PENERAPAN MODEL *MARKOV SWITCHING AUTOREGRESSIVE* DALAM PERAMALAN HARGA SAHAM

NURHALIZA RAIS
H051201030

PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

PENERAPAN MODEL *MARKOV SWITCHING AUTOREGRESIVE* DALAM PERAMALAN HARGA SAHAM

NURHALIZA RAIS
H051201030

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Statistika

Program Studi Statistika

pada

PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024

SKRIPSI

PENERAPAN MODEL *MARKOV SWITCHING AUTOREGRESIVE* DALAM PERAMALAN HARGA SAHAM

NURHALIZA RAIS
H051201030

Skripsi,

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Statistika pada 12 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Statistika
Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,

Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi,

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS HASANUDDIN DEPARTEMEN STATISTIKA FAKULTAS MIPA

Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.
NIP. 19770808 200501 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Penerapan Model *Markov Switching* dalam Peramalan Harga Saham" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing skripsi saya (Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

, 12 Agustus 2024

10000 METERAI TEMPEL A3216ALX325661407

Nurhaliza Rais
NIM H051201030

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. *Alhamdulillaahirobbil'aalamiin*, berkat rahmat dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penelitian ini dapat terlaksana dan terselesaikan atas bimbingan, diskusi dan arahan dari Ibu **Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu **Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.** dan Ibu **Sri Astuti Thamrin, S.Si., M.Stat. Ph.D.** atas saran dan kritikan yang berharga serta waktu yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih juga kepada pimpinan Universitas Hasanuddin, Ketua Departemen Statistika, para dosen dan staff yang telah memberikan ilmu dan fasilitas kepada penulis.

Ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan setinggi-tingginya penulis haturkan kepada orang tua, Ayahanda **Drs. H. Muhammad Rais** dan Ibunda **Hj. Astuti** yang selalu berjuang dalam mengupayakan yang terbaik untuk penulis, senantiasa memberikan dukungan, limpahan cinta dan doa restu mulianya kepada penulis. Tak lupa pula kepada kakak penulis **Nurfajri Rais, S.E** dan adik **Adibah Azzahra Rais**. Serta **Keluarga Besar** penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa mulia kepada penulis.

Terima kasih pula kepada Keluarga Besar **Himastat FMIPA Unhas** khususnya untuk teman-teman **POIS20N**. Serta **Statistika 2020** untuk segala ilmu, cerita, dan pengalamannya. Ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan kepada sahabat atas kebaikan dan telah mewarnai dunia perkuliahan penulis, **Nahda, Ara, Uci, Irma, Najla, Ayu, Alisha, Linda, Azal, Daya, Rani, Ayu A, Dania, Radia, Razy, Fadlan, Kur, Izzul, Ryan, Ngkal, Azhar, Faldi, Hakam, Ryval**, dan yang tak sempat saya sebutkan namanya. Terima kasih juga kepada sahabat **DSS 33, KEKEKE, PMM2 UNS, Lulu dan Farhan** yang senantiasa memberikan dukungan. Kepada keluarga besar **lifeatrektoratlt7** terkhusus **Duta MBKM** terima kasih atas pembelajaran, pengalaman dan kesempatan pengembangan diri yang telah diberikan. Terima kasih kepada **Rahmat Hermawan** yang telah menjadi partner diskusi dalam berbagai hal, tak henti-hentinya memberikan semangat dan motivasi yang luar biasa kepada penulis. Serta terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan bernilai ibadah disisi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*..

Makassar, 12 Agustus 2024

Nurhaliza Rais

ABSTRAK

NURHALIZA RAIS. **Penerapan Model *Markov Switching Autoregressive* dalam Peramalan Harga Saham** (dibimbing oleh Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.)

Latar Belakang. *Forecasting* bertujuan untuk memprediksi kejadian mendatang menggunakan data historis. Model deret waktu seperti *Autoregressive Integrated Moving Average*, *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* dan lainnya, belum mampu menjelaskan adanya perubahan struktur. Model untuk mengatasi masalah perubahan struktur adalah *Threshold Autoregressive* (TAR), *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) dan *Markov Switching Model*. Namun, model TAR dan SETAR tidak mempertimbangkan peluang untuk bertahan dalam satu model atau berpindah ke model lainnya. Salah satu bentuk dari *Markov Switching Model* ialah *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) yang dapat menggambarkan perubahan keadaan fluktuatif, tetapi juga dapat mengestimasi peluang transisi antar *state* serta menghitung rata-rata durasi untuk setiap keadaan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan dan penerapan model MSAR dalam peramalan data harga saham. **Metode.** Parameter MSAR diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* yang dikombinasikan *filtering* dan *smoothing*. Data yang digunakan data harga saham PT Aneka Tambang Tbk periode Oktober 2020 - Juni 2024. **Hasil.** Hasil analisis diperoleh bahwa model MSAR terbaik ialah model MS(2)-AR(1) dengan nilai matriks peluang transisi p_{11} sebesar 0,90, p_{12} sebesar 0,10, p_{21}sebesar 0,01, dan p_{22} sebesar 0,99. Rata-rata durasi *state* 1 sekitar 10 bulan, dan *state* 2 sekitar 100 bulan. *Mean Absolute Percentage Error* pada model MS(2)-AR(1) sebesar 27% yang dikatakan cukup baik. Peramalan dilakukan untuk 1 bulan ke depan. **Kesimpulan.** Nilai peluang yang diperoleh menunjukkan bahwa lebih besar di *state* 2 dibandingkan nilai peluang *state* 1. Artinya, data harga saham PT Aneka Tambang Tbk untuk 1 bulan ke depan lebih cenderung berada di *state* 2.

