

**PERAMALAN JUMLAH KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK JENIS  
PERTALITE DI KOTA MAKASSAR DENGAN PENDEKATAN MODEL  
FUNGSI TRANSFER *SINGLE INPUT* PADA DATA YANG  
MENGANDUNG *OUTLIER***

**SKRIPSI**



**ZAKARIAS MAUKARI**

**H051171701**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2023**

**PERAMALAN JUMLAH KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK JENIS  
PERTALITE DI KOTA MAKASSAR DENGAN PENDEKATAN MODEL  
FUNGSI TRANSFER *SINGLE INPUT* PADA DATA YANG  
MENGANDUNG *OUTLIER***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada  
Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

**ZAKARIAS MAUKARI**

**H051171701**

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

**MAKASSAR  
AGUSTUS 2023**

## LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

**Peramalan Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Minyak Jenis Pertalite di Kota Makassar dengan Pendekatan Model Fungsi Transfer *Single Input* Pada Data yang Mengandung *Outlier***

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 2 Agustus 2023



**Zakarias Maukari**

**NIM. H051171701**



**PERAMALAN JUMLAH KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK JENIS  
PERTALITE DI KOTA MAKASSAR DENGAN PENDEKATAN MODEL  
FUNGSI TRANSFER *SINGLE INPUT* PADA DATA YANG  
MENGANDUNG *OUTLIER***

**Disetujui oleh:**

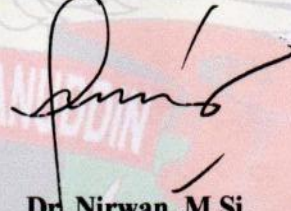
**Pembimbing Utama**



**Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.**

**NIP. 197504292000032001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Nirwan, M.Si.**

**NIP. 196303061987021002**

**Ketua Departemen Statistika**



**Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**

**NIP. 197708082005012002**

**Pada Tanggal: 2 Agustus 2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Zakarias Maukari  
NIM : H051171701  
Program Studi : Statistika  
Judul Skripsi : Peramalan Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Minyak Jenis Peralite Di Kota Makassar Dengan Pendekatan Model Fungsi Transfer *Single Input* Pada Data Yang Mengandung *Outlier*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

### DEWAN PENGUJI

#### Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.
2. Sekretaris : Dr. Nirwan, M.Si.
3. Anggota : Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.
4. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.

(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)

Ditetapkan di: Makassar

Tanggal : 2 Agustus 2023



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada **Tuhan Yang Maha Esa** atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Peramalan Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Minyak Jenis Pertalite Di Kota Makassar Dengan Pendekatan Model Fungsi Transfer *Single Input* Pada Data Yang Mengandung *Outlier***” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut membantu dalam bentuk moril maupun materil sehingga dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ayahanda **Stefanus Maukari** dan Ibunda **Rince Fankamau** yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan luar biasa, limpahan cinta dan kasih sayang, kesabaran hati, serta dengan ikhlas telah menemani setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya. Untuk Adik-adik tercinta, **Hebron, Halena, Arwadi, Indah dan Anto** yang senantiasa memberikan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, **Febrien V. H.P Lema, S. Pd.**, yang penulis sayangi, serta keluarga besar penulis, terima kasih atas do'a mulia dan dukungannya selama ini.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan dan ketulusan juga penulis ucapkan kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. Ibu **Dr. Anna Islamiyati S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika, segenap dosen pengajar, dan staf Departemen Statistika yang telah

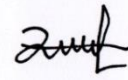
memberikan ilmu dan pengetahuan serta bantuan-bantuan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

4. Bapak **Dr. Erna Tri Herdiani, M.Si.**, selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing utama penulis yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan motivasi kepada penulis hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu **Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan masukan, arahan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak **Sitti Sahrinan, S.Si., M.Si.**, dan **Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktu dalam memberikan motivasi serta kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
7. Segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah memberikan ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
8. Kakak-kakak, teman-teman, dan adik-adik segenap anggota **Keluarga Mahasiswa FMIPA Unhas**, keluarga **Himatika FMIPA Unhas** dan **Himastat FMIPA Unhas**, terkhusus **DISKRIT 2017**, terima kasih atas ilmu yang tidak didapatkan di bangku perkuliahan dan banyak belajar betapa pentingnya sebuah proses dalam mencapai sesuatu yang diinginkan.
9. Teman seperjuangan **MIPA 2017**, dan **Statistika 2017**, Terima kasih atas motivasi, segala cerita suka dan dukanya, serta selalu menemani penulis sehingga masa perkuliahan dapat dijalani lebih bermakna dan berwarna.
10. Serta kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk semuanya. Semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah di sisi **Tuhan Yang Maha Esa**.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala

kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga apa yang telah kita lakukan hari ini dapat membuat kita selangkah lebih maju dari hari-hari sebelumnya dan mudah-mudahan tugas akhir ini bermanfaat bagi orang-orang yang berkepentingan.

Makassar, 2 Agustus 2023



Zakarias Maukari





## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

---

---

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zakarias Maukari  
NIM : H051171701  
Program Studi : Statistika  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin. **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

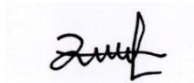
**“Peramalan Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Minyak Jenis Pertalite Di Kota Makassar Dengan Pendekatan Model Fungsi Transfer *Single Input* Pada Data Yang Mengandung *Outlier* “**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di Makassar tanggal 2 Agustus 2023

Yang menyatakan,



(Zakarias Maukari)

## ABSTRAK

SPBU sering kehabisan stok BBM jenis pertalite sehingga tidak dapat melayani konsumen. Perlu adanya peran manajemen SPBU dalam mengetahui jumlah konsumsi BBM jenis pertalite pada periode waktu yang akan datang. Peramalan dalam penelitian ini menggunakan metode fungsi transfer. Metode fungsi transfer digunakan untuk meramal nilai yang akan datang dari suatu deret output ( $Y_t$ ) berdasarkan nilai yang lalu dari deret output tersebut dan deret input ( $X_t$ ) serta gangguan/noise ( $N_t$ ). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil ramalan jumlah konsumsi BBM jenis pertalite pada data konsumsi ( $Y_t$ ) dan pembeli ( $X_t$ ) di bulan Juni 2020 dengan pendekatan model fungsi transfer single input. Hasil peramalan jumlah konsumsi BBM jenis pertalite mulai dari tanggal 1 Juni 2020 pukul 06.00 pagi sampai tanggal 26 Juni 2020 pukul 07.00 pagi dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar minyak jenis Pertalite di SPBU Hasanuddin Makassar mengalami fluktuasi yang signifikan setiap jam, dimana puncak konsumsi terjadi pada hari Jumat, 3 Juni 2020 pukul 10.00 pagi dengan nilai konsumsi sebesar 879,97 liter sedangkan konsumsi terendah terjadi pada hari Senin, 13 Juni 2020 pukul 07.00 dengan nilai konsumsi sebesar 20,84 liter.

