

**IMPLEMENTASI METODE *LOGISTIC SMOOTH TRANSITION*  
*AUTOREGRESSIVE (LSTAR)* UNTUK PEMODELAN  
HARGA MINYAK MENTAH DUNIA**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FAZRI HUSNUL HIDAYAT**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRACT**

### **IMPLEMENTATION OF THE LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE (LSTAR) METHOD FOR MODELING WORLD CRUDE OIL PRICE**

**By**

**Fazri Husnul Hidayat**

Forecasting is the process of predicting something that will happen in the future based on empirical data. The forecasting method with analysis based on time series data is the time series method. The time series method that is commonly used is Box-Jenkins or known as ARIMA. However, ARIMA is a time series model with stationarity assumptions that must be met and is linear in nature, so it is not appropriate when applied to data modeling that tends to be nonlinear. To perform nonlinear data modeling, the Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR) method can be used, where this method is popular in economic and financial applications, such as world crude oil prices. In this study, world crude oil price forecasting was carried out using weekly data for the period 3 July 2016 to 27 November 2022. The results obtained for the best model were LSTAR(3.1) with the forecast increasing from the 1st week period of 76.39677099 to the 9th week period is 82.11454605. The MAPE value obtained is 7.881%, which means that the model formed is very accurate because the MAPE value obtained is less than 10%.

**Kata kunci:** Forecasting, Nonlinear, *Logistic Smooth Transition Autoregressive*, World Crude Oil Prices.

## ABSTRAK

### IMPLEMENTASI METODE *LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE (LSTAR)* UNTUK PEMODELAN HARGA MINYAK MENTAH DUNIA

Oleh

**Fazri Husnul Hidayat**

Peramalan adalah proses memprakirakan sesuatu yang akan terjadi pada masa depan berdasarkan data empiris. Metode peramalan dengan analisis berdasarkan data deret waktu adalah metode *time series* atau deret waktu. Metode deret waktu yang umum digunakan yaitu *Box-Jenkins* atau dikenal dengan ARIMA. Namun, ARIMA merupakan model *time series* dengan asumsi-asumsi stasioneritas yang harus terpenuhi dan bersifat linear, sehingga tidak tepat apabila diterapkan pada pemodelan data yang cenderung nonlinier. Untuk melakukan pemodelan data yang bersifat nonlinier, dapat digunakan metode yang *Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR)*, dimana metode ini populer dalam terapan bidang ekonomi dan keuangan, seperti harga minyak mentah dunia. Pada penelitian ini, dilakukan peramalan harga minyak mentah dunia menggunakan data mingguan dengan periode 3 Juli 2016 hingga 27 November 2022. Hasil yang diperoleh untuk model terbaik adalah LSTAR(3,1) dengan peramalan mengalami kenaikan dari periode minggu ke-1 sebesar 76.39677099 sampai dengan periode minggu ke-9 yaitu sebesar 82.11454605. Nilai MAPE yang diperoleh yaitu sebesar 7.881%, yang berarti model yang terbentuk sangat akurat karena nilai MAPE yang diperoleh kurang dari 10%.

**Kata kunci:** Peramalan, Nonlinier, *Logistic Smooth Transition Autoregressive*, Harga Minyak Mentah Dunia.

**IMPLEMENTASI METODE *LOGISTIC SMOOTH TRANSITION*  
*AUTOREGRESSIVE (LSTAR)* UNTUK PEMODELAN  
HARGA MINYAK MENTAH DUNIA**

Oleh  
**Fazri Husnul Hidayat**  
**1917031005**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA MATEMATIKA**

Pada

Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul : **IMPLEMENTASI METODE LOGISTIC  
SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE  
(LSTAR) UNTUK PEMODELAN HARGA  
MINYAK MENTAH DUNIA**

Nama : **Fazri Husnul Hidayat**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031005**

Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

**Drs. Eri Setiawan, M.Si.**  
NIP. 19581101 198803 1 002

**Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19620704 198803 1 002

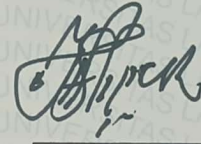
2. Ketua Jurusan Matematika

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

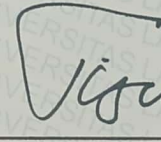
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

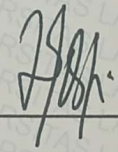
Ketua : **Drs. Eri Setiawan, M.Si.**



Sekretaris : **Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Widiarti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Mei 2023**

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Fazri Husnul Hidayat**  
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917031005**  
Jurusan : **Matematika**  
Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI METODE *LOGISTIC SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE (LSTAR)* UNTUK PEMODELAN HARGA MINYAK MENTAH DUNIA**

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

Bandar Lampung, 30 Mei 2023

Penulis



**Fazri Husnul Hidayat**

**NPM. 1917031005**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Fazri Husnul Hidayat lahir di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada 27 Januari 2001. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara pasangan Bapak Paing dan Ibu Dariyah.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Harapan Jaya pada tahun 2007 sampai dengan 2013. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 29 Bandar Lampung pada tahun 2013 sampai dengan 2016. Kemudian menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2016 sampai dengan 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN), serta menjadi mahasiswa penerima Beasiswa Bidikmisi.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah bergabung menjadi anggota Generasi Muda Penerus HIMATIKA (GEMATIKA) pada periode 2019. Pada periode 2020, penulis juga aktif dalam organisasi Keluarga Mahasiswa Nahdhatul Ulama (KMNU) Unila sebagai Anggota Magang Bidang Semi Otonom (BSO) Seni Islam, yang kemudian menjadi Anggota Bidang Semi Otonom (BSO) Seni Islam pada periode 2021. Selanjutnya, penulis menjadi Kepala Bidang Semi Otonom (BSO) Seni Islam pada periode 2022 dan tergabung menjadi anggota Majelis Pertimbangan Organisasi (MPO) Keluarga Mahasiswa Nahdhatul Ulama (KMNU) Universitas Lampung.