Kata Kunci: *Harga Saham, Markov Switching Autoregressive, Matriks Peluang Transisi, Perubahan Struktur, State*

ABSTRACT

NURHALIZA RAIS. **Application of Markov Switching Autoregressive Model in Stock Price Forecasting** (supervised by Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.)

Background. *Forecasting* aims to predict future events using historical data. Time series models such as *Autoregressive Integrated Moving Average*, *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* and others, have not been able to explain structural changes. Models to overcome the problem of structural changes are Threshold Autoregressive (TAR), Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) and *Markov Switching Model*. However, the TAR and SETAR models do not consider the opportunity to stay in one model or switch to another model. One form of Markov Switching Model is Markov Switching Autoregressive (MSAR) which can describe fluctuating state changes, but can also estimate the chance of transition between *states* and calculate the average duration for each *state*. **Objective**. This study aims to model and apply the MSAR model in forecasting stock price data. **Methods.** MSAR parameters are estimated using the Maximum Likelihood Estimation method combined with filtering and smoothing algorithms. The data used is PT Aneka Tambang Tbk stock price data for the period October 2020 to June 2024. **Results**. The results of the analysis obtained that the best MSAR model is the MS(2)-AR(1) model with a transition opportunity matrix value of 0.90, 0.10, 0.01, and 0.99. The average duration of *state* 1 is about 10 months, and *state* 2 is about 100 months. Mean Absolute Percentage Error on the MS(2)-AR(1) model is 27% which is said to be quite good. Forecasting is done for the next 1 month. **Conclusion.** The probability value obtained shows that it is greater in *state* 2 than the probability value of *state* 1. This means that the PT Aneka Tambang Tbk stock price data for the next 1 month is more likely to be in *state* 2.

Keywords: *Stock Price, Markov Switching Autoregressive, Transition Probability Matrix, Structure Change, State*

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti dan Penjelasan
Break	Titik di mana terjadi perubahan struktur dalam model, yang mengakibatkan perbedaan dalam parameter model sebelum dan sesudah titik tersebut
Data *Time Series*	Data observasi yang dikumpulkan secara berurutan dari waktu ke waktu
Filtering	Proses untuk memperkirakan peluang dari suatu state (regime) pada waktu t berdasarkan informasi yang tersedia hingga waktu t-1
Fluktuasi	Perubahan atau variasi dalam harga saham dari waktu ke waktu
Forecasting	Proses untuk memprediksi kejadian atau kondisi di masa depan dengan menggunakan data historis
Mean	Rata-rata yang dipengaruhi oleh *state*
Parameter	Nilai atau konstanta yang menentukan karakteristik dan bentuk model
Peluang transisi	Peluang berpindah dari satu state ke state lainnya dalam model Markov Switching
Perubahan Struktur	Perubahan yang signifikan dalam pola atau hubungan dalam data deret waktu, yang sering disebabkan oleh kejadian tertentu seperti krisis atau kebijakan
Plot	Grafik yang digunakan untuk menggambarkan visualisasi data
Rantai Markov	Proses stokastik di mana peluang transisi dari satu *state* ke *state* lainnya hanya bergantung pada *state* saat ini
Smoothing	Proses untuk memperkirakan peluang dari suatu state (regime) pada waktu t dengan menggunakan seluruh informasi dari data pengamatan yang dilakukan setelah proses filtering untuk mendapatkan peluang yang lebih akurat
State	Kondisi tertentu dari sistem yang memiliki karakteristik statistik tertentu dan dapat berubah berdasarkan proses Markov
Volatilitas	Ukuran statistik yang menunjukkan seberapa besar perubahan harga saham dalam suatu periode, mencerminkan tingkat risiko dan ketidakpastian

DAFTAR LAMBANG/SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Penjelasan
$\boldsymbol{\alpha}$	Taraf signifikansi
$\boldsymbol{\phi_p}$	Koefisien *autoregressive*
$\boldsymbol{\varepsilon_t}$	Residual ke-t
$\boldsymbol{s_t}$	*State* pada saat t
$\boldsymbol{\hat{y}_t}$	Data prediksi
$\boldsymbol{y_t}$	Data pengamatan
$\boldsymbol{p_{ij}}$	Peluang transisi
$\boldsymbol{\mu_{s_t}}$	Rata-rata yang dipengaruhi oleh *state*
$\boldsymbol{E(D)}$	Ekspektasi Durasi
$\boldsymbol{s}$	Jumlah parameter yang diestimasi
$\boldsymbol{n_{s_t}}$	Jumlah pengamatan di *state* pada saat t
$\boldsymbol{T}$	Jumlah seluruh pengamatan
$\boldsymbol{\hat{b}}$	Jumlah *break* yang diestimasi
$\boldsymbol{\pi}$	Bilangan phi, sebuah konstanta matematika
$\boldsymbol{\Omega_{t-1}}$	Himpunan pengamatan sebelumnya
$\boldsymbol{\theta}$	Parameter model
$\boldsymbol{m}$	Banyaknya *state*
$\boldsymbol{L(\theta)}$	Fungsi *Likelihood* dari parameter model
$\boldsymbol{\ln L(\theta)}$	Fungsi *Log-Likelihood* dari parameter model
$\boldsymbol{\hat{\rho}_k^2(\varepsilon)}$	Autokorelasi residual lag ke-k
$\boldsymbol{argmin}$	*argmin* memilih jumlah *break* yang menghasilkan nilai BIC minimum
ANTM	Kode Saham Aneka Tambang Tbk
AR	*Autoregressive*
BIC	*Bayesian Information Criterion*
MAPE	*Mean Absolute Percentage Error*
MLE	*Maximum Likelihood Estimation*
MS	*Markov Switching*
MSAR	*Markov Switching Autoregressive*
RSS	Jumlah kuadrat residual model regresi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Forecasting adalah suatu proses proses untuk memprediksi kejadian atau kondisi di masa depan dengan menggunakan data historis dari sumber tertentu (Ahmad, 2020). Seiring berkembangnya teknologi, berbagai metode *forecasting* muncul dan sering digunakan untuk data deret waktu. Data deret waktu adalah data observasi yang dikumpulkan secara berurutan dari waktu ke waktu (Yanti, 2021). Beberapa jenis pemodelan deret waktu klasik melibatkan AR (*Autoregressive*), MA (*Moving Average*), ARMA (*Autoregressive Moving Average*), dan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan lainnya.

