

**ESTIMASI *NEWTON-RAPHSON* DALAM MODEL
LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE
PADA HARGA SAHAM
PT TELKOM INDONESIA (PERSERO)**

SKRIPSI

**OLEH
KEISYA AZALIA MARCHIA RAHMA
NIM. 220601110089**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2026**

**ESTIMASI *NEWTON-RAPHSON* DALAM MODEL
LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE
PADA HARGA SAHAM
PT TELKOM INDONESIA (PERSERO)**

SKRIPSI

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

**Oleh
Keisya Azalia Marchia Rahma
NIM. 220601110089**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2026**

**ESTIMASI *NEWTON-RAPHSON* DALAM MODEL
LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE
PADA HARGA SAHAM
PT TELKOM INDONESIA (PERSERO)**

SKRIPSI

Oleh
Keisya Azalia Marchia Rahma
NIM. 220601110089

Telah Disetujui Untuk Diuji
Malang, 24 April 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002


Mohammad Nafie Jauhari, M.Si
NIPPPK. 19870218 202321 1 018

Mengetahui,
Kepala Program Studi Matematika


Dr. Fachrur Rozi, M.Si
NIP. 19800527 200801 1 012



**ESTIMASI NEWTON-RAPHSON DALAM MODEL
LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE
PADA HARGA SAHAM
PT TELKOM INDONESIA (PERSERO)**

SKRIPSI

Oleh
Keisya Azalia Marchia Rahma
NIM. 220601110089

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

Tanggal 26 Mei 2026

Ketua Penguji : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si

.....

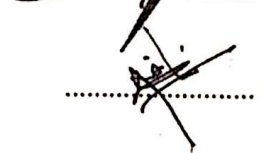

Anggota Penguji 1 : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si

.....

Anggota Penguji 2 : Abdul Aziz, M.Si

.....


Anggota Penguji 3 : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si

.....


Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Fachry Rozi, M.Si
NIP. 19800527 200801 1 012

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya bertanda tangan di bawah ini

Nama : Keisya Azalia Marchia Rahma
NIM : 220601110089
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Estimasi *Newton-Raphson* dalam Model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* pada Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero)

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri, bukan mengambil ahli tulisan atau pemikiran orang lain. Saya menyatakan skripsi ini sebagai pemikiran saya, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar rujukan di halaman terakhir. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi atau tiruan orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Mei 2026



Keisya Azalia Marchia R
NIM. 220601110089

MOTO

“Untuk impian yang besar, jangan asingkan Allah yang Maha Besar. *Allah is the best of planners.*”

“Menunggu sampai semuanya sempurna tidak selalu menjadi jawabannya.”
(Man-Jae pada *In Your Radiant Season*)

“Nothing in life comes easy, but we all find a way through the struggles.”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Papa dan Mama tercinta, dua sosok yang selalu menjadi pengingat penulis untuk terus berjuang, yang senantiasa memberikan doa tanpa henti, kasih sayang tanpa batas, serta pengorbanan tulus yang tidak mampu terbalaskan. Setiap langkah penulis hingga sampai di titik ini tidak lepas dari didikan, dukungan, dan ketulusan Papa dan Mama.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang senantiasa melimpah dalam perjalanan penyusunan skripsi yang berjudul “Estimasi *Newton Rapshon* dalam Model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* pada Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero)”.

Shalawat serta salam yang tiada terhingga kepada Nabi Muhammad SAW, utusan Allah yang menjadi suri tauladan sempurna dalam setiap aspek kehidupan. Semoga keberkahan dan keinspirasian dari Rasulullah senantiasa mengiringi langkah-langkah penulis dalam menggapai kesuksesan dan kebermanfaatan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, penulis membutuhkan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Sehingga dengan rendah hati, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrur Rozi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah melimpahkan pengetahuan, bimbingan, nasihat, motivasi, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan penelitian ini.
5. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang telah melimpahkan pengetahuan, bimbingan, nasihat, motivasi, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan penelitian ini.
6. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Ketua Penguji dalam Ujian Skripsi yang telah memberikan arahan, saran dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan penelitian ini.
7. Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si, selaku Anggota Penguji I dalam Ujian Skripsi yang telah memberikan arahan, saran dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan penelitian ini.

8. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang atas segala ilmu dan bimbingannya.
9. Mama Erike Yuliana dan Papa M. Yunus Setiawan, dua sosok paling berarti dalam hidup penulis. Terima kasih atas rumah yang selalu terasa hangat untuk pulang, atas pelukan untuk penulis di setiap rapuh, atas milyaran doa yang tak pernah putus untuk kesuksesan penulis hingga detik ini. Terima kasih atas segala pengorbanan, cinta, dan ketulusan yang tak akan pernah mampu terbalaskan. Tak lupa kepada adik tercinta, Keinnara di surga, yang selalu menjadi penyemangat dalam setiap langkah, meski tidak lagi hadir di sisi penulis.
10. Keluarga Bunul, yang telah menjadi rumah kedua untuk penulis. Terima kasih karena selalu membuka pintu dengan hangat, menerima penulis bukan hanya sebagai tamu, tetapi sebagai bagian dari keluarga. Di tengah lelah, kehadiran kalian menjadi tempat berlabuh yang menenangkan dengan kasih yang tulus.
11. Elali, seseorang yang kehadirannya memberikan banyak arti dalam perjalanan penulis selama masa perkuliahan. Terima kasih telah kebersamai penulis dalam berbagai proses, dalam suka dan duka, dengan ketulusan dan kesabaran yang begitu besar. Terima kasih atas waktu dan tenaga yang diberikan untuk mendengarkan setiap keluh kesah, menguatkan, serta meyakinkan penulis untuk tetap percaya pada kemampuan diri sendiri dalam menjalani setiap proses dan melewati berbagai tantangan yang dihadapi.
12. Anisatu Rodiah, sahabat terbaik penulis sejak sekolah dasar hingga detik ini. Terima kasih telah menjadi sosok yang terasa seperti saudara, yang selalu ada untuk mendengarkan, memahami, dan memberikan dukungan dalam berbagai keadaan. Banyak hal terasa lebih ringan dan tenang karena kehadiran serta sudut pandang baru yang selalu diberikan kepada penulis.
13. Anggota PKL TASPEN dan *By Accident*, teman-teman seperjuangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kehadiran yang telah memberikan banyak warna dalam perjalanan penulis di bangku kuliah.

Mulai dari kamar kost yang selalu menjadi tempat singgah di sela perkuliahan, berbagai tempat makan yang dikunjungi, hingga sudut-sudut di Kota Malang yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas canda, tawa dan kenangan yang tercipta, yang akan selalu menjadi bagian tidak terlupakan dalam hidup penulis.

14. Seluruh mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2022 yang selalu mendukung satu sama lain dalam rangka proses penyelesaian penelitian ini.
15. Keisya Azalia Marchia Rahma, anak satu-satunya bagi kedua orang tuanya, sekaligus diri penulis sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah berjuang untuk menyelesaikan pendidikan dengan baik. Terima kasih karena tetap bertahan pada hari-hari yang terasa begitu panjang, ketika banyak hal yang tidak berjalan sesuai harapan dan tetap bangkit setelah berbagai kegagalan. Terima kasih karena telah memeluk segala kekurangan dan terus mencoba menjadi versi terbaik dari diri sendiri. Semoga setelah semua yang dilalui, penulis tidak pernah lupa untuk berbangga pada dirinya sendiri dan menghargai setiap langkah kecil yang telah membawanya sampai ke titik ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, namun dengan ikhlas, penulis mempersembahkan sebagai bentuk apresiasi dan penghormatan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, dukungan, dan inspirasi kepada penulis.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Malang, 26 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
مستخلص البحث	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Batasan Masalah	9
1.6 Definisi Istilah	9
BAB II KAJIAN TEORI	11
2.1 Teori Pendukung	11
2.1.1 <i>Time Series</i>	11
2.1.2 Fungsi Transisi	13
2.1.3 Pengujian Asumsi Model	15
2.1.4 Pembentukan Model <i>Autoregressive (p)</i>	20
2.1.5 Estimasi Parameter Menggunakan <i>Newton-Raphson</i>	22
2.1.6 Evaluasi Model	26
2.1.7 Saham	27
2.1.8 Saham PT Telkom Indonesia (Persero)	28
2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits	28
2.3 Kajian Topik Dengan Teori Pendukung	30
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Data dan Sumber Data	32
3.3 Teknik Analisis Data	32
3.4 Diagram Alir	35
BAB IV PEMBAHASAN	37
4.1 Statistika Deskriptif Data	37
4.2 Uji Stasioneritas	38
4.3 Identifikasi Model ARIMA	39

4.4	Estimasi Parameter AR	42
4.5	Uji Linieritas <i>Langrange Multiple</i>	42
4.6	Identifikasi Model STAR.....	44
4.7	Estimasi Model LSTAR(2, 1) Menggunakan <i>Newton-Raphson</i>	45
4.8	Uji Asumsi Residual.....	53
4.8.1	Uji Autokorelasi Residual.....	54
4.8.2	Uji Heteroskedastisitas Residual	55
4.8.3	Uji Normalitas Residual.....	55
4.9	Prediksi dan Transformasi Data	56
4.10	Evaluasi Model.....	57
4.11	<i>Forecasting</i>	59
4.12	Kajian Integrasi Penelitian dalam Islam.....	61
BAB V	PENUTUP.....	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		70
RIWAYAT HIDUP		94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Akurasi MAPE	27
Tabel 4.1	Hasil Uji Stasioneritas Data Aktual	39
Tabel 4.2	Hasil Uji Stasioneritas Data <i>Differencing</i>	39
Tabel 4.3	Nilai AIC Model ARIMA	41
Tabel 4.4	Estimasi Parameter AR(2)	42
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan <i>Lagrange Multiple</i>	43
Tabel 4.6	Hasil Estimasi Regresi Bantu	45
Tabel 4.7	Hasil Iterasi <i>Newton-Raphson</i>	51
Tabel 4.8	Estimasi Model LSTAR(2,1)	52
Tabel 4.9	Hasil Uji Autokorelasi Residual	54
Tabel 4.10	Hasil Uji Heteroskedastisitas Residual	55
Tabel 4.11	Hasil Uji Normalitas Residual	56
Tabel 4.12	Hasil <i>Forecasting</i>	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1 Grafik Pola Data.....	37
Gambar 4.2 Plot Data <i>Training</i>	40
Gambar 4.3 Plot Data <i>Testing</i>	40
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan pada Data <i>Testing</i>	58
Gambar 4.5 Grafik <i>Error</i> pada Data <i>Testing</i>	59
Gambar 4.6 Grafik Prediksi <i>Testing</i> dan <i>Forecasting</i>	61

DAFTAR SIMBOL

Y_t	: Harga saham pada periode ke- t
t	: Periode harga saham
n	: Jumlah data harga saham
X_t	: Perubahan harga saham ke- t
ϕ_i	: Koefisien <i>autoregressive</i>
p	: Orde pada model <i>autoregressive</i>
ε_t	: <i>Error</i> ke- t
ϕ'_1	: Vektor koefisien rezim <i>bearish</i>
Z_t	: Daftar input lag perubahan harga saham untuk LSTAR
$G(s_t; \gamma; c)$	: Fungsi transisi dengan nilai $[0,1]$
ϕ'_2	: Vektor koefisien rezim <i>bullish</i>
s_t	: Variabel transisi
γ	: Parameter pemulusan (<i>smoothing</i>)
c	: <i>Threshold</i>
d	: Orde <i>differencing</i>
T	: Jumlah observasi data
$\hat{\Phi}$	: Estimator Φ
$se(\hat{\Phi})$	: Standar <i>residual</i> dari estimator parameter $\hat{\Phi}$
ρ_k	: Korelasi autokorelasi lag k (ACF) harga saham
l	: <i>Delay</i> parameter LSTAR
m	: Jumlah variabel prediktor kuadratik dan kubik
h	: Maksimum lag
R^2	: Koefisien determinasi regresi residual
γ_k	: Kovarian autokorelasi lag k
θ	: Vektor parameter LSTAR yang diestimasi <i>Newton-Raphson</i>
$H(\theta)$	: Parameter damping LM
$\hat{Y}_t$	: Prediksi harga saham

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero) (Y_t)	70
Lampiran 2. Data <i>Differencing</i> Harga Saham (X_t)	74
Lampiran 3. Residual Model AR(2) (ε_t)	78
Lampiran 4. Residual Regresi Bantu dengan Variabel Transisi $X_t - 1$ (et)	80
Lampiran 5. Hasil Percobaan Kombinasi Parameter c dan γ	82
Lampiran 6. Hasil Prediksi Pada Tingkat <i>Differencing</i> Orde Pertama (X_t)	83
Lampiran 7. Hasil Prediksi Pada Tingkat <i>Inverse Differencing</i> (Y_t)	84
Lampiran 8. Syntax Model LSTAR Dengan Estimasi <i>Newton-Raphson</i>	85

ABSTRAK

Rahma, Keisya Azalia Marchia. 2026. **Estimasi *Newton-Raphson* dalam Model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* pada Data Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero)**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

Kata Kunci: Deret Waktu Nonlinier, LSTAR, *Newton-Raphson*, Saham, Telkom.

Deret waktu keuangan, seperti harga saham, seringkali menunjukkan pola nonlinier sehingga model linier kurang mampu menggambarkan perubahan perilaku data. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan nonlinier seperti model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi model LSTAR serta mengukur tingkat akurasi model pada data harga penutupan mingguan saham PT Telkom Indonesia (Persero) periode Januari 2019 hingga April 2026. Pemodelan LSTAR diestimasi menggunakan *Newton-Raphson*, yaitu metode iteratif berbasis turunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data memiliki karakteristik nonlinier dan model terbaik yang didapatkan adalah LSTAR(2,1). Selain itu, *Newton-Raphson* berhasil mencapai konvergensi dan model memenuhi asumsi residual. Evaluasi kinerja model menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 0,6%, yang menunjukkan tingkat akurasi model sangat baik dalam memprediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero).

ABSTRACT

Rahma, Keisya Azalia Marchia. 2026. **Newton-Raphson Estimation in a Logistic Smooth Transition Autoregressive Model for PT Telkom Indonesia (Persero) Stock Price Data**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

Keywords: Nonlinear Time Series, LSTAR, Newton-Raphson, Stock, Telkom.

Financial time series data, such as stock prices, often exhibit nonlinear patterns, making linear models less capable of describing changes in data behavior. Therefore, a nonlinear approach such as the Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR) model is required. This study aims to identify the LSTAR model and measure its accuracy on weekly closing stock price data of PT Telkom Indonesia (Persero) from January 2019 to April 2026. The LSTAR model was estimated using the Newton-Raphson method, which is an iterative method based on derivatives. The results show that the data have nonlinear characteristics and the best model obtained is LSTAR(2,1). In addition, the Newton-Raphson method successfully achieved convergence and the model satisfied residual assumptions. The model performance evaluation yielded a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0,6%, indicating that the model is highly accurate in predicting the stock prices of PT Telkom Indonesia (Persero).

مستخلص البحث

رحمة، كيسيأ أزاليا مارشيا. ٢٠٢٦. تقدير خوارزمية نيوتن-رافسون في نموذج الانحدار الذاتي بالانتقال اللوجستي السلس (*LSTAR*) على بيانات أسعار أسهم شركة تيليكونم إندونيسيا (*Persero*) البحث العلمي. برنامج دراسة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفان: (الأول) عبد العزيز، الماجستير في العلوم. (الثاني) محمد نافي جوهري، الماجستير في العلوم .

الكلمات الأساسية: السلاسل الزمنية غير الخطية، *LSTAR*، نيوتن-رافسون، الأسهم، تيليكونم.

غالبا ما تظهر السلاسل الزمنية المالية، مثل أسعار الأسهم، أنماطاً غير خطية، مما يجعل النماذج الخطية أقل قدرة على وصف التغيرات في سلوك البيانات. ولذلك، فإن هناك حاجة إلى نهج غير خطي مثل نموذج الانتقال اللوجستي السلس التلقائي (*LSTAR*). تهدف هذه الدراسة إلى تحديد نموذج *LSTAR* وقياس مستوى دقة النموذج على بيانات أسعار الإغلاق الأسبوعية لأسهم شركة *PT Telkom Indonesia (Persero)* للفترة من يناير 2019 حتى أبريل 2026. تم تقدير نموذج *LSTAR* باستخدام نيوتن-رافسون، وهي طريقة تكرارية تعتمد على المشتقات. أظهرت نتائج البحث أن البيانات تتميز بخصائص غير خطية وأن أفضل نموذج تم الحصول عليه هو *LSTAR*(2,1). بالإضافة إلى ذلك، نجح نيوتن-رافسون في تحقيق التقارب، كما استوفى النموذج افتراضات المتبقي. أسفرت تقييمات أداء النموذج عن قيمة متوسط الخطأ المئوي المطلق (*MAPE*) بنسبة 3,5٪، مما يشير إلى أن دقة النموذج جيدة جداً في توقع أسعار أسهم شركة *PT Telkom Indonesia (Persero)*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu metode statistik yang sering digunakan untuk memodelkan hubungan antar variabel dalam data runtut waktu adalah analisis *time series*. Menurut Montgomery dkk., (2015), *time series* adalah urutan observasi suatu variabel berdasarkan interval waktu tertentu yang dicatat secara berurutan berdasarkan periode tertentu, seperti harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan lain-lain. *Time series* dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola, membangun model, dan melakukan peramalan dalam berbagai bidang seperti ekonomi, industri, bisnis, hingga sosial.

Penelitian oleh Maria dkk., (2022) mengklasifikasikan model data deret waktu ke dalam dua kategori utama, yakni model linier dan model nonlinier. Beberapa metode dari model linier yang digunakan untuk peramalan yakni ARIMA, *exponential smoothing*, and *Vector Autoregressive* (VAR) (Erkekoglu dkk., 2020). Namun, dalam praktiknya banyak fenomena yang menunjukkan bahwa model linier tidak dapat mengasumsikan hubungan yang konstan antar variabel. Sebagai contoh, dalam dunia ekonomi, di mana banyak data yang tidak berubah secara drastis, namun secara bertahap (Lindström dkk., 2019). Ketika asumsi linieritas tidak terpenuhi, maka pendekatan nonlinier menjadi alternatif yang tepat untuk dapat menangkap pola pada data deret waktu.

Salah satu metode nonlinier yang berkembang yakni *Threshold Autoregressive* (TAR). Model TAR merupakan perluasan dari AR yang dibangun dengan membagi

dinamika data menjadi beberapa rezim linier berdasarkan nilai ambang (*threshold*) tertentu. Model TAR mampu menangkap perubahan perilaku secara tiba-tiba, namun hal tersebut menyebabkan terjadinya diskontinuitas pada batas *threshold*, sehingga model ini kurang mampu menangkap perilaku bertahap (Brockwell, 2011). Karena kelemahan tersebut, maka dikembangkan metode *Smooth Transition Autoregressive* (STAR). Model STAR merupakan model yang menunjukkan perilaku nonlinier pada deret waktu yang memungkinkan adanya transisi halus antar rezim. Dalam model ini, perubahan kondisi rezim terjadi secara bertahap, tidak mendadak atau terputus-putus (Lindström dkk., 2019). Transisi rezim dalam model STAR ditentukan secara eksogen oleh fungsi transisi yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam penelitian ini, rezim dikategorikan menjadi rezim *bearish* dan *bullish*. Rezim *bearish* merupakan kondisi dimana pasar saham mengalami kecenderungan turun dan rezim *bullish* merupakan kondisi dimana pasar saham mengalami kecenderungan naik (Respati & Irwanto, 2016).

Salah satu fungsi transisi tersebut adalah fungsi logistik, yang digunakan dalam model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR). Fungsi logistik ini memungkinkan perubahan kondisi antar rezim berlangsung secara bertahap dan halus. Keunggulan LSTAR terletak pada kemampuannya untuk menangkap data yang bersifat asimetris, di mana perilaku sistem dapat berbeda antara kondisi meningkat dan menurun (Yaya & Shittu, 2016). Sifat transisi yang halus menjadikan LSTAR lebih realistis dan fleksibel dalam memodelkan fenomena ekonomi yang seringkali tidak linier sehingga hasil estimasi dan prediksi menjadi lebih akurat.

Penelitian mengenai LSTAR dalam data ekonomi telah banyak dilakukan. Putri dkk., (2017) melakukan penelitian mengenai pemodelan inflasi menggunakan ARIMA dan LSTAR dan mendapatkan hasil model LSTAR memiliki nilai MSE dan RMSE yang lebih rendah dibandingkan model ARIMA. Kemudian penelitian mengenai peramalan harga saham menggunakan metode LSTAR telah dilakukan oleh Odelia dkk., (2020) dengan mengestimasi parameter model menggunakan *Nonlinier Least Square* (NLS) dan menghasilkan nilai SMAPE 5,12%. (Nor, Yusof, & Kane, 2015) melakukan peramalan return saham Malaysia Airlines dengan membandingkan antara AR, ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*), dan LSTAR. Hasilnya menunjukkan bahwa metode LSTAR lebih baik dengan nilai RMSE terkecil.

Untuk mengestimasi parameter model LSTAR, salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode *Newton-Raphson*. *Newton-Raphson* merupakan salah satu metode numerik yang dapat diterapkan baik dalam pendekatan *Nonlinier Least Square* (NLS) dan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). MLE merupakan metode statistik yang memaksimalkan fungsi *likelihood*, yakni fungsi yang menunjukkan peluang munculnya data sampel berdasarkan parameter tertentu. Karena fungsi *likelihood* sering kali bersifat nonlinier dan tidak memiliki solusi analitik, maka diperlukan metode numerik untuk memperoleh nilai parameter yang optimal (Willis dkk., 2020).

Salah satu metode yang dapat digunakan yakni *Newton-Raphson*, yang memiliki keunggulan pada efisiensi dan tingkat konvergensi kuadratik yang tinggi, artinya jumlah digit yang benar dalam hasil pendekatan akan berlipat ganda pada setiap iterasi dengan syarat tebakan awal cukup dekat dengan akar sebenarnya

(Gawade dkk., 2024). Metode ini bekerja secara iteratif untuk mencari nilai parameter yang memaksimalkan fungsi *likelihood* dengan memanfaatkan turunan pertama dan turunan kedua dari fungsi *log-likelihood*. Penggunaan algoritma *Newton-Raphson* dalam MLE memberikan proses konvergensi yang cepat dan hasil parameter yang efisien, terutama pada model nonlinier (Willis dkk., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Noval dkk., (2023) membahas tentang keefisienan metode *Newton-Raphson*, *Secant*, dan *Bisection* dalam memprediksi *implied volatility* saham PT BCA dan memberikan hasil bahwa metode *Newton-Raphson* dan *Secant* merupakan metode terbaik dalam melakukan penaksiran. Rahayuni dkk., (2016) membandingkan keefisienan metode *Newton-Raphson*, *Secant*, dan *Bisection* dalam mengestimasi *implied volatilities* saham PT Telekomunikasi Indonesia dan mendapatkan hasil bahwa metode *Newton-Raphson* lebih cepat konvergen dan menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil.

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan banyak dampak signifikan di segala lingkup kehidupan. Salah satunya yakni dalam dunia investasi yang tidak lagi terbatas oleh tempat, jarak, dan waktu. Dengan banyaknya jenis investasi, investasi dalam saham dapat menjadi alternatif yang menarik karena keuntungan yang didapatkan signifikan dibandingkan dengan investasi lain (Rosyd dkk., 2024). Sudah menjadi rahasia umum jika para investor menginginkan harga rendah ketika pembelian saham dan harga tinggi saat penjualan untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Fakta bahwa harga saham bukan sesuatu yang stabil tetapi selalu mengalami fluktuasi menjadi permasalahan yang harus dihadapi para investor. Memiliki risiko yang juga tinggi, para investor membutuhkan prediksi pergerakan harga saham

untuk mengambil keputusan investasi yang tepat guna mengurangi potensi kerugian. Dikarenakan hal tersebut, maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengetahui pergerakan harga saham guna memprediksi harga saham.

