



## TUGAS AKHIR - VS 180603

### PERAMALAN PEMAKAIAN AIR BERSIH DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN ARIMA *BOX- JENKINS*

Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
NRP 1061160000065

Pembimbing  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**TUGAS AKHIR - VS 180603**

**PERAMALAN PEMAKAIAN AIR BERSIH DI PDAM SURYA  
SEMBADA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN ARIMA *BOX-  
JENKINS***

Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
NRP 1061160000065

Pembimbing  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**FINAL PROJECT - VS 180603**

**FORECASTING THE CLEAN WATER USAGE IN PDAM SURYA  
SEMBADA SURABAYA USING ARIMA *BOX-JENKINS***

Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
NRP 10611600000065

Supervisor  
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III  
Department of Business Statistics  
Faculty of Vocational  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020







## LEMBAR PENGESAHAN

### PERAMALAN PEMAKAIAN AIR BERSIH DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN ARIMA BOX-JENKINS

#### TUGAS AKHIR

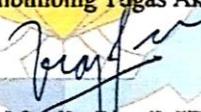
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Pada  
Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MOHAMMAD YUSUF SAIFULLOH ADI**  
NRP 1061160000065

SURABAYA, 20 JANUARI 2020

Menyetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir

  
**Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si**  
NIP. 19660125 199002 1 001

Mengesahui,  
Kepala Departemen Statistika Bisnis  
Fakultas Vokasi ITS

  
**Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19740321 199802 1 001



# **PERAMALAN PEMAKAIAN AIR BERSIH DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA MENGUNAKAN ARIMA *BOX-JENKINS***

**Nama** : Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
**NRP** : 10611600000065  
**Program Studi** : Diploma III  
**Departemen** : Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi ITS  
**Pembimbing** : Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

## **ABSTRAK**

Meningkatnya kebutuhan air bersih di Indonesia setiap tahunnya merupakan masalah yang cukup serius, karena air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Permasalahan tersebut juga dialami oleh kota besar seperti Surabaya. Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah penduduk terbanyak di Jawa Timur, dengan jumlah penduduk pada tahun 2017 yang mengalami peningkatan sebesar 0,43 persen dari tahun sebelumnya dan setiap tahunnya jumlah penduduk Kota Surabaya mengalami peningkatan rata-rata sebesar 0,52 persen. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Surabaya, maka kebutuhan akan air bersih juga semakin bertambah. Berdasarkan permasalahan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan peramalan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan ARIMA *Box-Jenkins* untuk mengetahui prediksi pemakaian air bersih pada periode kedepan. Model peramalan terbaik adalah model ARIMA (2,0,2). Hasil akurasi model diperoleh RMSE sebesar 4613,98 dan nilai MAPE sebesar 2,6%, hasil ini sangat kecil, sehingga model sangat baik untuk digunakan meramalkan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surabaya. Model yang diperoleh menunjukkan bahwa peramalan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Agustus 2019 - Februari 2020 dipengaruhi oleh pemakaian air bersih serta kesalahan peramalan pada periode 2 bulan sebelumnya

**Kata Kunci:** ARIMA, PDAM, Pemakaian Air Bersih, Surabaya.



# FORECASTING THE CLEAN WATER USAGE IN PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA USING ARIMA BOX-JENKINS

**Name** : Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
**NRP** : 10611600000065  
**Study Program** : Diploma III  
**Department** : Business Statistics, Faculty of Vocational ITS  
**Supervisor** : Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

## ABSTRACT

*The increasing need for clean water in Indonesia every year is a serious problem, because clean water is a basic need of the community in daily life. This problem is also experienced by big cities like Surabaya. Surabaya City is the city with the most population in East Java, with the population in 2017 experiencing an increase of 0.43 percent from the previous year and each year the population of Surabaya experiencing an average increase of 0.52 percent. Along with the increasing population in the city of Surabaya, the need for clean water is also increasing. Based on these problems, in this study forecasting the average use of clean water in PDAM Surya Sembada City of Surabaya using ARIMA Box-Jenkins to determine predictions of clean water use in the future period. The best forecasting model is the ARIMA model (2,0,2). The accuracy of the model results obtained by RMSE of 4613.98 and MAPE value of 2.6%, this result is very small, so the model is very good to be used to predict the average use of clean water in PDAM Surabaya. The model obtained shows that the forecasting of the average use of clean water in PDAM Surya Sembada City of Surabaya in August 2019 - February 2020 is influenced by the use of clean water and forecasting errors in the previous 2 months period*

