.8 Uji Autokorelasi *Error* pada Model APARCH-M

Untuk mengetahui ada tidaknya autokorelasi pada *error* model APARCH(1,1)-M, pelu dilakukan uji autokorelasi. Uji autokorelasi pada penelitian ini menggunakan *Correlogram-Q-Stattistic*. Berikut ini hipotesa uji autokorelasi.

H_0 : (tidak ada autokorelasi pada *error* model)

H_1 : (ada autokorelasi pada *error* model)

Dengan kriteria uji yaitu tolak H_0 jika *p value* < taraf signifikan 5%. Hasil uji autokorelasi dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut.

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1	-0.003	-0.003	0.0031	0.955
		2	-0.045	-0.045	0.5821	0.747
		3	0.063	0.063	1.7335	0.630
		4	-0.016	-0.018	1.8076	0.771
		5	0.102	0.108	4.8261	0.437
		6	0.010	0.004	4.8535	0.563
		7	-0.068	-0.057	6.2065	0.516
		8	0.128	0.118	11.046	0.199
		9	0.083	0.081	13.067	0.160
		10	-0.089	-0.084	15.390	0.118

Gambar 4.5 Hasil Uji Autokorelasi *Error* Model APARCH(1,1)-M

Berdasarkan Gambar 4.5 diatas, semua *p value* dari semua *lag* lebih dari taraf signifikan 5%. Hal ini berarti terima H_0. Jika terima H_0 maka *error* pada model APARCH(1,1)-M tidak ada autokorelasi sehingga model bersifat *white noise*.

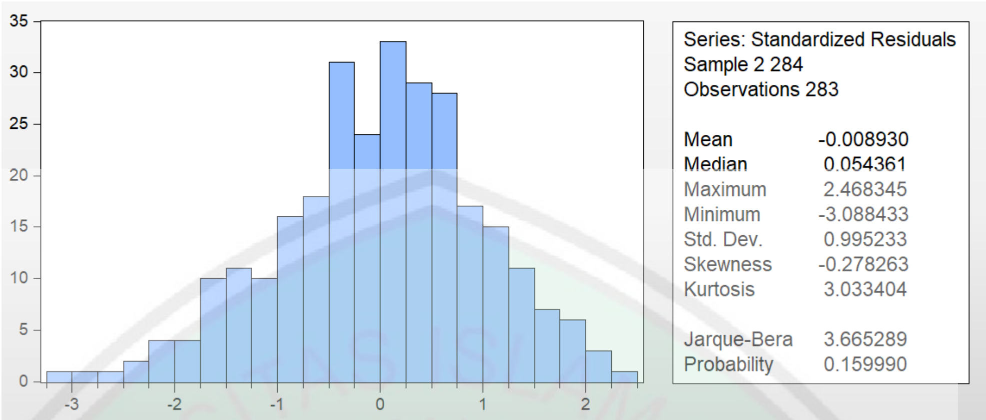
4.1.9 Uji Normalitas *Error* Model APARCH-M

Error pada model harus berdistribusi normal. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji normalitas *error* pada APARCH(1,1)-M. Berikut ini hipotesa uji normalitas *error*.

H_0 : JB < 2 (*error* berdistribusi normal)

H_1 : JB $\geq$ 2 (*error* tidak berdistribusi normal)

Dengan kriteria uji yaitu tolak H_0 apabila *p value* < taraf signifikan 5%. Hasil uji Jarque-bera dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Hasil Uji Normalitas *Error* Model APARCH(1,1)-M

Berdasarkan Gambar 4.6 diatas, dapat diketahui bahwa *p value* sebesar 0,15999 yang lebih besar daripada taraf signifikan 5%. Hal ini berarti terima H_0. Jika terima H_0 maka *error* pada model APARCH(1,1)-M berdistribusi normal.

4.1.10 Estimasi Parameter Model APARCH-M

Parameter-parameter pada model APARCH(1,1)-M diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood* dengan iterasi *Newton-Raphson* yang disajikan pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Estimasi Parameter Model APARCH(1,1)-M

Parameter	Koefisien Parameter
ϑ	20.56160
ω_0	-0.002770
α_0	5.31e-06
α_1	0.020916

Parameter	Koefisien Parameter
θ	0.997948
ϑ_1	0.908795

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas, model APARCH(1,1)-M dapat dinyatakan sebagai berikut.

Persamaan rata-rata:

$$\dot{Z}_t = -0,00277 + 20,5616 h_t^2 + \varepsilon_t \tag{4.3}$$

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

dengan,

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu \tag{4.4}$$

dan persamaan variansi:

$$h_t^2 = (5,31e-06) - 0,020916\left(\left|\varepsilon_{t-1}\right| + 0,997948\varepsilon_{t-1}\right)^2 + 0,908795 h_{t-1}^2 \tag{4.5}$$

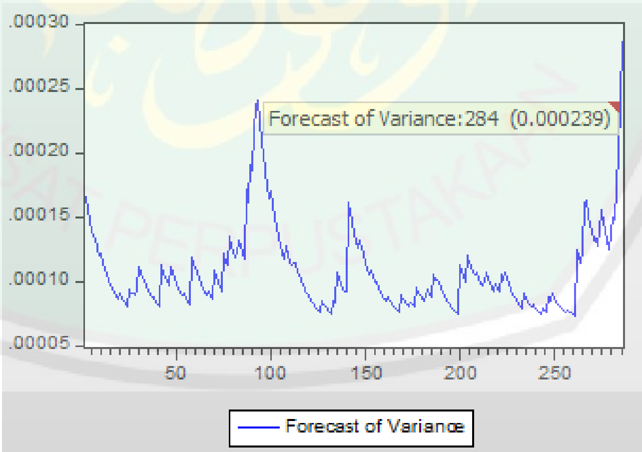
Berdasarkan model APARCH(1,1)-M yang diperoleh, nilai *log return* periode sekarang dapat diestimasi sebesar peningkatan risiko 20,5616 dari variansi periode sekarang. Setiap 1 variansi periode sekarang dapat diestimasi sebagai berikut:

1. Proporsi peningkatan konstanta sebesar 5,31e-06,
2. Proporsi penurunan dari kuadrat jumlah *error* positif periode sebelumnya dan 0,99794 *error* periode sebelumnya sebanyak 0,02091,
3. Proporsi peningkatan 0,90879 dari variansi periode sebelumnya.