Pada bulan Januari sampai Februari 2022, penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktik (KP) di Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan (LPMP) Provinsi Lampung. Sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu kepada masyarakat, pada bulan Juni sampai Juli 2022, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negeri Agung, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung.

## PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhadulillahirabbil'alamin*

*Allahumma Sholli 'ala Sayyidina Muhammad ﷺ*

Bersyukur kepada Allah SWT dengan mengucapkan *Alhadulillahirabbil'alamin*

Atas segala kekuatan dan kesempatan waktu yang diberikan

Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Saya persembahkan karya ini kepada:

### *Kedua Orang Tua dan Keluarga*

Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan berupa tenaga dan materi, doa yang tiada henti, pengetahuan, dan nasehat yang selalu diberikan kepada penulis. Terima kasih yang tiada terhingga telah mendukung dan mendoakan segala bentuk keinginan penulis. Terima kasih telah mengajarkan banyak hal luar biasa, dan banyak pelajaran sehingga penulis menjadi seseorang yang kuat.

### *Dosen Pembimbing dan Pembahas*

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan masukan dan motivasi, serta ilmu yang sangat berharga.

### *Sahabat-sahabatku*

Terimakasih atas semua keceriaan dan semangat yang telah diberikan.

*Almamater Tercinta, Universitas Lampung*

## **KATA INSPIRASI**

*“Jika kamu tidak tahan terhadap penatnya belajar, maka kamu akan menanggung bahayanya kebodohan”*

**(Imam Syafi’i)**

*“Kesabaran itu ada dua macam, yaitu sabar atas sesuatu yang tidak kau inginkan dan sabar menahan diri dari sesuatu yang kau inginkan”*

**(Ali bin Abi Thalib)**

*“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan“*

**(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)**

*“Jadilah dirimu sendiri dimanapun kamu berada”*

**(Fazri Husnul Hidayat)**

## SANWACANA

*Alhadulillahirabbil'amin*, puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **”Implementasi Metode *Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR)* Untuk Pemodelan Harga Minyak Mentah Dunia”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku pembimbing utama atas kesediaan waktu, pemikiran dalam memberikan evaluasi, arahan, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing kedua atas kesediaan waktu, arahan dan saran yang membangun dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku dosen pembahas atas kesediaan waktu, saran, dan masukan yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Warsono, M.S., Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan nasehat selama penulis menjalankan perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh Dosen, Staf, dan Civitas Akademika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak dan Mamak tersayang, Mbak, Mas beserta keluarga besar yang selalu memberikan semangat dukungan, dan do'a kepada penulis.
9. Untuk sahabat-sahabatku, Wiranto, Aldi, Sidiq, Maji, Sinta, Dini, dan Puja, terimakasih untuk segala motivasi, dukungan, kebersamaan, kehangatan, dan semangat positif dalam menjalani perkuliahan dan selama proses penyusunan skripsi ini.
10. Untuk sahabat seperjuangan dari Yak-yak an, Siska, Degit, Nanda, Farid, Alfa dan lainnya atas segala doa dukungan, semangat yang telah diberikan.
11. Rekan-rekan Keluarga Mahasiswa Nahdhatul Ulama (KMNU) Universitas Lampung. Terimakasih atas segala pengalaman dan kebersamaan menjadi keluarga di kampus Unila.
12. Teman-teman KKN Negeri Agung, untuk segala kebersamaan dan pengalamannya selama masa pengabdian masyarakat.
13. Teman-teman Matematika 2019 dan Abang Yunda yang telah membantu selama perkuliahan selama ini.
14. Seluruh pihak terkait yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran, kritik dan masukan yang membangun senantiasa penulis harapkan demi kesempurnaan ke depannya. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pihak yang memerlukannya. Aamiin Ya Rabbal'alaamiin.

Bandar Lampung, 30 Mei 2023

Penulis

**Fazri Husnul Hidayat**

NPM. 1917031005

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Data Deret Waktu.....	4
2.2 Stasioneritas .....	4
2.3 Transformasi <i>Box-Cox</i> .....	5
2.4 Uji <i>Augmented Dicky Fuller</i> (ADF).....	6
2.5 Pembeda ( <i>Differencing</i> ) .....	6
2.6 Uji Nonlinearitas .....	7
2.7 Identifikasi Model LSTAR .....	8
2.7.1 Fungsi Autokorelasi (ACF).....	8
2.7.2 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF).....	9
2.8 Model <i>Smooth Transition Autoregressive</i> (STAR).....	9
2.9 Model <i>Logistic Smooth Transition Autoregressive</i> (LSTAR) .....	10
2.10 Estimasi Parameter Model LSTAR.....	11
2.11 Pemeriksaan Diagnostik.....	11
2.11.1 Uji <i>White Noise</i> .....	11
2.11.2 Uji Normalitas.....	12
2.11.3 Uji Heteroskedastisitas.....	13
2.12 Akurasi Peramalan .....	14
2.13 Minyak Mentah .....	15

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	16
3.2 Data Penelitian .....	16
3.3 Metode Penelitian.....	16
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
4.1 Analisis Deskriptif .....	19
4.2 Identifikasi Plot Data Pengamatan .....	20
4.3 Pemeriksaan Kestasioneran Data .....	20
4.4 Uji Nonlinearitas .....	23
4.5 Identifikasi Model LSTAR .....	24
4.6 Estimasi Parameter Model LSTAR.....	24
4.7 Pemeriksaan Diagnostik.....	25
4.7.1 Uji <i>White Noise</i> .....	26
4.7.2 Uji Normalitas .....	26
4.7.3 Uji Heteroskedastisitas.....	27
4.8 Peramalan.....	28
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>33</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Nilai $\lambda$ dan transformasinya.....	5
2. Nilai MAPE dan kesimpulannya .....	14
3. Statistik Deskriptif Data Harga Minyak Mentah Dunia .....	19
4. Uji Stasioneritas <i>Box-Cox</i> .....	21
5. Uji Stasioneritas ADF.....	21
6. Uji Stasioneritas ADF setelah <i>differencing</i> satu kali.....	22
7. Hasil Uji <i>Terasvita</i> .....	23
8. Estimasi Parameter Model LSTAR (3,1) .....	25
9. Hasil Uji <i>Ljung-Box</i> .....	26
10. Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	27
11. Hasil Uji ARCH <i>Lagrange Multiplier</i> .....	27
12. Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia 9 minggu ke-depan .....	28