**Keywords:** ARIMA, PDAM, Surabaya, Use of Clean Water.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik Tugas Akhir yang berjudul **“PERAMALAN PEMAKAIAN AIR BERSIH DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN ARIMA *BOX-JENKINS*”**.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan, dan arahnya dalam penyelesaian Tugas Akhir sekaligus sebagai Sekretaris Departemen Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi ITS.
2. Dwi Endah Kusriani, S.Si, M.Si selaku dosen penguji serta validator yang telah memberikan saran dan kritik untuk menyempurnakan ujian Tugas Akhir.
3. Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk menyempurnakan ujian Tugas Akhir
4. Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si, selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi ITS.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan bekal ilmu selama masa perkuliahan.
6. Saptarini, SH, selaku Manajer Bagian Pemakaian Air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
7. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang sudah bersedia membantu untuk memperlancar dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan dan bimbingan dalam mendidik baik secara materil, moril maupun spiritual.

9. Keluarga BERDIKARI yang saling menyemangati untuk meraih kesuksesan di masa depan.
10. Seluruh pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna perbaikan di kemudian hari. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan juga pihak yang berkepentingan.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Time Series.....	5
2.2 ARIMA <i>Box-Jenkins</i> .....	5
2.2.1 Stasioneritas Data.....	6
2.2.2 <i>Autocorrelation Function</i> (ACF).....	7
2.2.3 <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF).....	8
2.2.4 Identifikasi Model.....	8
2.3 Model-Model ARIMA.....	9
2.3.1 Model <i>Autoregressive</i> (AR).....	9
2.3.2 Model <i>Moving Average</i> (MA).....	9
2.3.3 Model <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARMA).....	10
2.3.4 Model <i>Autoregressive Integrated Moving</i> Average (ARIMA).....	10
2.4 Metode Estimasi Parameter.....	11
2.5 Pengujian Parameter.....	12

2.6	Uji Asumsi Residual .....	13
2.6.1	Uji Asumsi <i>White Noise</i> .....	14
2.6.2	Uji Asumsi Distribusi Normal .....	14
2.7	Pemilihan Model Terbaik.....	15
2.8	PDAM Surya Sembada Kota Surabaya .....	15
2.9	Penelitian Sebelumnya.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Sumber Data.....	17
3.2	Variabel Penelitian.....	17
3.3	Langkah Analisis .....	17
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Karakteristik Data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya .....	21
4.2	Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya .....	23
4.2.1	Identifikasi Model ARIMA.....	23
4.2.2	Pendugaan Model Sementara.....	25
4.2.3	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter .....	26
4.2.4	Pengujian Asumsi Residual .....	26
4.2.5	Kriteria Model Terbaik .....	28
4.2.6	Model ARIMA.....	28
4.2.7	Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	31
5.2	Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>35</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Transformasi <i>Box-Cox</i> .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Identifikasi Model Time Series Berdasarkan ACF dan PACF.....	8
<b>Tabel 3.1</b> Struktur Data.....	17
<b>Tabel 4.1</b> Karakteristik Data rata-rata pemakaian air bersih .	22
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Signifikansi Parameter .....	26
<b>Tabel 4.3</b> Pengujian Residual <i>White Noise</i> .....	26
<b>Tabel 4.4</b> Kriteria Model Terbaik .....	28
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Ramalan Pemakaian Air Bersih.....	29



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir.....18
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Time Series Plot</i> Pemakaian Air Bersih.....21
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Bar chart</i> Pemakaian Air Bersih.....23
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Box-Cok</i> Pemakaian Air Bersih.....24
<b>Gambar 4.4</b>	Plot ACF.....24
<b>Gambar 4.5</b>	Plot PACF.....25
<b>Gambar 4.6</b>	Pengujian Residual Berdistribusi Normal .....27
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Time Series Plot</i> Data rata-rata pemakaian air bersih dan Hasil Ramalan.....30