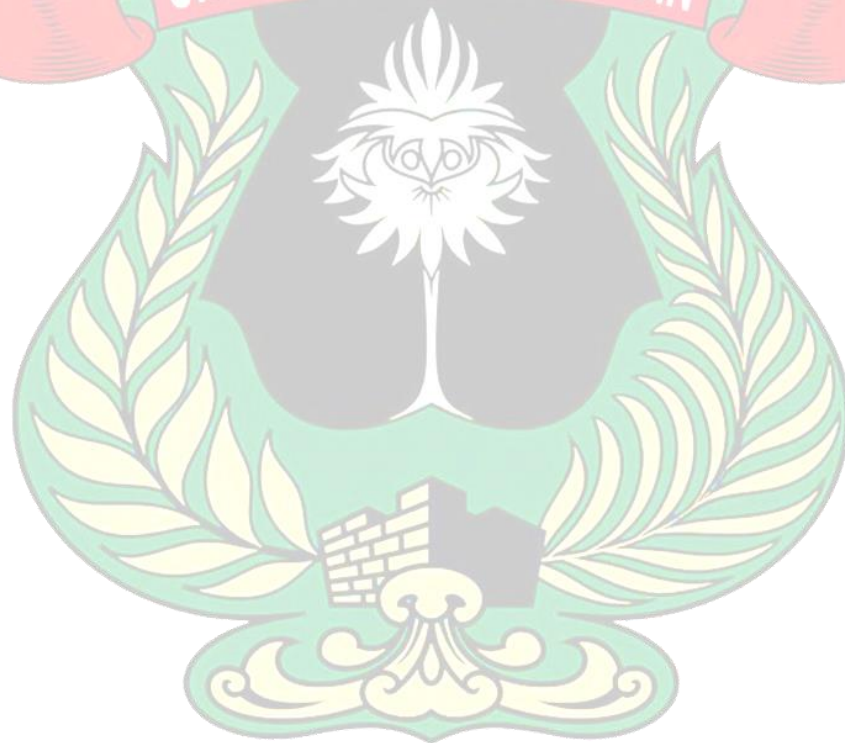
Kata kunci: BBM Pertalite, *Outlier*, Fungsi Transfer, *Single Input*.



## ABSTRACT

Gasoline stations (SPBU) often run out of stock of Pertalite fuel, making it impossible to serve customers. The management of the SPBU needs to play a role in determining the future consumption of Pertalite fuel. The forecasting in this research employs the transfer function method. The transfer function method is utilized to predict future values of an output series ( $Y_t$ ) based on its past values, input series ( $X_t$ ), and disturbances/noise ( $N_t$ ). The purpose of this study is to obtain a forecast of the consumption quantity of Pertalite fuel using consumption data ( $Y_t$ ) and buyer data ( $X_t$ ) for June 2020, employing a single-input transfer function model. The forecasted results of Pertalite fuel consumption from June 1, 2020, at 06:00 AM to June 26, 2020, at 07:00 AM, suggest that the consumption of Pertalite fuel at the Hasanuddin Makassar SPBU experiences significant fluctuations every hour. The peak consumption occurs on Friday, June 3, 2020, at 10:00 AM, with a consumption value of 879.97 liters, whereas the lowest consumption takes place on Monday, June 13, 2020, at 07:00 AM, with a consumption value of 20.84 liters.

Keywords: Pertalite Fuel, Outlier, Transfer Function, Single Input.



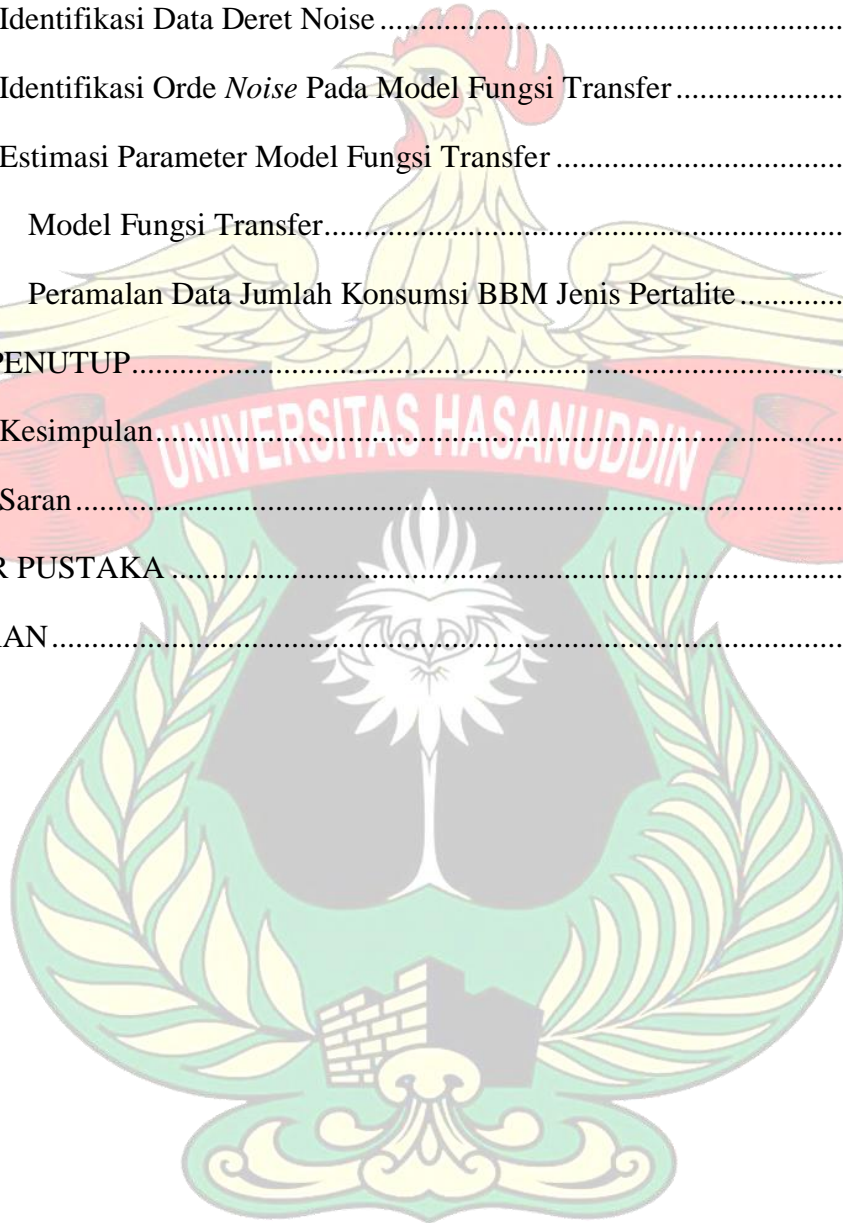


**DAFTAR ISI**

HALAMAN Sampul.....	xii
HALAMAN Judul.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Peramalan .....	5
2.2.1. Stasioneritas Data Deret Waktu .....	6