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Diagram Alir Metode LSTAR.....	18
2. Plot Data Harga Minyak Mentah Dunia .....	20
3. Plot PACF Data Harga Minyak Mentah Dunia, $d = 1$ . .....	24
4. Plot Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia 9 periode kedepan .....	29

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Peramalan adalah proses memprediksi sesuatu yang akan terjadi di masa depan berdasarkan data empiris. Dalam proses peramalan, tentunya diharapkan dapat memperkecil ketidakpastian dari peramalan serta diharapkan dapat meramalkan dengan tepat sesuatu di masa yang akan datang atau beberapa periode selanjutnya. Metode dalam peramalan dimana menggunakan analisis yang didasarkan oleh data runtun waktu ialah metode peramalan data deret waktu atau dapat disebut dengan analisis *time series*. Menurut Wei (2006), analisis *time series* merupakan serangkaian dari suatu observasi terhadap suatu variabel yang didapatkan secara berkala atau berurutan serta disusun dengan berdasarkan periode waktu ke waktu dengan interval yang tetap dalam bentuk tahunan, triwulan, bulanan, harian, dan lain sebagainya dimana waktunya harus memiliki interval yang tetap.

Dalam membedakan metode runtun waktu, tentunya dapat dilihat dari tekniknya. Beberapa metode dari data runtun waktu adalah ARIMA atau *Box-Jenkins*, *Smoothing* (pemulusan), serta dekomposisi. Metode ARIMA ini sedang berkembang dan merupakan metode deret waktu yang umum digunakan. Dalam metode ARIMA, biasanya memiliki beberapa asumsi yang harus terpenuhi, seperti uji diagnostik, stasioneritas, serta estimasi parameternya. Jika dibandingkan dengan metode peramalan lainnya, proses perhitungan metode ARIMA cukup kompleks dan dapat memberikan hasil yang lebih baik. Namun, ARIMA merupakan model *time series* stasioner untuk data yang bersifat linier, sehingga tidak tepat apabila diterapkan pada pemodelan data yang cenderung nonlinier.

Metode STAR (*Smooth Transition Autoregressive*) merupakan contoh metode yang digunakan untuk data yang bersifat nonlinear. Dimana metode ini merupakan metode yang diperkenalkan pada 1993 oleh Terasvirta dan juga Granger. Model dari *autoregressive* pada data runtun waktu yang bersifat nonlinear merupakan dasar dari perluasan metode tersebut. Dalam metode STAR sendiri memiliki fungsi transisi, dimana berdasarkan fungsi transisi tersebut, metode ini dapat dibedakan menjadi beberapa. Adapun tipe dari metode STAR yaitu dengan menggunakan fungsi transisinya yaitu fungsi logistik dinamakan *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR), sedangkan apabila fungsi transisi yang digunakan merupakan fungsi eksponensial, maka metode ini dinamakan ESTAR (*Exponential Smooth Transition Autoregressive*). Model LSTAR (*Logistic Smooth Transition Autoregressive*) merupakan model data *time series* dimana data yang digunakan membentuk pola data yang nonlinear dan sangat populer dalam terapan bidang ekonomi dan keuangan, seperti data harga minyak mentah dunia.

Hasil produksi yang tidak dapat mengimbangi permintaan masyarakat terhadap ketersediaan minyak akan mengakibatkan kelangkaan persediaan sehingga menyebabkan sulitnya terpenuhi kebutuhan minyak sehari-hari. Karena terjadinya kelangkaan tersebut, mengakibatkan tingginya harga dari impor minyak dunia yang akan berpengaruh terhadap harga bahan bakar minyak (BBM). Dimana hal tersebut bertolak belakang dengan kemampuan ekonomi sebagian besar masyarakat di Indonesia. Oleh karena itu, pemerintah perlu memperhatikan harga minyak dunia yang berfluktuatif sehingga dapat mengkaji ulang anggaran pendapatan dan belanja negara (APBN) agar masyarakat dapat memperoleh subsidi apabila terjadinya kenaikan harga minyak dunia. Data harga minyak dunia termasuk ke dalam data deret waktu. Dimana data tersebut dapat digunakan dalam memperkirakan sesuatu di masa yang akan datang dengan didasarkan kepada data yang ada pada masa lampau.

Penelitian Odelia, dkk. (2020), yaitu melakukan prediksi harga saham mingguan PT. Bank Mandiri Tbk menggunakan metode LSTAR. Pratama, dkk. (2021)

melakukan peramalan harga *bitcoin* dengan metode STAR. Karena fungsi transisi yang terbentuk adalah logistik, maka digunakan metode LSTAR. Kemudian Kresnawati, dkk. (2018), juga menggunakan metode LSTAR dalam meramalkan indeks harga saham gabungan (IHSG) sehingga diperoleh MAPE sebesar 2,932612%. Peramalan menggunakan metode ARIMA dan ARIMA gabungan terhadap data harga minyak mentah dunia pernah dilakukan oleh Setiyowati, dkk., (2018), diperoleh bahwa model terbaik yaitu ARIMA (1,1,0) dengan nilai RMSE sebesar 8,345. Putri, dkk. (2017) juga melakukan peramalan data inflasi menggunakan metode ARIMA dan LSTAR. Diperoleh bahwa metode LSTAR memiliki nilai RMSE dan MSE yang lebih kecil, sehingga lebih sesuai dalam pemodelan data deret waktu. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik mengimplimentasikan metode *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) pada pemodelan data harga minyak mentah dunia.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapaun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) yang sesuai untuk harga minyak mentah dunia.
2. Dapat memperkirakan harga minyak mentah dunia pada periode selanjutnya dan menghitung tingkat galat.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengaplikasikan model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) pada data harga minyak mentah dunia.
2. Memperoleh hasil peramalan dengan model *Logistic Smooth Transition Autoregressive* (LSTAR) pada data harga minyak mentah dunia dengan galat terkecil.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Data Deret Waktu