Model APARCH-M memodelkan hubungan antara *return* harga saham *Jakarta Islamic Index* dan risiko. Pada beberapa implementasi di bidang keuangan, salah satu prinsip investasi mengemukakan bahwa investor harus dikompensasi dalam bentuk *return* yang diterima lebih tinggi untuk membeli saham yang lebih berisiko. Berdasarkan model APARCH(1,1)-M yang diperoleh, investor membutuhkan kenaikan *return* sebesar 20,5616 untuk mengompensasi peningkatan risiko setiap satu kali pergerakan harga saham.

4.2 Peramalan Model APARCH-M

Untuk meramalkan harga saham, dapat dilakukan dengan cara mengetahui nilai pergerakan volatilitas harga saham. Berikut ini merupakan volatilitas pada *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index* periode 3 Januari 2019 - 3 Maret 2020.



Gambar 4.7 Peramalan Model APARCH(1,1)-M

Berdasarkan Gambar 4.7, didapatkan nilai variansi *error* pada model APARCH(1,1)-M untuk data ke-284 yaitu pada 28 Februari 2020 sebesar 0,000239 dengan nilai *error* sebesar -0,02785 (nilai *error* dapat dilihat pada

Lampiran 2i). Berdasarkan persamaan (4.3), persamaan rata-rata pada 28 Februari 2020 dapat diuraikan sebagai berikut:

Misalkan $\dot{Z}_t$ adalah *log return*, maka diperoleh

$$\begin{aligned}\dot{Z}_t &= -0,00277 + 20,5616h_t^2 + \varepsilon_t \\ &= -0,0277 + 20,5616(0,000239) - 0,02785 \\ &= -0,0257058 \qquad (4.6)\end{aligned}$$

Sehingga nilai *log return* pada 28 Februari 2020 sebesar $-0,0257058$. Nilai estimasi tersebut berada disekitar nilai *log return* pada data riil yaitu sebesar $-0,02570021$. Nilai *log return* tersebut dapat digunakan untuk penentuan harga saham yang dapat diuraikan sebagai berikut:

Misalkan $\dot{Z}_t$ adalah *log return*, maka diperoleh

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) = \dot{Z}_t$$

$$\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) = \exp\left(\dot{Z}_t\right)$$

$$S_t = \left(S_{t-1}\right)\left(\exp\left(\dot{Z}_t\right)\right) \qquad (4.7)$$

Misal S_1 adalah harga saham pada 28 Februari 2020 maka diperoleh

$$\begin{aligned}S_1 &= \left(S_{t-1}\right)\left(\exp\left(\dot{Z}_t\right)\right) \\ &= \left(S_{t-1}\right)\left(\exp\left(-0,00277 + 20,5616h_t^2 + \varepsilon_t\right)\right) \\ &= \left(S_{t-1}\right)\left(\exp\left(-0,00277 + 20,5616\left(0,000239\right) - 0,02785\right)\right) \\ &= \left(579,716\right)\left(\exp\left(-0,0257059\right)\right)\end{aligned}$$

$$=(579,716)(0,974622)$$

$$=565,00378 \tag{4.8}$$

Sehingga harga saham pada 28 Februari 2020 sebesar $565,00378$. Nilai estimasi tersebut berada disekitar harga saham pada data riil yaitu sebesar $565,007$. Nilai *log return* dan harga saham pada 28 Februari 2020 hampir sama dengan data riil. Sehingga model APARCH(1,1)-M dapat digunakan untuk meramalkan harga saham periode selajutnya.

Hasil peramalan volatilitas pada data *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index* untuk periode Maret 2020 menggunakan model APARCH(1,1)-M dapat dilihat Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Peramalam Model APARCH(1,1)-M

Periode	Volatilitas
02/03/2020	0,00123009
03/03/2020	0,00327409
04/03/2020	0,00325121
05/03/2020	0,00139891
06/03/2020	0,00018656
09/03/2020	-0,0024812
10/03/2020	0,00220956

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat dilihat bahwa peramalan volatilitas harga saham untuk periode Maret 2020 bersifat fluktuatif (Hasil seluruh peramalan volatilitas, *log return*, dan harga saham dapat dilihat pada Lampiran 3b). Sehingga investor lebih baik melakukan investasi ketika penurunan volatilitas untuk meminimalkan risiko dan menarik investasi ketika peningkatan volatilitas untuk mendapatkan *return* yang lebih tinggi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model APARCH(1,1)-M pada *log return* harga saham *Jakarta Islamic Index* periode Januari 2019-Februari 2020 adalah

   Persamaan rata-rata:

   $$\dot{Z}_t = -0,00277 + 20,5616 h_t^2 + \varepsilon_t , \qquad \varepsilon \sim N\left(0, h_t^2\right)$$

   Persamaan variansi:

   $$h_t^2 = (5,31e-06) - 0,020916\left(\left|\varepsilon_{t-1}\right| + 0,997948\varepsilon_{t-1}\right)^2 + 0,908795 h_{t-1}^2$$

   Model APARCH(1,1)-M menunjukkan bahwa ada proporsi peningkatan risiko pada deret *return* $\dot{Z}_t$. Sehingga semakin tinggi risiko maka semakin tinggi *return* yang diterima oleh investor.

2. Peramalan volatilitas harga saham untuk periode Maret 2020 bersifat fluktuatif. Sehingga investor lebih baik melakukan investasi ketika penurunan volatilitas untuk meminimalkan risiko dan menarik investasi ketika peningkatan volatilitas untuk mendapatkan *return* yang lebih tinggi.

5.2 Saran

Penelitian ini menggunakan model APARCH-M dalam memodelkan *log return* harga saham. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memodelkan *log return* harga saham menggunakan model yang berbeda seperti: TARCH-M, IGARCH-M, atau CGARCH-M.

DAFTAR RUJUKAN

Abdullah. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

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

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

Ariefianto, 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.

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. 2016. *Time Series Analysis Forecasting and Control Fifth Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Effendi, 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.

Enders. 1995. *Applied Econometric Time Series 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Francq, C. & Zakoian, J. M. 2010. *GARCH Model Structure, Statistical Inference and Financial Applications*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Gujarati, D. & Porter, D. N. 2003. *Basic Econometrics: Dasar-dasar Ekonometrika Edisi 5*. Jakarta: Salemba Empat.

Hadi, S. 2015. *Statistik*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Hanke, J. E. & Whichern, D. 2014. *Business Forecasting Ninth Edition*. United States of America: Pearson Education Limited.

Hull, J. C. 2012. *Options, Futures, and Oher Derivatives Eight ed*. England: Pearson.