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	35
<b>Lampiran 2.</b> Surat Keterangan Pengambilan Data .....	36
<b>Lampiran 3.</b> Surat Pernyataan Kevalidan Data .....	37
<b>Lampiran 4.</b> Karakteristik data rata-rata pemakaian air bersih .....	38
<b>Lampiran 5.</b> <i>Output</i> Minitab Model ARIMA (2,0,0) .....	38
<b>Lampiran 6.</b> <i>Output</i> Minitab Model ARIMA (2,0,2) .....	39
<b>Lampiran 7.</b> <i>Output</i> Minitab Model ARIMA (0,0,2) .....	40
<b>Lampiran 8.</b> Pemilihan Model Terbaik ARIMA (2,0,2) .....	40



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan sumber kehidupan. Ketersediaan air yang cukup dan kualitas air bersih merupakan salah satu faktor yang membuat kehidupan di dunia ini dapat terus berlangsung (Ayu, 2011). Meningkatnya kebutuhan air bersih di Indonesia setiap tahunnya merupakan masalah yang cukup serius. Permasalahan tersebut juga dialami oleh kota besar seperti Surabaya. Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota Surabaya tahun 2018, kualitas air minum di penyelenggara air minum yang memenuhi syarat kesehatan Kota Surabaya mencapai 71,25 persen. Meskipun ada peningkatan pemenuhan kebutuhan air bersih, namun pemerataan di Surabaya masih menjadi masalah pemerintah hingga saat ini.

Aspek kependudukan merupakan aspek yang sangat vital terkait penyediaan air bersih untuk keperluan sebuah kota. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik yang dirilis tahun 2018, Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah penduduk terbanyak di Jawa Timur, dengan jumlah penduduk pada tahun 2017 sebesar 2.874.699 jiwa yang mengalami peningkatan sebesar 0,43 persen dibandingkan periode sebelumnya dan setiap tahunnya jumlah penduduk Kota Surabaya mengalami peningkatan rata-rata sebesar 0,52 persen. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka pemerintah melakukan peningkatan pelayanan baik dari segi kualitas maupun kuantitas termasuk peningkatan penyediaan air bersih, yakni dengan mendirikan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada tahun 1976.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Surabaya, maka kebutuhan akan air bersih juga semakin bertambah. Permasalahan tersebut mengharuskan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selaku penyedia layanan utama air bersih ke masyarakat, perlu melakukan perencanaan kebutuhan air bersih pada periode yang akan datang untuk mengetahui seberapa besar

air bersih yang harus disalurkan kepada masyarakat agar air bersih yang disalurkan tepat ukuran dan tepat sasaran.

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Kota Surabaya, yang diresmikan menjadi perusahaan daerah sejak tanggal 30 Maret 1976 dan merupakan penyedia layanan air bersih di Kota Surabaya dengan sumber mata air yang berasal dari desa Purut Pasuruan. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya memiliki 5 zona yang tersebar di wilayah Kota Surabaya yaitu Zona 1 meliputi Kecamatan Jambangan, Gayungan, Wonokromo, Wonocolo, Tenggilis Mejoyo, Rungkut, dan Gunung Anyar, Zona 2 meliputi Kecamatan Sukolilo, Mulyorejo, dan Bulak, Zona 3 meliputi Kecamatan Semampir, Kenjeran, Simokerto, Tambaksari, Zona 4 meliputi Kecamatan Gubeng, Genteng, Tegalsari, Bubutan, Pabean Cantian, Krembangan, Asem Rowo, Benowo, dan Zona 5 meliputi Kecamatan Pakal, Tandes, Sambu Kerep, Lakarsantri, Sukomanunggal, Sawahan, Dukuh Pakis, Wiyung, dan Karangpilang. Pemakaian air bersih PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tahun 2016 sebesar 228.938.085 m<sup>3</sup> yang mengalami peningkatan sebesar 3,37 persen dibandingkan periode sebelumnya.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dilakukan peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan metode *ARIMA Box-Jenkins* untuk mengetahui prediksi pemakaian air bersih pada periode yang akan datang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tentang data rata-rata pemakaian air bersih pada Bulan Januari 2014 sampai Bulan Juli 2019. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tambahan dalam hal kondisi pertumbuhan kebutuhan air bersih kepada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya serta bisa menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan penyediaan air bersih di Kota Surabaya pada periode yang akan datang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Peningkatan kebutuhan air bersih disebabkan oleh peningkatan jumlah pelanggan yang sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Hal ini dapat menjadi masalah serius ketika peningkatan jumlah pelanggan tersebut tidak seimbang dengan persediaan dan produksi air oleh PDAM. Sehingga untuk mengantisipasi permasalahan tersebut perlu dilakukan peramalan untuk mengetahui seberapa besar rata-rata pemakaian air bersih pada periode yang akan datang. Sehingga diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana model dan hasil peramalan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada periode yang akan datang.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah mendapatkan model dan hasil peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada periode yang akan datang.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan yang diambil dibatasi pada periode Bulan Januari 2014 sampai dengan Bulan Juli 2019 mengenai pemakaian air bersih dalam satuan meter kubik ( $m^3$ ) di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya untuk mengoptimalkan, penyeimbangan dan penggunaan air bersih di wilayah Suarabaya pada Bulan Agustus 2019 sampai dengan Bulan Februari 2020 agar pemakaian air bersih dapat terpenuhi.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Time Series*