Deret waktu (*time series*) merupakan serangkaian pengamatan pada suatu variabel yang diperoleh secara berurutan serta disusun berdasarkan waktu ke waktu dalam bentuk tahunan, triwulan, bulanan, harian, dan lain sebagainya dimana waktunya harus memiliki interval yang tetap (Wei, 2006). Studi yang berkaitan dengan *time series* disebut analisis *time series*. Analisis deret waktu (*time series*) memiliki tujuan yaitu untuk menemukan model yang sama dengan deret waktu yang diamati, kemudian akan digunakan untuk acuan peramalan data deret waktu pada masa yang akan datang (Makridakis, dkk., 1999).

### 2.2 Stasioneritas

Menurut Wei (2006), stasioner memiliki makna bahwasanya data tersebut tidak mengalami perubahan yang sangat drastis atau signifikan, yaitu pada rata-rata datanya dan juga ragamnya harus konstan setiap waktunya. Stasioneritas sendiri dapat dibagi menjadi 2 jenis, antara lain:

1. Stasioner dalam rata-rata

Stasioner dalam rata-rata adalah fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Kestasioneran data dalam rata-rata dapat diuji dengan uji *Augmented Dicky Fuller* (ADF).

## 2. Stasioner dalam variansi

Stasioner dalam varian merupakan suatu kondisi dimana struktur dari data runtun waktunya memiliki pola data yang konstan atau tetap, sehingga varian dari data tersebut tidak mengalami perubahan dari waktu ke waktunya.

Kestasioneran data dalam varian dapat diuji menggunakan transformasi *Box-Cox*.

### 2.3 Transformasi *Box-Cox*

Transformasi *Box-Cox* merupakan transformasi yang digunakan dalam menstabilkan ragam dalam suatu pengolahan data. Transformasi *Box-Cox* atau dapat disebut dengan *power transformation* memiliki beberapa jenis yaitu transformasi log dan juga transformasi kuadrat. Berikut merupakan definisi dari transformasi *Box-Cox*:

$$Z_t = \frac{Z_t^\lambda}{\lambda} \quad (2.1)$$

dengan:

$Z_t$  = nilai data deret waktu pada waktu ke-t

$\lambda$  = parameter transformasi *Box-Cox*

Rumus transformasi yang berbeda dimiliki pada setiap nilai  $\lambda$ . Transformasi ini dilakukan jika nilai  $\lambda$  yang diperoleh belum mendekati 1. Data dikatakan telah stasioner dalam varian jika nilai  $\lambda$  mendekati 1. Berikut merupakan nilai dari lamda ( $\lambda$ ) dan transformasinya.

Tabel 1. Nilai  $\lambda$  dan transformasinya

$\lambda$	Transformasi
-1	$1/Z_t$
-0,5	$1/\sqrt{Z_t}$
0	$\ln\sqrt{Z_t}$
0,5	$\sqrt{Z_t}$

Sumber: Aswi & Sukarna (2006)

## 2.4 Uji *Augmented Dicky Fuller* (ADF)

Menurut Gujarati & Porter (2009), dalam menentukan suatu kestasioneran dari data, dapat dilakukan dengan cara melakukan uji ADF (*Augmented Dickey Fuller*). Berikut merupakan persamaan dari Uji ADF:

$$\Delta Y_t = \phi Y_{t-1} \sum_{j=1}^{\rho-1} a_j^* \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.2)$$

dengan:

- $\Delta Y_t$  = hasil *difference* data pada period ke-t
- $\phi$  = koefisien *autoregressive*
- $a_j^*$  = suatu konstanta
- $\rho$  = panjang *lag* yang digunakan
- $\varepsilon_t$  = residual pada waktu ke-t

Dengan menggunakan koefisien  $\phi$  yang terdapat pada t-statistik maka dapat dilakukan uji statistik pada ADF. Dengan hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \phi = 0 \text{ (data tidak stasioner)}$$

$$H_1 : \phi < 0 \text{ (data stasioner)}$$

Sehingga kriteria dalam pengambilan keputusannya ialah jika nilai dari

$p\text{-value} < \alpha$  maka keputusan yang diambil ialah tolak  $H_0$  atau dapat dikatakan data telah stasioner. Sedangkan apabila  $p\text{-value} > \alpha$  maka keputusan yang dapat ditarik ialah data dinyatakan tidak stasioner.

## 2.5 Pembeda (*Differencing*)

Menurut Pankratz (1991), jika rata-rata pada data tidak konstan maka dapat dilakukan dengan membuat data baru yang memiliki rata-rata konstan dengan

melakukan *differencing* data, artinya secara berturut-turut menghitung perubahan pada data. *Differencing* pertama atau  $d=1$  dirumuskan:

$$W_t = X_t - X_{t-1} \quad (2.3)$$

Apabila saat melakukan *differencing* pertama ( $d=1$ ) masih diperoleh hasil bahwa rata-rata datanya belum konstan, maka dapat dilakukan *differencing* kedua atau  $d=2$ . Dengan  $W_t^*$  sebagai *differencing* pertama pada saat  $t$ , maka untuk memperoleh *differencing* kedua ( $d=2$ ) dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_t &= W_t^* - W_{t-1}^* \\ &= (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

## 2.6 Uji Nonlinearitas

Dalam menerapkan model nonlinier, digunakan uji nonlinearitas terlebih dahulu pada data runtun waktu untuk mengetahui bahwa metode yang akan digunakan sesuai dengan data. Salah satu uji yang digunakan untuk mengetahui hubungan nonlinier antara variabel adalah Uji Terasvirta yang diperoleh dari pengembangan model *neural network* dan termasuk dalam kelompok uji *Lagrange Multiplier* dengan ekspansi Taylor (Terasvirta, dkk., 1993). Dalam uji ini, digunakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  :  $f(x)$  adalah fungsi linier dalam  $x$  (model linier)