Jorion, P. 2001. *Value at Risk*. New York: McGraw-Hill Inc.

Makridakis, S. G., Wheewright, S. C, & Hyndman, R. J. 1999. *Forecasting Methods and Aplications*. third ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Mulyana. 2004. *Buku Ajar Analisis Deret Waktu*. Bandung: FMIPA UNPAD.

Niswah, A. M. 2017. *Metode Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean untuk Meramalkan Harga Minyak Mentah West Texas Intermediate*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.

Pandia, M. D. B., Debataraja, N. N., & Martha, S. 2019. Pemodelan Volatilitas Saham Menggunakan Model Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Buletin Ilmiah Mat, Stat, dan Terapannya (Bimaster)*, 8(1): 117-124.

Pankartz, A. 1983. *Forecasting with Univariate Box-Jenkins Models: Concepts and Case*. New York: John Wiley & Sons.

Ratnasari, D. H. & Tarno, Y. H. 2014. Peramalan Volatilitas Menggunakan model Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean (GARCH-M). *Jurnal Gaussian*, 3(4): 655-662.

Raykov, T. & Marcoulides, G. A. 2013. *Basic Statistic An Introduction to Linear Regression Analysis Fifth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Rohmaningsih, N. M., Sudarno, & Safitri, D. 2016. Pemodelan dan Peramalan Volatilitas pada Return Saham Bank Bukopin Menggunakan Model Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (APARCH). *Jurnal Gaussian*, 5(4): 705-715.

Rosadi, D. 2012. *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*. Yogyakarta: Andi.

Suliyanto. 2011. *Ekonomi Terapan: Teori dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: Andi.

Tagliafichi. 2003. *The GARCH Model and Their Application to the VaR*. Argentina: Buenos Aires.

Tandelilin, E. 2017. *Pasar Modal Manajemen Portofolio & Investasi*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Wei, W. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

https://finance.yahoo.com/quote/%5EJKII/history?period1=1546300800&period2=1582848000&interval=1d&filter=history&frequency=1d

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Data harian harga saham dan *log return Jakarta Islamic Index* (JII) periode Januari 2019-Februari 2020

Periode	Harga Saham	*Log Return*
02/01/2019	684.916	
03/01/2019	695.300	0.015047204
04/01/2019	701.742	0.009222408
07/01/2019	704.113	0.00337304
08/01/2019	698.653	-0.00778466
09/01/2019	694.404	-0.00610027
10/01/2019	706.573	0.017372599
11/01/2019	712.760	0.008718235
14/1/2019	706.148	-0.00931991
15/1/2019	718.294	0.017054109
16/1/2019	717.668	-0.00087189
17/1/2019	721.426	0.005222742
18/1/2019	726.083	0.006434525
21/1/2019	723.802	-0.00314646
22/1/2019	724.755	0.001315792
23/1/2019	721.313	-0.0047605
24/1/2019	724.569	0.004503833

25/1/2019	725.818	0.001722299
28/1/2019	718.888	-0.00959372
29/1/2019	716.119	-0.00385922
30/1/2019	718.747	0.003663064
31/1/2019	727.011	0.01143219
01/01/2019	726.814	-0.00027101
04/2/2019	716.078	-0.0148815
06/2/2019	726.181	0.014010195
07/2/2019	722.046	-0.00571045
08/2/2019	717.515	-0.006295
11/2/2019	710.370	-0.01000789
12/2/2019	698.575	-0.01674342
13/2/2019	699.924	0.001929212
14/2/2019	696.625	-0.00472451
15/2/2019	693.429	-0.00459839
18/2/2019	710.318	0.024063902
19/2/2019	708.119	-0.0031006
20/2/2019	713.633	0.007756666
21/2/2019	716.452	0.003942428
22/2/2019	712.008	-0.00622211
25/2/2019	712.901	0.001253414
26/2/2019	716.033	0.004383694
27/2/2019	713.239	-0.00390969

28/2/2019	698.316	-0.02114485
01/3/2019	704.483	0.008792478
04/3/2019	704.673	0.000269665
05/3/2019	700.882	-0.00539432
06/3/2019	700.674	-0.00029681
08/3/2019	689.800	-0.01564103
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	-0.00818198
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	-0.02270465
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
01/4/2019	704.037	-0.00092424
02/4/2019	705.270	0.001749797

04/4/2019	708.612	0.004727419
05/5/2019	706.396	-0.00313214
08/4/2019	699.603	-0.00966296
09/4/2019	708.928	0.013240939
10/4/2019	709.729	0.001129237
11/4/2019	697.018	-0.01807197
12/4/2019	694.956	-0.0029627
15/4/2019	695.808	0.001225226
16/4/2019	704.574	0.012519605
18/4/2019	706.245	0.002368838
22/4/2019	692.032	-0.02033001
23/4/2019	703.766	0.016813717
24/4/2019	700.340	-0.00487998
25/4/2019	687.331	-0.01874995
26/4/2019	692.272	0.007162961
29/4/2019	687.963	-0.00624388
30/4/2019	691.910	0.005720832
02/5/2019	684.675	-0.01051162
03/5/2019	675.091	-0.01409678
06/5/2019	671.143	-0.00586527
07/5/2019	677.155	0.008917969
08/5/2019	674.190	-0.00438823
09/5/2019	656.231	-0.02699911

10/5/2019	660.066	0.005826969
13/5/2019	646.385	-0.02094453
14/5/2019	640.885	-0.00854527
15/5/2019	627.432	-0.02121474
16/5/2019	615.738	-0.01881375
17/5/2019	607.427	-0.01358954
20/5/2019	620.888	0.021918708
21/5/2019	625.166	0.006866503
22/5/2019	621.642	-0.00565285
23/5/2019	636.621	0.023810138
24/5/2019	641.947	0.008331244
27/5/2019	647.003	0.007845186
28/5/2019	638.722	-0.01288163
29/5/2019	646.390	0.011933732
31/5/2019	661.039	0.022409803
06/10/2019	676.658	0.023353136
06/11/2019	674.595	-0.00305346
06/12/2019	672.354	-0.00332752
13/06/2019	672.152	-0.00030048
14/06/2019	670.107	-0.0030471
17/06/2019	660.838	-0.01392867
18/06/2019	669.956	0.013703312
19/06/2019	681.917	0.017695911