Salah satu permasalahan dalam metode *forecasting* klasik adalah metode tersebut hanya dapat menangani data yang memiliki rata-rata, variansi, dan kovariansi yang konstan sepanjang waktu. Kekurangan model klasik ini menyebabkan munculnya berbagai jenis model yang dikembangkan seperti model *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH) dan *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH). Namun, model-model tersebut, tidak mampu menjelaskan perubahan struktur yang terjadi pada data deret waktu. Sedangkan perubahan struktur adalah keadaan yang sering terjadi pada data ekonomi yang dapat disebabkan oleh krisis keuangan, bencana alam, pandemi, kebijakan pemerintah, dan lainnya. Data ekonomi yang dimaksud, seperti data harga saham. Harga saham adalah harga yang terkandung dalam surat kepemilikan bagian modal berdasarkan penilaian pasar yang dipengaruhi oleh permintaan dan penawaran di bursa efek (Ayu dan Handoyo, 2009).

Peramalan harga saham dalam dunia keuangan penting untuk dilakukan karena dapat membantu investor dalam menentukan strategi investasi yang sesuai dengan tujuan, profil risiko, dan prefensi mereka. Investor juga dapat mengukur kinerja investasi saham mereka dan melakukan evaluasi atau penyesuaian jika diperlukan. Namun, harga saham juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal, yang menyebabkan fluktuasi atau volatilitas yang tinggi. Volatilitas harga saham menunjukkan ketidakpastian dan risiko yang dihadapi oleh investor (Fadilah dkk., 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang dapat mempertimbangkan volatilitas atau perubahan struktur dalam peramalan harga saham.

Beberapa model untuk mengatasi masalah perubahan struktur diantanya *Threshold Autoregressive* (TAR), *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) dan *Markov Switching Model*. Namun, model TAR dan SETAR tidak mempertimbangkan peluang untuk bertahan dalam satu model atau berpindah ke model lainnya. Hamilton (1989) memperkenalkan *Markov Switching* yang juga dikenal model *Regime Switching* sebagai alternatif pemodelan data deret waktu yang didalamnya terdapat perubahan struktur. Perubahan struktur data dianggap dipengaruhi oleh variabel acak diskrit tak teramati s_t yang biasa disebut *regime* atau *state*. *Markov Switching Model* mengkontrol perubahan struktur dengan suatu peubah *state* yang tidak teramati yang memenuhi orde pertama rantai Markov. Sifat Markov mengatur nilai peubah *state* bergantung pada nilai sebelumnya. Suatu struktur yang berubah pada periode waktu digantikan dengan struktur yang lain dengan proses *switching* (penggantian/perpindahan).

Salah satu bentuk dari *Markov Switching Model* yang dapat digunakan untuk peramalan data *nonlinear* adalah *Markov Switching Autoregressive* (MSAR). Menurut Hamilton, Model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) adalah suatu bentuk model deret waktu yang dapat menggambarkan perubahan keadaan fluktuatif, tetapi juga dapat mengestimasi peluang transisi antar *state* serta menghitung rata-rata durasi untuk setiap keadaan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan model MSAR dalam menangani data yang mengalami perubahan struktur. Taqiyyuddin dan Faqih (2021) melakukan penelitian berupa pemodelan *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) pada prediksi curah hujan di Provinsi Riau 2007-2021. Hasil penelitian menunjukkan terjadi perubahan struktur dengan *breakpoint* pada t = 47 yaitu Januari 2011, sehingga banyaknya regime adalah 2 antara lain “curah hujan normal” dan “curah hujan terdampak El Nino”. Pemodelan MSAR memberikan hasil model terbaik yaitu MS(2)-AR(1). Bartolomius dkk (2021) melakukan penelitian yaitu pemodelan *Markov Switching Autoregressive* pada data inflasi di Indonesia yang memperoleh hasil bahwa model MSAR terbaik ialah model MS(2)-AR(1). Selain itu, Anggana dkk (2023) juga melakukan pemodelan MSAR pada data inflasi Provinsi DKI Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik adalah MS(2)AR(1).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian yang berjudul **“Penerapan Model *Markov Switching Autoregressive* dalam Peramalan Harga Saham”**.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data harga saham yang digunakan adalah data penutupan PT Aneka Tambang dari Oktober 2020 hingga Juni 2024.
2. Metode estimasi parameter yang digunakan adalah *Maximum Likelihood Estimation* yang dikombinasikan dengan algoritma *Filtering* dan *Smoothing.*

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan bentuk model *Markov Switching Autoregressive* yang optimal pada data harga saham PT Aneka Tambang Tbk.
2. Menerapkan model terbaik yang diperoleh pada data harga saham PT Aneka Tambang Tbk.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, di antaranya menambah atau memperdalam pemahaman tentang penerapan model *Markov Switching Autoregressive*, dapat membantu mengembangkan model dan metodologi baru untuk memahami perubahan volatilitas harga saham, serta dapat memberikan informasi berharga kepada investor, analis, dan praktisi keuangan untuk membuat keputusan investasi yang lebih informatif.