$H_1$  :  $f(x)$ : adalah fungsi nonlinier dalam  $x$  (model nonlinier)

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR) / m}{SSR / (N - p - 1 - m)} \quad (2.5)$$

dengan:

$SSR$  = jumlah kuadrat residual dari regresi  $f(x)$  dengan  $x$  dimana menghasilkan residual  $\varepsilon_t$

$SSR$  = jumlah kuadrat residual dari regresi  $\varepsilon_t$  dengan  $x$  dan  $m$



- $p$  = jumlah variabel prediktor awal  
 $m$  = jumlah variabel prediktor kuadratik dan kubik  
 $N$  = jumlah data

Kriteria keputusan yaitu  $F_{hitung} < F_{(m,(N-p-1-m))}$  atau  $p - value < \alpha$  maka tolak  $H_0$  yang berarti  $f(x)$  merupakan fungsi nonlinier  $x$ .

## 2.7 Identifikasi Model LSTAR

Dalam melakukan identifikasi terhadap model dapat dilakukan dengan menggunakan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) atau fungsi autokorelasi parsial.

### 2.7.1 Fungsi Autokorelasi (ACF)

Fungsi autokorelasi atau dapat juga disebut dengan *autocorrelation function* (ACF) merupakan ketergantungan dari nilai-nilai suatu data runtun waktu yang sama pada periode waktu yang berlainan yang digunakan dalam menentukan koefisien korelasi pada deret waktu. Dari proses stasioner suatu data runtun waktu ( $X_t$ ), diperoleh  $E(X_t) = \mu$  dan ragam  $Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma_t^2$  yang konstan dan kovarian;  $Cov(X_t, X_{t+k})$  yang fungsinya hanya pada perbedaan waktu  $|t - (t+k)|$ . Oleh karena itu, dapat ditulis kovarian antara  $X_t$  dan  $X_{t+k}$  yaitu:

$$\gamma_k = Cov(X_{t+1}, X_{t+2}) = E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]$$

$$\gamma_0 = \sqrt{Var(X_t)Var(X_{t+k})} = \sqrt{E(X_t - \mu)^2} \sqrt{E(X_{t+k} - \mu)^2}$$

dan fungsi autokorelasi antara  $X_t$  dan  $X_{t+k}$  adalah:

$$\rho_k = \frac{Cov(X_{t+1}, X_{t+2})}{\sqrt{Var(X_t)Var(X_{t+k})}}$$

$$= \frac{E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)]}{\sqrt{E(X_t - \mu)^2} \sqrt{E(X_{t+k} - \mu)^2}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (2.6)$$

dimana,  $Var(X_t) = Var(X_{t+k}) = \gamma_0$  (Wei, 1990). Sebagai suatu fungsi dari  $k$ ,  $\gamma_k$  merupakan fungsi autokovarian dan  $\rho_k$  merupakan fungsi autokorelasi (ACF) (Wei, 2006).

### 2.7.2 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Fungsi autokorelasi parsial merupakan suatu fungsi yang digunakan dalam melihat korelasi parsial pada saat pengamatan pada waktu ke  $t$  ( $Z_t$ ) dengan pengamatan sebelum-sebelumnya ( $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k}$ ). Sehingga dapat dikatakan bahwasannya PACF digunakan dalam pengukuran tingkatan keeratan hubungan antara  $X_t$  dan  $X_{t+k}$  setelah dihilangkan pengaruh depensi linier dalam variabel  $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+k-1}$ . Maka dari itu, menurut Wei (2006) fungsi PACF dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\rho_k = \frac{Cov[(Z_t - \hat{Z}_t), (Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})]}{\sqrt{Var(Z_t - \hat{Z}_t)} \sqrt{Var(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})}} \quad (2.7)$$

### 2.8 Model Smooth Transition Autoregressive (STAR)

Model STAR atau *Smooth Transition Autoregressive* merupakan model yang dikelompokkan ke dalam model yang dipengaruhi oleh *lag*, dimana pengaruh *lag* ini akan mempengaruhi waktu maupun lokasinya secara linear (Pfiefer & Deutsch, 1980). Spesifikasi model pendugaan pada model STAR juga hampir sama dengan metode *Box-Jenkins* atau biasa disebut ARIMA. Model STAR ( $p, d$ ) dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_1' X_t (1 - G(Y_{t-d}; \gamma, c)) + \phi_2' X_t (G(Y_{t-d}; \gamma, c)) + \varepsilon_t \quad (2.8)$$

dengan:

$Y_t$	= variabel yang diamati pada waktu ke-t
$X_t$	= $(1, Y_{t-\alpha}, \dots, Y_{t-p})$
$\phi_i$	= $(\phi_{i,0}, \phi_{i,1}, \dots, \phi_{i,p})'$ , $i = 1, 2$ (Parameter pada <i>low</i> dan <i>high</i> )
$Y_{t-d}$	= variabel transisi, $d > 0$
$\gamma$	= parameter pemulusan ( <i>slope</i> )
$c$	= parameter lokasi ( <i>threshold</i> )
$G(Y_{t-d}; \gamma, c)$	= Fungsi transisi
$\varepsilon_t$	= Nilai residu pada waktu ke-t

## 2.9 Model Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR)

Apabila suatu model memiliki fungsi transisi logistik yang diperoleh dari model *Smooth Transition Autoregressive* (STAR) maka model tersebut merupakan model LSTAR atau *Logistic Smooth Transition Autoregressive*. Dimana fungsi transisi logistiknya adalah sebagai berikut (Terasvirta, 1994):

$$G(Y_{t-d}; \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(Y_{t-d} - c))}, \gamma > 0 \quad (2.9)$$

Model yang terbentuk tersebut merupakan model Logistik STAR atau LSTAR. Dimana untuk parameter *delay*  $l$  ( $l > 0$ ) yang dimana merupakan bilangan integer positif. Sedangkan untuk parameter  $c$  merupakan *threshold* dan  $\gamma$  menunjukkan derajat kecepatan dan kehalusan dari transisi.