20/06/2019	678.075	-0.00565005
21/06/2019	671.641	-0.00953393
24/06/2019	666.552	-0.00760582
25/06/2019	673.163	0.009869343
26/06/2019	669.895	-0.00486652
27/06/2019	679.877	0.014790916
28/06/2019	682.647	0.004065989
07/01/2019	689.959	0.010654287
07/02/2019	692.584	0.003797355
07/03/2019	689.137	-0.00498944
07/04/2019	688.840	-0.00043107
07/05/2019	690.723	0.002729852
07/08/2019	688.839	-0.0027313
07/09/2019	692.516	0.005323771
07/10/2019	696.036	0.005070041
07/11/2019	695.550	-0.00069848
07/12/2019	687.240	-0.01201932
15/07/2019	694.642	0.010713029
16/07/2019	692.841	-0.00259607
17/07/2019	690.260	-0.0037322
18/07/2019	696.001	0.008282759
19/07/2019	699.861	0.005530647
24/07/2019	690.718	-0.01315011

25/07/2019	694.032	0.004786433
26/07/2019	681.257	-0.01857845
29/07/2019	679.171	-0.00306668
30/07/2019	686.687	0.011005648
31/07/2019	687.802	0.001622421
08/01/2019	690.490	0.003900485
08/02/2019	685.476	-0.007288
08/05/2019	664.918	-0.03044976
08/06/2019	661.591	-0.00501618
08/07/2019	669.240	0.0114952
08/08/2019	678.599	0.013887639
08/09/2019	679.279	0.001001563
08/12/2019	675.633	-0.00538191
13/08/2019	667.474	-0.01214959
14/08/2019	675.345	0.011723233
15/08/2019	672.233	-0.00461866
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	-0.01019789
22/08/2019	675.015	0.001872822
23/08/2019	679.254	0.006260224
26/08/2019	674.870	-0.00647506

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
09/02/2019	698.742	-0.00549193
09/03/2019	692.699	-0.00868601
09/04/2019	692.871	0.000248273
09/05/2019	699.284	0.00921312
09/06/2019	697.234	-0.00293588
09/09/2019	703.612	0.009105989
09/10/2019	704.097	0.000689063
09/11/2019	706.233	0.003029081
09/12/2019	695.758	-0.01494331
13/09/2019	693.682	-0.00298826
16/09/2019	700.229	0.009393782
17/09/2019	697.922	-0.00330008
18/09/2019	700.179	0.003228668
19/09/2019	693.627	-0.00940166
20/09/2019	695.031	0.002022097
23/09/2019	691.750	-0.00473183
24/09/2019	681.169	-0.01541418
25/09/2019	682.450	0.001878824
26/09/2019	691.455	0.013108809

27/09/2019	688.173	-0.00475781
30/09/2019	685.920	-0.00327926
10/01/2019	679.850	-0.00888882
10/02/2019	672.444	-0.01095335
10/03/2019	671.824	-0.00092244
10/04/2019	676.645	0.007150362
10/07/2019	665.588	-0.0164759
10/08/2019	669.417	0.005736324
10/09/2019	664.132	-0.00792626
10/10/2019	660.638	-0.00527489
10/11/2019	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	-0.00232984
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	-0.02309259
28/10/2019	696.855	0.005570444
29/10/2019	699.453	0.003721246

30/10/2019	699.349	-0.0001487
31/10/2019	686.924	-0.01792624
11/01/2019	685.245	-0.00244722
11/04/2019	681.192	-0.00593223
11/05/2019	696.650	0.022438928
11/06/2019	692.810	-0.00552734
11/07/2019	686.311	-0.00942491
11/08/2019	689.717	0.004950491
11/11/2019	686.750	-0.00431104
11/12/2019	692.276	0.008014395
13/11/2019	685.218	-0.01024768
14/11/2019	676.844	-0.01229622
15/11/2019	680.323	0.005126867
18/11/2019	678.039	-0.00336288
19/11/2019	687.054	0.013208083
20/11/2019	687.115	8.87809E-05
21/11/2019	679.686	-0.01087075
22/11/2019	679.686	0
25/11/2019	675.982	-0.00546448
26/11/2019	666.165	-0.01462906
27/11/2019	667.468	0.001954061
28/11/2019	660.084	-0.01112435
29/11/2019	667.438	0.011079402

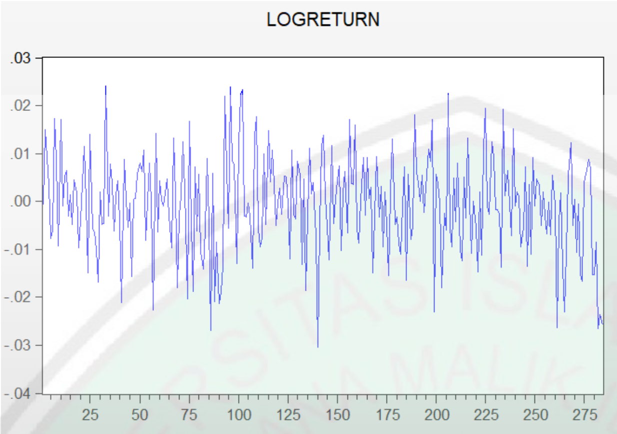
12/02/2019	680.532	0.019428343
12/03/2019	679.904	-0.00092323
12/04/2019	678.067	-0.00270551
12/05/2019	686.610	0.012520342
12/06/2019	692.889	0.009103368
12/09/2019	691.732	-0.00167122
12/10/2019	690.619	-0.0016103
12/11/2019	688.892	-0.00250379
12/12/2019	679.452	-0.01379792
13/12/2019	692.596	0.019160266
16/12/2019	693.458	0.001243819
17/12/2019	697.972	0.006488312
18/12/2019	697.564	-0.00058472
19/12/2019	692.547	-0.00721816
20/12/2019	703.152	0.015196979
23/12/2019	702.455	-0.00099174
26/12/2019	703.784	0.001890149
27/12/2019	704.696	0.001295013
30/12/2019	698.085	-0.00942563
01/02/2020	694.394	-0.00530135
01/03/2020	699.446	0.00724907
01/06/2020	690.062	-0.01350714
01/07/2020	692.539	0.003583106