PT Telkom Indonesia (Persero) atau biasa disebut Telkom merupakan perusahaan milik negara yang bergerak di bidang teknologi informasi dan komunikasi serta jaringan telekomunikasi di Indonesia. Dengan peran strategis di sektor informasi dan digital, Telkom memiliki posisi penting dalam pasar modal. Sebesar 49,71% saham Telkom dimiliki oleh pemegang saham publik yang diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia baik secara nasional maupun internasional. Berdasarkan artikel Mihrani (2015) saham PT Telkom (Persero) selalu mengalami kenaikan harga dari tahu ke tahun. Sehingga jika dilihat dari teori permintaan dan penawaran, artinya saham ini memiliki banyak peminat. Berdasarkan hal tersebut, Telkom dapat menjadi pertimbangan pembelian saham oleh para investor karena potensi kenaikan harga saham yang tinggi di tengah ekspansi teknologi digital saat ini.

Penelitian mengenai prediksi harga saham PT Telkom telah dilakukan oleh Faisal (2021) menggunakan metode ARIMA. Namun ARIMA dianggap lebih cocok untuk jangka pendek karena keterbatasannya dalam menangkap pola secara bertahap. Kemudian Marvilla (2013) juga melakukan penelitian mengenai peramalan penutupan harga saham PT Telkom menggunakan metode ARCH-GARCH. Pada penelitian tersebut dikatakan bahwa model ARMA tidak dapat lagi diaplikasikan pada data harga saham karena data harga saham biasanya terbentuk dari proses nonlinier dinamik. Dengan demikian, penelitian mengenai prediksi harga saham PT Telkom menggunakan model deret waktu LSTAR menjadi salah

satu hal menarik karena model LSTAR mampu menggambarkan perilaku data nonlinier dan asimetris.

Upaya pemilihan metode terbaik dalam penelitian ini sejalan dengan firman Allah dalam Al-Qur'an surat Al-Mulk ayat 15, yang artinya:

“Dialah yang menjadikan bumi itu mudah bagi kamu, maka berjalanlah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Dan hanya kepada-Nya-lah kamu kembali.”

Menurut Qutb (2012) ayat ini merupakan gambaran nikmat besar dari Allah yang menundukkan bumi bagi manusia agar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Lebih lengkap, ayat ini mengandung perintah agar manusia berusaha dan bekerja secara aktif untuk menjelajah bumi, meneliti, serta mencari rezeki dengan cara yang halal sehingga hal yang dikerjakan tersebut bermanfaat untuk orang banyak. Selain itu, penelitian ini juga merefleksikan pesan dari QS. Al-Hasyr ayat 18, Kementerian Agama Republik Indonesia (2025) yang artinya:

“Hai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat); dan bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

Dalam tafsir *Fi Zhilalil Qur'an*, Qutb (2012) menjelaskan bahwa ayat ini merupakan seruan kepada setiap mukmin untuk senantiasa melakukan muhasabah terhadap amal dan perbuatannya. Nilai muhasabah ini memiliki kesesuaian konseptual dengan proses iteratif dalam metode *Newton-Raphson*, di mana setiap langkah perhitungan dilakukan untuk memperbaiki kesalahan estimasi sebelumnya hingga mencapai nilai yang konvergen atau mendekati benar.

Model LSTAR dan *Newton-Raphson* telah banyak digunakan secara terpisah, namun penerapan LSTAR dengan estimasi *Newton-Raphson* untuk

prediksi harga saham PT. Telkom masih sangat jarang ditemukan dalam berbagai literatur. Berdasarkan uraian tersebut, model LSTAR dengan estimasi *Newton-Raphson* memiliki potensi yang signifikan untuk peramalan data deret waktu saham. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan metode LSTAR dengan estimasi *Newton-Raphson* untuk prediksi harga saham PT Telkom. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan prediksi yang lebih akurat untuk meramalkan harga saham serta dapat membantu para investor dalam pengambilan keputusan pembelian saham.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model harga saham menggunakan *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan estimasi *Newton-Raphson* pada PT Telkom Indonesia?
2. Bagaimana tingkat akurasi model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan estimasi *Newton-Raphson* dalam memodelkan harga saham pada PT Telkom Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi model harga saham menggunakan *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan metode estimasi *Newton-Raphson* pada PT Telkom Indonesia.

2. Mengukur tingkat akurasi model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan estimasi *Newton-Raphson* dalam memodelkan harga saham pada PT Telkom Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan pada penelitian ini adalah:

1. Bagi Pembaca

Menambah pengetahuan utamanya mengenai *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan metode estimasi *Newton-Raphson*.

2. Bagi Program Studi

Referensi dalam pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dengan metode estimasi *Newton-Raphson*.

3. Bagi Investor dan Pelaku Pasar Saham

Penelitian ini dapat membantu investor dalam membuat keputusan investasi yang lebih tepat. Prediksi yang lebih akurat dapat membantu investor meminimalkan risiko dan memaksimalkan keuntungan berdasarkan pergerakan harga saham yang telah diprediksi.

4. Bagi PT Telkom Indonesia

Penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan dalam memahami pola dan tren harga saham, membantu mereka membuat kebijakan yang mendukung stabilitas pasar keuangan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan data harga penutupan (*close price*) mingguan saham PT Telkom.
2. Evaluasi model menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
3. Estimasi yang digunakan yakni *Newton-Raphson* dengan *Maximum Likelihood Estimation*.
4. Pembentukan model tidak mempertimbangkan pengaruh variabel eksternal seperti inflasi, suku bunga, dan faktor ekonomi lainnya.
5. Inisialisasi parameter c menggunakan nilai tengah variabel transisi.

1.6 Definisi Istilah

Adapun beberapa definisi istilah yang digunakan dalam penelitian ini:

Deret Waktu (Time Series) : Data observasi yang dikumpulkan secara berurutan berdasarkan waktu dengan interval tetap.

Autoregressive : Model deret waktu di mana nilai sekarang dipengaruhi oleh nilai masa lalu.

Smooth Transition Autoregressive : Model pengembangan AR yang memungkinkan adanya perubahan rezim secara gradual melalui fungsi transisi.

Logistic Smooth Transition Autoregressive : Model khusus dari STAR dengan fungsi transisi *logistic*.

<i>Exponential Smooth</i>	:	Model khusus dari STAR dengan fungsi
<i>Transition Autoregressive</i>		transisi <i>Exponential</i> .
<i>Newton-Raphson</i>	:	Metode estimasi parameter dengan memanfaatkan iterasi numerik.
<i>Mean Absolute</i>	:	Ukuran kesalahan prediksi dalam bentuk
<i>Percentage Error</i>		persentase rata-rata kesalahan absolut.
Rezim	:	Kondisi atau keadaan (<i>state</i>) dalam pergerakan pasar saham.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 *Time Series*

Time series merupakan suatu rangkaian observasi terhadap suatu variabel yang dicatat secara berurutan berdasarkan interval waktu tertentu (Box dkk., 2019). Model *time series* telah banyak digunakan dalam bidang ekonomi (Kirchgassner & Wolters, 2010). (Maria dkk., 2022) menyebutkan bahwa terdapat dua kelompok utama dalam model *time series*, yakni model *time series* linier dan model *time series* nonlinier.

1. *Time Series* Model Linier

Time series linier adalah *time series*/deret waktu yang dibangun melalui kombinasi linier nilai-nilai sebelumnya. Salah satu bentuk dari model *time series* linier merupakan model *autoregressive*. Model *autoregressive* menggambarkan dimana nilai suatu *time series* pada periode sekarang dipengaruhi oleh nilai pada periode sebelumnya dengan tambahan komponen gangguan acak. Adapun bentuk umum dari model *autoregressive* dengan order p dalam Van Dijk (1999) adalah:

$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \cdots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

atau dapat dituliskan dalam bentuk:

$$X_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2.2)$$

di mana:

X_t : Nilai variabel pada periode ke- t ,

ϕ_i : Vektor koefisien model *autoregressive* pada lag ke- i ,

p : Orde pada model *autoregressive*, dan

ε_t : *Error* pada periode ke- t .

2. Time Series Model Nonlinier

STAR (*Smooth Transition Autoregressive*) dikenalkan oleh Terasvita dan Anderson pada tahun 1992 (Pratama dkk., 2022). Berdasarkan Van Dijk (1999) bentuk umum model STAR adalah sebagai berikut:

$$X_t = (\phi_{10} + \phi_{11}X_{t-1} + \dots + \phi_{1p}X_{t-p})(1 - G(s_t; \gamma, c)) + (\phi_{20} + \phi_{21}X_{t-1} + \dots + \phi_{2p}X_{t-p})G(s_t; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (2.3)$$

atau dapat dituliskan sebagai:

$$X_t = \phi_1' Z_t (1 - G(s_t; \gamma, c)) + \phi_2' Z_t G(s_t; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (2.4)$$

dengan:

$$\mathbf{Z}_t = [1, \tilde{X}_t]' \text{ dan } \tilde{X}_t = [X_{t-1}, \dots, X_{t-p}]'$$

merupakan *lag* dari variabel dependen

$$\phi_1 = [\phi_{10}, \phi_{11}, \phi_{12}, \dots, \phi_{1p}]', \phi_2 = [\phi_{20}, \phi_{21}, \phi_{22}, \dots, \phi_{2p}]', \text{ dan}$$

$$s_t = X_{t-l}$$

di mana:

$$s_t = X_{t-l} \quad : \text{ Variabel transisi } 1 \leq l \leq p,$$

$$G(s_t; \gamma, c) \quad : \text{ Fungsi transisi dengan nilai } [0,1],$$

$$c \quad : \text{ Nilai parameter lokasi (threshold),}$$

$$\gamma \quad : \text{ Parameter pemulusan (smoothing)}$$

2.1.2 Fungsi Transisi

Berdasarkan jenis fungsi transisinya, STAR dikelompokkan menjadi dua, yaitu *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) dan *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR).

1. *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR)

LSTAR merupakan salah satu pengembangan dari STAR yang menggunakan fungsi transisi logistik. Fungsi transisi logistik secara umum dalam Van Dijk (1999) dinyatakan dalam bentuk:

$$G(s_t; \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s_t - c))}, \gamma > 0 \quad (2.5)$$

Sehingga berdasarkan (2.4) dan (2.5) model LSTAR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_t = & \phi_{10} + \phi_{11}X_{t-1} + \phi_{1p}X_{t-p} \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-\gamma(s_t - c))}} \right) \right) + \phi_{20} + \phi_{21}X_{t-1} \\ & + \phi_{2p}X_{t-p} \left(\frac{1}{1 + e^{(-\gamma(s_t - c))}} \right) + \dots + \phi'_n Z_t \left(\frac{1}{1 + e^{(-\gamma(s_t - c))}} \right) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2.6)$$

2. *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR)

ESTAR merupakan salah satu bentuk khusus dari STAR yang menggunakan fungsi transisi eksponensial. Bentuk umum dari fungsi transisi eksponensial dalam Van Dijk, (1999) yaitu:

$$G(s_t; \gamma, c) = 1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2), \gamma > 0 \quad (2.7)$$

Sehingga berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.6) diperoleh bentuk model ESTAR sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_t = & \phi_{10} + \phi_{11}X_{t-1} + \phi_{1p}X_{t-p} (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \phi_{20} + \phi_{21}X_{t-1} \\ & + \phi_{2p}X_{t-p} (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \dots + \phi'_n Z_t (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) \\ & + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2.8)$$

3. Identifikasi Model STAR

Pemilihan fungsi transisi $G(s_t; \gamma, c)$ dilakukan untuk mengetahui bentuk yang paling sesuai untuk digunakan dalam penelitian. Tahapan ini dilakukan dengan pengujian terhadap β_{ij} pada model regresi bantu sebagai berikut (Kresnawati dkk., 2018).

$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_t = & \beta_{00} + \sum_{i=1}^p \beta_{0i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} X_{t-i} s_t + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} X_{t-i} s_t^2 \\ & + \sum_{i=1}^p \beta_{3i} X_{t-i} s_t^3 + e_t \end{aligned} \quad (2.9)$$

Pengujian dilakukan secara bertahap terhadap parameter regresi bantu dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{3i} = 0, \forall i = 1, 2, \dots, p \text{ (tidak mengikuti fungsi transisi logistik)}$$

$$H_1 : \exists \beta_{i,j} \neq 0 \text{ (fungsi transisi logistik)}$$

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 jika nilai $p - value < 0,05$, yang berarti model memiliki bentuk fungsi transisi logistik (LSTAR) dan pengujian dihentikan. Namun, jika H_0 gagal ditolak, maka dilanjutkan ke pengujian hipotesis pada tahap kedua sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_{2i} = 0 \mid \beta_{3i} = 0$$

$$H_1 : \exists \beta_{2i} \neq 0 \mid \beta_{3i} = 0$$

Jika H_0 ditolak, maka fungsi transisi yang digunakan adalah eksponensial (ESTAR) dan pengujian dihentikan. Namun, jika H_0 gagal ditolak, maka dilanjutkan ke pengujian hipotesis pada tahap ketiga sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_{1i} = 0 \mid \beta_{3i} = \beta_{2i} = 0$$

$$H_1 : \beta_{1i} \neq 0 \mid \beta_{3i} = \beta_{2i} = 0$$

Jika H_0 ditolak, maka fungsi transisi yang digunakan adalah logistik (LSTAR).

Uji dilakukan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$, dengan statistik uji sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_{i,j}}{se(\hat{\beta}_{i,j})} \quad (2.10)$$

di mana:

$\hat{\beta}_{i,j}$: Estimator koefisien $\beta_{i,j}$

$se(\hat{\beta}_{i,j})$: *Standard error* dari koefisien regresi $\hat{\beta}_{i,j}$

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 jika nilai $t_{hitung} > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-u-1\right)}$

atau $p_{value} < \alpha$.

2.1.3 Pengujian Asumsi Model

Setelah model LSTAR berhasil diestimasi, dilakukan pengujian asumsi klasik dengan tujuan untuk memastikan bahwa model yang dibentuk layak digunakan. Adapun asumsi-asumsi yang perlu diuji sebagai berikut:

1. Stasioneritas

Stasioneritas merupakan asumsi yang harus dipenuhi pada data deret waktu agar model yang dibangun dapat memberikan hasil yang valid. Deret waktu dikatakan stasioner jika tidak adanya perubahan kecenderungan dalam rata-rata (*mean*) dan perubahan varian (L. R. J. Hyndman, 2014). Rusdi (2011) menyatakan bahwa data non stasioner akan menghasilkan regresi yang “tidak masuk akal” atau “palsu”. Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) merupakan

salah satu uji yang dapat digunakan untuk stasioneritas dalam *mean*. Uji ADF menggunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Terdapat akar unit, menunjukkan bahwa data tidak stasioner

H_1 : Tidak terdapat akar unit, menunjukkan bahwa data stasioner

Statistik uji pada ADF *test* dituliskan sebagai berikut (Herranz, 2017):

$$ADF = t_{ratio} = \frac{\hat{\Phi} - 1}{se(\hat{\Phi})} \quad (2.11)$$

$$se(\hat{\Phi}) = \sqrt{\frac{1 - \hat{\Phi}^2}{n}} \quad (2.12)$$

di mana:

$\hat{\Phi}$: Estimator Φ

$se(\hat{\Phi})$: Standar residual dari Φ

n : Ukuran sampel

Adapun kriteria keputusan, jika nilai $t_{ratio} < t_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$, maka tolak H_0 , yang artinya data stasioner.

Jika data tidak stasioner, maka akan dilakukan transformasi data menggunakan *differencing*. *Differencing* dilakukan untuk menghilangkan tren atau komponen non-stasioner lainnya. Rumus *differencing* dapat dituliskan sebagai berikut (Box dkk., 2019).

$$X_t = Y_t - Y_{t-d} \quad (2.13)$$

2. Normalitas

Ghazali dalam Aditiya dkk., (2023) menjelaskan bahwa tujuan dari uji normalitas adalah untuk menilai apakah dalam model regresi residual

mengikuti distribusi normal. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

dengan statistik uji yaitu (Stephens, 2016).

$$D_{hitung} = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2.14)$$

di mana:

$F_n(x)$: Distribusi kumulatif dari data sampel

$F_0(x)$: Distribusi kumulatif dari distribusi normal teoretis

D : Deviasi maksimum antara $F_n(x)$ dan $F_0(x)$

Adapun kriteria keputusan, jika nilai $D_{hitung} > D_{tabel}$ atau $p - value < \alpha$, maka tolak H_0 , artinya data tidak berdistribusi normal.

3. Autokorelasi

Uji autokorelasi residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual bersifat acak atau tidak. Uji autokorelasi residual dapat dilakukan dengan pendekatan *white noise* menggunakan Ljung-Box dengan hipotesis sebagai berikut (Hyndman, 2014).

$H_0 : r_1 = r_2 = \dots = r_k = 0$ (tidak ada autokorelasi)

H_1 : Terdapat $r_k \neq 0$ dengan $k = 1, 2, \dots, h$ (terdapat autokorelasi)

dengan statistik uji yaitu,

$$Q_k = T(T+2) \sum_{k=1}^h \frac{r_k^2}{T-k} \quad (2.15)$$

di mana:

Q_k : Statistik uji Ljung-Box

T : Jumlah observasi

r_k : ACF residual pada lag ke- k

h : maksimum lag

Adapun kriteria keputusan, jika nilai $Q_{hitung} > \chi^2_{\alpha,df}$ atau $p - value < \alpha$, maka tolak H_0 . Artinya terdapat autokorelasi.

4. Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas merupakan hal yang penting dilakukan untuk validitas model. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual memiliki varian yang konstan (homoskedastisitas) atau tidak (heteroskedastisitas). Uji heteroskedastisitas dilakukan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) dengan hipotesis sebagai berikut (Odelia dkk., 2020).

$H_0: Y_1 = Y_2 = \dots = Y_m = 0$ (tidak ada heteroskedastisitas)

$H_1: \text{Terdapat } Y_i \neq 0 \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, m$ (terdapat heteroskedastisitas)

dengan statistik uji yaitu,

$$LM = TR^2 - \chi_m^2 \quad (2.16)$$

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{t=1}^m (\hat{Y}_t^2 - \bar{Y}_t^2)^2}{\sum_{t=1}^m (Y_t^2 - \bar{Y}_t^2)^2} \quad (2.17)$$

di mana:

R^2 : Koefisien determinasi dari regresi

Adapun kriteria keputusan, jika nilai $LM > \chi^2_{(m)}$ atau $p - value < \alpha$,

maka tolak H_0 .

5. Linieritas

Dalam pemodelan deret waktu, langkah yang penting dilakukan selanjutnya adalah uji linieritas untuk memastikan apakah data benar-benar mengikuti

pola linier atau justru menunjukkan adanya indikasi nonlinier. Metode uji yang sering digunakan adalah *Langrange Multiple* (LM) yang dikembangkan oleh Terasvirta (1994). Uji ini menggunakan pendekatan ekspansi Taylor orde tiga dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Hitung jumlah kuadrat residual dari model $AR(p)$

Jumlah kuadrat residual (*sum of squared errors*) dari model $AR(p)$ dihitung menggunakan rumus:

$$SSE_0 = \sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2 \quad (2.18)$$

di mana:

SSE_0 : Jumlah kuadrat residual dari model $AR(p)$

$\hat{\varepsilon}_t$: Residual dari estimasi model $AR(p)$

- b. Bangun regresi bantuan (*auxiliary regression*)

Residual model $AR(p)$ diregresikan terhadap komponen hasil ekspansi Taylor orde tiga dari fungsi transisi. Pembentukan regresi bantu pada tahap ini menggunakan persamaan (2.9). Setelah regresi bantu dibentuk, selanjutnya hitung jumlah residual kuadrat dari regresi bantuan (SSE_1) tersebut:

$$SSE_1 = \sum_{t=1}^n \hat{e}_t^2 \quad (2.19)$$

- c. Uji linieritas

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

H_0 : $\beta_{1i} = \beta_{2i} = \beta_{3i} = 0$ (model linier)

H_1 : $\exists \beta_{ji} \neq 0$ (model nonlinier), $j = 1, 2, 3$ dan $i = 1, 2, \dots, p$

Uji dilakukan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$ dengan menggunakan statistik uji LM sebagai berikut:

$$LM = nR^2 \quad (2.20)$$

Kriteria pengambilan keputusan yaitu tolak H_0 apabila nilai statistika $LM > \chi^2_{(3p,\alpha)}$ atau $p\text{-value} < \alpha = 0,05$ yang berarti terdapat hubungan nonlinier dalam data *time series*.

2.1.4 Pembentukan Model *Autoregressive* (p)

Model *autoregressive* (p) dibangun melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Identifikasi Model *Autoregressive* (p)

Identifikasi model *autorgressive* dalam analisis deret waktu dapat dilakukan menggunakan fungsi `auto.arima()` yang terdapat dalam *package forecast* pada perangkat lunak R. Fungsi ini dikembangkan berdasarkan algoritma Hyndman-Khandakar yang bertujuan untuk menentukan model ARIMA terbaik dengan meminimalkan kriteria informasi, yaitu *Akaike Information Criterion* (AIC). Menurut R. J. Hyndman, (2008), algoritma tersebut bekerja melalui beberapa tahapan seperti *unit root* untuk menentukan tingkat *differencing* dan menghindari *over-differencing*. Selanjutnya, pemilihan orde model dilakukan dengan membandingkan nilai AIC dari berbagai kandidat model, di mana AIC dirumuskan sebagai (Van Dijk, 1999):

$$AIC = n \ln \hat{\sigma}_\varepsilon^2 + 2x \quad (2.21)$$

dengan $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2$ dan $x = p + 1$.

Keunggulan metode ini adalah kemampuannya dalam menghasilkan model yang optimal secara otomatis, efisien dalam komputasi, serta *robust* terhadap berbagai pola data deret waktu, baik musiman maupun non-musiman.

2. Estimasi Parameter AR

Menurut Aziz, (2007) estimasi parameter model AR dapat diperoleh menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square*). Model AR(p) pada (2.1) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} X_{p+1} \\ X_{p+2} \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_p & X_{p-1} & \dots & X_1 \\ 1 & X_{p+1} & X_p & \dots & X_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n-1} & X_{n-2} & \dots & X_{n-p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_0 \\ \phi_1 \\ \vdots \\ \phi_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{p+1} \\ \varepsilon_{p+2} \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

atau dapat dituliskan dalam bentuk:

$$y = X\phi + \varepsilon \quad (2.23)$$

di mana

y : Vektor variabel dependen berukuran $(n - p) \times 1$

X : Matriks berukuran $(n - p) \times (p + 1)$ yang berisi lag-lag X_t

ϕ : Vektor parameter berukuran $(p + 1) \times 1$ yang terdiri dari $\phi_0, \phi_1, \dots, \phi_p$

ε : Vektor residual berukuran $(n - p) \times 1$

Metode *least square* bertujuan untuk meminimumkan jumlah kuadrat residual, yang dinyatakan sebagai:

$$S = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\phi)'(y - X\phi) \quad (2.24)$$

Untuk meminimumkan fungsi S terhadap ϕ , maka dilakukan penurunan parsial dan menyamakannya dengan 0, sehingga diperoleh

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = -2X'y + 2X'X\phi$$

$$X'X\phi = X'y \quad (2.25)$$

Berdasarkan (2.25) diperoleh:

$$(X'X)^{-1}(X'X)\phi = (X'X)^{-1}X'y$$

$$\phi = (X'X)^{-1}X'y \quad (2.26)$$

2.1.5 Estimasi Parameter Menggunakan *Newton-Raphson*

Newton-Raphson merupakan salah satu metode numerik yang dapat digunakan dalam pendekatan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). *Newton-Raphson* merupakan teknik iteratif yang dapat digunakan pada regresi nonlinier untuk meminimalkan fungsi kesalahan kuadrat residual.