Bentuk sederhana dari model LSTAR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_1' X_t \left( 1 - \left( \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(Y_{t-d} - c))} \right) \right) + \phi_2' X_t \left( \left( \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(Y_{t-d} - c))} \right) \right) + \varepsilon_t \quad (2.10)$$

dimana  $Y_t$  merupakan proses yang stasioner dengan  $\phi_1, \phi_2$  dan  $\gamma$  merupakan parameter yang tidak diketahui. Parameter  $\gamma$  menunjukkan derajat kecepatan dan

kehalusan transisi dan  $s_t = Y_{t-d}$  merupakan fungsi transisi ketika lag  $l \geq 1$ . Delay 1 yang merupakan bilangan integer positif  $l = 1$ .

## 2.10 Estimasi Parameter Model LSTAR

Menurut Dijk (1999), dalam memperoleh parameter hasil estimasi dari model LSTAR dapat menggunakan metode *Nonlinear Least Square* (NLS). Cara yang dilakukan dalam mengestimasi parameter pada metode ini dilakukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual yang dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut:

$$\hat{\theta} = \min \sum_{i=1}^T (Y_i - F(Y_i, \theta))^2 \quad (2.11)$$

dengan,

$$F(Y_i, \theta) = \phi_1 Y_i (1 - G(Y_{i-d}; \gamma, c)) + \phi_2 Y_i (1 - G(Y_{i-d}; \gamma, c))$$

proses dalam mencari nilai parameter pada model NLS ini dilakukan dengan menggunakan metode *least square* pada  $\gamma$  dan  $c$ .

## 2.11 Pemeriksaan Diagnostik

### 2.11.1 Uji *White Noise*

*White Noise* merupakan kondisi dimana tidak adanya hubungan (korelasi) antara residual terhadap mean nol serta variannya yang konstan  $(\sigma^2, \mu)$ . Menurut Wei (2006), uji *Ljung Box* merupakan statistik uji yang digunakan dalam *white noise*. Dengan hipotesis yang digunakan dalam penentuan keputusan sebagai berikut:

1. Hipotesis

$$H_0 : \rho_k = 0 \text{ (tidak ada autokorelasi antar residu)}$$

$$H_1 : \rho_k \neq 0 \text{ (terdapat autokorelasi antar residu)}$$

2. Statistik uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^k \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \quad (2.12)$$

dengan,

$\hat{\rho}_k^2$  = estimasi taksiran ACF residual

$n$  = banyaknya data

$k$  = banyaknya lag yang diuji

Kriteria keputusan yaitu apabila  $Q > \chi^2_{(\alpha, (k-p-q))}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  maka keputusan yang diambil yaitu tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan bahwa adanya autokorelasi antar residual. Namun, apabila  $Q < \chi^2_{(\alpha, (k-p-q))}$  atau  $p\text{-value} > \alpha$ , maka keputusan yang diambil yaitu tidak tolak  $H_0$ , sehingga dapat dikatakan tidak ada autokorelasi antar residual.

### 2.11.2 Uji Normalitas

Dalam penentuan distribusi dari residual suatu data terdistribusi normal atau tidak normal dapat dilakukan dengan menggunakan uji normalitas (Setiawan, 2017). Menurut Daniel (1989), dalam uji normalitas residual digunakan statistika uji yaitu uji *Kolmogorov-Smirnov*. Dalam menggunakan uji ini, hipotesis yang digunakan dalam menentukan keputusan ialah:

$H_0$  : Residual dari data terdistribusi normal

$H_1$  : Residual dari data tidak terdistribusi normal

Sehingga statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = KS = \max |F_0(X) - S_n(X)| \quad (2.13)$$

dengan,

$F_0(X)$  = Fungsi dirtribusi komulatif pembanding

$S_n(X)$  = Fungsi distribusi komulatif observasi

Sehingga kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan yaitu apabila  $D_{hitung} > D_{tabel}$  atau  $p - value < \alpha$  maka keputusan yang diambil yaitu tolak  $H_0$ , dengan arti bahwasanya residual dari data tidak terdistribusi normal. Namun, jika  $D_{hitung} < D_{tabel}$  atau  $p - value > \alpha$  maka keputusan yang diambil yaitu tidak cukup bukti untuk menolak  $H_0$  atau dapat dikatakan bahwa residual data terdistribusi normal.

### 2.11.3 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas adalah uji yang digunakan apabila terdapat keadaan apabila suatu data tersebut tidak konstan dalam tingkat keragamannya atau terjadi ketidakhomogenan pada kesalahannya atau *error*, terjadi apabila varian gangguan tidak memiliki varian yang sama pada setiap observasi. Menurut William (1993), dapat dilakukan pengujian menggunakan uji ARCH *Lagrange Multiplier* (LM). Hipotesis dalam penentuan keputusan dalam melakukan Uji Heteroskedastisitas yaitu:

$H_0$  : Tidak terjadi heteroskedastisitas

$H_1$  : Terjadi heteroskedastisitas

Dengan statistik uji yang digunakan

$$\chi^2 = nR^2 \quad (2.14)$$

dimana, 
$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^T (\hat{X}_i - \hat{X})^2}{\sum_{i=1}^T (X_i - \hat{X})^2}$$

dengan,

$n$  = banyaknya pengamatan

$R^2$  = koefisien determinasi

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

Kriteria pengambilan keputusan yaitu jika  $\chi^2_{statistik} > \chi^2_{(\alpha,r)}$  atau  $p - value < \alpha$  maka tolak  $H_0$ , artinya terjadi heteroskedastisitas. Jika  $\chi^2_{statistik} < \chi^2_{(\alpha,r)}$  atau  $p - value > \alpha$  maka tidak tolak  $H_0$ , artinya tidak terjadi heteroskedastisitas.