1.5 Teori

1.5.1 Data *Time Series*

Data *time series* atau runtun waktu waktu merupakan kumpulan pengamatan yang tersusun secara berurutan menurut urutan waktu (Gujarati, 2004). Dalam analisis deret waktu, terdapat empat jenis pola data utama, yaitu:

a) Data stasioner, yaitu observasi berkisar di sekitar nilai tetap atau rata-rata yang konstan, menghasilkan garis horizontal.
b) Data dengan tren, yaitu data yang ditandai dengan kecenderungan observasi untuk meningkat atau menurun sepanjang waktu dalam jangka panjang.
c) Data musiman, yaitu kondisi terdapat pola berulang dalam data dari satu periode ke periode berikutnya.
d) Data siklik, dicirikan oleh fluktuasi yang terjadi karena siklus ekonomi jangka panjang.

1.5.2 Model *Autoregressive*

Model *Autoregressive* (AR) sebagai model *time series* yang merepresentasikan variabel dependen yang dipengaruhi oleh dirinya sendiri pada periode waktu sebelumnya (Wei, 2006). Model *Autoregressive* (AR) adalah bentuk regresi dimana nilai pengamatan pada suatu waktu bergantung pada nilai masa lalu dalam interval waktu tertentu. Secara umum, model AR dengan orde p, dinotasikan sebagai AR(p), dapat diungkapkan melalui persamaan sebagai berikut:

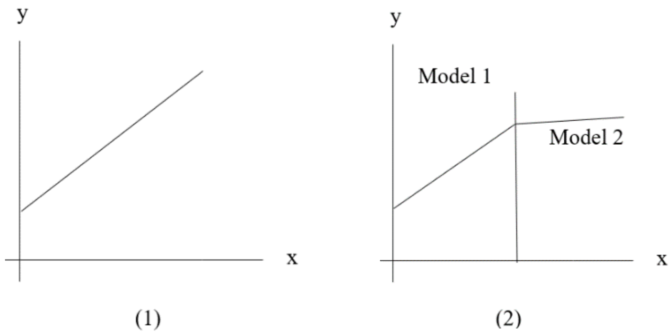
$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \cdots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \tag{1}$$

Keterangan:

$y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$: Data pengamatan
$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: Koefisien *autoregressive*
ε_t : Residual pada saat *t*

1.5.3 Perubahan Struktur

Suatu data deret waktu dikatakan mengalami perubahan struktur yaitu apabila terjadi perubahan pola data dalam kurun waktu tertentu (Mamuroh dkk.,2014). Perubahan pola yang terjadi pada data deret waktu dapat disebabkan oleh berbagai peristiwa seperti perang, krisis keuangan, kebijakan pemerintah, ataupun perubahan yang signifikan lainnya. Perubahan struktur didefinisikan sebagai model regresi yang memiliki nilai parameter yang berubah-ubah dalam periode waktu tertentu (Bai dan Perron,2003).



Gambar 1. Plot Perubahan Struktur

Gambar (1) menunjukkan dua kondisi yang berbeda. Plot (1) menggambarkan terbentuknya sebuah model regresi tunggal, sementara plot (2) memperlihatkan adanya perubahan struktur pada waktu t, yang menghasilkan dua model dengan satu *break*. Hal ini dapat dinyatakan oleh:

$$y_t = \begin{cases} a_A + \beta_{x_t} + \varepsilon_t, & t = 1, \dots, \tau \\ a_B + \beta_{x_t} + \varepsilon_t, & t = \tau + 1, \dots, T \end{cases} \tag{2}$$

Jika x_t adalah nilai pengamatan sebelumnya, maka Persamaan (2) mempresentasikan model *autoregressive* dengan perubahan struktur. Model ini dapat dituliskan sebagai berikut (Tai dan Chong, 2001).

$$y_t = \begin{cases} a_A + \beta_{y_{t-1}} + \varepsilon_t, & t = 1, \dots, \tau \\ a_B + \beta_{y_{t-1}} + \varepsilon_t, & t = \tau + 1, \dots, T \end{cases} \tag{3}$$

atau

$$y_t = \begin{cases} a_A + \beta_{y_{t-1}} + \varepsilon_t, & t = 1, \dots, \tau \\ (a_A + \delta) + \beta_{y_{t-1}} + \varepsilon_t, & t = \tau + 1, \dots, T \end{cases} \tag{4}$$

Keterangan:

a_A : *Intercept* model regresi sebelum perubahan struktur
$a_A + \delta$: *Intercept* model regresi setelah perubahan struktur
δ : Perubahan *intercept* akibat perubahan stuktur
τ : Waktu terjadinya perubahan stuktur

1.5.4 Rantai Markov

Rantai Markov adalah sebuah teknik perhitungan yang umumnya digunakan dalam melakukan pemodelan bermacam-macam kondisi. Teknik ini digunakan untuk membantu dalam memperkirakan perubahan yang mungkin terjadi di masa mendatang (Suhartono, 2023). Perubahan-perubahan tersebut diwakili dalam variabel-variabel dinamis di waktu tertentu. Rantai Markov tidak memberikan keputusan sebagai suatu solusi, melainkan hanya informasi peluang mengenai situasi keputusan yang dapat membantu pengambil keputusan. Misalkan s_t adalah peubah acak yang diasumsikan bernilai $1,2,3, \dots, m$ dengan m ialah banyaknya *regime* atau *state* dan peluang $s_t = j$ hanya bergantung pada keaadaan terdekat sebelumnya s_{t-1}, secara sederhana digambarkan oleh:

$$P(s_t = j | s_{t-1} = i, s_{t-2} = k) = P(s_t = j | s_{t-1} = i) = p_{ij} \tag{5}$$