01/08/2020	685.011	-0.01092966
01/09/2020	691.376	0.009248918
01/10/2020	690.741	-0.00091888
13/01/2020	694.017	0.004731521
14/01/2020	696.508	0.003582823
15/01/2020	693.076	-0.00493962
16/01/2020	694.465	0.002002104
17/01/2020	692.505	-0.00282631
20/01/2020	687.901	-0.00667053
21/01/2020	687.824	-0.00011194
22/01/2020	683.113	-0.0068727
23/01/2020	686.861	0.00547165
24/01/2020	686.309	-0.00080398
27/01/2020	668.495	-0.02629905
28/01/2020	665.724	-0.00415375
29/01/2020	666.937	0.001820418
30/01/2020	657.831	-0.01374753
31/01/2020	642.804	-0.0231082
02/03/2020	636.107	-0.01047307
02/04/2020	639.640	0.00553873
02/05/2020	647.511	0.012230264
02/06/2020	644.278	-0.00500547
02/07/2020	644.539	0.000405023

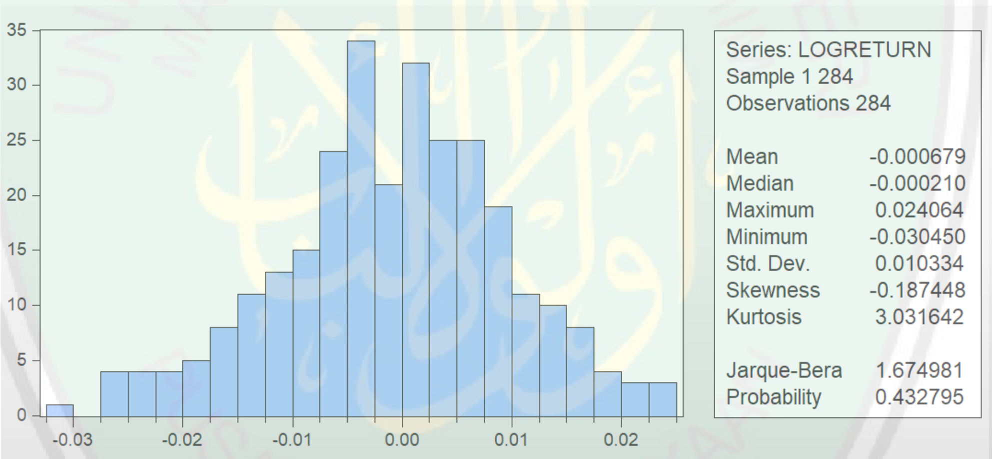
02/10/2020	637.693	-0.01067836
02/11/2020	637.363	-0.00051762
02/12/2020	627.793	-0.01512886
13/02/2020	617.417	-0.01666585
14/02/2020	619.844	0.003923187
17/02/2020	623.974	0.006640867
19/02/2020	629.412	0.008677349
20/02/2020	633.775	0.006907952
21/02/2020	624.167	-0.01527604
24/02/2020	614.722	-0.01524783
25/02/2020	609.580	-0.00839994
26/02/2020	593.595	-0.02657293
27/02/2020	579.716	-0.02365894
28/02/2020	565.007	-0.02570021

Lampiran 2. *Output* Pemodelan APARCH(1,1)-M

a. Plot data *log return*



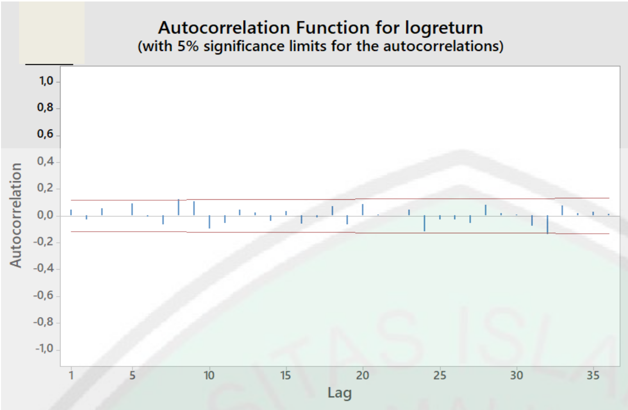
b. Hasil uji normalitas data *log return*



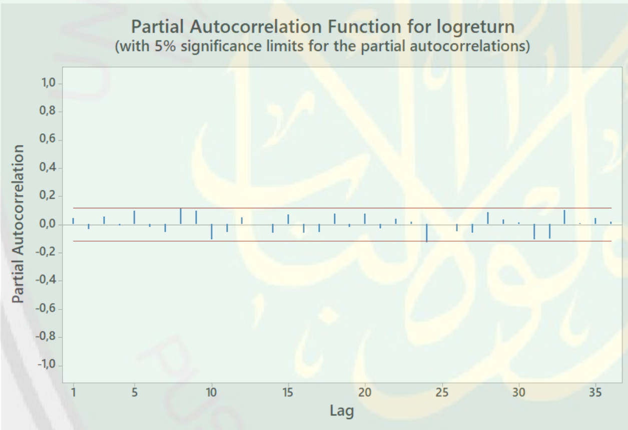
c. Hasil Uji *Augmented Dickey Fuller* data *log return*

		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	

d. Plot ACF data *log return*



e. Plot PACF data *log return*



f. Uji efek ARCH

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	11.55098	Prob. F(1,279)	0.0008
Obs*R-squared	11.17128	Prob. Chi-Square(1)	0.0008

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000162	1.95E-05	8.318324	0.0000
RESID^2(-1)	0.199442	0.058682	3.398674	0.0008

g. Uji efek asimetris

ERROR KUADRAT BOX...	ERROR KUADRAT BOX...	i	lag	lead
		0	-0.1315	-0.1315
		1	-0.1574	0.0211
		2	-0.0689	-0.0653
		3	-0.0870	0.0805
		4	-0.1224	-0.0514
		5	-0.0438	-0.0598
		6	0.0140	0.0401
		7	0.0057	0.1015
		8	-0.0175	0.0485
		9	-0.0174	0.0090
		10	-0.0959	0.0691
		11	-0.0765	0.0872
		12	-0.0892	-0.0133
		13	-0.0903	0.0249
		14	-0.0338	-0.0093
		15	0.0106	0.0431
		16	-0.0539	0.0976
		17	-0.0857	-0.0489
		18	-0.0962	0.0136
		19	-0.0455	0.0131
		20	-0.0652	0.0122
		21	-0.0937	-0.0091
		22	-0.0518	0.0390
		23	-0.0143	0.0587
		24	-0.0200	-0.0230
		25	0.0184	0.0536
		26	-0.0038	0.0939
		27	-0.0312	0.1118
		28	-0.0616	0.0215
		29	-0.0259	0.0822
		30	-0.0159	0.0486
		31	-0.0046	0.0203
		32	0.0825	-0.0454
		33	-0.0114	-0.0682
		34	0.0510	0.0542
		35	0.0093	0.0328
		36	-0.0003	-0.0370

h. Hasil estimasi model APARCH(1,1)-M

GARCH = C(3) + C(4)*(ABS(RESID(-1)) - C(5)*RESID(-1))^2 + C(6)
*GARCH(-1)