## 2.12 Akurasi Peramalan

Suatu cara yang dilakukan untuk mengetahui ketepatan model yang telah diperoleh yaitu dengan memperhitungkan tingkat *error*. Menurut Faldo dkk., (2019), dengan melihat tingkat *error* dapat diasumsikan bahwa seberapa akurat data yang diperoleh dari hasil peramalan dengan data aktualnya berdasarkan model yang telah diperoleh. MAPE (*Mean Square Percentage Error*) merupakan perhitungan yang digunakan dalam menghitung selisih antara data sebenarnya terhadap data yang diperoleh dari hasil peramalan yang diperoleh dalam bentuk keseluruhan persentase kesalahan. Dengan persamaan untuk mencari nilai MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X(t) - F(t)|}{X(t)} \times 100\% \quad (2.15)$$

Menurut Odelia dkk., (2020), menyatakan bahwa *range* dari nilai MAPE pada suatu model serta kesimpulannya dapat diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai MAPE dan kesimpulannya

Range	Kesimpulan
< 10%	Kemampuan model sangat akurat
10-20%	Kemampuan model akurat
20-50%	Kemampuan model cukup akurat
>50%	Kemampuan model buruk

### 2.13 Minyak Mentah

Menurut Hanfiah, dkk. (2015), salah satu energi yang sangat penting saat ini adalah minyak mentah (*crude oil*) karena olahannya merupakan sumber energy seperti bensin, minyak tanah, solar, dan lain-lain. Harga spot dari pasar minyak dunia akan mempengaruhi harga dari minyak mentah. *West Texas Intermediate* (WTI) merupakan standar umum yang sering digunakan dalam menentukan harga minyak mentah.

Berbagai industri di dunia banyak menggunakan minyak mentah sebagai energi utamanya. Hal ini berakibat pada harga minyak mentah yang sangat sulit diperkirakan. Maka dari itu, perlu adanya teknik yang akurat agar dapat memprediksi harga minyak mentah dunia (Veri, dkk., 2022).



### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Semester Ganjil tahun akademik 2022/2023 dengan melakukan penelitian secara studi pustaka di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### **3.2 Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data time series sekunder yang diambil dari <https://id.investing.com/commodities/crude-oil-historical-data> untuk data mingguan harga minyak mentah dunia jenis *West Texas Intermediate* (WTI) periode 03 Juli 2016 sampai dengan 27 November 2022.

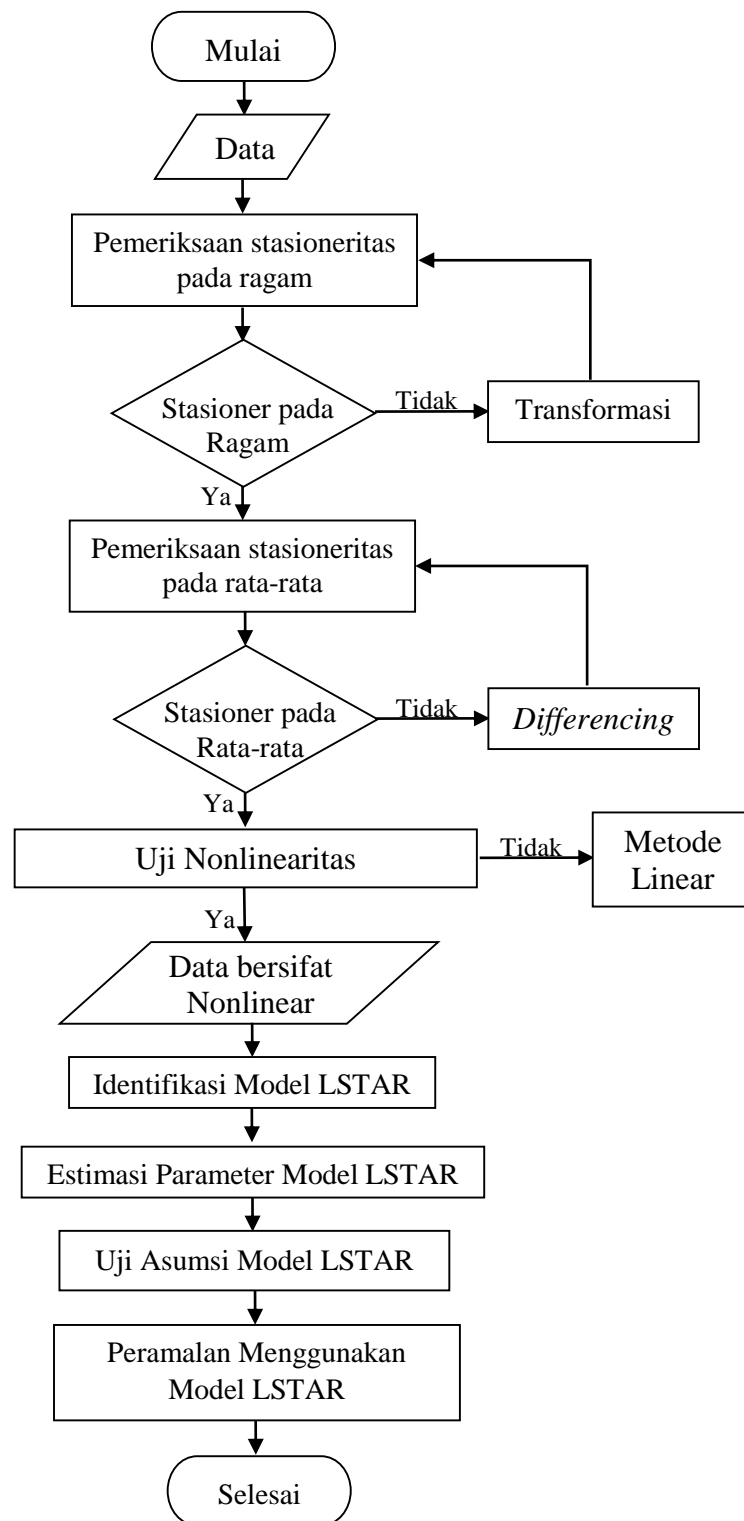
#### **3.3 Metode Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Melakukan plot data harga minyak mentah dunia.
2. Memeriksa kestasioneran data terhadap varian dengan menggunakan uji *Box-Cox* dan untuk kestasioneran data terhadap rata-rata menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Jika data yang digunakan belum stasioner terhadap rata-rata maka dilakukan proses *differencing*. Jika sudah stasioner

terhadap ragam dan rata-rata, selanjutnya menentukan model *Box-Jenkins* yang akan digunakan.