2.2.2.	Fungsi Autokorelasi .....	9
2.2.3.	Fungsi Autokorelasi Parsial .....	10
2.2.	Model Autoregressive Integrated Moving Average .....	10
2.3.1.	Identifikasi model.....	11
2.3.2.	Pendugaan parameter dan Signifikansi Parameter.....	12
2.3.3.	Pemeriksaan kelayakan model/ Diagnostik Model .....	14
2.3.	<i>Time series Outlier</i> .....	16
2.4.	Model Fungsi Transfer <i>Single input</i> .....	16
2.4.1.	Identifikasi model fungsi transfer .....	17
2.4.2.	Pendugaan Parameter Model Fungsi Transfer .....	21
2.4.3.	Peramalan dengan Model Fungsi Transfer .....	22
2.5.	Bahan Bakar Minyak .....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Sumber Data .....	24
3.2.	Deskripsi Variabel.....	24
3.3.	Metode Analisis Data .....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		26
4.1.	Statistik Deskriptif.....	26
4.2.	Model ARIMA Deret <i>Input</i> .....	27
4.2.1.	Identifikasi Kestasioneran Data Pada Deret <i>Input</i> .....	27
4.2.2.	Identifikasi Model ARIMA.....	29
4.2.3.	Estimasi Parameter dan Uji Signifikansi Parameter .....	30
4.2.4.	Asumsi Residual.....	31
4.3.	Deteksi <i>Outlier</i> .....	33

4.4.	<i>Prewhitening</i> Deret <i>Input</i> dan Deret <i>Output</i> .....	34
4.5.	Korelasi Silang antara $\alpha_t$ dengan $\beta_t$ .....	36
4.6.	Identifikasi Orde (b,s,r) Pada Model Fungsi Transfer.....	37
4.7.	Identifikasi Data Deret Noise .....	37
4.8.	Identifikasi Orde <i>Noise</i> Pada Model Fungsi Transfer .....	37
4.9.	Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer .....	39
4.10.	Model Fungsi Transfer.....	40
4.11.	Peramalan Data Jumlah Konsumsi BBM Jenis Pertalite .....	40
BAB V PENUTUP.....		42
5.1.	Kesimpulan.....	42
5.2.	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA .....		43
LAMPIRAN.....		47





**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 4.1 Time series Plot pada data Deret Input .....27

Gambar 4.2 Plot ACF data Deret Input setelah transformasi.....28

Gambar 4.3 Plot ACF data Deret Input setelah transformasi.....29

Gambar 4.4 *Plot* PACF data Deret *Input* setelah transformasi .....30

Gambar 4.5 *Boxplot* data Deret *Input* dan Deret *Output*.....33

Gambar 4.6 *Boxplot* data Deret *Input* dan *Output* setelah transformasi .....34

Gambar 4.7 *Plot Cross Corelation Function* antara  $\alpha_t$  dengan  $\beta_t$  .....36

Gambar 4.8 *Plot ACF* data *Noise*.....38

Gambar 4.9 *Plot PACF* data *Noise* .....38

Gambar 4.10 *Plot Runtun Waktu Data Testing* .....41



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Nilai Lambda dan Bentuk Transformasinya .....	7
Tabel 2.2 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)....	12
Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif Data Jumlah Konsumsi BBM Jenis Pertalite.....	26
Tabel 4. 2 Estimasi Parameter Model Sementara ARIMA .....	30
Tabel 4. 3 Uji Asumsi Residual white noise pada data deret input.....	31
Tabel 4. 4 Uji Asumsi Residual berdistribusi normal pada data deret input.....	32

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data Jumlah Konsumsi dan Pembeli BBM Jenis Pertalite.....	47
Lampiran 2. Data BBM Jenis Pertalite Hasil Transformasi <i>Box-Cox</i> .....	49
Lampiran 3. Data Hasil Pemutihan Deret <i>Output</i> dan <i>Input</i> .....	50
Lampiran 4. Nilai Respon Impuls dan Data <i>Noise</i> .....	52
Lampiran 5. Data Hasil Ramalan Fungsi Transfer dan Data Aktual .....	52



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh manusia. Minyak bumi mempunyai peranan penting dalam perekonomian Indonesia sehingga pengelolaannya harus dapat secara maksimal karena menyangkut kehidupan dan kemakmuran rakyat (Undang-undang RI no. 22 tahun 2001 tentang minyak dan gas bumi). Hasil dari pengolahan minyak bumi ini akan menjadi bahan bakar minyak (BBM) yang digunakan sebagian besar untuk kendaraan bermotor dan transportasi lainnya (Ketaren, 2017).

BBM adalah hasil pengolahan dari pertambangan dan pengelolaan minyak bumi. Berdasarkan data Pertamina, jenis BBM yang sering dipakai oleh masyarakat yakni pertalite (Sitorus dkk, 2014). Stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) Hasanuddin Makassar merupakan salah satu SPBU penyedia BBM jenis pertalite di Kota Makassar. Disamping itu pada saat melakukan penjualan, SPBU sering kehabisan stok BBM jenis pertalite sehingga tidak dapat melayani konsumen (Abdurrasyid dkk, 2021). Kondisi tersebut menuntut pihak SPBU agar memperhatikan jumlah persediaan BBM jenis pertalite untuk periode waktu mendatang sehingga perlu adanya peran manajemen SPBU dalam mengetahui jumlah konsumsi BBM jenis pertalite pada periode waktu yang akan datang dengan cara melakukan peramalan. Salah satu metode peramalan yang dapat digunakan ialah analisis deret waktu (Dewi, Suharsono, & Suhartono, 2014).

Analisis Deret waktu adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Salah satu tujuan analisis deret waktu ialah meramalkan nilai periode yang akan datang berdasarkan nilai periode sebelumnya dengan faktor-faktor lain yang saling berkaitan (Cryer & Chan, 2008). Beberapa metode peramalan yang sering digunakan diantaranya adalah ARIMA (Permatasari, 2009) dan Fungsi transfer (Nurina, 2013).

Analisis data deret waktu tidak hanya dapat dilakukan untuk satu variabel (univariat) tetapi juga dapat dilakukan menggunakan dua atau lebih variabel (multivariat) (Siswanti, 2011). Fungsi transfer merupakan salah satu alternatif untuk menyelesaikan permasalahan jika terdapat lebih dari satu deret waktu dimana salah satu variabel berpengaruh terhadap variabel lain (Wei, 2006). Fungsi transfer terbagi menjadi dua yaitu fungsi transfer *single input* (memiliki satu deret *Input*) dan fungsi transfer *multi Input* (memiliki dua atau lebih deret *Input*). Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model yang sederhana, yang menghubungkan deret *output* ( $Y_t$ ) dengan deret *Input* ( $X_t$ ) dan gangguan/*noise* ( $N_t$ ). Dalam fungsi transfer terdapat rangkaian *output* yang mungkin dipengaruhi oleh rangkaian *multiple Input* (Wei, 2006). Fungsi transfer digunakan untuk meramal nilai yang akan datang dari suatu deret *output* ( $Y_t$ ) berdasarkan nilai yang lalu dari deret *output* tersebut dan deret-deret lain yang berhubungan (secara umum disebut deret *input* ( $X_t$ )).

Ketaren (2017) melakukan penelitian tentang Prediksi Kebutuhan BBM Menggunakan Metode ARIMA Di Pertamina Upms-1 Medan. Aprialis (2010) yang melakukan perbandingan model fungsi transfer dan ARIMA dalam kasus model antara curah hujan dengan kelembaban udara sehingga diperoleh hasil bahwa model yang lebih tepat adalah model fungsi transfer dibandingkan model ARIMA dengan nilai *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) yang lebih kecil. Ina (2015) melakukan Perbandingan Model ARIMA Dan Fungsi Transfer Pada Peramalan Curah Hujan Kabupaten Wonosobo. Alifia (2021) melakukan penelitian tentang Peramalan Jumlah Uang Kuasi di Indonesia Dengan Menggunakan Fungsi Transfer *Single input*.