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
GARCH	20.56160	20.29164	1.013304	0.0155
C	-0.002770	0.002063	-1.342951	0.0103
Variance Equation				
C(3)	5.31E-06	6.27E-06	0.847050	0.0116
C(4)	0.020916	11.80438	0.001772	0.0099
C(5)	0.997948	563.3890	0.001771	0.0099
C(6)	0.908795	0.096055	9.461156	0.0000

R-squared	-0.004701	Mean dependent var	-0.000680
Adjusted R-squared	-0.008276	S.D. dependent var	0.010353
S.E. of regression	0.010395	Akaike info criterion	-6.309042
Sum squared resid	0.030367	Schwarz criterion	-6.231753
Log likelihood	898.7294	Hannan-Quinn criter.	-6.278052
Durbin-Watson stat	1.849964		

i. *Error* Model APARCH(1,1)-M

Periode	*Error*
01/03/2019	0.0144101093037936
01/04/2019	0.008786790967876301

01/07/2019	0.003120524776379514
01/08/2019	-0.007870771284653309
01/09/2019	-0.006141510382593181
01/10/2019	0.01741374057655693
01/11/2019	0.008898995303361686
14/1/2019	-0.009012264395750099
15/1/2019	0.01733763052361388
16/1/2019	-0.0004708546305105797
17/1/2019	0.005730192270663864
18/1/2019	0.007039064675286974
21/1/2019	-0.002453683804597619
22/1/2019	0.002078419392940921
23/1/2019	-0.00392406046160513
24/1/2019	0.005380926013532178
25/1/2019	0.002662769416026599
28/1/2019	-0.008595654214947422
29/1/2019	-0.002935653056553413
30/1/2019	0.004630973502860393
31/1/2019	0.01245519359268695
02/01/2019	0.000802063476299659
02/04/2019	-0.01376292379920587
02/06/2019	0.01484493617361562
02/07/2019	-0.004808466190639438
02/08/2019	-0.005371602187588784
02/11/2019	-0.009074880690806288
02/12/2019	-0.0158935086270915
13/2/2019	0.00241131237337634
14/2/2019	-0.004143009082576259
15/2/2019	-0.00395601914572055
18/2/2019	0.02476419041979256

19/2/2019	-0.002320808476967831
20/2/2019	0.008599460627235894
21/2/2019	0.004851727893275872
22/2/2019	-0.005252366017074401
25/2/2019	0.002230719014987734
26/2/2019	0.005415237103343891
27/2/2019	-0.002828854552677224
28/2/2019	-0.02003295544987212
03/01/2019	0.009257356922900119
03/04/2019	0.0008355165811917724
03/05/2019	-0.004736708161994943
03/06/2019	0.0004056786549759945
03/08/2019	-0.01485923528627242
03/11/2019	0.0008922294742613051
03/12/2019	0.0011210299333941
13/3/2019	0.006390454491286111
14/3/2019	0.008803153256556659
15/3/2019	0.007052299462394734
18/3/2019	0.01163009636380932
19/3/2019	-0.007228122855355006
20/3/2019	0.0009516928915302389
21/3/2019	0.008952407196230765
22/3/2019	0.001080305275499751
25/3/2019	-0.02162162491784189
26/3/2019	0.01453642522744393
27/3/2019	-0.005828096986407235
28/3/2019	0.00482788987758548
29/3/2019	0.0007746439865009008
04/01/2019	-0.000250993555133118
04/02/2019	0.002504903797760892

04/04/2019	0.005557028767747213
04/05/2019	-0.002234822755990998
04/08/2019	-0.008712679712201548
04/09/2019	0.01411759532570964
04/10/2019	0.002069310346631167
04/11/2019	-0.01707426548405955
04/12/2019	-0.002413109699026285
15/04/2019	0.001858067293339413
16/04/2019	0.01323809989560014
18/04/2019	0.003165174775891727
22/04/2019	-0.01946292624858549
23/04/2019	0.01709476442888743
24/04/2019	-0.004481197208380411
25/04/2019	-0.01827863812777554
26/04/2019	0.007161071119408729
29/04/2019	-0.006102229929467782
30/04/2019	0.005929011302585052
05/02/2019	-0.01017905179942283
05/03/2019	-0.01382905142752692
05/06/2019	-0.0058069080969568
05/07/2019	0.009056488008834648
05/08/2019	-0.0041189702630709
05/09/2019	-0.02664016385171689
05/10/2019	0.005078159182826523
13/05/2019	-0.02148167123807861
14/05/2019	-0.00968227351962866
15/05/2019	-0.02226560950213675
16/05/2019	-0.02047650982780669
17/05/2019	-0.01567710160185999
20/05/2019	0.01974298507481359

21/05/2019	0.005032587728374586
22/05/2019	-0.007176131686267832
23/05/2019	0.02248075038733517
24/05/2019	0.007266473965042781
27/05/2019	0.00702089978372586
28/05/2019	-0.01348736131321598
29/05/2019	0.01121431886368425
31/05/2019	0.02189937556739206
06/10/2019	0.02303263310557831
06/11/2019	-0.003201364799146616
06/12/2019	-0.003336156920011835
13/06/2019	-0.0001840638220195444
14/06/2019	-0.002797989987539543
17/06/2019	-0.01357234870452496
18/06/2019	0.013854267175482
19/06/2019	0.01797647007019761
20/06/2019	-0.005251705989449009
21/06/2019	-0.00907589531516341
24/06/2019	-0.007187597595255714
25/06/2019	0.01030409880728677
26/06/2019	-0.004328040149324785
27/06/2019	0.01539149348104693
28/06/2019	0.004755162859561237
07/01/2019	0.01142397701144407
07/02/2019	0.004640217244313897
07/03/2019	-0.004080078764149706
07/04/2019	0.0005101495791517493
07/05/2019	0.003728596643579271
07/08/2019	-0.001680276596448808
07/09/2019	0.00641746399875543