Model LSTAR merupakan model deret waktu yang kompleks karena memiliki parameter yang bersifat nonlinier. Oleh karena itu dibutuhkan metode estimasi nonlinier yang salah satunya adalah metode *Newton-Raphson*. Agar estimasi dapat dilakukan, perlu diketahui turunan fungsi transisi logistik terhadap parameter γ dan c . Secara umum, rumus iteratif *Newton-Raphson* dituliskan sebagai berikut (Purba dkk., 2018).

$$\theta^{k+1} = \theta^k - [H(\theta^k)]^{-1}Q'(\theta^k) \quad (2.27)$$

di mana:

θ : Vektor parameter yang terdiri dari $\phi_1, \phi_2, \gamma, c$

$Q(\theta)$: Fungsi objektif (kuadrat kesalahan)

$Q'(\theta)$: Vektor gradien (turunan pertama) dari fungsi objektif

$H(\theta)$: Matriks Hessian (turunan kedua) dari $Q(\theta)$

k : Indeks iterasi

Langkah-langkah estimasi *Newton-Raphson* untuk LSTAR dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Menuliskan *log-likelihood* dengan mengasumsikan residual LSTAR berdistribusi normal, sehingga bentuk *log-likelihood* dituliskan sebagai berikut:

$$l(\theta) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu_t)^2 \quad (2.28)$$

di mana:

$l(\theta)$: fungsi *log-likelihood*

σ^2 : varian dari *error* ε_t

μ_t : nilai harapan (*mean*) model pada waktu ke- t .

dengan

$$\mu_t = Z_t\phi_1(1 - G_t) + Z_t\phi_2G_t \quad (2.29)$$

2. Menentukan Parameter Awal

Newton-Raphson merupakan algoritma iteratif yang membutuhkan titik awal untuk memulai iterasi. Untuk model nonlinier LSTAR, inisialisasi yang baik membuat proses estimasi konvergen, stabil, dan lebih cepat. Dengan parameter yang diestimasi sebanyak 8, maka inisialisasi seluruh parameter dapat dituliskan sebagai berikut.

- a. $\phi_1^{(0)} = AR(p)$.

Nilai $\phi_1^{(0)}$ diperoleh dari hasil estimasi $AR(p)$ yang merupakan bagian linier dasar dari model sehingga diharapkan inisialisasi tersebut akan membuat proses estimasi lebih cepat konvergen dan stabil.

b. $\phi_2^{(0)} = 0,95(\phi_1^{(0)})$.

Nilai 0,95 dipilih untuk memberikan perbedaan kecil antara rezim 1 dan rezim 2 namun tetap stabil dan tidak menyebabkan divergen.

c. $c^{(0)}$ dan $\gamma^{(0)}$.

Inisialisasi parameter *threshold* dan parameter pemulusan akan dipilih berdasarkan *grid-search*. Van Dijk, (1999) mengatakan kedua parameter tersebut sangat sensitif sehingga percobaan berbagai kombinasi dibutuhkan untuk mendapatkan hasil estimasi terbaik. *Grid-search* pada c dipilih berdasarkan nilai tengah, rata-rata, dan kuantil variabel transisi (s_t). Kemudian karena $\gamma > 0$, maka *grid-search* dimulai dengan angka 1. *Grid search* terbaik akan dipilih berdasarkan nilai SSE terkecil.

3. Mengestimasi parameter θ

Dengan $\theta = \phi_1, \phi_2, \gamma, c$, maka turunan masing-masing parameternya adalah:

$$\frac{\partial \mu_t}{\partial \phi_1} = Z_t(1 - G_t) \quad (2.30)$$

$$\frac{\partial \mu_t}{\partial \phi_2} = Z_t G_t \quad (2.31)$$

$$\frac{\partial \mu_t}{\partial \gamma} = (\Delta \phi' Z_t)(s_t - c)G_t(1 - G_t) \quad (2.32)$$

$$\frac{\partial \mu_t}{\partial c} = -(\Delta \phi' Z_t) \gamma G_t(1 - G_t) \quad (2.33)$$

Sehingga vektor gradien *log-likelihood* untuk seluruh parameter dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q'(\theta) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{t=1}^n \delta_t \frac{\partial \mu_t}{\partial \theta}, \delta_t = X_t - \mu_t \quad (2.34)$$

4. Menghitung Hessian atau Informasi *Fisher*

Observed Hessian dapat diturunkan, namun biasanya menggunakan aproksimasi informasi *fisher* karena lebih stabil secara numerik. Aproksimasi informasi fisher dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I(\theta) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_t \left(\frac{\partial \mu_t}{\partial \theta} \right) \left(\frac{\partial \mu_t}{\partial \theta} \right)' \quad (2.35)$$

5. Pembaruan Iterasi *Newton-Raphson*

Menggunakan (2.30) dan (2.37) didapatkan pembaruan iterasi *Newton-Raphson* sebagai berikut:

$$\theta^{(k+1)} = \theta^k + [I(\theta^k)]^{-1} Q'(\theta^k) \quad (2.36)$$

Iterasi dilakukan hingga konvergen atau $(\max |\theta^{(k+1)} - \theta^k| < \varepsilon)$, dengan $\varepsilon = 10^{-5}$ (Noval Agatra dkk., 2023).

6. Estimasi Varian Residual

Estimasi varian residual dapat dilakukan dengan menghitung turunan *log-likelihood* terhadap σ^2 sebagai berikut:

$$\frac{\partial l}{\partial \sigma^2} = -\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \quad (2.37)$$

Agar hasil maksimum, maka turunan disamakan dengan 0, sehingga dituliskan

$$-\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = 0 \quad (2.38)$$

Kalikan kedua sisi dengan $2\sigma^4$, sehingga didapatkan

$$-n\sigma^2 + \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = 0$$

$$\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = n\sigma^2$$

Berdasarkan (2.43) didapatkan:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \quad (2.39)$$

2.1.6 Evaluasi Model

Evaluasi bertujuan untuk mengetahui akurasi peramalan. Ukuran yang akan digunakan untuk evaluasi dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan ukuran kesalahan prediksi dalam bentuk persentase rata-rata kesalahan absolut. MAPE sering digunakan dalam praktik karena lebih mudah dimengerti. Selain itu MAPE tidak bergantung pada satuan data, sehingga dapat digunakan pada data apapun. Secara umum, rumus MAPE dituliskan sebagai berikut (Adhikari & Agrawal, 2013):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (2.40)$$

di mana:

- Y_t : Nilai aktual pada waktu ke- t
- $\hat{Y}_t$: Nilai prediksi pada waktu ke- t
- n : Jumlah data observasi

Nilai MAPE yang rendah menunjukkan bahwa model peramalan yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. MAPE memiliki tingkat akurasi sebagai berikut (Chang dkk., 2007).

Tabel 2.1 Tingkat Akurasi MAPE

Nilai MAPE (%)	Interpretasi Akurasi Model
< 10%	Sangat Akurat (<i>Highly Accurate</i>)
10% - 20%	Akurat (<i>Good Forecasting</i>)
20% - 50%	Cukup Akurat (<i>Reasonable Forecasting</i>)
>50%	Tidak Akurat (<i>Inaccurate Forecasting</i>)

2.1.7 Saham

Saham merupakan dokumen yang dimiliki seseorang berupa surat berharga bukti kepemilikan atau penyertaan modal pada sebuah perusahaan. Pada masa lalu, saham berbentuk fisik berupa dokumen. Namun, seiring berkembangnya teknologi, sistem jual beli saham kini dapat dilakukan secara *online* melalui aplikasi, sehingga saham yang diperdagangkan tidak lagi berbentuk secara fisik. Sama hal nya dengan harga barang lainnya, harga saham juga bersifat fluktuatif, yang artinya dapat naik dan turun (Priyadi dkk., 2021).

Pada pasar saham terdapat kondisi dengan karakteristik perilaku harga tertentu yang disebut rezim. Jenis rezim yang populer di kalangan investor yakni rezim *bearish* dan rezim *bullish*. Istilah *bearish* dan *bullish* lazim digunakan, namun kepustakaan tidak memberikan suatu definisi tunggal dan metode yang sama dalam pengukurannya (Respati & Irwanto, 2016). Dalam praktiknya, istilah *bearish* sering diibaratkan sebagai gerakan cakar beruang yang selalu mengarah ke bawah, sehingga diartikan sebagai tren menurun. Sedangkan istilah *bullish*

diibaratkan dengan gerakan banteng yang menanduk ke atas, sehingga diartikan sebagai tren naik (Usman dkk., 2012).

2.1.8 Saham PT Telkom Indonesia (Persero)

PT Telkom Indonesia (Persero) merupakan badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak di bidang layanan teknologi informasi dan komunikasi serta telekomunikasi digital di Indonesia. Sebagai salah satu perusahaan telekomunikasi terbesar di Indonesia, PT Telkom Indonesia (Persero) memegang instrumen investasi penting di pasar modal Bursa Efek Indonesia (BEI) dengan kode TLKM (Sihaloho dkk., 2025). Telkom mencatat saham perdana di BEI pada 14 November 1995 dengan harga saham Rp194 dan harga penutupan pada tanggal 8 September 2025 sebesar Rp3.100. Dengan kata lain, selama 25 tahun, saham Telkom telah naik 1498% (Maulana, 2020). Secara historis, saham Telkom menunjukkan stabilitas dan likuiditas yang baik. Pada tahun 2023, Telkom menunjukkan keberhasilannya dalam menghadapi tantangan ekonomi global seperti inflasi dan ketidakpastian pasar dengan mempertahankan pertumbuhan pendapatan yang signifikan dari sektor digital. Hal tersebut menjadikan Telkom sebagai saham unggulan yang diminati baik oleh investor domestik maupun internasional (Sihaloho dkk., 2025).

2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits

Pada penelitian ini, penggunaan metode ilmiah merupakan bentuk penerapan akal dan ilmu pengetahuan yang dianugerahkan oleh Allah SWT kepada manusia. Hal ini sejalan dengan firman Allah dalam Al-Qur'an QS. Al-Baqarah ayat 269, yang Artinya:

“Allah menganugerahkan hikmah kepada siapa yang Dia kehendaki. Barang siapa yang dianugerahi hikmah, sungguh ia telah dianugerahi kebaikan yang banyak. Dan tidak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang berakal.”

Menurut Tafsir *Fi Zhilalil-Qur'an*, ayat ini menegaskan bahwa ilmu dan kebijaksanaan merupakan anugerah dari Allah SWT yang harus dimanfaatkan dengan penuh tanggung jawab. Dalam konteks penelitian, penggunaan metode ilmiah mencerminkan bentuk hikmah-yakni kemampuan manusia menggunakan akal dan pengetahuan secara bijak untuk mencari kebenaran serta menghasilkan manfaat bagi sesama. Sebagaimana disebutkan dalam ayat tersebut, mereka yang mampu mengambil pelajaran dan menautkan ilmu dengan nilai-nilai ketuhanan hakikatnya sedang menjalani proses berpikir sistematis dan rasional dalam metode penelitian mencerminkan penggunaan akal yang sehat (*ulul albab*) (Aljawwi, 2024).

Untuk mendasari pentingnya investasi dan kepemilikan saham yang sesuai dengan prinsip syariah sebagai bagian dari pengelolaan harta yang amanah, hal ini sejalan dengan firman Allah dalam Al-Qur'an, sebagaimana tercantum dalam terbitan resmi (Kementrian Agama Republik Indonesia, 2025). Artinya:

”Wahai orang-orang yang beriman, janganlah kamu memakan harta sesamamu dengan cara yang batil (tidak benar), kecuali berupa perniagaan atas dasar suka sama suka di antara kamu. Janganlah kamu membunuh dirimu. Sesungguhnya Allah adalah Maha Penyayang kepadamu.” (Q.S. An-Nisa: 29)

Menurut Tafsir Al-Munir dalam (Malik, 2019), Ayat ini menekankan pentingnya menjaga harta dengan cara yang benar dan adil. Orang-orang yang beriman diajarkan untuk tidak mengambil atau memakan harta orang lain dengan jalan yang batil, melainkan melalui perniagaan yang didasari kerelaan kedua belah pihak. Tafsir ini mengajarkan bahwa dalam setiap transaksi, termasuk dalam

perdagangan atau investasi seperti saham, diperlukan sikap hati-hati, kejujuran, dan tanggung jawab agar terhindar dari praktik yang merugikan diri sendiri maupun orang lain, sehingga keputusan yang diambil benar-benar sesuai dengan tuntunan syariah.

2.3 Kajian Topik Dengan Teori Pendukung

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini mencakup dari berbagai sumber referensi seperti buku, jurnal matematika, skripsi, dan sumber lainnya yang memiliki keterkaitan dengan subjek yang dibahas. Salah satu penelitian yang terkait yakni penelitian yang dilakukan Putri dkk., (2017) melakukan perbandingan model ARIMA dan LSTAR untuk memodelkan data inflasi. Berdasarkan penelitian model LSTAR menunjukkan parameter yang signifikan dengan dua transisi. Dengan menggunakan tingkat akurasi MSE dan RMSE, model LSTAR menunjukkan nilai yang lebih kecil, yakni masing-masing sebesar 0,608 dan 0,780. Sehingga tingkat akurasi model LSTAR lebih tinggi dibandingkan dengan model ARIMA.

Penelitian Odelia dkk., (2020) meramalkan harga saham mingguan PT Bank Mandiri menggunakan metode LSTAR. Data yang digunakan dalam penelitian mencakup harga saham mingguan pada tahun 2011 hingga 2018 sebagai data *training* dan data tahun 2019 sebagai data *testing*. Dengan melakukan uji linieritas, penulis menemukan bahwa data *return* harga saham menunjukkan model nonlinier cocok untuk analisis ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa model LSTAR(1,1) berhasil memberikan hasil peramalan yang sangat akurat dengan nilai sMAPE sebesar 5,12%.

Penelitian oleh Noval dkk., (2023) membahas perbandingan metode *Newton-Raphson*, *Secant*, dan *Bisection* dalam mengestimasi volatilitas saham PT Bank

Central Asia Tbk (BBCA). Dengan menggunakan data harga saham dan opsi, penelitian ini menemukan bahwa metode *Newton-Raphson* dan *Secant* menghasilkan nilai volatilitas yang sama, yaitu 11351,04% serta *error* relatif 0, yang menunjukkan akurasi tinggi. Sementara *Bisection* menghasilkan nilai yang jauh lebih rendah, yaitu 7,00385% dengan *error* yang lebih besar. Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa metode *Newton-Raphson* dan *Secant* lebih efisien dan akurat dalam estimasi volatilitas.

Penelitian oleh Rahayuni dkk., (2016) membahas perbandingan metode *Newton-Raphson*, *Secant*, dan *Bisection* dalam mengestimasi volatilitas saham PT Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLK). Menggunakan $\sigma_{i-1} = 0,06$ sebagai hampiran awal dan $\sigma_i = 0,1$ sebagai hampiran kedua, ketiga metode menghasilkan *implied volatility* yang sama yakni sebesar 6,8254%. Namun, metode *Newton-Raphson* lebih cepat konvergen, yakni pada iterasi ke-3 dan menghasilkan nilai *error* yang relatif lebih kecil dibandingkan metode lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan melibatkan dua pendekatan, yakni pendekatan studi literatur dan pendekatan kuantitatif. Pendekatan studi literatur melibatkan pengumpulan referensi yang relevan dengan penelitian ini yang diperoleh dari sumber seperti buku dan artikel jurnal. Kemudian, pendekatan kuantitatif melibatkan pengumpulan dan analisis data numerik. Dengan berdasarkan tujuan yang telah dipaparkan untuk yaitu mengetahui prediksi harga saham.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berbentuk *time series*, yaitu data harga penutupan (*close price*) mingguan saham PT. Telkom (Persero) selama 7 tahun (6 Januari 2019 – 26 April 2026) yang dikumpulkan melalui *online* yaitu *website* investing.com tahun 2026.

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis dalam penelitian ini, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Deskripsi data

Untuk mengetahui karakteristik dan pola data.

2. Uji stasioneritas data

Sebelum membangun model, dilakukan pengujian stasioneritas untuk memastikan bahwa data yang digunakan bersifat stasioner, karena model

LSTAR mensyaratkan data stasioner untuk validitas estimasi. Digunakan metode ADF sesuai dengan persamaan (2.11). Jika model tidak stasioner, maka akan dilakukan *differencing* menggunakan persamaan (2.13).

3. Pembagian Data

Data yang telah stasioner dibagi menjadi data *training* 80% dan data *testing* 20%.

4. Identifikasi model ARIMA

Identifikasi model ARIMA dilakukan menggunakan kombinasi beberapa model dengan kriteria AIC terkecil.

5. Estimasi Parameter *Autoregressive* (AR)

Parameter model AR diestimasi menggunakan metode *least square* sesuai dengan persamaan (2.26).

6. Uji linieritas

Uji linieritas dilakukan untuk mengetahui apakah data tepat dimodelkan menggunakan model nonlinier LSTAR. Uji yang digunakan adalah *Langrange Multiple* (LM) sesuai dengan persamaan (2.20).

7. Uji Transisi

Uji transisi dilakukan menggunakan regresi bantu pada persamaan (2.9) dan statistik uji pada persamaan (2.10).

8. Pembentukan Model LSTAR

Setelah pengujian fungsi transisi dilakukan, tahap selanjutnya yakni menyusun model LSTAR(p, l) sesuai dengan bentuk persamaan (2.6).

9. Estimasi model LSTAR(p) dengan algoritma *Newton-Raphson*

Setelah fungsi transisi ditetapkan, parameter model LSTAR diestimasi dengan pendekatan *Newton-Raphson* melalui langkah-langkah berikut:

- a. Menurunkan *log-likelihood*,
- b. Menentukan parameter awal
- c. Mengestimasi parameter θ
- d. Menghitung informasi *Fisher* menggunakan persamaan (2.34),
- e. Menjalankan algoritma *Newton-Raphson* hingga konvergen,
- f. Mendapatkan estimasi parameter.

10. Uji Asumsi Residual

Setelah model LSTAR diperoleh, dilakukan uji asumsi residual model, yaitu uji normalitas residual menggunakan persamaan (2.14), uji autokorelasi residual menggunakan persamaan (2.15), dan uji heteroskedastisitas residual menggunakan (2.16). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dihasilkan memenuhi asumsi dasar dan hasil estimasi parameter valid.

11. Prediksi dan Transformasi

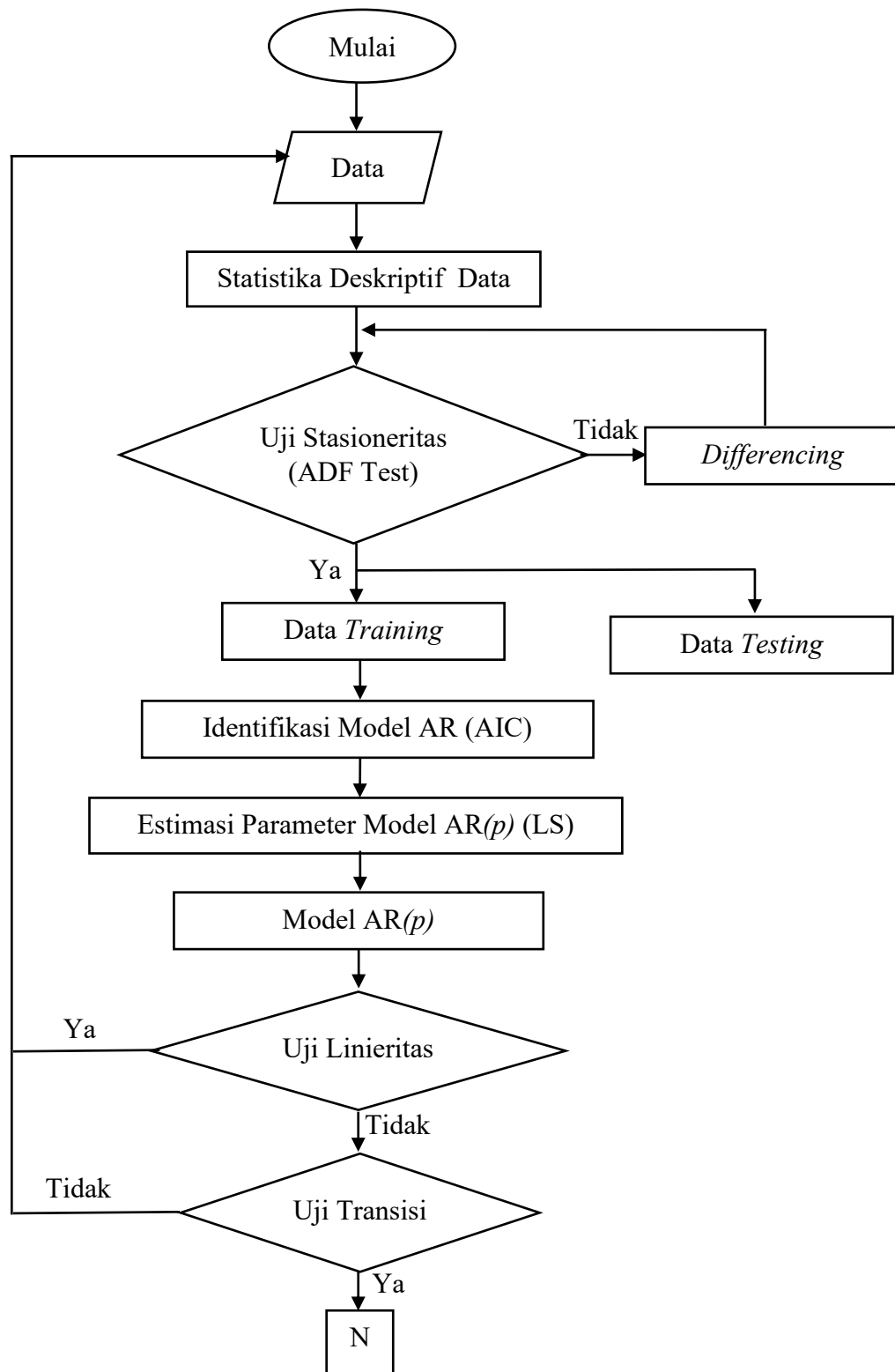
12. Evaluasi Model

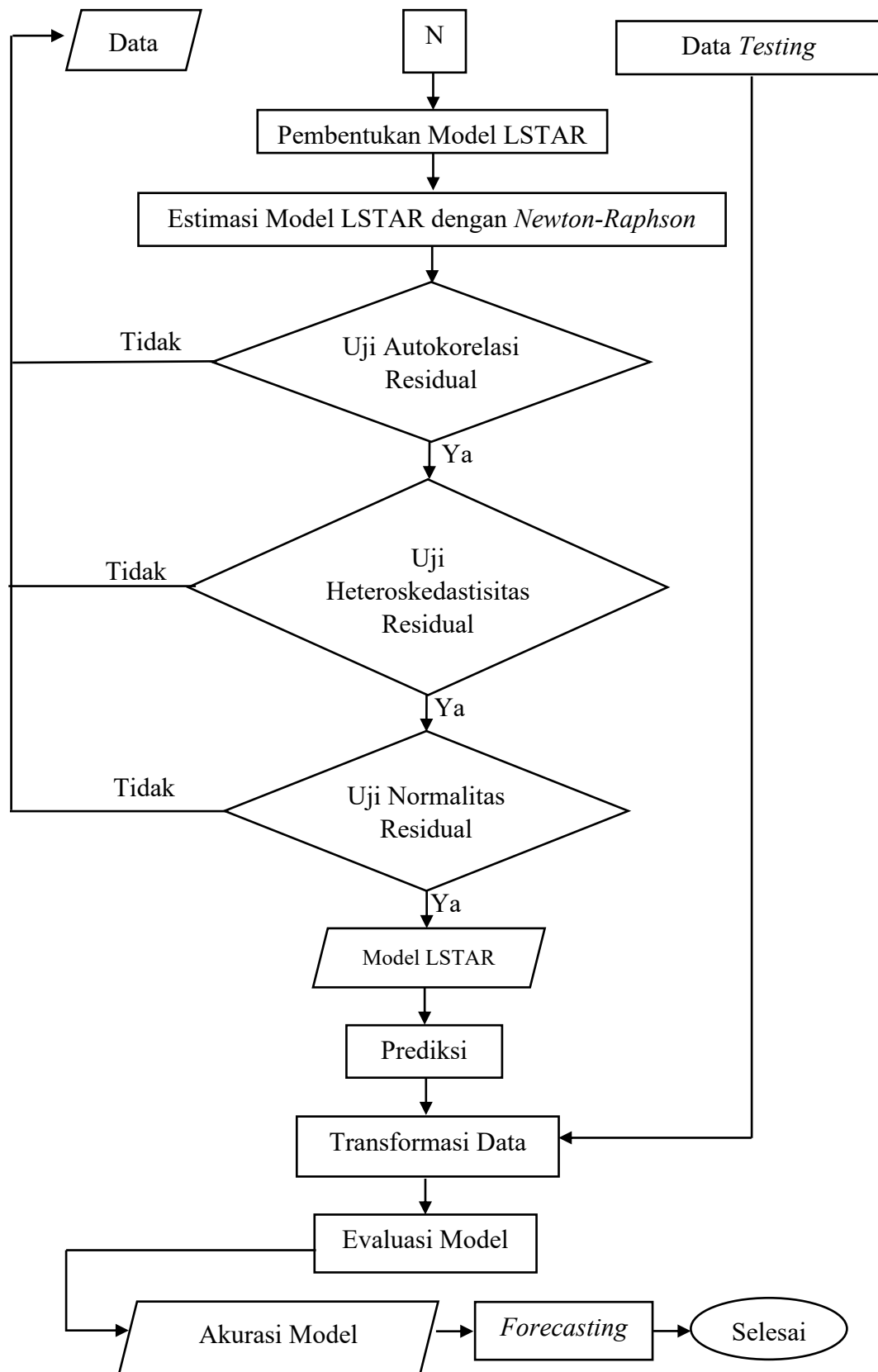
Model akhir yang terbentuk digunakan untuk melakukan peramalan harga saham menggunakan data *testing*. Kemudian hasil peramalan akan dievaluasi menggunakan kesalahan prediksi, yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Perhitungan MAPE menggunakan persamaan (2.39).