Pada penelitian sebelumnya tidak memperhatikan keberadaan *outlier*. Dibeberapa kasus seringkali ditemukan adanya *outlier* pada residual. Keberadaan *outlier* dapat menyebabkan residual yang besar sehingga membuat asumsi *white noise* dan residual berdistribusi normal tidak terpenuhi sehingga untuk mendeteksi *outlier* dapat menggunakan *scatterplot*, *Boxplot* dan Metode *Leverage Values*

kemudian dilakukan *cleaning* data dan transformasi data untuk menurunkan efek *outlier* dari sebuah observasi.

Penyelesaian analisis data multivariat memang berbeda dengan penyelesaian data univariat, dengan melihat penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa metode fungsi transfer lebih tepat menyelesaikan masalah pada data multivariat, menjelaskan adanya hubungan pada masalah kausal dan dapat mendekati data yang aktual di lapangan.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian model fungsi transfer *single input* pada data yang mengandung *outlier* untuk meramalkan jumlah konsumsi BBM jenis pertalite ( $Y_t$ ) dan variabel *Input* jumlah pembeli atau pengunjung setiap jam di SPBU Hasanuddin ( $X_t$ ) dengan mengambil judul “Peramalan Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Minyak Jenis Pertalite di Kota Makassar dengan Pendekatan Model Fungsi Transfer *Single Input* Pada Data yang Mengandung *Outlier*”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu, bagaimana hasil peramalan jumlah konsumsi bahan bakar minyak jenis pertalite berdasarkan model fungsi transfer *single input*?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil ramalan jumlah konsumsi bahan bakar minyak jenis pertalite dengan pendekatan model fungsi transfer *single input*.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai peramalan jumlah konsumsi bahan bakar minyak jenis pertalite dengan pendekatan model fungsi transfer *single input*.

2. Dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengambilan kebijakan perusahaan khususnya PT Pertamina (Persero) untuk waktu yang akan datang di SPBU Hasanuddin Kota Makassar.

### 1.5. Batasan Masalah

Pada penulisan ini, permasalahan dibatasi pada:

1. Data yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah data jumlah konsumsi BBM jenis pertalite dan jumlah pengunjung di SPBU Hasanuddin Kota Makassar dari bulan April sampai Juni 2020.
2. Pendeteksian *outlier* menggunakan Metode *Boxplot* melakukan transformasi data untuk menurunkan efek *outlier*.
3. Pemilihan kriteria model terbaik menggunakan *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) yang paling minimum.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Peramalan

Peramalan merupakan suatu seni dan ilmu pengetahuan dalam memprediksi peristiwa di masa mendatang (Heizer & Render, 2015). Menurut Rusdiana (2014), peramalan adalah salah satu kegiatan yang dianggap mampu dijadikan dasar dalam pembuatan strategi produksi perusahaan. Fahmi (2014) juga mengatakan bahwa peramalan merupakan suatu bentuk usaha dengan menerapkan berbagai pendekatan baik kualitatif dan kuantitatif. Herjanto (2008) mengatakan tujuan peramalan adalah untuk meramalkan keadaan dimasa datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas yang penting serta pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang diamati. Haming dan Nurnajamuddin (2007) menyatakan bahwa tujuan peramalan adalah untuk memenuhi keperluan pembuatan perencanaan jangka panjang. Menurut Rusdiana (2014), peramalan bertujuan untuk mendapatkan ramalan yang dapat meminimumkan kesalahan meramal dan dapat diukur dengan *Mean Absolute Percent Error* (MAPE). Heizer dan Render (2015) menuliskan bahwa perusahaan atau organisasi menggunakan 3 tipe peramalan utama dalam merencanakan operasional untuk masa mendatang.

Metode deret waktu (*time series*) adalah metode peramalan dengan menganalisis pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Pada analisis deret waktu, data yang akan datang dipengaruhi oleh data masa lalu. Tujuan analisis deret waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali (Makridakis, Wheelwright, & McGree, 1999). Seringkali, dalam peramalan data *time series* menunjukkan perilaku yang bersifat musiman. Musiman didefinisikan sebagai kecenderungan data *time series* yang berulang setiap periode. Musiman adalah istilah yang digunakan untuk mewakili periode waktu yang berulang (Kalekar, 2004). Beberapa metode peramalan yang sering digunakan

diantaranya adalah ARIMA (Permatasari, 2009) dan Fungsi Transfer (Nurina, 2013).

### 2.2.1. Stasioneritas Data Deret Waktu

Suatu data deret waktu dikatakan stasioner apabila perilaku proses konstan atau tidak berubah seiring waktu (Cryer dan Chan, 2008). Stasioneritas data deret waktu dibagi menjadi dua yaitu stasioneritas terhadap ragam dan stasioneritas terhadap rata-rata.

#### a. Stasioneritas Terhadap Variansi

Data deret waktu dikatakan stasioner terhadap ragam apabila ragamnya konstan seiring waktu. Stasioneritas terhadap ragam dapat diperiksa melalui *output* atau *plot Box-Cox*. Jika nilai  $\lambda$  (lambda) adalah satu maka data deret waktu sudah bersifat stasioner terhadap ragam. Jika data belum stasioner terhadap ragam maka dilakukan transformasi *Box-Cox* (Transformasi Pangkat) seperti yang dikenalkan dan dikembangkan oleh G.E.P. Box dan D. R. Cox pada tahun 1964 dengan rumus berikut (Wei, 2006).

$$T(Y_t) = \frac{Y_t^{(\lambda)} - 1}{\lambda}, -1 < \lambda < 1 \quad (2.1)$$

Keterangan:

$T(Y_t)$  : Data hasil transformasi pada periode ke-t

$Y_t$  : nilai amatan pada periode ke-t

$\lambda$  : nilai parameter transformasi

Berikut merupakan beberapa nilai lambda ( $\lambda$ ) dan bentuk transformasi yang digunakan secara umum.

Tabel 2.1 Nilai Lambda dan Bentuk Transformasinya

Nilai $\lambda$	-1	-0.5	0	0.5	1
Bentuk Transformasi	$1/Y_t$	$1/\sqrt{Y_t}$	$\ln(Y_t)$ atau $\log(Y_t)$	$\sqrt{Y_t}$	$Y_t$ (stasioner)

Pilih lambda yang memiliki nilai Sum Squared Error (SSE) terkecil sebagai parameter transformasi.

**b. Stasioneritas Terhadap Rata-Rata**

Data deret waktu dikatakan stasioner terhadap rata-rata jika data berfluktuasi di sekitar nilai tengah dan tidak ada variasi *trend*. Pemeriksaan stasioner dalam rata-rata dapat dilakukan dengan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) (Cryer dan Chan, 2008). Dalam melakukan pengujian akar unit dengan uji ADF, model AR (1) dipandang seperti berikut.