07/10/2019	0.00620735588638771
07/11/2019	0.0004784750902069636
07/12/2019	-0.01080633671606984
15/07/2019	0.01175827806471903
16/07/2019	-0.001502779834206531
17/07/2019	-0.002599126115368839
18/07/2019	0.009444263258656696
19/07/2019	0.006729588361924976
24/07/2019	-0.01191714318934773
25/07/2019	0.005806504077655439
26/07/2019	-0.017508039720747
29/07/2019	-0.002476774847637813
30/07/2019	0.01167459520176531
31/07/2019	0.002373729798095808
08/01/2019	0.004726642176512753
08/02/2019	-0.006393822963066358
08/05/2019	-0.02956394724039183
08/06/2019	-0.005568291923650515
08/07/2019	0.01108358947690619
08/08/2019	0.01365694073627274
08/09/2019	0.000935277487603014
08/12/2019	-0.00529878004651228
13/08/2019	-0.01197887060385943
14/08/2019	0.01177540994810156
15/08/2019	-0.004427874987905098
16/08/2019	0.0008987701360323886
19/08/2019	0.004770802428309285
20/08/2019	0.007976637828970591
21/08/2019	-0.009593315487527482
22/08/2019	0.002407628316245398

23/08/2019	0.006889625655222635
26/08/2019	-0.005759688427846092
27/08/2019	0.01782997260805345
28/08/2019	0.004472431393504976
29/08/2019	0.004369255107277365
30/08/2019	0.0169579526455752
09/02/2019	-0.004489824512621448
09/03/2019	-0.007666539396516249
09/04/2019	0.001217234394979085
09/05/2019	0.0102370791080172
09/06/2019	-0.001861934162386757
09/09/2019	0.01021940207445724
09/10/2019	0.001844299400516508
09/11/2019	0.004222326162036593
09/12/2019	-0.01371552469743584
13/09/2019	-0.002052027990617832
16/09/2019	0.01038076525592647
17/09/2019	-0.002259738283037288
18/09/2019	0.004308727256619268
19/09/2019	-0.008276739781443358
20/09/2019	0.003070188855248605
23/09/2019	-0.003635957093604504
24/09/2019	-0.01429757847955274
25/09/2019	0.002686014030318524
26/09/2019	0.01398575087796748
27/09/2019	-0.003817480681969403
30/09/2019	-0.00230633387006902
10/01/2019	-0.007870389071863326
10/02/2019	-0.009990776178483659
10/03/2019	-7,56E+10

10/04/2019	0.008063285528843482
10/07/2019	-0.01550286982653728
10/08/2019	0.006351376520747385
10/09/2019	-0.007223930452254372
10/10/2019	-0.004582834798208479
10/11/2019	0.01884603456991413
14/10/2019	0.006987707122122424
15/10/2019	0.004658152452598644
16/10/2019	0.001035945006924417
17/10/2019	0.006498173779321821
18/10/2019	-0.001275936835373213
21/10/2019	0.004140716912007436
22/10/2019	0.01210454970018743
23/10/2019	0.00961792947272698
24/10/2019	0.01834838646014676
25/10/2019	-0.02184368178826278
28/10/2019	0.006029667865364965
29/10/2019	0.004281958998322037
30/10/2019	0.0005042464105022545
31/10/2019	-0.01718947665018618
11/01/2019	-0.002141548878123376
11/04/2019	-0.005518941277807941
11/05/2019	0.02290560755957498
11/06/2019	-0.004959853767741777
11/07/2019	-0.008808044383598236
11/08/2019	0.005521280706434527
11/11/2019	-0.003648940336569152
11/12/2019	0.008736625003406236
13/11/2019	-0.009447953122783629
14/11/2019	-0.01157929943698528

15/11/2019	0.00569158651742438
18/11/2019	-0.002706290894640814
19/11/2019	0.01393558410464827
20/11/2019	0.0008933019068915189
21/11/2019	-0.009996228926687119
22/11/2019	0.0007665812746804174
25/11/2019	-0.004624440833885746
26/11/2019	-0.01375898059592726
27/11/2019	0.002563157185651734
28/11/2019	-0.01042743400699258
29/11/2019	0.01166946100989268
12/02/2019	0.02010795745926617
12/03/2019	-0.000162231899013628
12/04/2019	-0.001870587065917451
12/05/2019	0.01341648000920521
12/06/2019	0.01006114520735602
12/09/2019	-0.0006574203259214348
12/10/2019	-0.00054633783147415
12/11/2019	-0.001394003197283203
12/12/2019	-0.01264931659006711
13/12/2019	0.0200727897819088
16/12/2019	0.002216487868818581
17/12/2019	0.007515640777117678
18/12/2019	0.000492282116388995
19/12/2019	-0.006096012014872489
20/12/2019	0.01629635613249648
23/12/2019	0.0001507380233561051
26/12/2019	0.003071801600381898
27/12/2019	0.002512265890365548
30/12/2019	-0.008176026775742969

01/02/2020	-0.00413710315023922
01/03/2020	0.00842112005219553
01/06/2020	-0.01229861934317329
01/07/2020	0.004565107557433486
01/08/2020	-0.009893846806183902
01/09/2020	0.01016557859461199
01/10/2020	5,75E+10
13/01/2020	0.005762267200503955
14/01/2020	0.00466293212442586
15/01/2020	-0.003814648012364258
16/01/2020	0.00314286136972324
17/01/2020	-0.001646219440948995
20/01/2020	-0.005459348735350508
21/01/2020	0.001080975804070194
22/01/2020	-0.005645209603789295
23/01/2020	0.006675848065600088
24/01/2020	0.0004337620388114507
27/01/2020	-0.02503082112156605
28/01/2020	-0.003933446762267
29/01/2020	0.002137436316112683
30/01/2020	-0.01331605284041795
31/01/2020	-0.02287712017833743
02/03/2020	-0.01101818342702411
02/04/2020	0.004978287413359881
02/05/2020	0.01186430830202589
02/06/2020	-0.005194678629044538
02/07/2020	0.0003301179361044774
02/10/2020	-0.01060305718179626
02/11/2020	-0.00049882850241619
02/12/2020	-0.01496883121920419