13. *Forecasting*

Forecasting dilakukan untuk bulan Mei dengan menggunakan nilai prediksi pada data sebelumnya.

3.4 Diagram Alir





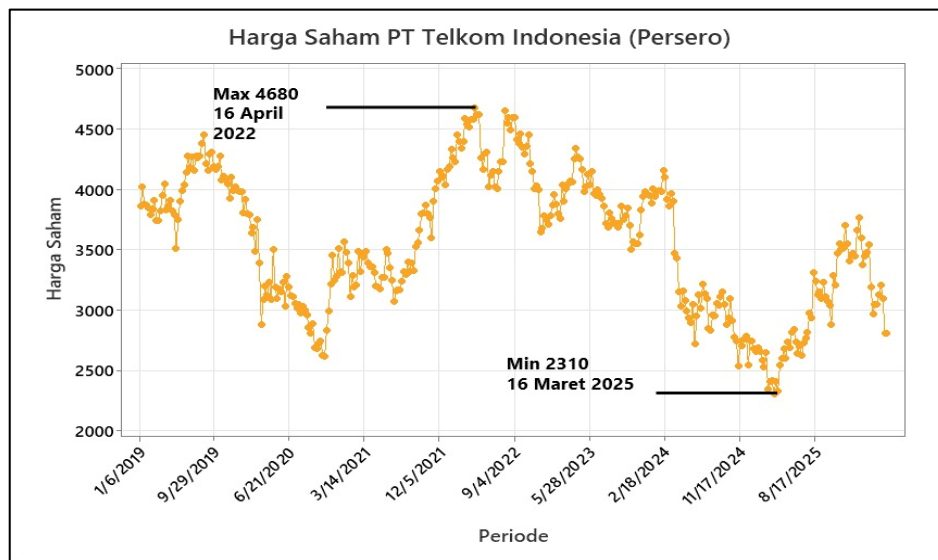
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statistika Deskriptif Data

Statistika deskriptif merupakan metode teknik analisis data yang sering digunakan untuk menjelaskan dan menggambarkan karakteristik data yang telah dikumpulkan. Pada penelitian ini, digunakan data historis penutupan harga saham mingguan PT Telkom Indonesia (Persero) sebanyak 378 data pada periode 6 Januari 2019 hingga 26 April 2026. Data historis penutupan harga saham mingguan PT Telkom Indonesia (Persero) ditampilkan dalam bentuk plot pada Gambar 4.1 berikut, sedangkan untuk data secara keseluruhan tercantum pada Lampiran 1.



Gambar 4.1 Grafik Pola Data

Pada Gambar 4.1 ditunjukkan plot dengan pola fluktuasi yang signifikan dari waktu ke waktu. Plot tersebut menunjukkan adanya pola tren kenaikan dan penurunan harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) yang juga menunjukkan adanya rezim *Bullish* dan *Bearish* pada data. Berdasarkan Gambar 4.1, harga

penutupan saham mingguan PT Telkom Indonesia (Persero) terendah tercatat sebesar Rp2.130 pada 16 Maret 2025. Penurunan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal, antara lain aksi jual massal di pasar saham sebagai akibat dari kebijakan ekonomi dan isu tata kelola yang menimbulkan kekhawatiran investor (Gunawan, 2025). Selain itu, pada 10 hingga 14 Maret 2025, IHSG mengalami pelemahan sebesar 1,81% yang menunjukkan adanya penurunan transaksi pada pasar saham (K. A. Putri, 2025). Sementara itu, harga penutupan saham PT Telkom Indonesia (Persero) tertinggi mencapai Rp4.680 yang terjadi pada 10 April 2022. Peningkatan harga saham tersebut didorong oleh adanya sentimen positif investor terhadap kinerja perusahaan, di mana PT Telkom Indonesia (Persero) mencatat pertumbuhan laba bersih sebesar 3,7% pada kuartal I 2022 (Melani, 2022). Selain itu, peningkatan juga disebabkan oleh penguatan IHSG sebesar 1,17% diikuti dengan meningkatnya minat investor asing yang melakukan *net buy* pada saham TLKM senilai Rp290,3 Miliar (Yuantisya, 2022).

4.2 Uji Stasioneritas

Pengujian kestasioneritasan data *time series* bertujuan untuk memastikan bahwa nilai rata-rata, varians, serta autokorelasi tetap konstan dari waktu ke waktu.. Pengujian stasioneritas dilakukan menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Terdapat akar unit, menunjukkan bahwa data tidak stasioner

H_1 : Tidak terdapat akar unit, menunjukkan bahwa data stasioner

Dengan kriteria pengujian jika nilai $p - value < (\alpha) 0,05$, maka H_0 ditolak dan data dinyatakan stasioner. Hasil uji stasioneritas ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Stasioneritas Data Aktual

Variabel	ADF Statistik	t-statistik 5%	P-value	Keputusan
Harga Saham Telkom (Y)	-2,137	-2,86887	0,519	Tidak Stasioner

Pada Tabel 4.1 didapatkan hasil $p - value$ pada data aktual (Y) sebesar $0,519 > \alpha(0,05)$, sehingga H_0 diterima yang mengindikasikan bahwa data tidak stasioner. Karena data aktual tidak stasioner maka dilakukan *differencing* data seperti pada persamaan (2.13) sebagai berikut.

$$X_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Diperoleh hasil *differencing* sebagai berikut:

$$X_2 = Y_2 - Y_1 = 4.020 - 3.860 = 160$$

Hasil lengkap *differencing* data terdapat pada Lampiran 2. Kemudian diuji kembali menggunakan uji ADF pada tingkat *first difference* dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Stasioneritas Data *Differencing*

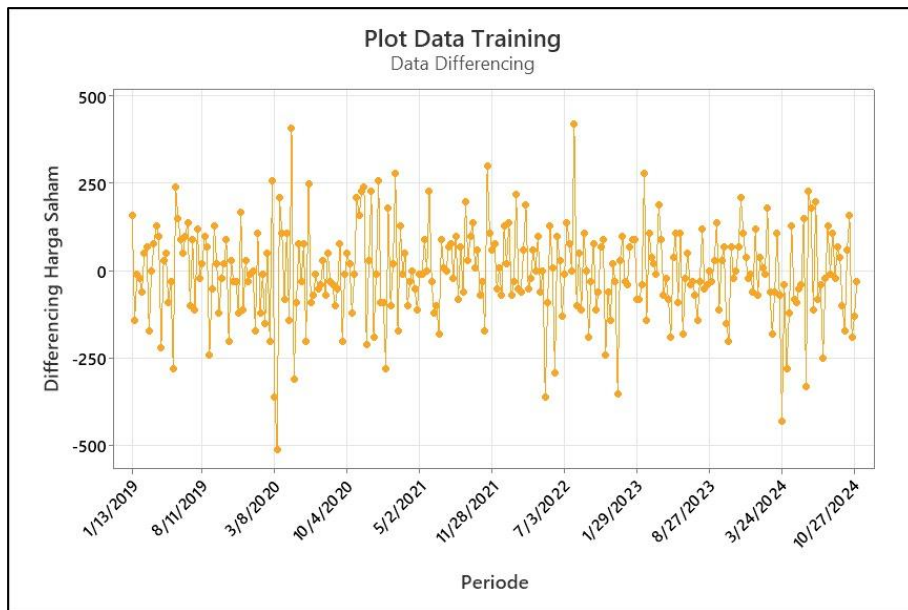
Variabel	ADF Statistik	t-statistik 5%	P-value	Keputusan
<i>Differencing</i> Harga Saham Telkom (X)	-6,681	-2,86887	0,01	Stasioner

Pada Tabel 4.2 didapatkan hasil $p - value$ pada data *first differencing* (X) sebesar $0,01 < \alpha(0,05)$, sehingga H_0 ditolak yang mengindikasikan bahwa data telah stasioner. Kemudian untuk nilai $t - statistik$ negatif serta cukup besar menunjukkan penolakan kuat terhadap hipotesis nol adanya akar unit.

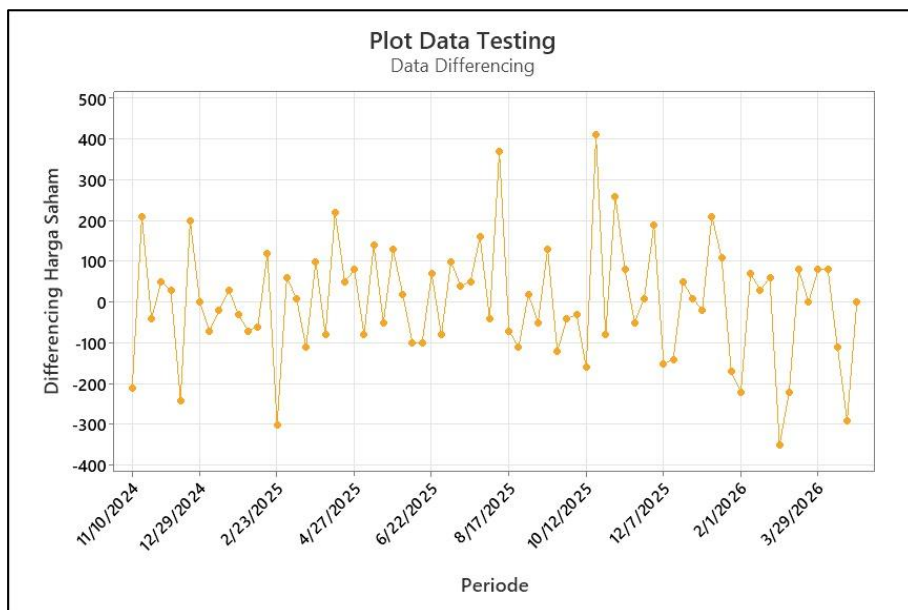
4.3 Identifikasi Model ARIMA

Setelah data stasioner, dilakukan pembagian pada data *differencing* (X_t) dengan data *training* sebesar 80% yang diambil dari data periode 1 hingga 301 dan

data *testing* sebesar 20% yang diambil dari sisa data. Plot data *training* dan *testing* ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 4.2 Plot Data *Training*



Gambar 4.3 Plot Data *Testing*

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, terlihat adanya fluktuasi yang signifikan pada penyebaran data. Pembagian data *training* mencakup 301 data dari 13 Januari

2019 hingga 3 November 2024 dan data *testing* mencakup 76 data dari periode 10 November 2024 hingga 26 April 2026.

Identifikasi model *autoregressive* (AR) dilakukan pada data *training* dengan skala data *differencing* ($d = 1$) menggunakan fungsi `auto.arima` dalam pemrograman R. Fungsi ini akan menghasilkan model terbaik dengan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terkecil. Setelah fungsi dijalankan, didapatkan nilai AIC pada beberapa model sebagai berikut:

Tabel 4.3 Nilai AIC Model ARIMA

Model ARIMA	AIC
(1,1,0)	3792,283
(1,1,1)	3793,19
(1,1,2)	3789,613
(1,1,3)	3793,715
(2,1,0)	3791,977
(2,1,1)	3790,041
(2, 1, 2)	3788,811
(2,1,3)	<i>inf</i>
(3,1,0)	3793,005
(3,1,1)	3794,253
(3,1,2)	3790,635
(4,1,0)	3793,685
(4,1,1)	3795,652
(5,1,0)	3795,216

Berdasarkan Tabel 4.3, model terbaik yang diperoleh adalah ARIMA(2,1,2) dengan nilai AIC terkecil, yakni sebesar 3788,811. Beberapa model menghasilkan nilai tak hingga (*inf*) karena proses estimasi parameter tidak mencapai konvergensi sehingga model tidak dapat dihitung secara tepat dan menghasilkan AIC yang tidak terdefinisi. Selanjutnya, karena LSTAR merupakan pengembangan dari *autoregressive*, maka akan digunakan komponen *autoregressive* orde 2 sebagai model linier dasar. Berdasarkan persamaan (2.1), model AR(2) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

4.4 Estimasi Parameter AR

Parameter model AR orde 2 dengan data *differencing* diestimasi menggunakan OLS sesuai persamaan (2.26) dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.4 Estimasi Parameter AR(2)

Parameter	Koefisien
ϕ_0	-4,739
ϕ_1	-0,163
ϕ_2	-0,089

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai konstanta dan koefisien *autoregressive* (AR) orde 2 berturut-turut sebesar -4,739; -0,163; dan -0,089. Berdasarkan persamaan (4.1) diperoleh model AR(2) sebagai berikut:

$$X_t = -4,739 - 0,163X_{t-1} - 0,089X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

4.5 Uji Linieritas *Langrange Multiple*

Uji linieritas dilakukan terhadap residual dari model AR(2) dengan total 299 yang terdapat pada Lampiran 3. Berikut merupakan tahapan uji linieritas:

1. Hitung jumlah kuadrat residual (*sum of squared errors*) dari model AR(2)

pada persamaan (4.1) menggunakan rumus pada persamaan (2.18):

$$\begin{aligned} SSE_0 &= \hat{\varepsilon}_1^2 + \hat{\varepsilon}_2^2 + \dots + \hat{\varepsilon}_{299}^2 \\ &= (-13,801)^2 + (-29,390)^2 + \dots + (-63,419)^2 \\ &= 5.065.766 \end{aligned}$$

2. Bangun regresi bantu (*auxiliary regression*) pada persamaan (2.9)

menggunakan residual AR(2) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{\varepsilon}_t = \beta_{00} + \sum_{i=1}^{299} \beta_{0i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{299} \beta_{1i} X_{t-i} s_t + \sum_{i=1}^{299} \beta_{2i} X_{t-i} s_t^2 + \sum_{i=1}^{299} \beta_{3i} X_{t-i} s_t^3 + e_t \quad (4.3)$$

Model AR yang digunakan adalah model AR dengan orde $p = 2$ sehingga karakteristik variabel transisi adalah $1 \leq l \leq 2$. Oleh karena itu, kandidat variabel transisi ($s_t = X_{t-l}$) yang digunakan adalah X_{t-1} dan X_{t-2} . Parameter regresi bantu di estimasi menggunakan metode *Least Square*. Setelah itu, residual dari regresi bantu dengan total residual sebesar 299 akan dihitung menggunakan persamaan (2.19) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SSE_1 &= \hat{e}_1^2 + \hat{e}_2^2 + \dots + \hat{e}_{299}^2 \\ &= (-3,957)^2 + (-36,026)^2 + \dots + (-101,469)^2 \\ &= 4.906.695 \end{aligned}$$

3. Uji linieritas pada penelitian ini menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{1i} = \beta_{2i} = \beta_{3i} = 0 \text{ (model linier)}$$

$$H_1 : \exists \beta_{ji} \neq 0 \text{ (model nonlinier), } j = 1, 2, 3 \text{ dan } i = 1, 2, \dots, p$$

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai *p-value*. Apabila *p-value* $< \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak sehingga model nonlinier diperlukan. Menggunakan LM pada persamaan (2.20), hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Lagrange Multiple*

Variabel Transisi (X_{t-l})	Statistik LM	<i>p-value</i>
X_{t-1}	13,772	0,032
X_{t-2}	9,388	0,152

Berdasarkan Tabel 4.5, didapatkan hasil *p-value* pada variabel transisi X_{t-1} sebesar $0,032 < \alpha(0,05)$, sehingga tolak H_0 , yang mengindikasikan adanya pola nonlinier pada data. Oleh karena itu, model nonlinier seperti STAR diperlukan. Hasil pada tabel juga menunjukkan bahwa *delay* terbaik

berada ketika $l = 1$ sehingga regresi bantu akan dibangun menggunakan data pada periode sebelumnya (X_{t-1}).

4.6 Identifikasi Model STAR

Setelah diketahui bahwa data mengikuti pola nonlinier, selanjutnya dilakukan pengujian untuk menentukan fungsi transisi guna menentukan model STAR yang paling sesuai, apakah menggunakan fungsi transisi logistik (LSTAR) atau fungsi transisi eksponensial (ESTAR). Dengan variabel transisi terpilih adalah $s_t = X_{t-1}$, maka regresi bantu pada persamaan (4.3) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_t = & \beta_{00} + \beta_{01}X_{t-1} + \beta_{02}X_{t-2} + \beta_{11}X_{t-1}^2 + \beta_{12}X_{t-1}X_{t-2} + \beta_{21}X_{t-1}^3 + \\ & \beta_{22}X_{t-1}^2X_{t-2} + \beta_{31}X_{t-1}^4 + \beta_{32}X_{t-1}^3X_{t-2} + e_t \end{aligned} \quad (4.4)$$

Estimasi pada persamaan (4.4) dilakukan dengan menguji signifikansi parameter β menggunakan metode OLS berdasarkan persamaan (2.26). Hasil signifikansi dari parameter β hanya digunakan untuk menentukan parameter transisi dan tidak akan digunakan dalam pembentukan model. Hipotesis pengujian diltuliskan sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{3i} = 0, \forall i = 1, 2 \text{ (tidak mengikuti fungsi transisi logistik)}$$

$$H_1 : \exists \beta_{3i} \neq 0 \text{ (fungsi transisi logistik)}$$

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai p -value. Apabila p -value $< \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak, sehingga fungsi transisi yang terpilih adalah logistik. Namun jika p -value $> \alpha = 0,05$, maka gagal tolak H_0 dan dilanjutkan ke pengujian hipotesis tahap kedua. Hasil uji identifikasi model STAR dipaparkan sebagaimana tabel berikut:

Tabel 4.6 Hasil Estimasi Regresi Bantu

Komponen	Koefisien	Std. Error	<i>p – value</i>
β_{00}	-3,088	1,001	0,757
β_{01}	$-5,743 \times 10^{-2}$	$9,109 \times 10^{-2}$	0,528
β_{02}	$3,352 \times 10^{-2}$	$7,414 \times 10^{-2}$	0,651
β_{11}	$9,156 \times 10^{-4}$	$6,476 \times 10^{-4}$	0,158
β_{12}	$-4,320 \times 10^{-4}$	$6,325 \times 10^{-4}$	0,495
β_{21}	$9,307 \times 10^{-7}$	$1,180 \times 10^{-6}$	0,430
β_{22}	-1245×10^{-6}	$2,401 \times 10^{-6}$	0,604
β_{31}	$-1,047 \times 10^{-8}$	$4,415 \times 10^{-9}$	0,018
β_{32}	$1,402 \times 10^{-8}$	$7,815 \times 10^{-9}$	0,074

Berdasarkan Tabel 4.6, didapatkan *p – value* dari $\beta_{31} = 0,018 < \alpha(0,05)$, sehingga H_0 ditolak, yang berarti fungsi transisi logistik dipilih. Berdasarkan hal tersebut, pengujian hipotesis dihentikan. Karena didapatkan orde *autoregressive* $p = 2$ dan *delay* terbaik yakni $l = 1$, maka pada penelitian ini akan digunakan model LSTAR(2,1).

Berdasarkan bentuk umum LSTAR pada persamaan (2.6), model LSTAR(2,1) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 X_t = & \phi_{10} + \phi_{11}X_{t-1} + \phi_{12}X_{t-2} \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-\gamma(X_{t-1}-c))}} \right) \right) \\
 & + \phi_{20} + \phi_{21}X_{t-1} + \phi_{22}X_{t-2} \left(\frac{1}{1 + e^{(-\gamma(X_{t-1}-c))}} \right) + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

4.7 Estimasi Model LSTAR(2, 1) Menggunakan *Newton-Raphson*

Setelah model LSTAR(2,1) terbentuk, selanjutnya estimasi parameter menggunakan *Newton Raphson* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menuliskan Bentuk *Log-Likelihood*

Dengan asumsi *error* berdistribusi normal, fungsi *log-likelihood* model LSTAR(2,1) dituliskan sebagai berikut:

$$l(\theta) = -\frac{n}{2}\ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{t=1}^n (X_t - \mu_t)^2 \quad (4.6)$$

dengan

$$\mu_t = \phi_1 Z_t (1 - G_t) + \phi_2 Z_t G_t$$

di mana $Z_t = (1, X_{t-1}, X_{t-2})$ dan $G_t = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(X_{t-1} - c)}}$

2. Menentukan Parameter Awal

Untuk melakukan pendugaan parameter pada model LSTAR, diperlukan parameter awal sebagai titik awal perhitungan. Parameter tersebut diperoleh dari hasil estimasi mode linier AR(2) sebagaimana Tabel 4.4. Sehingga penjabaran parameter awal adalah sebagai berikut.

a. Nilai awal $\phi_{1j}^{(0)}$

Nilai awal $\phi_{1j}^{(0)}$, sesuai dengan Tabel 4.4 yaitu:

$$\phi_{10}^{(0)} = -4,739$$

$$\phi_{11}^{(0)} = -0,163$$

$$\phi_{12}^{(0)} = -0,089$$

b. Nilai awal $\phi_{2j}^{(0)}$

Dengan rumus $\phi_{2j}^{(0)} = (0,95)\phi_{1j}^{(0)}$, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\phi_{20}^{(0)} = -4,502$$

$$\phi_{21}^{(0)} = -0,154$$

$$\phi_{22}^{(0)} = -0,084$$

c. Nilai awal c (*Threshold*)

Melalui beberapa percobaan kombinasi parameter, didapatkan nilai tengah variabel transisi sebagai nilai terbaik untuk insialisasi c . Pada penelitian ini didapatkan nilai tengah s_t sebagai berikut:

$$c^{(0)} = -10$$

d. Nilai awal γ

Melalui beberapa percobaan nilai γ pada rentang 1-20, didapatkan hasil percobaan pada Lampiran 5 dengan SSE terkecil, yakni 5.021.552,53077. Sehingga digunakan inisialisasi γ terbaik pada penelitian sebagai berikut:

$$\gamma^{(0)} = 1$$

Berdasarkan a hingga d, diperoleh nilai awal untuk estimasi parameter:

$$\theta^0 = [-4,739; -0,163; -0,089; -4,502; -0,154; -0,084; 1; -10]$$

3. Mengestimasi Parameter θ

Karena $s_t = X_{t-1}$ dan model linier yang didapatkan adalah AR(2), maka nilai s_t merupakan harga saham *differencing* (X_t) pada Lampiran 2 yang dimulai dari $t = 3$ pada 20 Januari 2019 ($t - 1 = 2$) hingga $t = 301$ pada 3 November 2024 ($t - 1 = 300$) yang dituliskan sebagai berikut:

$$s_t = -140; -10; -20; -60; 50; \dots; -110; 200; -80; -40; -250$$

Kemudian dihitung fungsi transisi G_1 sesuai persamaan (2.5) dengan nilai yang akan dihasilkan berada pada rentang 0 hingga 1. Perhitungan nilai G_1 dituliskan sebagai berikut:

$$G_1 = \frac{1}{1 + e^{-1(-140+10)}} = 0$$

Kemudian dihitung *mean* (μ_t) sesuai dengan persamaan (2.29). Untuk perhitungan tersebut dibutuhkan nilai $Z_1\phi_1$ dan $Z_1\phi_2$. Dengan $Z_1 = [1; -140; 160]$, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_1\phi_1 &= (-4,679; 22,82; -14,24) = 3,841 \\ Z_1\phi_2 &= (-4,502; 21,679; -13,528) = 3,649 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2.29), didapatkan hasil:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= Z_1\phi_1 (1 - G_1) + Z_1\phi_2 G_1 \\ &= (3,901)(1) + (3,649)(0) \\ &= 3,841 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung δ_1 menggunakan persamaan (2.34) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \delta_1 &= X_t - \mu_1 \\ &= [-13,841; -23,841; \dots; -133,841; -33,841] \end{aligned}$$

Kemudian, dilakukan estimasi masing-masing parameter pada $t = 1$ menggunakan turunannya sebagai berikut.

a. Parameter ϕ_1

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{10}} &= Z_{10}(1 - G_1) = 1(1) = 1 \\ \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{11}} &= Z_{11}(1 - G_1) = -140(1) = -140 \\ \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{12}} &= Z_{12}(1 - G_1) = 160(1) = 160 \end{aligned}$$

b. Parameter ϕ_2

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{20}} &= Z_{10}G_1 = 1(0) = 0 \\ \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{21}} &= Z_{11}G_1 = -140(0) = 0 \\ \frac{\partial \mu_1}{\partial \phi_{22}} &= Z_{12}G_1 = 160(0) = 0 \end{aligned}$$

c. Parameter γ

$$\frac{\partial \mu_1}{\partial \gamma} = (\Delta\phi Z_1)(s_1 - c)G_1(1 - G_1)$$

Karena nilai $G_1 = 0$, sehingga diperoleh

$$\frac{\partial \mu_1}{\partial \gamma} = 0$$

d. Parameter c

Karena nilai $G_1 = 0$, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mu_1}{\partial c} &= -(\Delta \phi Z_1) \gamma G_1 (1 - G_1) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Berdasarkan poin a hingga d, didapatkan

$$\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta} = (1; -140; 160; 0; 0; 0; 0; 0)' \quad (4.7)$$

e. Parameter σ_0^2

Parameter σ_0^2 dihitung sebagai nilai awal varians residual dalam proses estimasi model LSTAR. Nilai awal ini diperoleh dari varians residual model AR(2) yang kemudian akan diperbarui pada setiap iterasi berdasarkan model LSTAR. σ_0^2 dihitung sesuai dengan persamaan (2.39).