Peluang tersebut umumnya disebut peluang transisi yang dinotasikan dengan (p_{ij}), untuk i dan j yang berkisar dari 1 hingga m, menggambarkan peluang bahwa sistem akan berpindah dari *state* i ke *state* j. Dimana i dan j merupakan indeks yang merujuk pada *state* dalam sistem. Peluang ini mencerminkan kemungkinan perubahan dari satu *state* ke *state* lainnya dalam proses stokastik atau model Markov, dengan

$$p_{i1} + p_{i2} + \cdots + p_{ij} = 1 \tag{6}$$

Bentuk matriks dapat dituliskan sebagai matriks **P** yang berukuran $(m \times m)$ dan dikenal sebagai matriks transisi:

$$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1j} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{i1} & p_{i2} & \cdots & p_{ij} \end{bmatrix} \tag{7}$$

Baris i kolom j elemen dari $\boldsymbol{P}$ adalah peluang transisi p_{ij}. Sebagai contoh p_{21} adalah elemen baris 2 kolom 1 yang memberikan informasi bahwa peluang dari terjadinya *state* 1 setelah kejadian *state* 2. Elemen diagonal dari matriks peluang transisi memiliki informasi mengenai durasi rata-rata yang diharapkan dari suatu *state* akan bertahan yang dapat dituliskan dengan persamaan (Bartolomius dkk.,2021):

$$E(D) = \frac{1}{1 - p_{jj}} \tag{8}$$

dimana p_{jj} merupakan diagonal matriks peluang transisi.

1.5.5 Markov *Switching Autoregressive* (MSAR)

Model *Markov Switching Autoregressive* (MSAR) merupakan kombinasi rantai Markov dan proses *autoregressive* dimana model ini memungkinkan adanya perubahan struktur data (Hamilton, 1989). Perubahan struktur data dianggap dipengaruhi oleh variabel acak diskrit tak teramati s_t yang biasa disebut *regime* atau *state*. Keuntungan menggunakan rantai Markov antara lain memungkinkan memperoleh perkiraan yang berarti sebelum perubahan yaitu memperhitungkan kemungkinan perubahan dari *state* 1 dan *state* 2, dengan kata lain dalam model ini mempertimbangkan peluang untuk bertahan dalam satu model dan berpindah ke model lainnya. Model MS(*m)*-AR(p) menurut (Hamilton, 1994) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(y_t - \mu_{s_t}) = \sum_{i=1}^{p} \phi_i (y_{t-1} - \mu_{s_{t-i}}) + \varepsilon_t \tag{9}$$

dimana $\varepsilon_t \sim i.i.d N\ (0, \sigma^2)$

Keterangan:

$y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$	: Data pengamatan
$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$	: Koefisien *autoregressive*
$\mu_{s_t}, \mu_{s_{t-1}}, \dots, \mu_{s_{t-p}}$	: Rata-rata yang dipengaruhi oleh *state*
ε_t	: Residual pada saat t
s_t	: *State* pada saat t

Berdasarkan Persamaan (9) untuk μ bergantung pada *state* s_t. Apabila proses berada di *state* 1 akan bernilai μ_1 dan apabila berada di *state* 2 akan bernilai μ_2, maka model dapat dituliskan sebagai berikut:

State 1

$$(y_t - \mu_1) = \sum_{i=1}^{p} \phi_i (y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \varepsilon_t \tag{10}$$

State 2

$$(y_t - \mu_2) = \sum_{i=1}^{p} \phi_i (y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \varepsilon_t \tag{11}$$

1.5.6 Uji Perubahan Struktur

Uji perubahan struktur pertama kali diperkenalkan oleh Chow pada tahun 1960 yang digunakan pada model regresi linear dengan dua *state* atau satu *break*. Statistik uji yang digunakan adalah uji F. Berdasarkan Persamaan (4) jika terdapat perubahan pada *intercept* maka data dianggap mengalami perubahan struktur. Hipotesis yang digunakan untuk menguji keberadaan perubahan struktur dalam data adalah sebagai berikut:

$H_0 : \delta = 0$ (Tidak terdapat perubahan struktur)

$H_1 : \delta \neq 0$ (Terdapat perubahan struktur)

Statistik Uji:

$$F = \frac{(RSS_1 - RSS_2/s)}{Rss_2/(T-2s)} \sim F_{(s,T-2s)} \tag{12}$$

Keterangan:

RSS_1	: Jumlah kuadrat residual model regresi sebelum terjadinya *break*
RSS_2	: Jumlah kuadrat residual model regresi setelah terjadinya *break*
s	: Jumlah parameter yang diestimasi
n_1	: Jumlah pengamatan di *state* 1
n_2	: Jumlah pengamatan di *state* 2
T	: Jumlah seluruh pengamatan

Sehingga keputusan tolak H_0 jika $F \geq F_{(s,T-2s)}$ atau $p - value \leq \alpha\ (0{,}05)$ yang artinya terdapat perubahan struktur pada data.