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + a_t; |\phi| < 1 \tag{2.2}$$

Keterangan:

$\phi$  = koefisien atau parameter dari model AR

$Y_t$  = data pada runtun waktu ke-t

$a_t$  = nilai residual pada waktu t untuk model runtun waktu

Dengan  $a_t \sim IID(0, \sigma_a^2)$ . Apabila  $\phi = 1$  maka Persamaan (2.2) akan menjadi tidak stasioner. Untuk itu, perlu dilakukan pembedaan dengan mengurangi  $Y_t$  pada Persamaan (2.2) dengan  $Y_{t-1}$  seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_t - Y_{t-1} &= \phi Y_{t-1} + a_t - Y_{t-1} \\
 \Delta Y_t &= (\phi - 1)Y_{t-1} + a_t \\
 \Delta Y_t &= (\phi - 1)Y_{t-1} + a_t \tag{2.3}
 \end{aligned}$$

Dengan  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$  (sebagai bentuk pembedaan pertama) dan

$\phi^* = (\phi - 1)$ . Hipotesis yang mendasari uji ADF adalah

$H_0: \phi^* = 0$  (data deret waktu tidak stasioner)

$H_1: \phi^* < 0$  (data deret waktu stasioner)

Dengan statistik uji ada pada Persamaan (2.4).

$$\tau = \frac{\hat{\phi}^*}{SE(\hat{\phi}^*)} \quad (2.4)$$

$$\hat{\phi}^* = \frac{\sum_{t=2}^N Y_t Y_{t-1}}{\sum_{t=2}^N Y_{t-1}^2} \quad (2.5)$$

$$SE(\hat{\phi}^*) = \sqrt{\frac{\sigma_a^2}{\sum_{t=2}^N Y_{t-1}^2}} \quad (2.6)$$

Statistik uji  $\tau$  dibandingkan dengan tabel ADF, jika

$\tau > \tau_{\alpha, N}$  atau  $pvalue < \alpha$  maka tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa data deret waktu sudah stasioner terhadap rata-rata.

Keterangan:

$\tau = t_{hitung}$

$\tau_{\alpha, N} = t_{tabel}$

$\phi^* =$  polinomial autoregresif pada hasil pembedaan  $(\phi - 1)$

$\hat{\phi}^* =$  estimasi untuk  $\phi^*$

$SE =$  Standar Error

Apabila data tidak stasioner terhadap rata-rata maka perlu dilakukan stasioneritas melalui *differencing* sebanyak  $d$  kali agar stasioner. Proses



*differencing* berhenti jika data telah stasioner terhadap rata-rata. Ada pun differencing orde ke- $d$  untuk mencapai stasioner dapat ditulis sebagai berikut.

Bila kondisi stasioner dalam rata-rata tidak terpenuhi diperlukan proses pembedaan (*differencing*) (Aswi, 2006). Proses differencing pada orde pertama merupakan selisih antara data ke- $t$  dengan data ke  $t-1$ , yaitu:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (2.7)$$

Adapun bentuk differencing untuk orde kedua adalah:

$$\begin{aligned} \Delta^2 Y_t &= \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1} = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) \\ &= Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \end{aligned} \quad (2.8)$$

### 2.2.2. Fungsi Autokorelasi

Autokorelasi adalah korelasi atau tingkat keeratan antara suatu deret waktu yang sama dengan selisih waktu (*time lag*) 0, 1, 2 periode atau lebih. Koefisien autokorelasi  $\rho_k$  diduga dengan koefisien autokorelasi sampel sebagai berikut (Makridakis dkk., 1999).

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}; k = 1, 2, \dots \quad (2.9)$$

Keterangan:

$r_k$  : koefisien autokorelasi sampel pada lag- $k$

$k$  : selisih waktu

$n$  : banyak amatan

$\bar{Y}$  : rata-rata dari pengamatan  $Y_t$

$Y_{t-k}$  : pengamatan pada waktu  $ke - (t - k)$

**2.2.3. Fungsi Autokorelasi Parsial**

Autokorelasi parsial merupakan korelasi antara  $Y_t$  dan  $Y_{t+k}$  dengan mengabaikan ketidakbebasan  $Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_{t+k-1}$ . Menurut Cryer dan Chan (2008), PACF dapat diduga dengan

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} (\phi_{k-1,j} - \rho_{k-j})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_j} \tag{2.10}$$

$$\phi_{k,j} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk} \phi_{k-1,k-j}, \quad j = 1, 2, \dots, k - 1 \tag{2.11}$$

Keterangan:

$\phi_{kk}$  : koefisien autokorelasi parsial pada *lag*  $- k$

$\rho_k$  : koefisien autokorelasi pada *lag*  $- k$

$\rho_j$  : koefisien autokorelasi pada *lag*  $- j$

**2.2. Model Autoregressive Integrated Moving Average**

Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) merupakan hasil penggabungan antara model autoregressive AR (p), moving average MA (q) dengan proses *differencing* (d). Model autoregressive adalah suatu bentuk regresi, tetapi tidak menghubungkan variabel tak bebas melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya pada time lag (selang waktu) yang bermacam-macam. Jadi, suatu model autoregressive akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret waktu tertentu (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, 1998). Sedangkan model moving average merupakan model yang menggambarkan ketergantungan variabel terikat Y terhadap nilai-nilai residual pada waktu sebelumnya yang berurutan.

Secara umum, bentuk model ARIMA(p,d,q) sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d X_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \tag{2.12}$$

Keterangan:

p : orde AR

$d$  : orde *differencing*

$q$  : orde MA

$B$  = Operator langkah mundur (backshift operator)

$Y_t$  = besarnya pengamatan (kejadian) pada waktu ke- $t$

$a_t$  = suatu proses *white noise* atau residual pada waktu ke- $t$  yang diasumsikan

dimana AR stasioner dengan operator

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \quad (2.13)$$

dan MA *invertible* dengan operator

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \quad (2.14)$$

Keterangan:

$\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_p$  = koefisien atau parameter orde  $p$

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_q$  = koefisien atau parameter orde  $q$

$(1 - B)^d$  = orde *differencing* non-musiman

mempunyai mean 0 dan variansi konstan  $\sigma_a^2$  (Aswi, 2006).

Tahapan dalam model ARIMA menurut Box-Jenkins ada 4 (Gujarati, 2003), yaitu identifikasi model, penaksiran parameter, pemeriksaan diagnostik, dan peramalan.

Langkah-langkah pemodelan ARIMA  $(p,d,q)$ , yaitu:

### 2.3.1. Identifikasi model

Alat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi model ARIMA  $(p, d, q)$  adalah fungsi autokorelasi (ACF), fungsi autokorelasiparsial (PACF) serta *plot* ACF dan PACF terhadap *lag* (*correlogram*) yang dihasilkan.