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{299} \sum_{i=1}^{299} \varepsilon_i^2 = 16942,36$$

Setelah didapatkan seluruh parameter, selanjutnya akan dihitung gradien *log-likelihood* $Q'(\theta)$ sesuai dengan persamaan (2.34). Perhitungan gradien pada $t = 1$ dengan $\delta_1 = -13,841$ adalah sebagai berikut.

$$Q'_1(\theta) = \frac{1}{16942,36} (-13,841) \frac{\partial \mu_1}{\partial \theta}$$

dengan $\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta}$ merupakan (4.7) dan $\frac{-13,841}{16942,36} = -8,169e^{-4}$, maka

$$Q'_1(\theta) = (-0,00081; 0,11404; -0,1303; 0; 0; 0; 0; 0)'$$

4. Menghitung Informasi *Fisher*

Informasi *fisher* dihitung menggunakan persamaan (2.35). Untuk $t = 1$, informasi *fisher* dituliskan sebagai berikut.

$$I_1(\theta) = \frac{1}{\sigma_0^2} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta} \right) \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta} \right)'$$

dengan $\frac{1}{\sigma_0^2} = 5,902 \times 10^{-5}$, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta} \right) \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \theta} \right)' &= (1; -140; 160; 0; 0; 0; 0; 0) \times (1; -140; 160; 0; 0; 0; 0; 0)' \\ &= \begin{bmatrix} 1 & -140 & \cdots & 0 & 0 \\ -140 & 19600 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ I_1(\theta) &= 5,902e^{-5} \begin{bmatrix} 1 & -140 & \cdots & 0 & 0 \\ -140 & 19600 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 5,90e^{-5} & -0,008 & \cdots & 0 & 0 \\ -8,26e^{-3} & 1,156 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

5. Pembaruan Iterasi *Newton-Raphson*

Perhitungan dilakukan untuk seluruh t sedemikian sehingga didapatkan pembaruan iterasi ke-1 sebagai berikut:

$$\theta^1 = \theta^0 + [I(\theta^1)]^{-1} Q_1'(\theta^1)$$

dengan

$$\begin{aligned} [I(\theta^1)]^{-1} Q_1'(\theta^1) &= [-0,0003; 0,0427; -0,0488; 22,669; -0,196; \\ &\quad 0,006; 6,852; -6,500]' \end{aligned}$$

sehingga diperoleh,

$$\theta^1 = [-5,643; -0,125; -0,098; 18,166; -0,351; -0,077; 7,89; -15,9]'$$

Kemudian akan dicek apakah iterasi pertama telah konvergen menggunakan

rumus $\max|\theta^1 - \theta^0| < \varepsilon$, dengan $\varepsilon = 10^{-5}$ didapatkan hasil

$$\max|\theta^1 - \theta^0| = 22,668 > 10^{-5} \quad (4.8)$$

Berdasarkan (4.8), diperoleh nilai iterasi pertama sebesar 22,668 sehingga dapat disimpulkan belum konvergen. Nilai tersebut relatif besar, namun pada algoritma *Newton-Raphson* kondisi ini umum terjadi pada tahap awal iterasi. Hal ini dikarenakan nilai gradien masih besar sehingga langkah pembaruan parameter juga menjadi besar.

Selanjutnya, proses iterasi dilakukan secara berulang menggunakan algoritma *Newton-Raphson* hingga memenuhi kriteria konvergensi untuk seluruh parameter. Hasil perkembangan nilai konvergensi disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil Iterasi *Newton-Raphson*

Parameter	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4
Rezim 1 (<i>Bearish</i>)				
ϕ_{10}	-5,643	-12,281	-12,283483	-12,283484
ϕ_{11}	-0,125	-0,1593639	-0,1593746	-0,1593746
ϕ_{12}	-0,098	-0,0927838	-0,0927837	-0,0927837
Rezim 2 (<i>Bullish</i>)				
ϕ_{20}	18,166	21,1150	21,115740	21,115741
ϕ_{21}	-0,351	-0,370284	-0,370288	-0,370288
ϕ_{22}	-0,077	-0,078542	-0,078541	-0,078541
Parameter Transisi				
γ	7,8983508	7,89835078	7,89835072	7,89835067
c	-15,9869551	-15,9869552	-15,9869553	-15,9869554
Kriteria Konvergensi				
$\max \theta^k - \theta^{k-1} $	$2,27 \times 10^1$	$6,64 \times 10^0$	$1,90 \times 10^{-3}$	$5,88 \times 10^{-7}$

Berdasarkan Tabel 4.7, metode *Newton-Raphson* berhasil mencapai konvergensi pada iterasi keempat dengan nilai maksimum selisih parameter sebesar $5,88 \times 10^{-7}$ yang lebih kecil dari batas toleransi konvergensi 10^{-5} . Pola penurunan selisih konvergensi pada tiap iterasi yang semakin kecil menunjukkan bahwa

algoritma *Newton-Raphson* bekerja secara stabil menuju titik optimum. Berdasarkan proses iterasi tersebut, nilai parameter yang didapatkan pada iterasi ke-4 untuk LSTAR(2,1) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.8 Estimasi Model LSTAR(2,1)

Parameter	Koefisien
Rezim 1 (<i>Bearish</i>)	
$\phi_{1,0}$	-12,283
$\phi_{1,1}$	-0,159
$\phi_{1,2}$	-0,092
Rezim 2 (<i>Bullish</i>)	
$\phi_{2,0}$	21,115
$\phi_{2,1}$	-0,370
$\phi_{2,2}$	-0,078
Parameter Transisi	
γ	7,898
c	-15,986

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil estimasi parameter menunjukkan bahwa LSTAR(2,1) terdiri dari dua rezim atau dua kondisi pasar, yaitu kondisi saat harga cenderung menurun dan kondisi saat harga cenderung meningkat. Pada rezim pertama, nilai konstanta sebesar -12,283 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan harga saham. Koefisien pada lag pertama (X_{t-1}) sebesar -0,159 dan lag kedua (X_{t-2}) sebesar -0,092 menunjukkan bahwa perubahan harga pada satu hingga dua periode sebelumnya masih memberikan tekanan ke arah penurunan. Kondisi ini dapat diartikan sebagai fase pasar yang lemah atau *bearish*.

Pada rezim kedua, nilai konstanta sebesar 21,115 menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan harga saham. Koefisien pada lag pertama sebesar -0,370 dan lag kedua sebesar -0,078 mengindikasikan bahwa setelah terjadi kenaikan,

harga saham cenderung mengalami penyesuaian pada periode berikutnya. Kondisi tersebut juga dapat diidentifikasi sebagai fase pasar yang lebih optimis atau *bullish*, di mana harga saham cenderung mengalami peningkatan meskipun tetap disertai dengan mekanisme koreksi jangka pendek.

Nilai parameter transisi $\gamma = 7,898$ menunjukkan bahwa perpindahan antar rezim terjadi relatif cepat, sehingga perubahan kondisi pasar dapat ditangkap dengan baik oleh model. Parameter *threshold* $c = -15,986$ merupakan batas yang menentukan perpindahan antar rezim atau kondisi pasar berdasarkan nilai variabel transisi $s_t = X_{t-1}$. Ketika nilai $X_{t-1} < -15,986$, maka nilai fungsi transisi cenderung berada pada rezim pertama (menurun). Sebaliknya, ketika nilai $X_{t-1} > -15,986$, maka nilai fungsi transisi cenderung berada pada rezim kedua (meningkat).

Hasil estimasi parameter model pada Tabel 4.10 disubstitusikan ke dalam persamaan (4.5) sehingga diperoleh model sebagai berikut:

$$X_t = (-12,283 - 0,159X_{t-1} - 0,092X_{t-2} \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(X_{t-1} + 15,986))}} \right) \right) + (21,115 - 0,370X_{t-1} - 0,078X_{t-2} \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(X_{t-1} + 15,986))}} \right) + \varepsilon_t \quad (4.9)$$

4.8 Uji Asumsi Residual

Setelah diperoleh model LSTAR(2,1), langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap residual model yang bertujuan untuk memastikan bahwa model yang dihasilkan telah memenuhi asumsi-asumsi dalam analisis *time series*. Berikut beberapa pengujian yang dilakukan terhadap residual dari model LSTAR(2,1).

4.8.1 Uji Autokorelasi Residual

Uji autokorelasi residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual masih memiliki korelasi pada lag tertentu. Pengujian dilakukan menggunakan Ljung-Box sesuai dengan persamaan (2.15) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : r_1 = r_2 = \dots = r_k = 0 \text{ (tidak ada autokorelasi)}$$

$$H_1 : \exists r_k \neq 0 \text{ dengan } k = 1, 2, \dots, h \text{ (terdapat autokorelasi)}$$

Kriteria pengambilan keputusan yakni jika nilai $p - value < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat autokorelasi pada residual model. Hasil uji Ljung-Box ditampilkan sebagaimana tabel berikut.

Tabel 4.9 Hasil Uji Autokorelasi Residual

Lag	Q_{hitung}	$p - value$
1	$4,837 \times 10^{-6}$	0,998
2	$9,410 \times 10^{-2}$	0,954
3	1,397	0,706
4	2,570	0,632
5	2,604	0,760
6	8,075	0,232
7	2,745	0,180
8	2,799	0,239
9	2,827	0,315
10	2,935	0,370
11	3,506	0,299
12	3,642	0,337
13	3,696	0,395
14	3,941	0,412
15	4,050	0,452
16	4,920	0,315
17	5,001	0,363
18	5,626	0,292

Berdasarkan Tabel 4.9, nilai $p - value > \alpha = 0,05$ pada seluruh lag, sehingga H_0 gagal ditolak, yang berarti tidak terdapat autokorelasi pada residual model LSTAR(2,1).

4.8.2 Uji Heteroskedastisitas Residual

Uji heteroskedastisitas residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual model memiliki varian yang konstan (homoskedastisitas). Pengujian dilakukan menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM) sesuai dengan persamaan (2.16) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0 \text{ (tidak ada heteroskedastisitas)}$$

$$H_1: \exists \alpha_i \neq 0 \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, h \text{ (terdapat heteroskedastisitas)}$$

Kriteria pengambilan keputusan yakni jika $p - value < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak yang berarti residual bersifat heteroskedastis. Hasil uji LM ditampilkan sebagaimana tabel berikut.

Tabel 4.10 Hasil Uji Heteroskedastisitas Residual

<i>LM</i>	<i>p - value</i>
17,251	0,505

Berdasarkan Tabel 4.10, nilai $p - value > \alpha = 0,05$. Sehingga H_0 gagal ditolak, yang berarti residual model bersifat konstan atau tidak mengandung heteroskedastisitas.

4.8.3 Uji Normalitas Residual

Uji normalitas residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual model mengikuti distribusi normal. Pengujian dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov sesuai dengan persamaan (2.14) dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \text{Data berdistribusi normal}$$

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Kriteria pengambilan keputusan yakni jika nilai $p - value < \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak yang berarti residual tidak mengikuti distribusi normal. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov ditampilkan sebagaimana tabel berikut.

Tabel 4.11 Hasil Uji Normalitas Residual

<i>D</i>	<i>p - value</i>
0,061	0,203

Berdasarkan Tabel 4.11, nilai $p - value > \alpha = 0,05$. Sehingga H_0 gagal ditolak, yang berarti residual model mengikuti distribusi normal.

4.9 Prediksi dan Transformasi Data

Setelah seluruh asumsi residual pada model LSTAR(2,1) terpenuhi, persamaan (4.9) kemudian digunakan untuk melakukan prediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero). Model dibangun berdasarkan data *differencing* orde pertama, sehingga hasil prediksi yang dihasilkan masih berada pada skala *differencing* (X_t).

Perhitungan prediksi periode ke-303 dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \hat{X}_{303} &= -12,283 - (0,159(-210)) - (0,092(-30)) \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(-30+15,986))}} \right) \right) \\
 &\quad + 21,115 - (0,370(-210)) - (0,078(-30)) \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(-30+15,986))}} \right) \\
 &= 23,867
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh, nilai prediksi data *differencing* harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) pada 10 November 2024 sebesar 4,447. Dengan prosedur yang sama, hasil prediksi untuk $\hat{X}_{303}$ hingga $\hat{X}_{378}$ disajikan pada Lampiran 6. Setelah seluruh nilai prediksi *differencing* diperoleh, langkah berikutnya adalah mengembalikan data ke bentuk harga saham asli melalui proses *inverse differencing* pada persamaan (2.13). Menggunakan nilai terakhir data

training, hasil *inverse differencing* untuk data pertama diperoleh sebagai berikut, sedangkan untuk periode selanjutnya disajikan pada Lampiran 7.

$$Y_2 = X_2 + Y_1 = 160 + 3.860 = 4.020$$

dengan $Y_{302} = 2.780$, nilai prediksi pada *inverse differencing* sebagai berikut

$$\hat{Y}_{303} = \hat{X}_{302} + Y_{301} = 23,867 + 2.540 = 2.563,87$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai prediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) pada data aktual 10 November 2024 adalah Rp2.563,87. Menggunakan cara yang sama, perhitungan untuk harga prediksi $\hat{Y}_{304}$ hingga $\hat{Y}_{378}$ dan *inverse differencing* disajikan pada Lampiran 7.

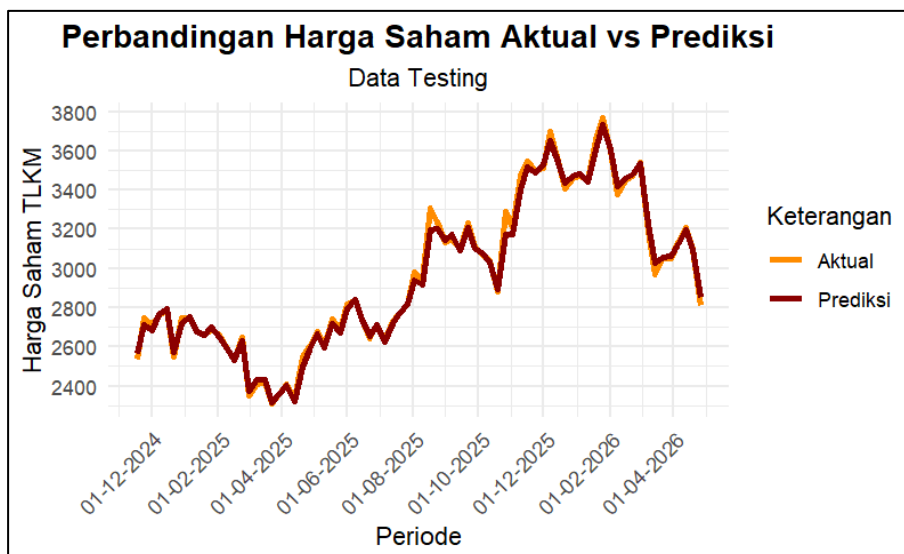
4.10 Evaluasi Model

Model dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang terdapat pada persamaan (2.40). MAPE digunakan untuk mengukur rata-rata kesalahan prediksi dalam bentuk persentase antara data aktual *testing* dengan hasil prediksi pada harga saham asli. Perhitungan MAPE dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MAPE &= \left(\frac{1}{75} \left(\left| \frac{2.540 - 2.563}{2.540} \right| + \dots + \left| \frac{2.810 - 2.854}{2.810} \right| \right) \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{1}{75} (-0,009 + \dots + 0,015) \right) \times 100\% \\ &= 0,673\% \end{aligned} \tag{4.11}$$

Berdasarkan tingkat akurasi MAPE, nilai tersebut masuk pada kategori sangat akurat sesuai pada Tabel (2.1). Nilai MAPE 0,673% menunjukkan bahwa model LSTAR(2,1) memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan baik untuk digunakan dalam memprediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero).

Grafik perbandingan data aktual dan prediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) pada data *testing* ditampilkan pada gambar berikut.

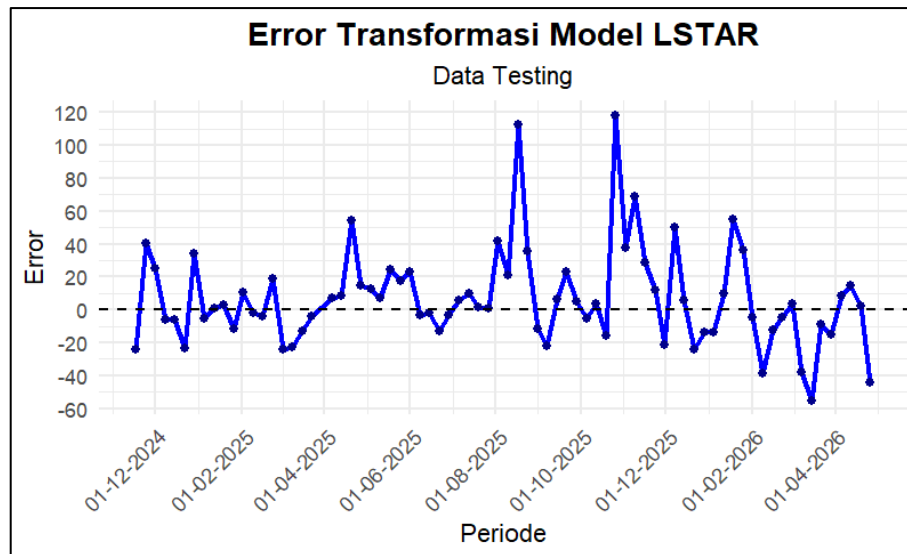


Gambar 4.4 Grafik Perbandingan pada Data *Testing*

Gambar 4.4 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan antara data aktual dengan prediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) menggunakan LSTAR(2,1). Grafik menunjukkan bahwa hasil prediksi model LSTAR bergerak searah berdekatan dengan garis aktual sepanjang periode pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa model berhasil menangkap pola utama perubahan harga saham, baik saat kenaikan maupun penurunan. Model juga mampu mengikuti tren yang dapat dilihat ketika terjadi kenaikan tajam pada akhir tahun 2025 dan penurunan pada awal tahun 2026. Secara keseluruhan, grafik tersebut menunjukkan bahwa model LSTAR(2,1) cukup akurat dalam menangkap arah pergerakan pasar.

Gambar 4.5 merupakan grafik *error* yang menunjukkan selisih antara nilai aktual dan hasil prediksi pada data *testing*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa *error* berfluktuasi di sekitar garis nol, yang mengindikasikan bahwa model mampu menghasilkan prediksi yang relatif mendekati nilai aktual. Pola *error* yang menyebar di sekitar nol menunjukkan bahwa model tidak mengalami penurunan akurasi secara sistematis di periode yang lebih panjang. Dengan demikian, model

LSTAR(2,1) dapat dikatakan cukup baik dalam menangkap pola umum pergerakan data. Grafik *error* pada data *testing* ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.5 Grafik *Error* pada Data *Testing*

4.11 Forecasting

Setelah model LSTAR(2,1) dinyatakan memiliki tingkat akurasi yang sangat baik berdasarkan nilai MAPE 0,6%, maka model tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan peramalan harga saham mingguan PT Telkom Indonesia (Persero) pada periode mendatang. Peramalan dilakukan untuk periode Mei 2026 menggunakan data historis perubahan harga pada April 2026. Proses peramalan dilakukan secara bertahap dengan memanfaatkan nilai observasi terakhir serta hasil prediksi sebelumnya sesuai struktur model. Perhitungan peramalan untuk tanggal 3 Mei 2026 dituliskan sebagai berikut:

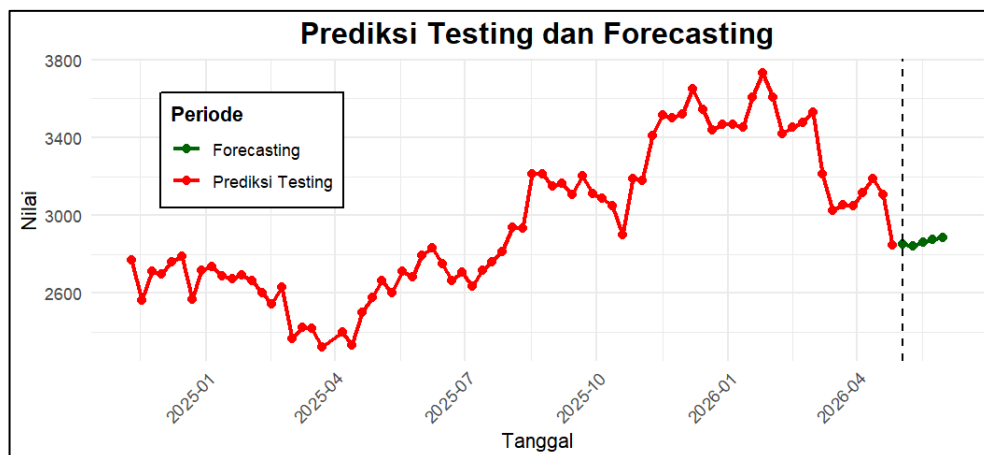
$$\begin{aligned}
 \hat{X}_{379} &= -12,283 - (0,159(0)) - (0,092(-290)) \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(0+15,986))}} \right) \right) \\
 &\quad + 21,115 - (0,370(0)) - (0,078(-290)) \left(\frac{1}{1 + e^{(-7,898(0+15,986))}} \right) \\
 &= 43,735 \\
 \hat{Y}_{379} &= 43,735 + 2.810 = 2.853
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh hasil peramalan untuk 3 Mei 2026 sebesar Rp2.853. Nilai tersebut menunjukkan adanya potensi kenaikan pada harga saham mingguan PT Telkom Indonesia (Persero). Berdasarkan data historis yang dikutip melalui investing.com, harga penutupan mingguan pada 3 Mei 2026 tercatat sebesar Rp2.960. Hasil aktual tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai peramalan, sehingga mendukung bahwa model yang digunakan mampu memberikan peramalan yang cukup baik. Perhitungan peramalan untuk periode Mei 2026 secara lengkap disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Hasil *Forecasting*

Tanggal	<i>Forecasting</i>
3 Mei 2026	Rp2.853
10 Mei 2026	Rp2.840
17 Mei 2026	Rp2.862
24 Mei 2026	Rp2.875
31 Mei 2026	Rp2.887

Berdasarkan Tabel 4.12, hasil peramalan harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) selama Mei 2026 diperkirakan bergerak relatif stabil dengan kecenderungan meningkat secara bertahap. Namun, pada minggu kedua bulan Mei yakni tanggal 10 Mei 2026, diperkirakan terdapat sedikit penurunan menjadi Rp2.840. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya tren positif pada bulan Mei 2026. Plot data prediksi *testing* dan *forecasting* ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Grafik Prediksi *Testing* dan *Forecasting*

4.12 Kajian Integrasi Penelitian dalam Islam

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR)(2,1) dengan estimasi *Newton-Raphson* mampu memberikan prediksi harga saham yang akurat. Dalam perspektif Islam, hasil ini dapat dikaitkan dengan prinsip Al-Qur'an QS. Al-Baqarah ayat 256, yang menekankan pentingnya penggunaan akal secara tepat dan bijaksana dalam pengambilan keputusan. Ayat ini mengajarkan pentingnya pemanfaatan anugerah hikmah (ilmu dan kebijaksanaan) yang telah diberi oleh Allah untuk sesuatu yang bermanfaat bagi orang banyak. Oleh karena itu, penggunaan metode matematis seperti LSTAR dan *Newton-Raphson* dalam penelitian ini mencerminkan implementasi hikmah, yakni mengolah data secara sistematis untuk memperoleh hasil yang bermanfaat.