1.5.7 Penentuan Jumlah dan Waktu *Break* pada Perubahan Struktur

Penentuan jumlah *break* dilihat berdasarkan nilai *Bayesian Information Criterion* (BIC), yakni memilih dengan BIC minimum. Estimasi jumlah *break* yaitu:

$$\hat{b} = argmin(\ BIC_1, BIC_2, \dots, BIC_3\ ) \tag{13}$$

Rumus BIC adalah:

$$\mathrm{BIC_b} = T\ In\left(\frac{RSS}{T}\right) + s\ In\ T + T\ In(2\pi) + T \tag{14}$$

dengan T adalah banyaknya data pengamatan dan s adalah jumlah parameter yang diestimasi. Apabila jumlah *break* ialah satu, sehingga akan terbentuk *state* sebanyak dua yaitu *state* 1 dan *state* 2.

Data dipartisi sebanyak b, maka akan terbentuk $(T_1, \dots, T_b)$, dengan $(T_1, \dots, T_b)$ merupakan waktu dimana perubahan struktur terjadi. Maka, jumlah kuadrat residual minimal dapat ditentukan oleh:

$$RSS = \sum_{j=1}^{b+1} rss(T_{j-1} + 1, T_j) \tag{15}$$

dengan $rss(T_{j-1} + 1, T_j)$ adalah jumlah kuadrat residual dalam segmen ke-j, dan $T_{b+1} = T$ adalah banyaknya data pengamatan (Zeiles dkk., 2003). Sementara waktu *break* atau waktu dimana perubahan struktur terjadi dinotasikan dengan $\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_{b+1}$ yang diperoleh dari:

$$(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_{b+1}) = argmin_{(T_1,\dots,T_{b+1})} RSS_{(T_1,\dots,T_{b+1})} \tag{16}$$

Perubahan struktur dengan satu *break*, akan terbentuk $\hat{T}_1 = n_1$ dimana n_1 ialah banyaknya pengamatan sebelum waktu *break* dan n_2 ialah banyaknya pengamatan setelah waktu *break* (Taqiyuddin & Faqih, 2021).

1.5.8 Estimasi Parameter Model MSAR

Estimasi parameter model MSAR dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood.* Hal ini dilakukan untuk menduga nilai dari masing-masing parameter pada model. Menurut Chen (2013) secara sederhana proses ini diuraikan sebagai berikut:

Model Markov Switching dengan AR(1)

$$(y_t - \mu_{st}) = \phi(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \varepsilon_t \tag{17}$$

dengan $\varepsilon_t \sim$ i.i.d.*N* $(0, \sigma^2)$

maka, fungsi densitas dari model tersebut yaitu:

$$f\left(y_t \middle| \Omega_{t-1}, \mu_{s_t}, \mu_{s_{t-1}}; \theta\right) = \frac{1}{\sigma^2\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\left(\left(y_t - \mu_{s_t}\right) - \phi\left(y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}\right)\right)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (18)$$

dimana

$\Omega_{t-1} = \{y_{t-1}, \dots, y_{t-p}\}$: Himpunan pengamatan sebelumnya

$\theta \quad = (\mu_{s_t}, \sigma^2, \phi)$: Parameter model

Fungsi densitas dari y_t yang dihitung diberikan informasi masa Ω_{t-1} dan membutuhkan nilai s_t, dan s_{t-1} yang merupakan variabel tidak teramati atau nilainya tidak diketahui secara langsung, melainkan diketahui berdasarkan karakteristik dan pengamatan. Untuk menyelesaikan masalah ini, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mempertimbangkan fungsi densitas bersama dari y_t, s_t dan s_{t-1}:

$$f(y_t, s_t, s_{t-1}|\Omega_{t-1}; \theta) = f(y_t|s_t, s_{t-1}, \Omega_{t-1}; \theta)P(s_t, s_{t-1}|\Omega_{t-1}; \theta) \quad (19)$$

Untuk memperoleh $f(y_t, s_t, s_{t-1}|\Omega_{t-1}; \theta)$ dilakukan dengan menjumlahkan fungsi densitas bersama untuk setiap kemungkinan nilai s_t dan s_{t-1}:

$$f(y_t, s_t, s_{t-1}|\Omega_{t-1}; \theta)$$

$$= \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} f(y_t, s_t = j, s_{t-1} = i\ |\Omega_{t-1}; \theta)$$

$$= \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} f(y_t|s_t = j, s_{t-1} = i, \Omega_{t-1}; \theta)\ P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta) \quad (20)$$

Berdasarkan Persamaan (20) nilai dari $P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)$ dengan $i, j = 1, \dots, m$, dimana m adalah banyaknya *state* belum diketahui, sehingga untuk memperoleh nilai tersebut dapat digunakan prosedur *filtering* dan *smoothing*.

A. *Filtering*

Proses *filtering* digunakan untuk mendapatkan nilai peluang suatu *state* pada saat *t*. Proses ini dijalankan secara iteratif dari $t = 1,2, \dots, T$. Nilai *filtered state probability* yang dinotasikan dengan $(s_t = j\ |\Omega_{t-1}; \theta)$. Berikut adalah persamaan yang dituliskan oleh Kim dan Nelson (1999) untuk proses *filtering*:

Tahap 1: Misalkan, diberikan $P\ (s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)$ dengan $i, j = 1, \dots, m$ pada waktu t, nilai dari $P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)$ dengan $i, j = 1, \dots, m$ dapat dihitung sebagai:

$$P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)$$
$$= P(s_t = j|s_{t-1} = i; \theta)\ P(s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)$$
$$= p_{ij}\ P(s_{t-1=i}|\Omega_{t-1}; \theta) \quad (21)$$