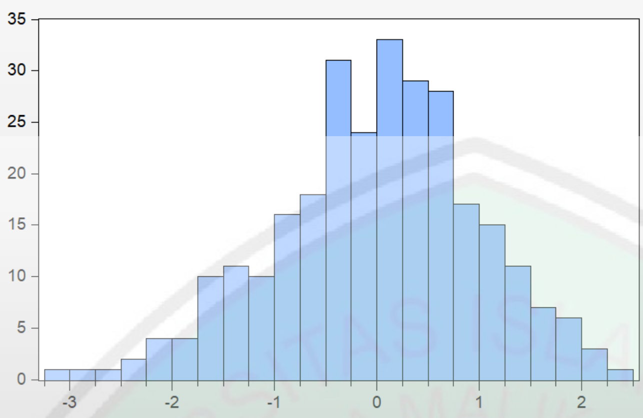
13/02/2020	-0.01676171430875336
14/02/2020	0.003497100440095105
17/02/2020	0.006397013999194832
19/02/2020	0.008599108616903558
20/02/2020	0.00698021873415869
21/02/2020	-0.01506699310005258
24/02/2020	-0.0153042053498091
25/02/2020	-0.008709901249214776
26/02/2020	-0.02684148651505793
27/02/2020	-0.02499650813993943
28/02/2020	-0.02784509361446602

j. Hasil uji autokorelasi *error* model APARCH(1,1)-M

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1	-0.003	-0.003	0.0031	0.955
		2	-0.045	-0.045	0.5821	0.747
		3	0.063	0.063	1.7335	0.630
		4	-0.016	-0.018	1.8076	0.771
		5	0.102	0.108	4.8261	0.437
		6	0.010	0.004	4.8535	0.563
		7	-0.068	-0.057	6.2065	0.516
		8	0.128	0.118	11.046	0.199
		9	0.083	0.081	13.067	0.160
		10	-0.089	-0.084	15.390	0.118
		11	-0.041	-0.054	15.886	0.145
		12	0.066	0.071	17.199	0.142
		13	0.028	0.013	17.433	0.180
		14	-0.026	-0.046	17.638	0.224
		15	0.033	0.060	17.963	0.265
		16	-0.062	-0.060	19.106	0.263
		17	-0.016	-0.056	19.187	0.318
		18	0.070	0.069	20.659	0.297
		19	-0.069	-0.024	22.096	0.279
		20	0.093	0.077	24.744	0.211
		21	-0.006	-0.036	24.753	0.258
		22	-0.026	0.017	24.964	0.299
		23	0.041	0.013	25.488	0.326
		24	-0.121	-0.123	30.064	0.183
		25	-0.039	-0.023	30.540	0.205
		26	-0.041	-0.073	31.080	0.225
		27	-0.052	-0.047	31.924	0.235
		28	0.101	0.099	35.138	0.166
		29	0.009	0.034	35.164	0.199
		30	0.004	0.030	35.169	0.237
		31	-0.080	-0.101	37.231	0.204
		32	-0.131	-0.114	42.707	0.098
		33	0.085	0.084	45.023	0.079
		34	0.013	0.020	45.075	0.097
		35	0.016	0.041	45.159	0.117
		36	0.018	0.017	45.267	0.138

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

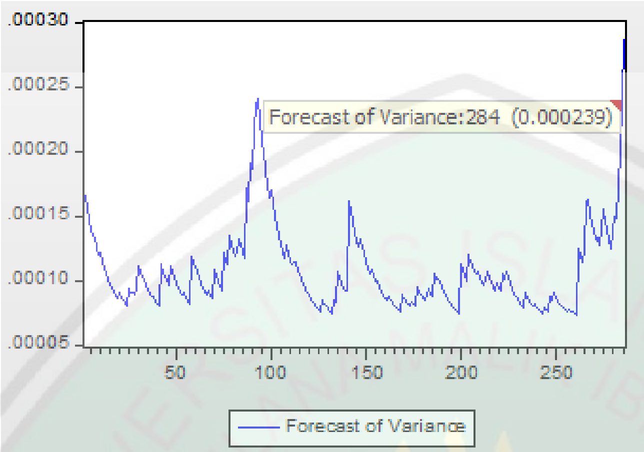
k. Hasil uji normalitas *error* model APARCH(1,1)-M



Series: Standardized Residuals	
Sample 2 284	
Observations 283	
Mean	-0.008930
Median	0.054361
Maximum	2.468345
Minimum	-3.088433
Std. Dev.	0.995233
Skewness	-0.278263
Kurtosis	3.033404
Jarque-Bera	3.665289
Probability	0.159990

Lampiran 3. Hasil Peramalan Model APARCH(1,1)-M

a. Plot peramalan volatilitas model APARCH(1,1)-M



b. Hasil peramalan model APARCH(1,1)-M

Periode	Volatilitas	*Log Return*	Harga Saham
02/03/2020	0,00123009	-0,025706	565,0039
03/03/2020	0,00327409	-0,005327	562,005
04/03/2020	0,00325121	0,0367	583,014
05/03/2020	0,00139891	0,03623	604,524
06/03/2020	0,00018656	-0,001856	603,403
09/03/2020	-0,0024812	-0,026784	587,456
10/03/2020	0,00220956	-0,081637	541,403
11/03/2020	0,00084968	0,014812	549,482
12/03/2020	-0,00121648	-0,013149	542,304
13/03/2020	0,00160235	-0,055633	512,958
16/03/2020	-0,00154402	0,002327	514,153
17/03/2020	-0,00173015	-0,062368	483,066
18/03/2020	-0,00044532	-0,066195	452,125
19/03/2020	-0,00174846	-0,039777	434,494
20/03/2020	0,00435277	-0,066571	406,511
23/03/2020	-0,00184795	0,05888	431,165
24/03/2020	0,00042551	-0,068617	402,572
26/03/2020	0,00735144	-0,021871	393,863
27/03/2020	0,00395872	0,120537	444,318
30/03/2020	-0,00037878	0,050778	467,462

RIWAYAT HIDUP

Indah Cahyanti, lahir di Kabupaten Sidoarjo pada 28 September 1997, bisa dipanggil Indah. Penulis tinggal di Desa Larangan, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Kuswanto dan Ibu Jamiati.

Penulis menempuh pendidikan di TK Dharma Wanita Larangan (2002-2004), SD Negeri Larangan (2004-2010), SMP Negeri 1 Candi (2010-2013) dan SMA Negeri 3 Sidoarjo (2013-2016). Pada tahun 2016, penulis menempuh pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan mengambil jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di UKM Seni Religius. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum statistika dan mengikuti beberapa komunitas di bawah naungan jurusan matematika, yaitu: Mathematics English Club (MEC) dan Mathematics Arabic Club (MAC).

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 : Indah Cahyanti
NIM : 16610042
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Implementasi Model APARCH *in Mean* Menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (Studi Kasus: *Log Return* 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.
	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, 28 Mei 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 2000312 1 001