Tabel 2.2 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Tipe Model	Pola ACF	Pola PACF
$AR(p)$	Turun eksponensial/ gelombang sinus	Signifikan sampai dengan lag $p$ , selebihnya bernilai nol
$MA(q)$	Signifikan sampai dengan lag $q$ , selebihnya bernilai nol	Turun eksponensial/ gelombang sinus
$ARMA(p, q); p, q > 0$	Turun eksponensial	Turun eksponensial

### 2.3.2. Pendugaan parameter dan Signifikansi Parameter

Menurut Cryer dan Chan (2008), terdapat beberapa metode dalam pendugaan parameter di antaranya adalah metode Moment, Metode Kuadrat Terkecil, dan metode Maximum Likelihood. Metode yang sering digunakan untuk menduga parameter model ARIMA adalah metode *Maximum Likelihood*. Pada model ARIMA,  $L$  merupakan fungsi *likelihood* dari  $\phi, \mu, \theta, \sigma_a^2$  yang diperoleh berdasarkan pengamatan  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ . Fungsi *likelihood* untuk model AR(1) adalah sebagai berikut (Cryer dan Chan, 2008)

$$L(\phi, \mu, \theta, \sigma_a^2) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}}(1 - \phi^2)^{\frac{1}{2}} \exp \left[ -\frac{1}{2\sigma_a^2} S(\phi, \mu) \right] \quad (2.15)$$

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n [(Y_t - \mu) - \phi(Y_{t-1} - \mu)]^2 + (1 - \phi^2)(Y_1 - \mu)^2 \quad (2.16)$$

Fungsi  $S(\phi, \mu)$  disebut dengan *unconditional sum-of-square Function*. Adapun fungsi *log-likelihood* untuk model AR(1) adalah sebagai berikut

$$l(\phi, \mu, \theta, \sigma_a^2) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma_a^2) - \frac{1}{2}(1 - \phi^2) - \frac{1}{2\sigma_a^2} S(\phi, \mu) \quad (2.17)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{SE(\phi, \mu)}{n} \quad (2.18)$$



Setelah didapatkan penduga parameternya, maka perlu dilakukan pengujian signifikansi parameter dengan uji  $t$ . Hipotesis yang digunakan pada model *Autoregressive* adalah sebagai berikut.

$H_0: \hat{\phi}_i = 0$  (parameter tidak signifikan)

$H_1: \hat{\phi}_i \neq 0$  (parameter signifikan)

dengan statistik uji  $t$  ada pada Persamaan (2.19)

$$t = \frac{\hat{\phi}_i}{SE_{\hat{\phi}}} \sim t_{n-1-p} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$\mu$  : konstanta

$\hat{\phi}$  : penduga parameter *Autoregressive*

$SE_{\hat{\phi}}$  : *standard error* penduga parameter *Autoregressive*

$n$  : banyak amatan

$p$  : orde *Autoregressive*

Sedangkan hipotesis yang digunakan pada model *Moving Average* adalah sebagai berikut.

$$H_0: \theta_i = 0 \text{ dan } H_1: \theta_i \neq 0$$

dengan statistik uji  $t$  ada pada Persamaan (2.18)

$$t = \frac{\hat{\theta}_i}{SE_{\hat{\theta}}} \sim t_{n-1-q} \quad (2.20)$$

Keterangan:

$\hat{\theta}$  : penduga parameter *Moving Average*

$SE_{\hat{\theta}}$  : *standard error* penduga parameter *Moving Average*

$n$  : banyak amatan

$q$  : orde *Moving Average*

### 2.3.3. Pemeriksaan kelayakan model/ Diagnostik Model

Setelah melakukan pendugaan dan pengujian signifikansi parameter, maka langkah selanjutnya adalah menguji kelayakan model. Terdapat dua pengujian dalam menguji kelayakan model, yakni:

#### a. Asumsi Sisaan *White noise*

Setelah dilakukan pendugaan parameter model ARIMA, dilanjutkan dengan menguji kelayakan model dengan memeriksa apakah asumsinya telah terpenuhi. Asumsi yang mendasari adalah sisaan atau residual ( $a_t$ ) bersifat *white noise*, yaitu  $a_t \sim ii(0, \sigma_a^2)$  (Tsay, 2010). Sisaan bersifat indentik dikatakan bersifat *white noise* apabila ACF sisaan tidak membentuk pola dan nilai ACF tidak signifikan secara statistik pada seluruh *lag*. Pengujian sisaan *white noise* atau kelayakan model juga dapat dilakukan dengan uji *Ljung Box* ( $Q_*$ ) untuk mengetahui sisaan bersifat independen dengan statistik uji  $Q_*$  dan hipotesis sebagai berikut (Cryer dan Chan, 2008)

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$  (sisaan bersifat independen)

$H_1 : \text{terdapat paling sedikit satu } \rho_i \neq 0 ; i = 2, 3, \dots, k$  (sisaan tidak bersifat independen)

dengan statistik uji  $Q_*$  sebagai berikut

$$Q_* = n(n + 2) \left( \frac{\hat{r}_1^2}{n-1} + \frac{\hat{r}_2^2}{n-2} + \dots + \frac{\hat{r}_k^2}{n-k} \right) \quad (2.21)$$

Keterangan:

$n$  : banyaknya observasi

$k$  : *lag* maksimum

$\hat{r}_k^2$  : koefisien autokorelasi sisaan pada *lag*  $- k$

Pengambilan keputusan didasarkan pada nilai  $Q_* < \chi_{k-p-q}^2$  atau

$p\text{-value} \geq$  taraf signifikansi ( $\alpha$ ), maka  $H_0$  diterima artinya sisaan *white noise* atau model layak digunakan.

**b. Asumsi Normalitas Sisaan**

Asumsi sisaan yang juga harus terpenuhi yaitu normalitas. Uji normalitas dapat dilakukan dengan banyak uji diantaranya *Shapiro Wilk*, *Liliefors*, *Jarque-Bera*, *Kolmogorov Smirnov*, dan lain-lain. Pada penelitian ini, uji yang digunakan untuk pengujian normalitas sisaan ialah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah sebagai berikut.

$$H_0: F_0(x) = F(x) \text{ (sisaan berdistribusi normal)}$$

$$H_1: F_0(x) \neq F(x) \text{ (sisaan tidak berdistribusi normal)}$$

Menurut Daniel (1989) dalam Rahmawati dkk. (2014), statistik uji (2.22) uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

$F_n(x)$  : Fungsi distribusi sampel (empirik)

$F_0(x)$  : Fungsi distribusi yang dihipotesiskan (fungsi peluang kumulatif)

$\sup_x$  : nilai maksimum  $|F_n(x) - F_0(x)|$

$H_0$  diterima apabila nilai  $D_{hitung} \leq D_{1-\alpha,n}$  atau  $p\text{-value} \geq$  taraf signifikansi  $\alpha$ , sehingga dapat dikatakan bahwa sisaan berdistribusi normal.

**c. Pemilihan model terbaik**

Apabila pada hasil diagnostik terdapat beberapa model yang layak digunakan maka perlu dipilih satu model terbaik. Salah satu kriteria dalam menentukan model terbaik adalah *Akaike's Information Criterion* (AIC). Model terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC terkecil. Persamaan untuk menghitung nilai AIC adalah sebagai berikut (Cryer dan Chan, 2008).

$$AIC = -2 \log(\text{likelihood}) + 2k \tag{2.23}$$

Dengan  $k$  ialah banyaknya parameter dalam model.

Pemilihan model terbaik dilakukan pada data testing berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error*. Nilai MAPE yang paling kecil mengindikasikan bahwa angka ramalan mempunyai kesalahan sekecil-kecilnya.

Besarnya nilai MAPE dapat dihitung sebagai berikut:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y - \hat{Y}}{\hat{Y}} \right| \times 100\% \quad (2.24)$$

### 2.3. *Time series Outlier*

*Outlier* pada data *time series* merupakan gangguan kejadian yang mengakibatkan pengamatan tidak tepat pada suatu data. Dampak dari *outlier* pada data yaitu dapat mendatangkan suatu masalah dalam analisis data, membuat keputusan dan kesimpulan menjadi tidak reliabel dan tidak valid. Sehingga prosedur yang dilakukan adalah mendeteksi dan menghilangkan pengaruh dari *outlier* tersebut (Wei, 2006). Salah satu cara untuk mendeteksi *outlier* yaitu menggunakan pendekatan grafis metode *Boxplot* dengan melihat *outlier* melalui titik yang melampaui nilai kuartil pada *Boxplot* sedangkan untuk menghilangkan *outlier* maka dilakukan transformasi data menggunakan transformasi boxcox.