Tahap 2: Apabila y_t diamati pada akhir waktu ke-t , maka:

$$= P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_t; \theta)$$

$$= P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}, y_t; \theta)$$

$$= \frac{P(s_t = j, s_{t-1} = i, y_t|\Omega_{t-1}; \theta)}{f(y_t|\Omega_{t-1}; \theta)}$$

$$= \frac{f(y_t|s_t = j, s_{t-1} = i, \Omega_{t-1}; \theta)\ P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} f(y_t, s_t = j,\ \ s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)}$$

$$= \frac{f(y_t|s_t = j, s_{t-1} = i, \Omega_{t-1}; \theta)\ P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} f(y_t|s_t = j, s_{t-1} = i, \Omega_{t-1}; \theta)\ P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_{t-1}; \theta)} \quad (22)$$

dan *filtered state probability* yaitu

$$P\ (s_t = j|\Omega_t; \theta) = \sum_{i=1}^{m} P(s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_t; \theta) \quad (23)$$

B. *Smoothing*

Proses *smoothing* adalah lanjutan dari proses *filtering*, dimana peluang nilai *state* dihitung berdasarkan informasi dari seluruh data pengamatan. Proses ini dilakukan secara iteratif dari $t = T - 1, T - 2, \ldots, 1$. Hasil dari proses *smoothing* adalah nilai *smoothed state probabilities* yang dinotasikan dengan $P(s_t = j|\Omega_t; \theta)$. Proses ini mempertimbangkan peluang gabungan antara $s_t = j$ dan $s_{t+1} = k$ berdasarkan informasi dari seluruh data, dimana j dan k merupakan indeks yang merujuk pada *state* tertentu. Berikut adalah persamaan yang dituliskan oleh Kim dan Nelson (1999) untuk proses *smoothing*:

$$P(s_t = j, s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta)$$

$$= P(s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta) P(s_t = j|s_{t+1} = k, \Omega_t; \theta)$$

$$= \frac{P(s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta) P(s_t = j|s_{t+1} = k, \Omega_t; \theta)}{P(s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta)}$$

$$= \frac{P(s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta) P(s_t = j|\Omega_t; \theta) P(s_{t+1} = k|s_t = j, \Omega_t; \theta)}{P(s_{t+1} = k|\Omega_t; \theta)} \quad (24)$$

dan *smoothed state probabilities* adalah:

$$P(s_t = j|\Omega_t; \theta) = \sum_{k=1}^{m} P(s_t = j, s_{t+1} = k\ |\Omega_T; \theta) \quad (25)$$

Setelah mendapatkan nilai peluang s_t melalui prosedur *filtering* dan *smoothing*, maka akan diperoleh fungsi densitas y_t yaitu:

$$f(y_t, s_t, s_{t-1}|\Omega_T; \theta)$$

$$= \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} f\ (y_t|s_t = j, s_{t-1} = i|\Omega_t; \theta) P(s_t = j|\Omega_T; \theta) \quad (26)$$

dengan m merupakan banyaknya *state*, selanjutnya fungsi likelihood dan log-likelihood dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L(\theta) = \prod_{t=1}^{T} f(y_t, s_t = j, s_{t-1} = i\ |\Omega_T; \theta) \tag{27}$$

serta

$$\ln L(\theta) = \ln \prod_{t=1}^{T} f(y_t, s_t = j, s_{t-1} = i\ |\Omega_T; \theta) \tag{28}$$

Fungsi log-likelihood didiferensialkan terhadap masing-masing parameter dan disamadengankan nol, maka diperoleh estimasi parameter sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_j = \frac{\sum_{t=1}^{T} y_t\ P(s_t = j\ |y_t; \theta) P(\ s_t = j\ |\ y_t; \theta)}{\sum_{t=1}^{T}\ P\ (s_t = j\ |y_t; \theta)} \tag{29}$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{t=1}^{T} (y_t - \hat{\mu}_j)^2\ P(s_t = j\ |y_t; \theta)}{\sum_{t=1}^{T}\ P\ (s_t = j\ |y_t; \theta)} \tag{30}$$

$$\hat{\phi}_p = \frac{\sum_{t=1}^{T} \{\sum_{j=1}^{m} (y_t - \hat{\mu}_{s_t})\ P(s_t = j\ |y_t; \theta)\}}{\sum_{t=1}^{T}\ P(s_t = j\ |y_t; \theta)} \tag{31}$$

$$\hat{p}_{ij} = \frac{\sum_{t=2}^{T} P(s_t = j, s_{t-1} = i|\ y_t; \theta)}{\sum_{t=2}^{T}\ P\ (s_{t-1} = i\ |\ y_t; \theta)} \tag{32}$$

1.5.9 *Diagnostic Checking*

Diagnostic checking dilakukan untuk memvalidasi apakah model yang dihasilkan telah mampu mempresentasikan data yang ada dengan baik. Suatu model dikatakan mampu menggambarkan data dengan benar, jika residualnya tidak memiliki autokorelasi, residual berdistribusi normal, dan varians residual homogen (Hamilton, 1994).