Proses estimasi menggunakan metode *Newton-Raphson* yang bersifat iteratif, yakni memperbaiki kesalahan secara bertahap hingga mencapai hasil optimal, sejalan dengan konsep *muhasabah* dalam Islam. Dalam QS. Al-Hasyr ayat 18 dijelaskan bahwa setiap manusia hendaknya senantiasa mengevaluasi apa yang

telah diperbuatnya. Hal ini selaras dengan proses iterasi *Newton-Raphson* yang terus melakukan perbaikan estimasi hingga konvergen pada nilai terbaik.

Lebih lanjut, hasil penelitian yang menghasilkan prediksi harga saham dapat dikaitkan dengan prinsip kehati-hatian dalam pengambilan keputusan ekonomi. QS. An-Nisa ayat 29 menegaskan bahwa manusia dilarang memakan harta dengan cara yang batil dan harus dilakukan melalui transaksi yang adil. Dalam Tafsir Al-Munir dijelaskan bahwa setiap aktivitas ekonomi, termasuk investasi saham, harus dilandasi kejujuran, transparansi, dan tanggung jawab. Dengan adanya model prediksi yang akurat, investor dapat mengambil keputusan dengan lebih rasional dan terhindar dari spekulasi yang berlebihan (*gharar*). Dengan kata lain, model prediksi ini membantu menggeser perilaku investor dari yang bersifat *maysir* menjadi ikhtiar berbasis ilmu.

Di sisi lain, kemampuan model LSTAR dalam menangkap perubahan rezim pasar (*bullish* dan *bearish*) mencerminkan bahwa fenomena ekonomi bersifat dinamis. Hal ini sesuai dengan *sunnatullah* bahwa kehidupan berjalan dalam perubahan dan ketidakpastian. Oleh karena itu, manusia diperintahkan untuk berikhtiar dan melakukan analisis terbaik, sebagaimana dalam QS. Al-Mulk ayat 15 yang mendorong manusia untuk menjelajah, meneliti, dan mencari rezeki dengan cara yang halal.

Pada penelitian ini, data saham yang digunakan adalah milik PT Telkom Indonesia (Persero) yang merupakan perusahaan yang bergerak di sektor telekomunikasi dan teknologi informasi serta memiliki nilai sosial dan kebermanfaatan. Secara umum, perusahaan ini termasuk dalam kategori usaha halal karena tidak berkaitan dengan aktivitas yang dilarang seperti riba, perjudian, atau

produksi barang haram. Dalam praktik pasar modal syariah di Indonesia, Otoritas Jasa Keuangan (OJK) melakukan penyaringan saham melalui Daftar Efek Syariah (DES), di mana saham yang masuk dalam daftar tersebut telah memenuhi kriteria syariah. Saham TLKM dalam banyak periode termasuk dalam saham syariah, sehingga secara prinsip layak dijadikan instrumen investasi dalam Islam.

Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi dalam bidang statistika dan peramalan ekonomi, tetapi juga sejalan dengan nilai-nilai Islam. Penggunaan model LSTAR dengan estimasi *Newton-Raphson* mencerminkan pemanfaatan ilmu sebagai bentuk hikmah, penerapan prinsip kehati-hatian dalam muamalah, serta implementasi *muhasabah* melalui proses evaluasi berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan ilmiah dan nilai-nilai Islam dapat berjalan selaras dalam mendukung pengambilan keputusan ekonomi yang rasional dan bermanfaat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model LSTAR(2,1) pada perubahan harga saham PT Telkom Indonesia (Persero) dengan estimasi *Newton-Raphson* dituliskan sebagai berikut.

$$X_t = -12,556 - 0,184X_{t-1} - 0,132X_{t-2} \left(1 - \left(\frac{1}{1 + e^{(-5,948(X_{t-1} + 20,120))}} \right) \right) \\ + 15,512 - 0,337X_{t-1} - 0,077X_{t-2} \left(\frac{1}{1 + e^{(-5,948(X_{t-1} + 20,120))}} \right) + \varepsilon_t$$

Persamaan LSTAR(2,1) tersebut menunjukkan adanya dua kondisi pasar, yaitu *bearish* dan *bullish* dengan pergerakan perubahan harga saham (X_t) dipengaruhi oleh perubahan harga satu minggu (X_{t-1}) dan dua minggu (X_{t-2}) sebelumnya. Pada kondisi *bearish*, konstanta sebesar $-12,556$ menunjukkan kecenderungan penurunan harga, dengan koefisien $-0,184$ dan $-0,132$ yang berarti perubahan harga pada periode sebelumnya berpengaruh menurunkan perubahan harga saat ini. Pada kondisi *bullish*, konstanta sebesar $15,512$ menunjukkan kecenderungan harga mengalami kenaikan, dengan koefisien $-0,337$ dan $-0,077$ yang mengindikasikan bahwa kenaikan pada periode sebelumnya dapat mengurangi besarnya kenaikan pada periode saat ini.

2. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh yakni $0,6\%$, yang menunjukkan bahwa model LSTAR(2,1) dengan estimasi *Newton-*

Raphson memiliki tingkat akurasi yang sangat baik dalam memprediksi harga saham PT Telkom Indonesia (Persero).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni penambahan variabel lain seperti indikator makroekonomi dapat dipertimbangkan, sehingga dapat meningkatkan akurasi model dengan menangkap pola eksternal yang mempengaruhi harga saham.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, R., & Agrawal, R. . (2013). An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting Ratnadip Adhikari R. K. Agrawal. *ArXiv Preprint ArXiv:1302.6613*, 1302.6613, 1–68.
- Aditiya, N. Y., Evani, E. S., & Maghfiroh, S. (2023). Konsep uji asumsi klasik pada regresi linier berganda, 2(2), 102–110.
- Aljawwi, M. (2024). Tafsir Fi Zhilalil-Qur'an Surah Al-Baqarah. *Jakarta: Gema Insani*. Retrieved from <https://www.alishlah.com/2018/12/download-tafsir-fi-zilalil-quran-bahasa.html>
- Aziz, A. (2007). *Ekonometrika Teori & Praktik Eksperimen dengan MATLAB*. Malang.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2019). *TIME SERIES ANALYSIS Forecasting and Control. Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11).
- Brockwell, P. (2011). Discussion of “Threshold models in time series analysis - 30 years on.” *Statistics and Its Interface*, 4(2), 129–130. <https://doi.org/10.4310/SII.2011.v4.n2.a5>
- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.11.021>
- Erkekoglu, H., Peter, A., Garang, M., & Deng, A. S. (2020). Comparative Evaluation of Forecast Accuracies for ARIMA , Exponential Smoothing and VAR, 10(6), 206–216.
- Faisal, A. (2021). Prediksi Saham Telkom Dengan Metode Arima. *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (BLOGCHAIN)*, 1(2), 45–50. <https://doi.org/10.55122/blogchain.v1i2.298>
- Gawade, S., Kudtarkar, A., Sawant, S., & Wadekar, H. (2024). The Newton-Raphson Method : A Detailed Analysis. *IJRASET*, 12(11).
- Gunawan, W. (2025). Equity Market Commentary : Maret 2025. Retrieved from <https://www.mandiri-investasi.co.id/id/artikel/market-update/equity-market-commentary-maret-2025/> - mandiri
- Herranz, E. (2017). Unit root tests. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 9(3), 111–139. <https://doi.org/10.1002/wics.1396>
- Hyndman, L. R. J. (2014). *Forecasting : Principles & Practice*, (September).
- Hyndman, R. J. (2008). Automatic Time Series Forecasting : The forecast Package for R, 27(3).
- Kementrian Agama Republik Indonesia. (2025). Qur'an Kemenag. *Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an*.

- Kirchgassner, G., & Wolters, J. (2010). *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Vol. 173).
https://doi.org/10.1111/j.1467-985x.2009.00624_5.x
- Kresnawati, G., Warsito, B., & Hoyyi, A. (2018). Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan Dengan Metode Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR). <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v7i1.26638>
- Lindström, E., Madsen, H., & Nielsen, J. N. (2019). Nonlinear time series models. *Statistics for Finance*, 73–102. <https://doi.org/10.1201/9781315372204-5>
- Malik, A. (2019). Fiqih Ekonomi Qur’ani An-Nisa 29 (Representasi Qur’an bagi Ekonomi Keumatan). *Pustaka Pranala*, 7.
- Maria, N., Bianchesi, P., & Eliane, C. (2022). A nonlinear time-series prediction methodology based on neural networks and tracking signals, 5411.
<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20220064>
- Marvilla, B. L. (2013). Pemodelan Dan Peramalan Penutupan Harga Saham Pt. Telkom Dengan Metode Arch-Garch. *Jurnal MATH Uensa*, 2.
- Maulana, R. (2020). Telkom (TLKM) Ulang Tahun Perak, Begini Laju Sahamnya Selama 25 Tahun.
- Melani, A. (2022). Telkom Indonesia Raup Pendapatan Rp 35,20 Triliun pada Kuartal I 2022. Retrieved from
https://www.liputan6.com/saham/read/4959042/telkom-indonesia-raup-pendapatan-rp-3520-triliun-pada-kuartal-i-2022#google_vignette -liputan 6
- Mihrani, M. (2015). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Harga Saham PT Telkom Tbk di Bursa Efek Jakarta. *Jurnal Bisnis Dan Kewirausahaan*.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction To Time Series Analysis And Forecasting* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nor, S. R. M., Yusof, F., & Kane, I. L. (2015). Nonlinear Smooth Transition Autoregressive (STAR)-Type Modelling and Forecasting on Malaysia Airlines (MAS) Stock Returns. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 74(11), 137–145. Retrieved from
<https://jurnalteknologi.utm.my/index.php/jurnalteknologi/article/view/5129>
- Noval Agatra, D. F., Razaq, M. F. N., Sari, Y. F., Tyasari, F., & Fathurohman, A. (2023). Menguji Keefisienan Metode Newton-Raphson, Metode Secant, Dan Metode Bisection Dalam Memprediksi Implied Volatilities Saham Pt Bank Central Asia Tbk (Bbca). *Jurnal Komputer Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.26714/v1i1.11287>
- Odelia, M., Asih, D., Maruddani, I., & Yasin, H. (2020). Peramalan Harga Saham Dengan Metode Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR) (Studi Kasus pada Harga Saham Mingguan PT. Bank Mandiri Tbk Periode 03 Januari 2011 sampai 24 Desember 2018). *JURNAL GAUSSIAN*, 9(4), 391–401.

- Pratama, I., Sumarjaya, I. W., & Suciptawati, N. (2022). Peramalan Harga Bitcoin Dengan Metode Smooth Transition Autoregressive (STAR). *E-Jurnal Matematika*, null, null. <https://doi.org/10.24843/mtk.2022.v11.i02.p367>
- Priyadi, I. H., Wijaya, R., Ready, A., Naedi, A., Safriyanto, Salimah, S., ... Sholehah, N. A. (2021). Investasi Itu Mudah, 1–113.
- Purba, S., a, S., & Darnius, O. (2018). Maximum Likelihood Based on Newton Raphson, Fisher Scoring and Expectation Maximization Algorithm Application on Accident Data. *International Journal of Advanced Research*, 6(1), 965–969. <https://doi.org/10.21474/ijar01/6306>
- Putri, G. A. M. A., Hendayanti, N. P. N., & Nurhidayati, M. (2017). Pemodelan Data Deret Waktu Dengan Autoregressive Integrated Moving Average Dan Logistic Smoothing Transition Autoregressive. *Jurnal Varian*, 1(1), 54. <https://doi.org/10.30812/varian.v1i1.50>
- Putri, K. A. (2025). IHSG Sepekan Ambles 1,81 Persen, Kapitalisasi Pasar jadi Rp11.235 Triliun. Retrieved from <https://infobanknews.com/ihs-sepekan-ambles-181-persen-kapitalisasi-pasar-jadi-rp11-235-triliun-infobank>
- Qutb, S. (2012). Tafsir Fi Zilalil Quran XI. Retrieved from <https://tafsirzilal.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/06/al-mulk-indon.pdf>
- Rahayuni, I. A. E., Dharmawan, K., & Ida Harini, L. P. (2016). Perbandingan Keefisienan Metode Newton-Raphson, Metode Secant, Dan Metode Bisection Dalam Mengestimasi Implied Volatilities Saham. *E-Jurnal Matematika*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.24843/mtk.2016.v05.i01.p113>
- Respati, P., & Irwanto, A. K. (2016). Estimasi Bullish dan Bearish dengan Model Perpindahan Markov dan Risiko Sistematis (beta) dengan Model Penilaian Modal Sharpe dalam Investasi Saham di Bursa Efek Indonesia , Tahun 2011 - 2016 panjang yang telah dipublikasikan dua tahun sebelumnya (PwC 2013), dengan lembaga pemeringkat investasi terkemuka di dunia . Setelah krisis moneter tahun.
- Rob J Hyndman. (2014). Forecasting: Principles & Practice.
- Rosyd, A., Irma Purnamasari, A., & Ali, I. (2024). Penerapan Metode Long Short Term Memory (Lstm) Dalam Memprediksi Harga Saham Pt Bank Central Asia. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 501–506. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8440>
- Rusdi. (2011). Uji Akar-Akar Unit dalam Model Runtun Waktu Autoregresif. *Satistika*, 11(2), 67–78.
- Sihaloho, Y. M., Sabrina, C. A. S., & Pandin, M. Y. R. (2025). Factors Affecting the Financial Resilience of Investors in the Capital Market Sector: Case Study on PT Telkom Indonesia Tbk. *Neraca Keuangan : Jurnal Ilmiah Akuntansi Dan Keuangan*, 20(1), 123–131. <https://doi.org/10.32832/neraca.v20i1.18200>

- Stephens, B. M. A. (2016). Kolmogorov – Smirnov Tests of Fit, 1–10.
<https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat01632.pub2>
- Terasvirta, T. (1994). *Specification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models*. Source: *Journal of the American Statistical Association* (Vol. 89).
- Usman, B., Nurazi, R., & Zulkarnain, I. (2012). Analisis Akurasi Bearish Versus Bullish Dengan Menggunakan Candlestick Analysis : Studi Empiris Terhadap Indeks Saham LQ45 (1999-2012), 7(2), 154–171.
- Van Dijk, D. (1999). Smooth Transition Models: Extensions and Outlier Robust Inference.
- Willis, B. H., Baragilly, M., & Coomar, D. (2020). Maximum likelihood estimation based on Newton–Raphson iteration for the bivariate random effects model in test accuracy meta-analysis. *Statistical Methods in Medical Research*, 29(4), 1197–1211. <https://doi.org/10.1177/0962280219853602>
- Yaya, O. O. S., & Shittu, O. I. (2016). Symmetric variants of logistic smooth transition autoregressive models: Monte Carlo evidences. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 15(1), 711–737.
<https://doi.org/10.22237/jmasm/1462077240>
- Yuantisya, M. (2022). IHSG Cetak Rekor Lagi Tembus Level 7.200, Asing Borong Saham Telkom hingga BCA. Retrieved from
<https://www.tempo.co/ekonomi/ihsg-cetak-rekor-lagi-tembus-level-7-200-asing-borong-saham-telkom-hingga-bca-373205>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero) (Y_t)

No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t
1	06/01/2019	3860	38	29/09/2019	4190	75	14/06/2020	3280
2	13/01/2019	4020	39	06/10/2019	4170	76	21/06/2020	3190
3	20/01/2019	3880	40	13/10/2019	4190	77	28/06/2020	3120
4	27/01/2019	3870	41	20/10/2019	4280	78	05/07/2020	3110
5	03/02/2019	3850	42	27/10/2019	4080	79	12/07/2020	3060
6	10/02/2019	3790	43	03/11/2019	4110	80	19/07/2020	3020
7	17/02/2019	3840	44	10/11/2019	4080	81	26/07/2020	3050
8	24/02/2019	3910	45	17/11/2019	4050	82	02/08/2020	2980
9	03/03/2019	3740	46	24/11/2019	3930	83	09/08/2020	3030
10	10/03/2019	3740	47	01/12/2019	4100	84	16/08/2020	3000
11	17/03/2019	3820	48	08/12/2019	3990	85	23/08/2020	2960
12	24/03/2019	3950	49	15/12/2019	4020	86	30/08/2020	2860
13	31/03/2019	4050	50	22/12/2019	3990	87	06/09/2020	2810
14	07/04/2019	3830	51	29/12/2019	3980	88	13/09/2020	2890
15	14/04/2019	3860	52	05/01/2020	3980	89	20/09/2020	2690
16	21/04/2019	3910	53	12/01/2020	3810	90	27/09/2020	2680
17	28/04/2019	3820	54	19/01/2020	3920	91	04/10/2020	2730
18	05/05/2019	3790	55	26/01/2020	3800	92	11/10/2020	2750
19	12/05/2019	3510	56	02/02/2020	3790	93	18/10/2020	2630
20	19/05/2019	3750	57	09/02/2020	3640	94	25/10/2020	2620
21	26/05/2019	3900	58	16/02/2020	3690	95	01/11/2020	2830
22	09/06/2019	3990	59	23/02/2020	3490	96	08/11/2020	2990
23	16/06/2019	4040	60	01/03/2020	3750	97	15/11/2020	3220
24	23/06/2019	4140	61	08/03/2020	3390	98	22/11/2020	3460
25	30/06/2019	4280	62	15/03/2020	2880	99	29/11/2020	3250
26	07/07/2019	4180	63	22/03/2020	3090	100	06/12/2020	3280
27	14/07/2019	4270	64	29/03/2020	3200	101	13/12/2020	3510
28	21/07/2019	4160	65	05/04/2020	3120	102	20/12/2020	3320
29	28/07/2019	4280	66	12/04/2020	3230	103	27/12/2020	3310
30	04/08/2019	4260	67	19/04/2020	3090	104	03/01/2021	3570
31	11/08/2019	4280	68	26/04/2020	3500	105	10/01/2021	3480
32	18/08/2019	4380	69	03/05/2020	3190	106	17/01/2021	3390
33	25/08/2019	4450	70	10/05/2020	3100	107	24/01/2021	3110
34	01/09/2019	4210	71	17/05/2020	3180	108	31/01/2021	3290
35	08/09/2019	4160	72	24/05/2020	3150	109	07/02/2021	3190
36	15/09/2019	4290	73	31/05/2020	3230	110	14/02/2021	3210
37	22/09/2019	4310	74	07/06/2020	3030	111	21/02/2021	3490

No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t
112	28/02/2021	3320	152	05/12/2021	4150	192	18/09/2022	4380
113	07/03/2021	3450	153	12/12/2021	4100	193	25/09/2022	4460
114	14/03/2021	3440	154	19/12/2021	4110	194	02/10/2022	4350
115	21/03/2021	3490	155	26/12/2021	4040	195	09/10/2022	4290
116	28/03/2021	3390	156	02/01/2022	4170	196	16/10/2022	4360
117	04/04/2021	3360	157	09/01/2022	4190	197	23/10/2022	4450
118	11/04/2021	3360	158	16/01/2022	4330	198	30/10/2022	4210
119	18/04/2021	3310	159	23/01/2022	4260	199	06/11/2022	4150
120	25/04/2021	3200	160	30/01/2022	4230	200	13/11/2022	4010
121	02/05/2021	3190	161	06/02/2022	4450	201	20/11/2022	4030
122	09/05/2021	3180	162	13/02/2022	4400	202	27/11/2022	4000
123	16/05/2021	3270	163	20/02/2022	4340	203	04/12/2022	3650
124	23/05/2021	3270	164	27/02/2022	4400	204	11/12/2022	3680
125	30/05/2021	3500	165	06/03/2022	4590	205	18/12/2022	3780
126	06/06/2021	3470	166	13/03/2022	4540	206	25/12/2022	3750
127	13/06/2021	3350	167	20/03/2022	4520	207	01/01/2023	3710
128	20/06/2021	3250	168	27/03/2022	4580	208	08/01/2023	3780
129	27/06/2021	3070	169	03/04/2022	4580	209	15/01/2023	3870
130	04/07/2021	3160	170	10/04/2022	4680	210	22/01/2023	3960
131	11/07/2021	3170	171	17/04/2022	4620	211	29/01/2023	3880
132	18/07/2021	3170	172	24/04/2022	4620	212	05/02/2023	3800
133	25/07/2021	3240	173	08/05/2022	4260	213	12/02/2023	3760
134	01/08/2021	3320	174	15/05/2022	4170	214	19/02/2023	4040
135	08/08/2021	3300	175	22/05/2022	4300	215	26/02/2023	3900
136	15/08/2021	3400	176	29/05/2022	4310	216	05/03/2023	4010
137	22/08/2021	3320	177	05/06/2022	4020	217	12/03/2023	4050
138	29/08/2021	3390	178	12/06/2022	4120	218	19/03/2023	4070
139	05/09/2021	3330	179	19/06/2022	4150	219	26/03/2023	4060
140	12/09/2021	3530	180	26/06/2022	4020	220	02/04/2023	4250
141	19/09/2021	3560	181	03/07/2022	4010	221	09/04/2023	4340
142	26/09/2021	3660	182	10/07/2022	4150	222	16/04/2023	4270
143	03/10/2021	3800	183	17/07/2022	4230	223	23/04/2023	4250
144	10/10/2021	3810	184	24/07/2022	4230	224	30/04/2023	4170
145	17/10/2021	3870	185	31/07/2022	4650	225	07/05/2023	3980
146	24/10/2021	3800	186	07/08/2022	4550	226	14/05/2023	4020
147	31/10/2021	3770	187	14/08/2022	4600	227	21/05/2023	4130
148	07/11/2021	3600	188	21/08/2022	4490	228	28/05/2023	4040
149	14/11/2021	3900	189	28/08/2022	4600	229	04/06/2023	4150
150	21/11/2021	4010	190	04/09/2022	4600	230	11/06/2023	3970
151	28/11/2021	4070	191	11/09/2022	4410	231	18/06/2023	3950