### 2.4. *Model Fungsi Transfer Single input*

Model fungsi transfer adalah suatu model yang menggambarkan nilai prediksi dari suatu deret waktu (deret *output* atau  $y_t$ ) berdasarkan pada nilai-nilai masa lalu dari deret itu sendiri dan satu atau lebih deret waktu yang berhubungan (deret *Input* atau  $x_t$ ) dengan deret *output*. Dikatakan model fungsi transfer *single-Input* jika hanya terdapat satu deret *Input* (selain deret *Input* itu sendiri) yang berhubungan dengan deret *output*. Bentuk umum model fungsi transfer dengan deret *Input* satu/tunggal dapat dituliskan seperti Persamaan (2.22) (Wei, 2006)

$$y_t = v(B)x_t + n_t \quad (2.25)$$

Dengan  $y_t$  merupakan deret *output*,  $n_t$  merupakan deret *noise*/gangguan yang tidak dipengaruhi oleh deret *Input* ( $x_t$ ). Model fungsi transfer merupakan



fungsi dinamis yang pengaruhnya tidak hanya pada hubungan linier antara deret *Input* dengan deret *output* pada waktu  $ke - t$ , tetapi juga pada waktu  $t + 1, t + 2, \dots, t + k$ .

#### 2.4.1. Identifikasi model fungsi transfer

Identifikasi model fungsi transfer merupakan tahap pertama dalam pemodelan fungsi transfer. Berikut merupakan tahapan identifikasi model fungsi transfer (Wei, 2006).

##### a. Pemeriksaan stasioneritas terhadap deret *Input* dan deret *output*

Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan stasioneritas ragam dan rata-rata untuk deret *Input* dan *output*. Deret yang digunakan pada tahap selanjutnya ialah deret *Input* dan *output* yang telah stasioner terhadap ragam dan rata-rata.

##### b. Pemutihan deret *Input* dan deret *output*

Langkah selanjutnya ialah menentukan model ARIMA untuk deret *Input*  $x_t$  serta melakukan pemutihan deret *Input*  $x_t$  dengan tujuan untuk mendapat deret yang *white noise* ( $\alpha_t$ ). Deret  $\alpha_t$  disebut deret *Input* hasil *prewhitening*, yang dirumuskan pada Persamaan (2.24).

$$\alpha_t = \frac{\phi_i(B)}{\theta_i(B)} x_t \tag{2.26}$$

Keterangan:

$\phi_i(B)$  = Operator autoregressive dengan derajat  $p_i$

$\theta_i(B)$  = Operator moving average dengan derajat  $q_i$

Dimana  $\alpha_t$  merupakan deret yang *white noise* yang memiliki nilai rata-rata nol dan ragam  $\sigma_a^2$

Kemudian dilakukan pemutihan pada deret *output*. Transformasi pemutihan untuk deret *Input*  $x_t$  pada Persamaan (2.24) juga harus diterapkan terhadap deret *output*  $y_t$ . Deret  $y_t$  hasil *prewhitening* disebut deret  $\beta_t$  yang rumusannya terdapat pada Persamaan (2.25).

$$\beta_t = \frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} y_t \quad (2.27)$$

Keterangan:

$\phi_x(B)$  = Operator autoregressive dengan derajat  $p_x$

$\theta_x(B)$  = Operator moving average dengan derajat  $q_x$

**c. Perhitungan korelasi silang  $\hat{\rho}_{\alpha\beta}$  untuk mengestimasi bobot respon impuls  $\hat{v}_k$**

Korelasi silang (*Cross Correlation Function*) antara deret *Input* ( $\alpha_t$ ) dan deret *output* ( $\beta_t$ ) ada pada Persamaan (2.26).

Perhitungan CCF berdasarkan sample data yaitu:

$$\hat{\rho}_{\alpha\beta}(k) = \frac{\hat{\gamma}_{\alpha\beta}(k)}{s_\alpha s_\beta} \quad (2.28)$$

Perhitungan Fungsi *cross-covariance* yaitu:

$$\hat{\gamma}_{\alpha\beta}(k) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\alpha_t - \bar{\alpha})(\beta_{t+k} - \bar{\beta}); & k \geq 0 \\ \frac{1}{n} \sum_{t=1-k}^{n-k} (\alpha_t - \bar{\alpha})(\beta_{t+k} - \bar{\beta}); & k < 0 \end{cases} \quad (2.29)$$

Perhitungan standar deviasi dari deret *input* hasil *prewhitening* yaitu:

$$s_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\alpha_t - \bar{\alpha})^2} \text{ dengan } \bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} \alpha_t \quad (2.30)$$

Perhitungan standar deviasi dari deret *output* hasil *prewhitening* yaitu:

$$s_\beta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\beta_t - \bar{\beta})^2} \text{ dengan } \bar{\beta} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} \beta_t \quad (2.31)$$

Bobot respon impuls dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\hat{v}_k = \frac{s_\beta}{s_\alpha} \hat{\rho}_{\alpha\beta}(k); k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.32)$$

Signifikansi bobot respon impuls dapat dilihat dengan membandingkan  $\hat{v}_k$  dengan *standard error*  $(n - k)^{-\frac{1}{2}}$

**d. Penetapan orde  $b, r, s$  berdasarkan bobot respon impuls**

Langkah selanjutnya ialah menetapkan orde  $b, r, s$  untuk model fungsi transfer, di mana  $b$  adalah keterlambatan yang dicatat pada subscript dari  $x_t$ ,  $r$  adalah derajat fungsi  $\delta(B)$ , dan  $s$  adalah derajat fungsi  $\omega(B)$ . Nilai  $\hat{\omega}_j$  dan  $\hat{\delta}_j$  memiliki hubungan dengan  $v_k$ , sehingga fungsi transfer dapat dirumuskan seperti Persamaan (2.31)

$$v(B) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} B^b \tag{2.33}$$

$$v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^2 \tag{2.34}$$

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s \tag{2.35}$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r \tag{2.36}$$

Makridakis,dkk. (1999) menyatakan arti dari  $(b, r, s)$  sebagai berikut.

- 1) Nilai  $b$  menyatakan bahwa  $y_t$  tidak dipengaruhi oleh  $x_t$  sampai periode  $t + b$ , atau  $y_t = 0x_t + 0x_{t-1} + \dots + \omega_0 x_{t-b}$ .
- 2) Nilai  $r$  menunjukkan bahwa  $y_t$  berkaitan dengan nilai-nilai masa lalunya ( $y_t$  dipengaruhi oleh  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-r}$ ).
- 3) Nilai  $s$  menyatakan untuk berapa lama  $y_t$  secara terus menerus dipengaruhi oleh nilai-nilai baru dari deret *Input*  $x_t$ , atau  $y_t$  dipengaruhi oleh  $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-b-s}$ .

Kenyataan tersebut biasanya disimpulkan ke dalam tiga prinsip, yang ditujukan untuk membantu menentukan nilai yang tepat untuk  $(b, r, s)$  yaitu sebagai berikut.