Time series merupakan serangkaian nilai pengamatan yang diperoleh pada titik waktu yang berbeda dan dengan selang waktu yang sama (berurutan berdasarkan waktu). Analisis time series adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan keadaan yang terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Untuk menjelaskan model dari data time series, salah satu metode yang bisa digunakan adalah metode *ARIMA Box-Jenkins*. Dalam mengidentifikasi model *ARIMA* yang akan digunakan, maka perlu untuk mengamati pola data dan pola *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) terlebih dahulu.

*Autocorrelation Function* (ACF) adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi atau hubungan antara pengamatan pada waktu ke- $t$  yang dinotasikan dengan  $Z_t$  dengan pengamatan pada waktu-waktu sebelumnya dinotasikan dengan  $Z_{t-k}$ , dimana  $k=1,2,\dots,k$ . ACF juga dapat digunakan untuk melihat kestasioneran data dalam mean. Sedangkan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi antara pengamatan  $t+k$  yang dinotasikan dengan  $Z_{t+k}$  dimana pengaruh  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-2}$ , ...,  $Z_{t-k-1}$  terhadap  $Z_{t+k}$  dihilangkan (Wei, 2006).

### 2.2 *ARIMA Box-Jenkins*

*ARIMA* (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan analisis data *time series* yang sering digunakan. *ARIMA* umumnya digunakan untuk peramalan jangka pendek berdasarkan data masa lalu. Model *ARIMA* dapat dituliskan dengan notasi *ARIMA* ( $p,d,q$ ) dan secara umum model *ARIMA Box-Jenkins* pada Persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t \quad (2.1)$$

Keterangan :

$p$  = Orde AR

$d$  = Orde *differencing*

$q$  = Orde MA

$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$

$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$

Secara umum model ARIMA memiliki tahapan-tahapan dalam proses pembentukan modelnya, yaitu tahap identifikasi meliputi kestasioneritas data, pola *Autocorrelation Function* (ACF), dan pola *Partial Autocorrelation Function* (PACF), penentuan orde model ARIMA, estimasi parameter, uji signifikansi parameter, uji kesesuaian model, pemilihan model terbaik dan peramalan.

### 2.2.1 Stasioneritas Data

Model ARIMA didasarkan pada data yang stasioner. Tahap mengidentifikasi kestasioneran data meliputi *varians* dan *mean*-nya. Suatu data *time series* bersifat stasioner dalam *varians* jika memenuhi persamaan berikut:

$$\text{Var}(Z_t) = \text{Var}(Z_{t+k}) = \sigma^2 \quad (2.2)$$

Sedangkan data *time series* bersifat stasioner dalam *mean* jika memenuhi persamaan berikut :

$$E(Z_t) = E(Z_{t+k}) = \mu \quad (2.3)$$

Bentuk visual dari *time series plot* dapat digunakan untuk menentukan data stasioner atau non stasioner dalam *mean*. Ketika *time series plot* cenderung konstan atau berfluktuasi disekitar rata-rata berarti data disimpulkan telah stasioner dalam *mean*, jika plot cenderung memperlihatkan *trend* maka non stasioner dalam *mean*. Mengatasi non stasioner dalam *mean* dapat dilakukan proses *differencing*. Selain *time series plot*, stasioneritas data dapat dilihat berdasarkan plot fungsi autokorelasi (ACF).