No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t
232	25/06/2023	4000	272	31/03/2024	3430
233	02/07/2023	3960	273	14/04/2024	3150
234	09/07/2023	3930	274	21/04/2024	3030
235	16/07/2023	3860	275	28/04/2024	3160
236	23/07/2023	3720	276	05/05/2024	3080
237	30/07/2023	3690	277	12/05/2024	2990
238	06/08/2023	3810	278	19/05/2024	2940
239	13/08/2023	3760	279	26/05/2024	2900
240	20/08/2023	3720	280	02/06/2024	3050
241	27/08/2023	3720	281	09/06/2024	2720
242	03/09/2023	3690	282	16/06/2024	2950
243	10/09/2023	3720	283	23/06/2024	3130
244	17/09/2023	3860	284	30/06/2024	3020
245	24/09/2023	3750	285	07/07/2024	3220
246	01/10/2023	3780	286	14/07/2024	3140
247	08/10/2023	3850	287	21/07/2024	3100
248	15/10/2023	3700	288	28/07/2024	2850
249	22/10/2023	3500	289	04/08/2024	2830
250	29/10/2023	3570	290	11/08/2024	2960
251	05/11/2023	3550	291	18/08/2024	2950
252	12/11/2023	3550	292	25/08/2024	3060
253	19/11/2023	3620	293	01/09/2024	3040
254	26/11/2023	3830	294	08/09/2024	3110
255	03/12/2023	3940	295	15/09/2024	3150
256	10/12/2023	3980	296	22/09/2024	3050
257	17/12/2023	3960	297	29/09/2024	2880
258	24/12/2023	3950	298	06/10/2024	2940
259	31/12/2023	3890	299	13/10/2024	3100
260	07/01/2024	4010	300	20/10/2024	2910
261	14/01/2024	3940	301	27/10/2024	2780
262	21/01/2024	3980	302	03/11/2024	2750
263	28/01/2024	3990	303	10/11/2024	2540
264	04/02/2024	3980	304	17/11/2024	2750
265	11/02/2024	4160	305	24/11/2024	2710
266	18/02/2024	4100	306	01/12/2024	2760
267	25/02/2024	3920	307	08/12/2024	2790
268	03/03/2024	3860	308	15/12/2024	2550
269	10/03/2024	3970	309	22/12/2024	2750
270	17/03/2024	3900	310	29/12/2024	2750
271	24/03/2024	3470	311	05/01/2025	2680

No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t	No	Periode	Y_t
312	12/01/2025	2660	335	29/06/2025	2630	359	14/12/2025	3410
313	19/01/2025	2690	336	06/07/2025	2730	360	21/12/2025	3460
314	26/01/2025	2660	337	13/07/2025	2770	361	28/12/2025	3470
315	02/02/2025	2590	338	20/07/2025	2820	362	04/01/2026	3450
316	09/02/2025	2530	339	27/07/2025	2980	363	11/01/2026	3660
317	16/02/2025	2650	341	10/08/2025	3310	364	18/01/2026	3770
318	23/02/2025	2350	342	17/08/2025	3240	365	25/01/2026	3600
319	02/03/2025	2410	343	24/08/2025	3130	366	01/02/2026	3380
320	09/03/2025	2420	344	31/08/2025	3150	367	08/02/2026	3450
321	16/03/2025	2310	345	07/09/2025	3100	368	15/02/2026	3480
322	23/03/2025	2410	346	14/09/2025	3230	369	22/02/2026	3540
323	06/04/2025	2330	347	21/09/2025	3110	370	01/03/2026	3190
324	13/04/2025	2550	348	28/09/2025	3070	371	08/03/2026	2970
325	20/04/2025	2600	349	05/10/2025	3040	372	15/03/2026	3050
326	27/04/2025	2680	350	12/10/2025	2880	373	22/03/2026	3050
327	04/05/2025	2600	351	19/10/2025	3290	374	29/03/2026	3130
328	11/05/2025	2740	352	26/10/2025	3210	375	05/04/2026	3210
329	18/05/2025	2690	353	02/11/2025	3470	376	12/04/2026	3100
330	25/05/2025	2820	354	09/11/2025	3550	377	19/04/2026	2810
331	01/06/2025	2840	355	16/11/2025	3500	378	26/04/2026	2810
332	08/06/2025	2740	356	23/11/2025	3510			
333	15/06/2025	2640	357	30/11/2025	3700			
334	22/06/2025	2710	358	07/12/2025	3550			

Lampiran 2. Data *Differencing* Harga Saham (X_t)

No	Periode	X_t	No	Periode	X_t	No	Periode	X_t
1	06/01/2019	160	42	27/10/2019	30	83	09/08/2020	-30
2	13/01/2019	-140	43	03/11/2019	-30	84	16/08/2020	-40
3	20/01/2019	-10	44	10/11/2019	-30	85	23/08/2020	-100
4	27/01/2019	-20	45	17/11/2019	-120	86	30/08/2020	-50
5	03/02/2019	-60	46	24/11/2019	170	87	06/09/2020	80
6	10/02/2019	50	47	01/12/2019	-110	88	13/09/2020	-200
7	17/02/2019	70	48	08/12/2019	30	89	20/09/2020	-10
8	24/02/2019	-170	49	15/12/2019	-30	90	27/09/2020	50
9	03/03/2019	0	50	22/12/2019	-10	91	04/10/2020	20
10	10/03/2019	80	51	29/12/2019	0	92	11/10/2020	-120
11	17/03/2019	130	52	05/01/2020	-170	93	18/10/2020	-10
12	24/03/2019	100	53	12/01/2020	110	94	25/10/2020	210
13	31/03/2019	-220	54	19/01/2020	-120	95	01/11/2020	160
14	07/04/2019	30	55	26/01/2020	-10	96	08/11/2020	230
15	14/04/2019	50	56	02/02/2020	-150	97	15/11/2020	240
16	21/04/2019	-90	57	09/02/2020	50	98	22/11/2020	-210
17	28/04/2019	-30	58	16/02/2020	-200	99	29/11/2020	30
18	05/05/2019	-280	59	23/02/2020	260	100	06/12/2020	230
19	12/05/2019	240	60	01/03/2020	-360	101	13/12/2020	-190
20	19/05/2019	150	61	08/03/2020	-510	102	20/12/2020	-10
21	26/05/2019	90	62	15/03/2020	210	103	27/12/2020	260
22	09/06/2019	50	63	22/03/2020	110	104	03/01/2021	-90
23	16/06/2019	100	64	29/03/2020	-80	105	10/01/2021	-90
24	23/06/2019	140	65	05/04/2020	110	106	17/01/2021	-280
25	30/06/2019	-100	66	12/04/2020	-140	107	24/01/2021	180
26	07/07/2019	90	67	19/04/2020	410	108	31/01/2021	-100
27	14/07/2019	-110	68	26/04/2020	-310	109	07/02/2021	20
28	21/07/2019	120	69	03/05/2020	-90	110	14/02/2021	280
29	28/07/2019	-20	70	10/05/2020	80	111	21/02/2021	-170
30	04/08/2019	20	71	17/05/2020	-30	112	28/02/2021	130
31	11/08/2019	100	72	24/05/2020	80	113	07/03/2021	-10
32	18/08/2019	70	73	31/05/2020	-200	114	14/03/2021	50
33	25/08/2019	-240	74	07/06/2020	250	115	21/03/2021	-100
34	01/09/2019	-50	75	14/06/2020	-90	116	28/03/2021	-30
35	08/09/2019	130	76	21/06/2020	-70	117	04/04/2021	0
36	15/09/2019	20	77	28/06/2020	-10	118	11/04/2021	-50
37	22/09/2019	-120	78	05/07/2020	-50	119	18/04/2021	-110
38	29/09/2019	-20	79	12/07/2020	-40	120	25/04/2021	-10
39	06/10/2019	20	80	19/07/2020	30	121	02/05/2021	-10
40	13/10/2019	90	81	26/07/2020	-70	122	09/05/2021	90
41	20/10/2019	-200	82	02/08/2020	50	123	16/05/2021	0

No	Periode	X_t	No	Periode	X_t	No	Periode	X_t
124	23/05/2021	230	165	06/03/2022	-50	206	25/12/2022	-40
125	30/05/2021	-30	166	13/03/2022	-20	207	01/01/2023	70
126	06/06/2021	-120	167	20/03/2022	60	208	08/01/2023	90
127	13/06/2021	-100	168	27/03/2022	0	209	15/01/2023	90
128	20/06/2021	-180	169	03/04/2022	100	210	22/01/2023	-80
129	27/06/2021	90	170	10/04/2022	-60	211	29/01/2023	-80
130	04/07/2021	10	171	17/04/2022	0	212	05/02/2023	-40
131	11/07/2021	0	172	24/04/2022	-360	213	12/02/2023	280
132	18/07/2021	70	173	08/05/2022	-90	214	19/02/2023	-140
133	25/07/2021	80	174	15/05/2022	130	215	26/02/2023	110
134	01/08/2021	-20	175	22/05/2022	10	216	05/03/2023	40
135	08/08/2021	100	176	29/05/2022	-290	217	12/03/2023	20
136	15/08/2021	-80	177	05/06/2022	100	218	19/03/2023	-10
137	22/08/2021	70	178	12/06/2022	30	219	26/03/2023	190
138	29/08/2021	-60	179	19/06/2022	-130	220	02/04/2023	90
139	05/09/2021	200	180	26/06/2022	-10	221	09/04/2023	-70
140	12/09/2021	30	181	03/07/2022	140	222	16/04/2023	-20
141	19/09/2021	100	182	10/07/2022	80	223	23/04/2023	-80
142	26/09/2021	140	183	17/07/2022	0	224	30/04/2023	-190
143	03/10/2021	10	184	24/07/2022	420	225	07/05/2023	40
144	10/10/2021	60	185	31/07/2022	-100	226	14/05/2023	110
145	17/10/2021	-70	186	07/08/2022	50	227	21/05/2023	-90
146	24/10/2021	-30	187	14/08/2022	-110	228	28/05/2023	110
147	31/10/2021	-170	188	21/08/2022	110	229	04/06/2023	-180
148	07/11/2021	300	189	28/08/2022	0	230	11/06/2023	-20
149	14/11/2021	110	190	04/09/2022	-190	231	18/06/2023	50
150	21/11/2021	60	191	11/09/2022	-30	232	25/06/2023	-40
151	28/11/2021	80	192	18/09/2022	80	233	02/07/2023	-30
152	05/12/2021	-50	193	25/09/2022	-110	234	09/07/2023	-70
153	12/12/2021	10	194	02/10/2022	-60	235	16/07/2023	-140
154	19/12/2021	-70	195	09/10/2022	70	236	23/07/2023	-30
155	26/12/2021	130	196	16/10/2022	90	237	30/07/2023	120
156	02/01/2022	20	197	23/10/2022	-240	238	06/08/2023	-50
157	09/01/2022	140	198	30/10/2022	-60	239	13/08/2023	-40
158	16/01/2022	-70	199	06/11/2022	-140	240	20/08/2023	0
159	23/01/2022	-30	200	13/11/2022	20	241	27/08/2023	-30
160	30/01/2022	220	201	20/11/2022	-30	242	03/09/2023	30
161	06/02/2022	-50	202	27/11/2022	-350	243	10/09/2023	140
162	13/02/2022	-60	203	04/12/2022	30	244	17/09/2023	-110
163	20/02/2022	60	204	11/12/2022	100	245	24/09/2023	30
164	27/02/2022	190	205	18/12/2022	-30	246	01/10/2023	70

No	Periode	X_t	No	Periode	X_t
247	08/10/2023	-150	288	28/07/2024	-20
248	15/10/2023	-200	289	04/08/2024	130
249	22/10/2023	70	290	11/08/2024	-10
250	29/10/2023	-20	291	18/08/2024	110
251	05/11/2023	0	292	25/08/2024	-20
252	12/11/2023	70	293	01/09/2024	70
253	19/11/2023	210	294	08/09/2024	40
254	26/11/2023	110	295	15/09/2024	-100
255	03/12/2023	40	296	22/09/2024	-170
256	10/12/2023	-20	297	29/09/2024	60
257	17/12/2023	-10	298	06/10/2024	160
258	24/12/2023	-60	299	13/10/2024	-190
259	31/12/2023	120	300	20/10/2024	-130
260	07/01/2024	-70	301	27/10/2024	-30
261	14/01/2024	40	302	03/11/2024	-210
262	21/01/2024	10	303	10/11/2024	210
263	28/01/2024	-10	304	17/11/2024	-40
264	04/02/2024	180	305	24/11/2024	50
265	11/02/2024	-60	306	01/12/2024	30
266	18/02/2024	-180	307	08/12/2024	-240
267	25/02/2024	-60	308	15/12/2024	200
268	03/03/2024	110	309	22/12/2024	0
269	10/03/2024	-70	310	29/12/2024	-70
270	17/03/2024	-430	311	05/01/2025	-20
271	24/03/2024	-40	312	12/01/2025	30
272	31/03/2024	-280	313	19/01/2025	-30
273	14/04/2024	-120	314	26/01/2025	-70
274	21/04/2024	130	315	02/02/2025	-60
275	28/04/2024	-80	316	09/02/2025	120
276	05/05/2024	-90	317	16/02/2025	-300
277	12/05/2024	-50	318	23/02/2025	60
278	19/05/2024	-40	319	02/03/2025	10
279	26/05/2024	150	320	09/03/2025	-110
280	02/06/2024	-330	321	16/03/2025	100
281	09/06/2024	230	322	23/03/2025	-80
282	16/06/2024	180	323	06/04/2025	220
283	23/06/2024	-110	324	13/04/2025	50
284	30/06/2024	200	325	20/04/2025	80
285	07/07/2024	-80	326	27/04/2025	-80
286	14/07/2024	-40	327	04/05/2025	140
287	21/07/2024	-250	328	11/05/2025	-50

No	Periode	X_t	No	Periode	X_t
329	18/05/2025	130	354	16/11/2025	-50
330	25/05/2025	20	355	23/11/2025	10
331	01/06/2025	-100	356	30/11/2025	190
332	08/06/2025	-100	357	07/12/2025	-150
333	15/06/2025	70	358	14/12/2025	-140
334	22/06/2025	-80	359	21/12/2025	50
335	29/06/2025	100	360	28/12/2025	10
336	06/07/2025	40	361	04/01/2026	-20
337	13/07/2025	50	362	11/01/2026	210
338	20/07/2025	160	363	18/01/2026	110
339	27/07/2025	-40	364	25/01/2026	-170
340	10/08/2025	370	365	01/02/2026	-220
341	17/08/2025	-70	366	08/02/2026	70
342	24/08/2025	-110	367	15/02/2026	30
343	31/08/2025	20	368	22/02/2026	60
344	07/09/2025	-50	369	01/03/2026	-350
345	14/09/2025	130	370	08/03/2026	-220
346	21/09/2025	-120	371	15/03/2026	80
347	28/09/2025	-40	372	22/03/2026	0
348	05/10/2025	-30	373	29/03/2026	80
349	12/10/2025	-160	374	05/04/2026	80
350	19/10/2025	410	375	12/04/2026	-110
351	26/10/2025	-80	376	19/04/2026	-290
352	02/11/2025	260	377	26/04/2026	0
353	09/11/2025	80			

Lampiran 3. Residual Model AR(2) (ε_t)

No	ε_t	No	ε_t	No	ε_t	No	ε_t
1	-13,8011	42	-27,4736	83	-104,461	124	-99,6173
2	-29,3907	43	-122,83	84	-65,1359	125	-117,504
3	-59,4145	44	152,4961	85	67,65904	126	-202,278
4	43,1712	45	-88,2584	86	-186,682	127	56,46419
5	77,53404	46	31,98286	87	-30,7259	128	13,34173
6	-149,384	47	-30,1908	88	35,25237	129	14,4048
7	-16,7275	48	-7,47359	89	31,99812	130	75,63189
8	69,56119	49	0,430253	90	-107,536	131	96,15169
9	147,7821	50	-166,154	91	-23,0398	132	4,031778
10	133,0765	51	87,02273	92	202,3949	133	108,6209
11	-187,351	52	-112,505	93	198,0841	134	-60,7428
12	7,799036	53	-15,0044	94	279,5742	135	70,62426
13	39,98823	54	-157,605	95	296,5227	136	-50,9908
14	-74,4306	55	29,39066	96	-145,597	137	201,2066
15	-35,4702	56	-200,501	97	21,92884	138	61,98964
16	-288,187	57	236,5957	98	220,881	139	127,4865
17	196,4102	58	-330,728	99	-145,084	140	163,7213
18	168,8692	59	-540,741	100	-15,7032	141	46,49247
19	140,6223	60	99,44865	101	246,1452	142	78,86888
20	82,80468	61	103,4433	102	-43,764	143	-54,5859
21	120,9263	62	-38,5777	103	-76,721	144	-31,3166
22	165,5069	63	111,5171	104	-297,97	145	-176,402
23	-63,5075	64	-124,469	105	131,0533	146	274,3443
24	90,93478	65	401,7348	106	-90,9131	147	148,4724
25	-99,5157	66	-250,915	107	24,50605	148	109,4577
26	114,8403	67	-99,197	108	279,0717	149	104,3423
27	-5,51743	68	42,3884	109	-117,825	150	-26,861
28	32,19213	69	-20,2533	110	132,0216	151	13,72974
29	106,2142	70	86,99049	111	0,756042	152	-68,0946
30	92,82844	71	-184,896	112	64,71532	153	124,2193
31	-214,92	72	229,2741	113	-88,0019	154	39,68421
32	-78,1402	73	-62,3579	114	-37,1006	155	159,6064
33	105,1596	74	-57,6139	115	-9,08021	156	-40,6501
34	41,46984	75	-24,7089	116	-47,9394	157	-24,1741
35	-100,394	76	-53,141	117	-113,413	158	213,5982
36	-33,0398	77	-44,3056	118	-27,6591	159	-12,0712
37	10,76453	78	23,7535	119	-16,7123	160	-43,7708
38	96,21419	79	-63,9411	120	92,21589	161	50,49275
39	-178,802	80	46,00492	121	18,51962	162	199,1644
40	10,16697	81	-23,3588	122	242,7744	163	-8,92694
41	-38,2261	82	-35,688	123	12,23766	164	-6,44927

No	ε_t	No	ε_t	No	ε_t	No	ε_t
165	57,01425	199	-34,4996	233	-149,352	267	-52,6837
166	12,73568	200	-348,366	234	-54,3359	268	-426,853
167	110,096	201	-25,0024	235	107,3485	269	-111,617
168	-38,9572	202	78,38161	236	-28,3749	270	-320,174
169	3,885005	203	-6,27874	237	-32,699	271	-164,483
170	-360,618	204	-31,2239	238	-6,2465	272	90,17573
171	-143,954	205	65,53913	239	-28,8322	273	-64,7799
172	87,92432	206	102,5804	240	29,84796	274	-86,6973
173	27,89858	207	115,6622	241	146,9517	275	-67,0768
174	-272,024	208	-52,5522	242	-79,7573	276	-51,4481
175	58,35107	209	-80,2686	243	29,30441	277	143,7535
176	25,15112	210	-55,4464	244	69,80921	278	-304,377
177	-111,442	211	271,0751	245	-131,17	279	194,329
178	-23,7773	212	-93,1817	246	-213,467	280	192,7747
179	131,5021	213	116,9127	247	28,73936	281	-55,3794
180	106,6715	214	50,17375	248	-21,7046	282	202,8757
181	30,28149	215	41,08155	249	7,728047	283	-52,4744
182	431,8816	216	1,571089	250	72,95344	284	-30,4476
183	-26,7853	217	194,8943	251	226,1517	285	-258,925
184	75,93365	218	124,8233	252	155,2266	286	-59,5915
185	-106,037	219	-33,624	253	81,42233	287	109,1579
186	101,2691	220	-18,6382	254	1,081553	288	14,14829
187	12,8522	221	-84,7714	255	-4,9504	289	124,7153
188	-175,44	222	-200,09	256	-58,6769	290	1,780363
189	-56,238	223	6,619455	257	114,064	291	81,29931
190	62,88444	224	104,2971	258	-51,0533	292	54,36605
191	-94,8964	225	-63,7556	259	44,04027	293	-82,4897
192	-66,0525	226	109,8867	260	15,01085	294	-177,993
193	55,13585	227	-165,362	261	-0,05928	295	28,09457
194	100,7948	228	-34,7867	262	184,0015	296	159,3434
195	-214,338	229	35,40763	263	-26,807	297	-153,818
196	-86,3545	230	-28,8947	264	-168,972	298	-141,953
197	-166,471	231	-27,3183	265	-89,9645	299	-63,4193
198	-3,44305	232	-73,7233	266	88,88614		

Lampiran 4. Residual Regresi Bantu dengan Variabel Transisi $X_{t-1}(e_t)$

No	e_t	No	e_t	No	e_t	No	e_t
1	-3,95728	42	-20,8575	83	-99,3867	124	-128,738
2	-36,0265	43	-116,856	84	-67,0167	125	-119,63
3	-51,8379	44	150,3704	85	61,99538	126	-220,15
4	47,37889	45	-60,9835	86	-169,987	127	30,53773
5	90,59254	46	34,703	87	-16,6186	128	16,01485
6	-146,249	47	-24,7771	88	16,01115	129	11,63056
7	-5,78399	48	-0,85747	89	44,12215	130	83,90849
8	58,47928	49	8,204417	90	-103,295	131	108,4407
9	160,5871	50	-157,278	91	-18,1701	132	1,441514
10	123,9105	51	86,92738	92	199,572	133	110,0336
11	-213,819	52	-104,017	93	220,6023	134	-44,091
12	26,68767	53	-6,68679	94	200,2297	135	74,96908
13	23,07879	54	-160,428	95	230,1995	136	-36,2758
14	-67,1269	55	28,52191	96	-261,042	137	206,1952
15	-28,7948	56	-198,551	97	50,9002	138	93,46131
16	-289,087	57	245,7052	98	206,2095	139	88,96396
17	179,8846	58	-303,885	99	-136,233	140	171,4546
18	159,7793	59	-455,985	100	6,330568	141	27,98274
19	49,05861	60	115,8172	101	229,0132	142	63,5871
20	49,57341	61	36,36931	102	-17,9976	143	-44,0456
21	114,6672	62	-103,5	103	-90,1827	144	-25,3538
22	167,9779	63	115,0036	104	-307,8	145	-174,399
23	-82,0173	64	-104,116	105	92,94451	146	267,7186
24	94,55718	65	412,468	106	-105,549	147	190,7619
25	-83,3579	66	-184,19	107	23,82823	148	10,22935
26	122,5205	67	14,36597	108	284,3187	149	90,91987
27	14,47677	68	5,991918	109	-103,604	150	-26,5968
28	26,42669	69	-4,78124	110	148,1159	151	17,25827
29	116,6439	70	89,10852	111	12,80175	152	-59,2769
30	102,8414	71	-169,022	112	55,27544	153	129,855
31	-226,158	72	243,3814	113	-75,8778	154	62,84576
32	-63,4071	73	-37,2219	114	-30,2039	155	145,5225
33	72,49078	74	-70,0036	115	-11,6265	156	-29,7019
34	63,79081	75	-31,5622	116	-39,2652	157	-25,7074
35	-114,478	76	-48,4932	117	-107,316	158	215,6013
36	-28,1701	77	-38,678	118	-32,3445	159	16,40278
37	6,269487	78	26,94494	119	-17,7788	160	-64,5464
38	106,6439	79	-52,6144	120	100,4421	161	51,43366
39	-169,023	80	52,27726	121	33,2422	162	213,4505
40	25,68802	81	-10,7765	122	240,8714	163	-12,8417
41	-50,6401	82	-30,3403	123	32,78294	164	-21,1366

No	e_t	No	e_t	No	e_t	No	e_t
165	62,45622	199	-35,8953	233	-146,978	267	-32,26
166	26,27646	200	-341,393	234	-66,8793	268	-424,574
167	113,3994	201	-47,8279	235	97,2194	269	-162,51
168	-25,1201	202	46,63824	236	-8,90085	270	-302,943
169	6,152144	203	1,454641	237	-34,3315	271	-184,651
170	-353,697	204	-32,0733	238	-3,05506	272	47,80915
171	-153,854	205	70,61333	239	-20,5534	273	-44,1934
172	67,70913	206	117,9709	240	36,97683	274	-85,301
173	50,8124	207	112,5305	241	158,3259	275	-74,9133
174	-284,56	208	-62,2961	242	-71,6801	276	-55,3247
175	55,68683	209	-75,202	243	34,64536	277	146,9449
176	0,60012	210	-61,8735	244	75,22294	278	-280,858
177	-118,524	211	270,2859	245	-123,694	279	240,4303
178	-18,0206	212	-56,4562	246	-203,606	280	158,8872
179	126,8177	213	121,2832	247	-13,5221	281	-151,641
180	124,6423	214	64,49822	248	-27,2913	282	204,5924
181	2,969778	215	30,07469	249	10,55131	283	-19,5198
182	431,8839	216	7,314947	250	81,82767	284	-39,0108
183	3,564326	217	202,3357	251	238,4407	285	-259,714
184	89,83238	218	146,0423	252	145,5988	286	-76,7116
185	-96,1141	219	-84,1535	253	16,50025	287	79,26853
186	108,387	220	-14,4428	254	-9,92531	288	33,13338
187	31,22635	221	-81,4459	255	1,056952	289	115,2754
188	-181,616	222	-197,437	256	-50,5805	290	17,80223
189	-57,3654	223	-15,3118	257	119,042	291	77,53913
190	42,26614	224	95,88082	258	-29,402	292	68,68459
191	-79,0223	225	-58,6046	259	45,16299	293	-82,9146
192	-58,2925	226	114,581	260	26,27074	294	-171,459
193	45,96911	227	-145,425	261	5,750448	295	3,726782
194	116,3084	228	-19,2223	262	191,9008	296	158,9358
195	-217,469	229	18,64262	263	-6,23769	297	-156,593
196	-67,3487	230	-16,1317	264	-179,229	298	-121,816
197	-200,57	231	-21,7494	265	-105,14	299	-101,469
198	-13,7079	232	-68,4924	266	65,05272		