3. Melakukan uji nonlinearitas pada data harga minyak mentah dunia.
4. Mengidentifikasi model LSTAR dengan cara melihat plot PACF.
5. Membentuk model dan mengestimasi parameter model LSTAR.
6. Mengevaluasi model LSTAR dengan menggunakan uji perbandingan untuk mencari model terbaik yaitu model yang memiliki nilai galat terkecil.
7. Melakukan pemeriksaan diagnostik pada model LSTAR yang terbentuk.
8. Melakukan peramalan menggunakan model LSTAR terbaik pada data harga minyak mentah dunia untuk periode-periode selanjutnya.



Gambar 1. Diagram Alir Metode LSTAR

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Model LSTAR terbaik yang terbentuk untuk data harga minyak mentah dunia yang diperoleh adalah model LSTAR (3,1), dimana 3 orde dari  $m$  yang diperoleh dari plot PACF dan 1 merupakan parameter *delay*. Persamaan model LSTAR(3,1) yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Y_t = (1.098100 X_{t-1} - 0.097042 X_{t-2} + 0.0072545 X_{t-3}) \left( 1 - \left( \frac{1}{1 + \exp(-100(X_{t-1} - 85.08800))} \right) \right) - 0.030261 X_{t-1} \left( \frac{1}{1 + \exp(-100(X_{t-1} - 85.08800))} \right)$$

2. Hasil peramalan harga minyak mentah dunia dengan menggunakan model LSTAR (3,1) yaitu pada periode minggu ke-1 sebesar 76.39677099 (USD) sampai dengan periode minggu ke-9 yaitu sebesar 82.11454605 (USD). Hal ini berarti hasil peramalan mengalami kenaikan atau pola trend. Nilai MAPE yang diperoleh yaitu sebesar 7.881%, yang berarti model yang terbentuk sangat akurat karena nilai MAPE yang diperoleh kurang dari 10%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan pada penelitian ini, maka bagi peneliti selanjutnya dapat mengimplementasikan metode *Logistic Smooth Trasiion Autoregressive* (LSTAR) dengan menggunakan data minyak mentah dunia jenis lainnya, seperti Minyak Mentah jenis Brent Blend, Russien Export Blend dan Dubai Crude. Kemudian, dapat dilakukan perbandingan hasil analisis dari setiap jenis tersebut, sehingga dapat menggambarkan kondisi ekonomi yang sedang dialami dari setiap sektor penghasil minyak mentah dunia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aswi & Sukarna. 2006. *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Andira Publisher, Makasar.
- Box, G.E P. & Jenkins, G.L. 1976. *Time Series Analysis Forecasting and Control*. Holden Day, San Francisco.
- Daniel, W.W. 1989. *Statistika Non Parametrik Terapan*. PT Gramedia, Jakarta.
- Dijk, V. 1999. *Smooth Transition Model Extensions and Outliers Robust Inference*. Tinberg Institute, Amsterdam.
- Granger, C.W.J. & Terasvirta, T. 1993. Power of The Neural Network Linearity Test. *Journal of Time Series Analysis*. **14**: 159-171.
- Gujarati, D.N. & Porter, D.C. 2009. *Basic Econometrics*. Ed ke-5. McGraw-Hill Irwin, New York.
- Hanafiah, M.S., Sudjana, N., & Sulasmiyati, S. 2015. Pengaruh Harga Minyak Dunia, Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar dan Tingkat Inflasi Terhadap Harga Saham (Studi Pada Pt Bumi Resources Minerals Tbk Periode Januari 2008 – Desember 2013). *Jurnal Administrasi Bisnis*. **28**(2).
- Kresnawati, G., Warsito, B., & Hoyyi, A. 2018. Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan dengan Metode Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR). *Jurnal Gaussian*. **7**(1): 84-95.
- Makridakis, S., Whellwright, S. C., & McGee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga, Jakarta.
- Odelia, M., Di Asih, I. M., & 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.

- Pankratz, A. 1991. *Forecasting with Dynamic Regression Models*. John Willey & Sons, Inc., Indiana.
- 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): 54-63.
- Pratama, I. G. M. H., Sumarjaya, I. W., & Suciptawati, N. L. P. 2021. Peramalan Harga Bitcoin dengan Metode Smooth Transition Autoregressive (STAR).
- Rakhmawati, D., & Tripustikasari, E. 2017. Implementasi Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi Harga Minyak Dunia dan Pengaruhnya Terhadap Harga Minyak Indonesia. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*. 9(2): 87-94.
- Rosadi, D. 2011. *Analisis Ekonometrika dan Runtun Waktu Terapan*. Kalimedia, Yogyakarta.
- Setiawan, A. 2017. *Analisis Data Statistik*. Tisara Grafika, Salatiga.
- Setiyowati, E., Rusgiyono, A., & Tarno, T. 2018. Model Kombinasi ARIMA Dalam Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia. *Jurnal Gaussian*. 7(1): 54-63.
- Terasvirta, T. 1994. Specification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models. *Journal of the American Statistical Association*. 89(425): 208-218.
- Veri, J., Sumaryanti, & Guslendra. 2022. Crude Oil Price Prediction Using Artificial Neural Network. *Jurnal Manajemen, Teknik Informatika, & Rekayasa Komputer*. 21(3): 503-512.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Ed ke-2. Pearson Education, Inc., New York.
- William, H.G. 1993. *Econometric Analysis*. Pearson Education, Inc., New Jersey.