Data dikatakan stasioner dalam *varians* jika nilai *rounded value* dari lamda ( $\lambda$ ) sama dengan satu atau nilai *lower* dan *upper* dari lamda ( $\lambda$ ) memuat angka 1 dan plot berfluktuasi disekitar rata-rata. Mengatasi non stasioner dalam *varians* dapat dilakukan

transformasi data. Transformasi yang umum digunakan adalah transformasi *Box-Cox* berdasarkan nilai pendugaan parameter  $\lambda$  (Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1999). Transformasi *Box-Cox* berdasarkan nilai pendugaan parameter  $\lambda$  disajikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Transformasi *Box-Cox*

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

### 2.2.2 Autocorrelation Function (ACF)

Fungsi Autokorelasi (ACF) merupakan suatu proses korelasi pada data *time series* antara  $Z_t$  dan  $Z_{t+k}$ . Data yang telah stasioner memiliki nilai rata-rata  $\mu$  dan *varians*  $\sigma^2$  yang konstan, nilai fungsi autokorelasi dapat dituliskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (2.4)$$

Untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, K$  dimana  $\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t$

Keterangan :

$k$  : lag

$\hat{\rho}_k$  : fungsi autokorelasi pada lag  $k$

$\bar{Z}$  : rata-rata pengamatan

### 2.2.3 Partial Autocorrelation Function (PACF)

Koefisien autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara pasangan data  $Z_t$  dengan  $Z_{t+k}$  setelah dependensi linear variabel  $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$  terhadap  $Z_{t+k}$  dihilangkan, nilai fungsi parsial autokorelasi dapat dituliskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{k,j} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{k,j} \hat{\rho}_j} \quad (2.5)$$

Untuk  $j = 1, 2, \dots, k$ , dimana  $\hat{\phi}_{k+1,j} = \hat{\phi}_{k,j} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k+k+1-j}$

Keterangan :

$\hat{\rho}_{k+1}$  : fungsi autokorelasi dari sampel setelah lag ke- $k$

$\hat{\rho}_j$  : fungsi autokorelasi dari sampel setelah lag ke- $j$

### 2.2.4 Identifikasi Model

Pengidentifikasian model ARIMA dapat dilakukan dengan melihat *time series plot*, plot ACF dan PACF. Plot ACF dan PACF digunakan untuk menentukan orde  $p$  dan  $q$  dari model ARIMA (Wei, 2006). Secara teoritis, bentuk-bentuk plot ACF dan PACF dari model ARIMA terdapat pada Tabel 2.2 berikut ini:

**Tabel 2.2** Identifikasi Model Time Series Berdasarkan ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR( $p$ )	Turun cepat secara eksponensial	Terpotong setelah lag $p$
MA( $q$ )	Terpotong setelah lag $q$	Turun cepat secara eksponensial
AR( $p$ ) atau MA( $q$ )	Terpotong setelah lag $q$	Terpotong setelah lag $p$
ARMA ( $p,q$ )	Turun cepat setelah lag ( $q-p$ )	Turun cepat setelah lag ( $p-q$ )

## 2.3 Model-Model ARIMA

Model ARIMA yaitu model Autoregressive (AR), model Moving Average (MA), model campuran ARMA, model ARIMA musiman dan model ARIMA multiplikatif dijelaskan sebagai berikut:

### 2.3.1 Model Autoregressive (AR)

Model Autoregressive (AR) pada orde  $p$  menyatakan bahwa suatu model dimana pengamatan pada waktu ke- $t$  ( $Z_t$ ) berhubungan linear dengan pengamatan waktu sebelumnya, ditambah dengan residual pada saat ke- $t$  ( $a_t$ ) (Wei, 2006). Bentuk fungsi persamaan untuk model AR pada orde  $p$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\phi_p(B)\dot{Z}_t &= a_t \\
(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)\dot{Z}_t &= a_t \\
\dot{Z}_t - \phi_1 B\dot{Z}_t - \phi_2 B^2\dot{Z}_t - \dots - \phi_p B^p\dot{Z}_t &= a_t \\
\dot{Z}_t - \phi_1\dot{Z}_{t-1} - \phi_2\dot{Z}_{t-2} - \dots - \phi_p\dot{Z}_{t-p} &= a_t \\
\dot{Z}_t &= \phi_1\dot{Z}_{t-1} + \phi_2\dot{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p\dot{Z}_{t-p} + a_t
\end{aligned} \tag{2.6}$$

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

Keterangan :

$p$  : orde dari AR

$\phi_p$  : parameter AR lag ke- $p$

$\phi_p(B)$  : polinomial AR orde  $p$

$\dot{Z}_{t-p}$  : data *time series* pada waktu ke- $(t-p)$

$a_t$  : residual pada saat ke- $t$

### 2.3.2 Model *Moving Average* (MA)

Model *Moving Average* (MA) menunjukkan adanya hubungan antara nilai pada waktu ke- $t$  ( $Z_t$ ) dengan nilai residual  $q$  waktu sebelumnya (Wei, 2006). Bentuk fungsi persamaan untuk model MA orde  $q$  dituliskan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
\dot{Z}_t &= \theta_q(B)a_t \\
\dot{Z}_t &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)a_t \\
\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \dots - \theta_q B^q a_t \\
\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Keterangan :

$q$  : orde dari MA

$\theta_q$  : parameter MA lag ke- $q$

$\theta_q(B)$  : polinomial MA orde  $q$

### 2.3.3 Model Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model ARMA merupakan model gabungan antara model AR( $p$ ) dan model MA( $q$ ) yang disebut ARMA( $p,q$ ) (Wei, 2006). Bentuk fungsi model ARMA pada orde  $p$  dan  $q$  dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\begin{aligned}\phi_p(B)\dot{Z}_t &= \theta_q(B)a_t \\ (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)\dot{Z}_t &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)a_t \\ \dot{Z}_t - \phi_1 B\dot{Z}_t - \phi_2 B^2\dot{Z}_t - \dots - \phi_p B^p\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \dots - \theta_q B^q a_t \\ \dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \phi_2 \dot{Z}_{t-2} - \dots - \phi_p \dot{Z}_{t-p} &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\ \dot{Z}_t &= \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \phi_2 \dot{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.8)\end{aligned}$$

### 2.3.4 Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA merupakan model ARMA dari data setelah dilakukan *differencing*  $d$  kali dikarenakan data tidak stasioner dalam *mean* dinyatakan sebagai ARIMA( $p,d,q$ ) (Wei, 2006). Secara umum model ARIMA ( $p,d,q$ ) adalah sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1-B)^d \dot{Z}_t = \theta_q(B)a_t \quad (2.9)$$

Model ARIMA musiman dinotasikan dengan SARIMA ( $P,D,Q$ )<sup>s</sup> yang mempunyai faktor musiman dengan periode  $S$ . Bentuk fungsi persamaan model SARIMA adalah sebagai berikut:

$$\Phi_P(B^S)(1-B^S)^D \dot{Z}_t = \Theta_Q(B^S)a_t \quad (2.10)$$

Model ARIMA Multiplikatif adalah model ARIMA dari data yang mempunyai pola reguler dan musiman yang dinotasikan dengan ARIMA ( $p,d,q$ ) ( $P,D,Q$ )<sup>s</sup>. Bentuk fungsi persamaan model ARIMA multiplikatif adalah sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D \dot{Z}_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)a_t \quad (2.11)$$

Keterangan :