A. Uji Nonautokorelasi Residual

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah residual bersifat *white noise* atau tidak. Dalam pengujian ini, residual nonautokorelasi akan diuji menggunakan uji Ljung-Box.
Hipotesis:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \cdots = \rho_k = 0$ (residual tidak berautokorelasi)

H_1: minimal terdapat satu $\rho_k \neq 0$ (residual berautokorelasi)

Statistik Uji:

$$Q_{LB} = n(n+2) \sum_{k=1}^{K} \frac{\hat{\rho}_k^2(\varepsilon)}{(n-k)} \tag{33}$$

Keterangan:

$\hat{\rho}_k^2(\varepsilon)$: Autokorelasi residual lag ke-k
K : Lag maksimum
n : Jumlah residual

B. Uji Normalitas Residual

Uji normalitas residual yang digunakan adalah uji Shapiro-Wilk.
Hipotesis:
H_0 : Residual berdistribusi normal
H_1 : Residual tidak berdistribusi normal
Statistik uji:

$$W = \frac{b^2}{(n-1)s^2} \tag{34}$$

dengan
$b^2 = \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1}\left(e_{(n-i+1)} - e_{(i)}\right)$
$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})}{n-1}$
$e_{(i)}$: Residual ke-i dari residual terurut $e_{(1)} < e_{(2)} < \cdots < e_{(n)}$
a_{n-i+1} : Koefisien uji Shapiro-Wilk
n : Jumlah residual

Kriteria uji:
Tolak H_0 jika $W \geq SW_{\alpha;df=n}$ atau *p-value* $\leq \alpha = 0{,}05.$

C. Uji Homogenitas Varians Residual

Pengujian homogenitas varians residual diusulkan oleh McLeod & Li (1983) dalam Taqiyyuddin & Faqih (2021) berdasarkan uji Ljung-Box, dengan melibatkan autokorelasi pada residual kuadrat yang biasa disebut uji McLeod-Li.
Hipotesis:
H_0 : $\sigma_k^2 = \sigma^2$ (Varians residual homogen)
H_1 : $\sigma_k^2 \neq \sigma^2$ (Varians residual heterogen)
Statistik uji:

$$Q_{ML} = n(n+2)\sum_{k=1}^{K}\frac{\hat{\rho}_k^2(\varepsilon^2)}{(n-k)} \tag{35}$$

Keterangan:
$\hat{\rho}_k^2(\varepsilon^2)$: Autokorelasi dari residual kuadrat lag ke-k
K : Lag maksimum

Kriteria uji:
Tolak H_0 jika $Q_{ML} \geq \chi^2_{(1-\alpha;df=K)}$ atau *p-value* $\leq \alpha = 0{,}05.$

1.5.10 *Mean Absolute Percentage Error*

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah suatu perhitungan yang digunakan pada hasil tertentu untuk mengukur seberapa akurat suatu prediksi pada hasil perhitungan tersebut. Dengan perhitungan MAPE, didapatkan nilai selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi. Berikut adalah rumus menghitung nilai MAPE (Hudiyanti, dkk., 2019):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{T} \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t}}{T} \times 100\% \quad (36)$$

dengan T adalah banyaknya data pengamatan.

Nilai MAPE mempunyai skala atau kategori dalam melakukan evaluasi, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut (Tsai,2012):

Tabel 1. Kategori Standar MAPE

Nilai MAPE	Kategori
$< 10\%$	Akurasi sangat baik
$10\% - 20\%$	Akurasi baik
$20\% - 50\%$	Akurasi cukup baik
$> 50\%$	Akurasi buruk

1.5.11 Harga Saham

Harga saham adalah harga suatu saham yang terjadi di pasar bursa pada saat tertentu yang ditentukan oleh pelaku pasar dan ditentukan oleh permintaan dan penawaran saham yang bersangkutan di pasar modal (Jogiyanto,2008).

Saham juga merupakan instrumen investasi yang dapat memberikan keuntungan maupun risiko bagi investor. Keuntungan dapat diperoleh dari kenaikan harga saham di pasar modal, yang mencerminkan peningkatan nilai perusahaan. Ketika harga saham naik, investor dapat menjual saham tersebut dengan harga lebih tinggi daripada harga belinya. Selain itu, dividen yang diterima secara berkala juga menjadi sumber keuntungan bagi pemegang saham (Gitman dan Zutter, 2012).

Namun, investasi saham juga mengandung risiko. Harga saham dapat berfluktuasi secara signifikan karena berbagai faktor, seperti kinerja perusahaan, kondisi ekonomi, kebijakan pemerintah, dan sentimen pasar. Penurunan harga saham dapat menyebabkan kerugian bagi investor jika mereka menjual saham pada harga yang lebih rendah dari harga belinya. Oleh karena itu, penting bagi investor untuk melakukan analisis yang cermat dan memiliki strategi investasi yang baik untuk meminimalkan risiko.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari situs *yahoo finance* yaitu data harga saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) sebanyak 45 data.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga saham PT Aneka Tambang Tbk (ANTM) periode Oktober 2020 sampai dengan Juni 2024 seperti yang tercantum pada Lampiran 1.

2.3 Tahapan Analisis

Perhitungan analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software RStudio*. Adapun tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data penelitian
2. Melakukan analisis deskriptif data.
3. Melakukan uji perubahan struktur menggunakan Persamaan (12)
4. Melakukan identifikasi jumlah dan waktu *break* pada perubahan struktur menggunakan Persamaan (13)
5. Melakukan estimasi parameter untuk memperoleh orde yang sesuai dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yang dikombinasikan dengan *filtering* dan *smoothing.*
6. Melakukan *diagnostic checking* yang meliputi Uji Ljung-Box menggunakan Persamaan (33), Uji Shapiro-Wilk menggunakan Persaamaan (34), dan Uji McLeod-Li menggunakan Persamaan (35).
7. Melakukan penerapan model terbaik MSAR yang didapatkan.
    a. Menghitung dugaan durasi setiap *state*.
    b. Menghitung peluang *steady state*.
    c. Melakukan peramalan.
8. Menghitung MAPE berdasarkan Persamaan (36)
9. Menarik kesimpulan.