- 1) Sampai time lag ke- $b$ , korelasi silang tidak akan berbeda nyata dengan nol.
- 2) Untuk  $r$  time lag selanjutnya, korelasi silang akan memperlihatkan suatu pola yang jelas.
- 3) Untuk  $s$  time lag selanjutnya, korelasi silang tidak akan memperlihatkan adanya pola yang jelas.

Wei (2006) memberikan petunjuk dalam menentukan nilai  $r$  dan  $s$  yang dalam praktek pada umumnya nilai  $r$  dan  $s$  tidak lebih dari 2, sebagai berikut.

- 1) Untuk kasus  $r = 0$ , fungsi transfer hanya mengandung sejumlah bobot respon impuls yang dimulai dari  $v_b = \omega_0$  dan diakhiri  $v_{b+s} = -\omega_s$
- 2) Untuk kasus  $r = 1$ , bobot respon impuls menunjukkan pola menurun secara eksponensial dari  $v_b$  jika  $s = 0$  dari  $v_{b+1}$  jika  $s = 1$  dan dari  $v_{b+2}$  jika  $s = 2$ .
- 3) Untuk kasus  $r = 2$ , bobot respon impuls menunjukkan pola gelombang sinus teredam.

Persamaan orde R,S,B dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Persamaan orde R,S,B

$(r, s, b)$	Fungsi Transfer
$(0,0,2)$	$v(B)x_t = \omega_0 x_{t-2}$
$(0,1,2)$	$v(B)x_t = (\omega_0 - \omega_1)x_{t-2}$
$(0,2,2)$	$v(B)x_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2)x_{t-2}$
$(1,0,2)$	$v(B)x_t = \frac{\omega_0}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$
$(1,1,2)$	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$
$(1,2,2)$	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2)}{(1 - \delta_1 B)} x_{t-2}$

Adapun penaksiran parameter fungsi transfer adalah sebagai berikut.

$$v_j = 0$$

$$j < b$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \delta_2 v_{j-2} + \dots + \delta_r v_{j-r} + \omega_0 \quad j = b$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \delta_2 v_{j-2} + \dots + \delta_r v_{j-r} - \omega_{j-b} \quad j = b + 1, b + 2, \dots, b + s$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \delta_2 v_{j-2} + \dots + \delta_r v_{j-r} \quad j < b + s$$

Nilai  $v$  untuk  $j > b + s$  berlaku persamaan  $\delta(B)v_j = 0$

**e. Identifikasi deret gangguan/noise**

Penaksiran langsung deret gangguan/noise dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \hat{n}_t &= y_t - \hat{v}(B)x_t \\ &= y_t - \frac{\hat{\omega}(B)}{\hat{\delta}} B^b x_t \end{aligned} \quad (2.37)$$

**f. Penetapan  $(p_n, q_n)$  untuk model ARIMA  $(p_n, 0, q_n)$  dari deret gangguan/noise**

Penetapan nilai  $(p_n, q_n)$  dapat dilihat menggunakan *plot* ACF dan PACF sehingga diperoleh persamaan model ARIMA seperti berikut.

$$\phi_n((B))n_t = \theta_n(B)a_t \quad (2.38)$$

**g. Identifikasi model fungsi transfer**

Dengan mengkombinasikan Persamaan (2.31) dan (2.36) didapatkan persamaan model fungsi transfer  $(b, r, s)(p, d, q)$  sebagai berikut.

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta_n(B)}{\phi_n(B)} a_t \quad (2.39)$$

**2.4.2. Pendugaan Parameter Model Fungsi Transfer**

Pada buku makridakis menjelaskan bahwa obot impuls  $v_0, v_1, \dots, v_{15}$  diperkirakan secara eksplisit sehingga dapat digunakan untuk menduga parameter model fungsi transfer  $(b, s, r)$  dengan persamaan sebagai berikut:

$$v_0 = 0 \quad (2.40)$$

$$(2.41)$$

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = \delta_1 v_1 + \delta_2 v_0 + \omega_0 \quad (2.42)$$

$$v_3 = \delta_1 v_2 + \delta_2 v_1 - \omega_1 \quad (2.43)$$

$$v_4 = \delta_1 v_3 + \delta_2 v_2 - \omega_2 \quad (2.44)$$

$$v_5 = \delta_1 v_4 + \delta_2 v_3 \quad (2.45)$$

$$v_6 = \delta_1 v_5 + \delta_2 v_4 \quad (2.46)$$

$$v_7 = \delta_1 v_6 + \delta_2 v_5 \quad (2.47)$$

### 2.4.3. Peramalan dengan Model Fungsi Transfer

Wei (2006) menjelaskan bahwa ketika  $Y_t$  dan  $X_t$  stasioner dan dihubungkan dalam suatu model fungsi transfer, maka berlaku Persamaan (2.41) berikut

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} B^b x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (2.48)$$

$$\text{dan } \phi_x(B) a_t = \theta_x(B) a_t \quad (2.49)$$

di mana  $\omega(B)$ ,  $\delta(B)$ ,  $\theta(B)$ ,  $\phi(B)$ ,  $\phi_x(B)$ , dan  $\theta_x(B)$  adalah bentuk polinomial dari  $B$ . Deret  $a_t$  dan  $\alpha_t$  adalah deret *white noise* yang saling bebas dengan rata-rata nol masing-masing ragamnya adalah  $\sigma_a^2$  dan  $\sigma_\alpha^2$ .

### 2.5. Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar cair atau bahan bakar minyak (BBM) sering disebut emas hitam. Ini dikarenakan BBM merupakan sumber energi berupa senyawa kimia cair (minyak) yang pekat dan kental dimana strukturnya tidak rapat dan ikatan molekul kimianya dapat bergerak bebas. Di dalam kehidupan sehari-hari BBM sudah termasuk kebutuhan primer masyarakat. Hal itu dapat dilihat dari perlunya BBM sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Hampir semua masyarakat menggunakan kendaraan bermotor untuk melakukan mobilitas (perpindahan) dalam melakukan aktifitas rutin dan pekerjaan mereka. Di dalam Industri Perekonomian, sektor BBM juga memegang



peranan penting memajukan perekonomian Indonesia dibidang ekspor maupun impor. Saat ini Indonesia memiliki kapasitas penyulingan minyak yang cenderung sedikit, yang mengindikasikan keterbatasan perkembangan BBM. Penurunan potensi produksi kebutuhan minyak menyebabkan Indonesia saat ini masih melakukan impor ke luar negeri untuk memenuhi kebutuhan BBM.

Adapun jenis BBM yang sering dipakai oleh manusia yakni pertalite. Pertalite merupakan jenis BBM baru yang telah diluncurkan Pertamina untuk memenuhi Surat Keputusan Dirjen Migas Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 313 Tahun 2013 yang isinya menetapkan standar mutu (Spesifikasi) BBM jenis bensin 90 yang dipasarkan di dalam negeri. Keunggulan Pertalite versi pertamina antara lain Pertalite dinilai lebih bersih daripada Premium karena memiliki Research Octane Number (RON) di atas 88 yang terkandung dalam Premium. Kemudian harga jual Pertalite yang lebih murah ketimbang Pertamax dengan kadar RON 92, sehingga nantinya masyarakat akan mendapatkan BBM kualitas baik dengan harga lebih murah.