Lampiran 5. Hasil Percobaan Kombinasi Parameter c dan γ

c	γ	Nilai SSE
-10	1	5.021.552,53077
-10	2	5.021.552,26680
-10	3	5.021.552,26680
-10	4	5.021.552,26680
-10	5	5.021.552,26680
-10	6	5.021.552,26680
-10	7	5.021.552,26680
-10	8	5.021.552,26680
-10	9	5.021.552,26680
-10	10	5.021.552,26680
-10	11	5.021.552,26680
-10	12	5.021.552,26680
-10	13	5.021.552,26680
-10	14	5.021.552,26680
-10	15	5.021.552,26680
-10	16	5.021.552,26680
-10	17	5.021.552,26680
-10	18	5.021.552,26680
-10	19	5.021.552,26680
-10	20	5.021.552,26680

Lampiran 6. Hasil Prediksi Pada Tingkat *Differencing* Orde Pertama ($\hat{X}_t$)

No	Periode	X_t	$\hat{X}_t$	No	Periode	X_t	$\hat{X}_t$
1	10/11/2024	-210	4,5596	41	24/08/2025	-110	-35,4572
2	17/11/2024	210	23,9687	42	31/08/2025	20	11,7426
3	24/11/2024	-40	-40,1509	43	07/09/2025	-50	22,3496
4	01/12/2024	50	-25,3931	44	14/09/2025	130	-6,1704
5	08/12/2024	30	5,7430	45	21/09/2025	-120	-23,0946
6	15/12/2024	-240	6,0800	46	28/09/2025	-40	-5,2204
7	22/12/2024	200	23,1829	47	05/10/2025	-30	5,2255
8	29/12/2024	0	-34,0918	48	12/10/2025	-160	-3,7909
9	05/01/2025	-70	5,4074	49	19/10/2025	410	16,0000
10	12/01/2025	-20	-1,1273	50	26/10/2025	-80	-118,1357
11	19/01/2025	30	-2,6011	51	02/11/2025	260	-37,5748
12	26/01/2025	-30	11,5779	52	09/11/2025	80	-68,8758
13	02/02/2025	-70	-10,2858	53	16/11/2025	-50	-28,9282
14	09/02/2025	-60	1,6563	54	23/11/2025	10	-11,7374
15	16/02/2025	120	3,7739	55	30/11/2025	190	21,3400
16	23/02/2025	-300	-18,6063	56	07/12/2025	-150	-50,0244
17	02/03/2025	60	24,3949	57	14/12/2025	-140	-6,0062
18	09/03/2025	10	22,4610	58	21/12/2025	50	23,9465
19	16/03/2025	-110	12,7003	59	28/12/2025	10	13,5972
20	23/03/2025	100	4,3199	60	04/01/2026	-20	13,4858
21	06/04/2025	-80	-7,2735	61	11/01/2026	210	-10,0238
22	13/04/2025	220	-8,8119	62	18/01/2026	110	-55,0739
23	20/04/2025	50	-54,0643	63	25/01/2026	-170	-36,1098
24	27/04/2025	80	-14,6779	64	01/02/2026	-220	4,6040
25	04/05/2025	-80	-12,4344	65	08/02/2026	70	38,5522
26	11/05/2025	140	-6,9562	66	15/02/2026	30	12,4748
27	18/05/2025	-50	-24,4412	67	22/02/2026	60	4,5092
28	25/05/2025	130	-17,3045	68	01/03/2026	-350	-3,4578
29	01/06/2025	20	-23,0946	69	08/03/2026	-220	37,9306
30	08/06/2025	-100	3,4995	70	15/03/2026	80	55,2532
31	15/06/2025	-100	1,7983	71	22/03/2026	0	8,7719
32	22/06/2025	70	12,9323	72	29/03/2026	80	14,8324
33	29/06/2025	-80	3,0498	73	05/04/2026	80	-8,5073
34	06/07/2025	100	-6,0284	74	12/04/2026	-110	-14,7907
35	13/07/2025	40	-9,6297	75	19/04/2026	-290	-2,1750
36	20/07/2025	50	-1,5500				
37	27/07/2025	160	-0,5403				
38	03/08/2025	-40	-42,0574				
39	10/08/2025	370	-20,7539				
40	17/08/2025	-70	-112,7492				

Lampiran 7. Hasil Prediksi Pada Tingkat *Inverse Differencing* ($\hat{Y}_t$)

No	Periode	Y_t	$\hat{Y}_t$	No	Periode	Y_t	$\hat{Y}_t$
1	10/11/2024	2540	2563,97	41	24/08/2025	3130	3141,74
2	17/11/2024	2750	2709,85	42	31/08/2025	3150	3172,35
3	24/11/2024	2710	2684,61	43	07/09/2025	3100	3093,83
4	01/12/2024	2760	2765,74	44	14/09/2025	3230	3206,91
5	08/12/2024	2790	2796,08	45	21/09/2025	3110	3104,78
6	15/12/2024	2550	2573,18	46	28/09/2025	3070	3075,23
7	22/12/2024	2750	2715,91	47	05/10/2025	3040	3036,21
8	29/12/2024	2750	2755,41	48	12/10/2025	2880	2896
9	05/01/2025	2680	2678,87	49	19/10/2025	3290	3171,86
10	12/01/2025	2660	2657,4	50	26/10/2025	3210	3172,43
11	19/01/2025	2690	2701,58	51	02/11/2025	3470	3401,12
12	26/01/2025	2660	2649,71	52	09/11/2025	3550	3521,07
13	02/02/2025	2590	2591,66	53	16/11/2025	3500	3488,26
14	09/02/2025	2530	2533,77	54	23/11/2025	3510	3531,34
15	16/02/2025	2650	2631,39	55	30/11/2025	3700	3649,98
16	23/02/2025	2350	2374,39	56	07/12/2025	3550	3543,99
17	02/03/2025	2410	2432,46	57	14/12/2025	3410	3433,95
18	09/03/2025	2420	2432,7	58	21/12/2025	3460	3473,6
19	16/03/2025	2310	2314,32	59	28/12/2025	3470	3483,49
20	23/03/2025	2410	2402,73	60	04/01/2026	3450	3439,98
21	06/04/2025	2330	2321,19	61	11/01/2026	3660	3604,93
22	13/04/2025	2550	2495,94	62	18/01/2026	3770	3733,89
23	20/04/2025	2600	2585,32	63	25/01/2026	3600	3604,6
24	27/04/2025	2680	2667,57	64	01/02/2026	3380	3418,55
25	04/05/2025	2600	2593,04	65	08/02/2026	3450	3462,47
26	11/05/2025	2740	2715,56	66	15/02/2026	3480	3484,51
27	18/05/2025	2690	2672,7	67	22/02/2026	3540	3536,54
28	25/05/2025	2820	2796,91	68	01/03/2026	3190	3227,93
29	01/06/2025	2840	2843,5	69	08/03/2026	2970	3025,25
30	08/06/2025	2740	2741,8	70	15/03/2026	3050	3058,77
31	15/06/2025	2640	2652,93	71	22/03/2026	3050	3064,83
32	22/06/2025	2710	2713,05	72	29/03/2026	3130	3121,49
33	29/06/2025	2630	2623,97	73	05/04/2026	3210	3195,21
34	06/07/2025	2730	2720,37	74	12/04/2026	3100	3097,83
35	13/07/2025	2770	2768,45	75	19/04/2026	2810	2854,14
36	20/07/2025	2820	2819,46				
37	27/07/2025	2980	2937,94				
38	03/08/2025	2940	2919,25				
39	10/08/2025	3310	3197,25				
40	17/08/2025	3240	3204,54				

Lampiran 8. Syntax Model LSTAR Dengan Estimasi *Newton-Raphson*

```
# UJI STASIONERITAS AWAL
TLKM_NEW <- na.omit(TLKM)
adf.test(TLKM_NEW$Price)
# --- Differencing Orde Pertama ---
differencing <- diff(TLKM_NEW$Price, differences = 1)
head(differencing)
# Data frame setelah differencing
differencing_df <- data.frame(Tanggal = TLKM_NEW$Date[-1], Diff_Y =
differencing)

# UJI STASIONERITAS SETELAH DIFFERENCING
adf.test(na.omit(differencing_df$Diff_Y))
# PEMBAGIAN DATA
latih_rat <- 0.8
m <- nrow(differencing_df)
m_latih <- floor(latih_rat * m)
latih <- differencing_df[1:m_latih, ]
uji <- differencing_df[(m_latih + 1):m, ]

# DATA FRAME DATA LATIH
data_latih <- latih %>% select(Tanggal, Diff_Y) %>% na.omit()
# Estimasi ARIMA otomatis
model_arima = auto.arima(data_latih$Diff_Y, trace = TRUE, stepwise = FALSE,
approximation = FALSE)
summary(model_arima)

# LINIERITAS
y <- as.numeric(data_latih$Diff_Y)
n <- length(y)
p <- 2
ar_mat <- embed(y, p+1)
y_t <- ar_mat[,1]
y_lag1 <- ar_mat[,2]
y_lag2 <- ar_mat[,3]
```



```

df <- data.frame(y_t, y_lag1, y_lag2)
model_ar <- lm(y_t ~ y_lag1 + y_lag2, data = df)
res_model <- residuals(model_ar)
T <- length(res_model)
SSE0 <- sum(res_model^2)
max_delay <- p
LM_stat <- rep(NA, max_delay)
p_value = rep(NA, max_delay)

for (l in 1:max_delay) {
  st <- ar_mat[, 1+l]
  st2 <- st^2
  st3 <- st^3
  aux_df <- data.frame(
    res_model, y_lag1, y_lag2, st, st2, st3)
  aux_model <- lm(
    res_model ~ y_lag1 + y_lag2 + y_lag1:st + y_lag1:st2 + y_lag1:st3 +
    y_lag2:st + y_lag2:st2 + y_lag2:st3, data = aux_df)

  resid_aux <- resid(aux_model)
  SSE1 <- sum(resid(aux_model)^2)
  LM_stat[l] <- T * (SSE0 - SSE1) / SSE0
  df_lm <- 3*p
  p_value[l] <- 1 - pchisq(LM_stat[l], df = df_lm)
}
data.frame(
  Delay = 1:max_delay, LM_stat = LM_stat, p_value = p_value)

# Delay terbaik
best_delay <- 1
# Estimasi regresi bantu dengan delay terbaik
st <- ar_mat[, 1 + best_delay]
st2 <- st^2
st3 <- st^3
aux_df_final <- data.frame(res_model, y_lag1, y_lag2, st, st2, st3)

```

```

aux_model_final <- lm(res_model ~ y_lag1 + y_lag2 + y_lag1:st + y_lag2:st +
                      + y_lag1:st2 + y_lag2:st2 + y_lag1:st3 + y_lag2:st3, data =
aux_df_final)
summary(aux_model_final)

# LSTAR DENGAN NEWTON-RAPHSON
Xt <- data_latih$Diff_Y
n <- length(Xt)
embed_data <- embed(Xt, 3)
Y <- embed_data[,1]
Z <- cbind(1, embed_data[,2:3])
k = ncol(Z)
s_t <- embed_data[,2]
n <- length(Y)

# PARAMETER AWAL
phi1_init <- c(-4.73908, -0.16304, -0.08928)
phi2_init <- 0.95*phi1_init
gamma_init <- 1
c_init <- median(s_t)
theta_init <- c(phi1_init, phi2_init, gamma_init, c_init)

# LOG LIKELIHOOD
logLik_LSTAR <- function(theta, Y, Z, s_t) {
  k <- ncol(Z)
  phi1 <- theta[1:k]
  phi2 <- theta[(k+1):(2*k)]
  gamma <- theta[2*k + 1]
  cpar <- theta[2*k + 2]
  Gt <- 1 / (1 + exp(-gamma * (s_t - cpar)))
  mu <- (Z %*% phi1)*(1-Gt) + (Z %*% phi2)*Gt
  resid <- Y - mu
  sigma2 <- mean(resid^2)
  loglik <- -length(Y)/2 * log(2*pi*sigma2) - sum(resid^2)/(2*sigma2)
  return(loglik)
}

```

```

}

# FISHER SCORING SAMPAI KONVERGEN
theta <- theta_init
k <- ncol(Z)
n <- length(Y)
tol <- 1e-5
max_iter <- 100
for(iter in 1:max_iter){
  phi1 <- theta[1:k]
  phi2 <- theta[(k+1):(2*k)]
  gamma <- theta[2*k + 1]
  cpar <- theta[2*k + 2]
  Gt_all <- 1 / (1 + exp(-gamma * (s_t - cpar)))
  mu_all <- as.numeric((Z %%% phi1)*(1-Gt_all) + (Z %%% phi2)*Gt_all)
  resid <- as.numeric(Y - mu_all)
  sigma2 <- mean(resid^2)
  Q_total <- matrix(0, nrow = length(theta), ncol = 1)
  I_total <- matrix(0, nrow = length(theta), ncol = length(theta))
  for(t in 1:n){
    Zt <- matrix(Z[t, ], nrow = 1)
    st <- s_t[t]
    Yt <- Y[t]
    phi1 <- theta[1:k]
    phi2 <- theta[(k+1):(2*k)]
    gamma <- theta[2*k + 1]
    cpar <- theta[2*k + 2]
    Gt <- 1/(1 + exp(-gamma*(st - cpar)))
    mu_t <- as.numeric(Zt %%% phi1 * (1 - Gt) + Zt %%% phi2 * Gt)
    eps_t <- as.numeric(Yt - mu_t)

    # ===== TURUNAN =====
    d_phi1 <- as.numeric(Zt * (1 - Gt))
    d_phi2 <- as.numeric(Zt * Gt)
    dG_gamma <- (st - cpar) * Gt * (1 - Gt)

```

```

d_gamma <- as.numeric((Zt %*% (phi2 - phi1)) * dG_gamma)
dG_dc <- -gamma * Gt * (1 - Gt)
d_c <- as.numeric((Zt %*% (phi2 - phi1)) * dG_dc)
d_theta <- matrix(c(d_phi1, d_phi2, d_gamma, d_c), ncol = 1)

Q_t <- (eps_t / sigma2) * d_theta
I_t <- (1/sigma2) * (d_theta %*% t(d_theta))
Q_total <- Q_total + Q_t
I_total <- I_total + I_t
}

# ===== UPDATE PARAMETER =====
step <- solve(I_total + diag(1e-6, nrow(I_total))) %*% Q_total
theta_new <- theta + as.vector(step)
epsilon <- max(abs(theta_new - theta))
loglik <- logLik_LSTAR(theta_new, Y, Z, s_t)
cat(sprintf("Iterasi: %d | Epsilon: %.10f | LogLik : %.10f\n", iter, epsilon, loglik))

# ===== CEK KONVERGENSI =====
if(epsilon < tol){
  cat("KONVERGEN pada iterasi:", iter, "\n")
  theta <- theta_new
  break}
theta <- theta_new}

# HITUNG PREDIKSI DAN RESIDUAL
k <- ncol(Z)
phi1 <- theta[1:k]
phi2 <- theta[(k+1):(2*k)]
gamma <- theta[2*k + 1]
cpar <- theta[2*k + 2]
Gt <- 1/(1 + exp(-gamma * (s_t - cpar)))
mu_hat <- (Z %*% phi1)*(1-Gt) + (Z %*% phi2)*Gt
residual <- as.numeric(Y - mu_hat)
cat("Ringkasan Residual:\n")

```

```

# UJI AUTOKORELASI (LJUNG BOX)
max_lag <- 18
lb_table = data.frame(Lag = 1:max_lag, Q_Stats = NA, p_value = NA)
for (k in 1:max_lag){
  ljung_box <- Box.test(residual, lag = k, type = "Ljung-Box")
  lb_table$Q_Stats[k] = ljung_box$statistic
  lb_table$p_value[k] = ljung_box$p.value
}

# HETEROSKEDASTISITAS RESIDUAL
e2 <- residual^2
arch_mat <- embed(e2, max_lag + 1)
y_arch <- arch_mat[, 1]
X_arch <- arch_mat[, -1]
arch_df <- data.frame(y_arch, X_arch)
arch_model <- lm(y_arch ~ ., data = arch_df)
R2_arch <- summary(arch_model)$r.squared
n_arch <- length(y_arch)
LM_arch <- n_arch * R2_arch
p_arch <- 1 - pchisq(LM_arch, df = max_lag)

# UJI NORMALITAS
res_std <- (residual - mean(residual)) / sd(residual)
ks_test <- ks.test(res_std, "pnorm")
print(ks_test)

# PARAMETER HASIL ESTIMASI
theta_hat2 <- theta
y_train <- as.numeric(Xt)
y_test <- as.numeric(uji$Diff_Y)
y_all <- y_train
pred_test <- numeric(length(y_test))
m_latih <- length(y_train)
p <- 2

```

```

# FUNGSI PREDIKSI LSTAR(2,1)
lstar_predict_1step <- function(Xlag, param){
  phi1 <- param[1:3]
  phi2 <- param[4:6]
  gamma <- param[7]
  c <- param[8]
  s_t <- Xlag[1]
  G <- 1 / (1 + exp(-gamma * (s_t - c)))
  Xlag_full = c(1, Xlag)
  reg1 <- sum(phi1 * Xlag_full)
  reg2 <- sum(phi2 * Xlag_full)
  pred <- reg1 * (1 - G) + reg2 * G
  return(pred)}

# PREDIKSI OUT-OF-SAMPLE
param <- theta_hat2
start_index <- m_latih + 1
for(i in 1:length(y_test)){
  Xlag <- c(y_all[start_index - i], y_all[start_index - i - 1])
  pred_test[i] <- lstar_predict_1step(Xlag, param)
  y_all[start_index - i + 1] <- pred_test[i]}

# VARIABEL ASLI
latih_asli = 0.8
masli = nrow(TLKM_NEW)
m_asli = floor(latih_asli*masli)
latih_asli = TLKM_NEW[1:m_asli,]
uji_asli = TLKM_NEW[(m_asli+1):masli,]

# PREDIKSI DATA TESTING
param = theta_hat2
Xt_train = as.numeric(Xt)
Xt_test = as.numeric(uji$Diff_Y)
n_test = length(Xt_test)

```

```

Xt_all = c(tail(Xt_train,2), Xt_test)
diff_pred = rep(NA, n_test)
pred_asli = rep(NA, n_test)
Y_train = as.numeric(latih_asli$Price)
Y_test = as.numeric(uji_asli$Price)
for (i in 1:n_test) {
  t = i+2
  Xlag = c(Xt_all[t-1], Xt_all[t-2])
  diff_pred[i] = lstar_predict_1step(Xlag, param)

  # inverse diff
  if(i == 1){
    lag1 = tail(Y_train, 1)
  } else {
    lag1 = Y_test[i-1]
  }
  pred_asli[i] = lag1 + diff_pred[i]
}
MAPE = mean(abs((Y_test -pred_asli)/Y_test))*100

# GRAFIK PREDIKSI DATA TESTING
hasil_plot <- data.frame(
  Tanggal = uji$Tanggal[1:length(pred_asli)-1, Aktual = Y_test[1:(length(pred_asli)-1)], Prediksi = pred_asli[2:length(pred_asli)]]
hasil_plot$Tanggal = as.Date(hasil_plot$Tanggal)
hasil_plot_test <- pivot_longer(hasil_plot,cols = c("Aktual", "Prediksi"),
  names_to = "Tipe", values_to = "Nilai")

ggplot(hasil_plot_test, aes(x = Tanggal, y = Nilai, color = Tipe)) +
  geom_line(linewidth = 1.2) + scale_color_manual(values = c("Aktual" = "darkorange",
"Aktual" = "darkorange",
"Prediksi" = "darkred")) + scale_x_date(date_breaks = "2 months", date_labels = "%d-
%m-%Y") + scale_y_continuous(n.breaks = 10) +
  labs(
    title = "Perbandingan Harga Saham Aktual vs Prediksi", subtitle = "Data Testing",
    x = "Periode", y = "Harga Saham TLKM", color = "Keterangan" ) +

```

```

theme_minimal() +
theme(
  plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 14),
  plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5), axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust =
1))

# GRAFIK ERROR TESTING
error <- Y_test - pred_asli
hasil_error <- data.frame(
  Tanggal = uji_asli$Date, Error = error)
hasil_error$Tanggal <- as.Date(hasil_error$Tanggal)
ggplot(hasil_error, aes(x = Tanggal, y = Error)) + geom_line(linewidth = 1, color =
"blue") + geom_point(size = 1.5, color = "darkblue") + geom_hline(yintercept = 0,
linetype = "dashed") + scale_x_date(date_breaks = "2 months", date_labels = "%d-%m-
%Y") + scale_y_continuous(n.breaks = 10) +
  labs(
    title = "Error Prediksi Model LSTAR", subtitle = "Data Testing", x = "Periode", y =
"Error" ) +
  theme_minimal() +
  theme(
    plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 14), plot.subtitle =
element_text(hjust = 0.5), axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

```


RIWAYAT HIDUP



Keisya Azalia Marchia Rahma, lahir di Malang pada 04 Maret 2003. Dalam lingkungan keluarga, penulis akrab dipanggil Icha. Penulis merupakan anak pertama dari Papa M. Yunus Setiawan dan Mama Erike Yuliana. Perjalanan pendidikan penulis diawali di TK PKK Bandulan yang selesai pada tahun 2009, dilanjutkan menempuh pendidikan dasar di SDN Jodipan dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 2 Malang dan lulus pada tahun 2018. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 5 Malang dan lulus pada tahun 2021. Setelah menjalani masa *gap year* selama satu tahun, penulis melanjutkan studi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis turut mengembangkan *soft skill* dalam bidang seni tari dan dipercaya menjadi *talent* tari dalam berbagai kegiatan, seperti seminar, Pengenalan Budaya Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas (PBAK-F). Selain itu, penulis juga berhasil meraih Juara 1 *Gesture Art* pada ajang *Saintek Event* tahun 2023. Dengan semangat belajar, kedisiplinan, serta kemampuan beradaptasi yang baik, penulis berusaha menjadi mahasiswa yang bertanggung jawab, dan mampu memberikan kontribusi positif baik di lingkungan akademik maupun nonakademik.

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Keisya Azalia Marchia Rahma
NIM : 220601110089
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Estimasi *Newton-Raphson* dalam Model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* pada Harga Saham PT Telkom Indonesia (Persero)
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si.
Pembimbing II : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	29 Juni 2025	Pembahasan Topik	1.
2.	12 Juli 2025	Konsultasi Latar Belakang	2.
3.	2 September 2025	Konsultasi Bab I, II, III	3.
4.	22 September 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	4.
5.	6 Oktober 2025	ACC Bab I, II, III	5.
6.	10 Oktober 2025	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	13 Oktober 2025	ACC Seminar Proposal	7.
8.	10 November 2025	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	3 Desember 2025	Konsultasi Bab IV dan V	9.
10.	12 Februari 2026	Revisi Bab IV dan V	10.
11.	20 Maret 2026	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	11.
12.	8 April 2026	ACC Bab IV dan V	12.



KEMENTERIAN AGAMA RI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933

13.	13 April 2026	ACC Kajian Agama Bab IV	13.
14.	16 April 2026	ACC Seminar Hasil	14.
15.	27 April 2026	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	15.
16.	7 Mei 2026	Revisi Seminar Hasil	16.
17.	11 Mei 2026	ACC Sidang Skripsi	17.
18.	26 Mei 2026	ACC Keseluruhan	18.



Malang, 26 Mei 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Didachur Rozi, M.Si.

NIP. 19800527 200801 1 012