$B$  : operator *backshift*

$\Phi_P$  : koefisien AR musiman  $s$  orde  $P$

$\Theta_Q$  : koefisien MA musiman  $s$  orde  $Q$

$(1 - B)^d$  : differencing orde  $d$

$(1 - B^s)^D$  : differencing musiman periode  $s$  dengan orde  $D$

$\phi(B)$  :  $1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p B^p$

$\theta(B)$  :  $1 - \theta_1 - \theta_2 - \dots - \theta_q B^q$

$\Phi_p(B^s)$  :  $1 - \Phi_1 - \Phi_2 - \dots - \Phi_p B^s$

$\Theta_q(B^s)$  :  $1 - \Theta_1 - \Theta_2 - \dots - \Theta_q B^s$

## 2.4 Metode Estimasi Parameter

Estimasi parameter pada model ARIMA yang paling umum digunakan adalah metode *Conditional Least Square* (CLS). Metode ini dilakukan dengan cara mencari nilai parameter meminimumkan jumlah kuadrat *error* atau SSE (Cryer & Chan, 2008). Misalkan untuk model AR(1) maka *least square estimation* adalah sebagai berikut:

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2 \quad (2.12)$$

Metode *least square estimation* taksiran  $\phi$  dan  $\mu$  dilakukan dengan meminimumkan  $S(\phi, \mu)$ . Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan terhadap  $\phi$  dan  $\mu$  kemudian disamakan dengan nol. Operasi turunan terhadap  $\mu$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](-1 + \phi) = 0 \quad (2.13)$$

Taksiran parameter  $\mu$  untuk model AR(1) adalah sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi_1 \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t (1-\phi_1)}{(n-1)(1-\phi)} = \bar{Z} \quad (2.14)$$

Kemudian untuk parameter  $\phi$  dengan cara yang sama didapatkan operasi turunan sebagai berikut:

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](Z_{t-1} + \mu) = 0 \quad (2.15)$$

Taksiran parameter  $\phi$  untuk model AR(1) adalah sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{Z}$$

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z})}{\sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2} \quad (2.16)$$

## 2.5 Pengujian Parameter

Pengujian parameter digunakan untuk mengetahui apakah suatu parameter model ARIMA layak atau tidak untuk masuk ke dalam suatu model (Wei, 2006). Pengujian parameter pada model AR dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0$  :  $\phi_j = 0$  (parameter tidak signifikan)

$H_1$  :  $\phi_j \neq 0$  (parameter signifikan); dimana,  $j = 1, 2, \dots, p$

Taraf Signifikan :  $\alpha$

Daerah Penolakan : Tolak  $H_0$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, n-p}$

Statistik Uji :  $t = \frac{\hat{\phi}_j}{SE(\hat{\phi}_j)} \quad (2.17)$

Dimana  $SE(\hat{\phi}_j) = \sqrt{\frac{\text{var}(\hat{\phi}_j)}{n}}$  dan  $\text{var}(\hat{\phi}_j) = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \hat{\phi}Z_{t-1})^2}{(n-1)}$

Pengujian parameter pada model MA dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0$  :  $\theta_k = 0$  (parameter tidak signifikan)

$H_1$  :  $\theta_k \neq 0$  (parameter signifikan); dimana,  $k = 1, 2, \dots, q$

Taraf Signifikan :  $\alpha$

Daerah Penolakan : Tolak  $H_0$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2, n-q}$

Statistik Uji :

$$t = \frac{\hat{\theta}_k}{SE(\hat{\theta}_k)} \quad (2.18)$$

$$\text{Dimana } SE(\hat{\theta}_k) = \sqrt{\frac{\text{var}(\hat{\theta}_k)}{n}} \text{ dan } \text{var}(\hat{\theta}_k) = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \hat{\theta}Z_{t-1})^2}{(n-1)}$$

Keterangan :

$\hat{\phi}_j$  : estimasi parameter model AR

$\hat{\theta}_k$  : estimasi parameter model MA

$SE(\hat{\phi}_j)$  : *standart error* dari parameter model AR

$SE(\hat{\theta}_k)$  : *standart error* dari parameter model MA

$n$  : banyaknya data

$p$  : banyaknya parameter model AR yang ditaksir

$q$  : banyaknya parameter model MA yang ditaksir

## 2.6 Uji Asumsi Residual

Asumsi yang harus dipenuhi dalam model ARIMA yaitu uji *white noise* dan uji distribusi normal. Uji asumsi residual dijelaskan sebagai berikut:

### 2.6.1 Uji Asumsi White Noise

Uji asumsi *white noise* dilakukan untuk mengetahui apakah residual independen. Uji residual independen yang digunakan adalah uji *Ljung Box-Q* (LBQ) (Wei, 2006). Uji asumsi *white noise* dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$  (residual memenuhi asumsi *white noise*)

$H_1$  : Minimal ada satu  $\rho_K \neq 0$  (residual tidak memenuhi asumsi *white noise*); dimana,  $k = 1, 2, \dots, K$

Taraf Signifikan :  $\alpha$

Daerah Penolakan : Tolak  $H_0$ , jika  $Q > \chi^2_{(\alpha, K-p-q)}$

Statistik Uji :

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K (n-k)^{-1} \rho_K^2 \quad (2.19)$$

Keterangan :

$\hat{\rho}_{ak}$  : taksiran autokorelasi residual lag ke- $k$

$K$  : lag maksimum

### 2.6.2 Uji Asumsi Distribusi Normal

Uji asumsi distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal atau tidak (Daniel, 2005). Uji asumsi distribusi normal dijelaskan sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0$  :  $F(a_t) = F_0(a_t)$  (residual berdistribusi normal)

$H_1$  :  $F(a_t) \neq F_0(a_t)$  (residual tidak berdistribusi normal)

Taraf Signifikan :  $\alpha$

Daerah Penolakan : Tolak  $H_0$ , jika  $D > D_{(1-\alpha, n)}$

Statistik Uji :

$$D = \sup_x |S(a_t) - F_0(a_t)| \quad (2.20)$$

Keterangan :

$F_0(a_t)$  : fungsi peluang dari distribusi normal

$S(a_t)$  : fungsi peluang kumulatif yang dihitung berdasarkan data sampel

Supremum : nilai maksimum

$a_t$  : residual pada saat ke- $t$

## 2.7 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik berdasarkan data *out sample* dapat dilihat berdasarkan nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan. Semakin kecil nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan suatu model maka model tersebut akan semakin baik digunakan untuk meramalkan periode mendatang. Perhitungan akurasi untuk data *out sample* dengan menggunakan kriteria *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE merupakan metode yang digunakan untuk melakukan evaluasi ketepatan model *time series* dengan cara mempertimbangkan sisa perhitungan ramalan pada data *out sample* (Wei, 2006). Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{n}} \quad (2.21)$$

Selain itu, dapat menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai kriteria dalam pemilihan model terbaik. MAPE dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (2.22)$$

## 2.8 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

PDAM Surya Sembada merupakan salah satu peninggalan jaman belanda, dimana pembentukan sebagai Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) berdasarkan Peraturan Daerah nomor 7 tahun 1976 tanggal 30 Maret 1976 yang disahkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur, tanggal 06 Nopember 1976 No. II/155/76 dan diundangkan dalam Lembaran Daerah Kotamadya Daerah Tingkat II Surabaya tahun 1976 seri C pada tanggal 23 Nopember 1976 No. 4/C. Dalam Perda tersebut diamanahkan, bahwa PDAM untuk menjalankan tugas Pemerintah Daerah dalam bidang pelayanan penyediaan air minum kepada

masyarakat (PDAM, 2018). Sejak didirikan tahun 1890 sampai sekarang tahun 2018, sarana air bersih yang dibangun oleh Pemerintah Pusat adalah :

1. Pengembangan Pelayanan Kecamatan Ngagel, Karangpilang berupa pembangunan instalasi pengolahan air minum (IPAM) baru menuju daerah masyarakat yang selama ini belum ada jaringan pipa.
2. Jumlah pelanggan sebanyak 556.453 sambungan rumah yang tersebar di seluruh unit pelayanan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Dengan sumber dana dari Pemerintah Kota Surabaya melalui penyertaan modal.
3. Jumlah pemakaian air bersih periode Bulan Januari 2014 sampai Bulan Oktober 2018 terjadi peningkatan sebesar 18, 699 persen atau  $3.203.339 \text{ m}^3$ ..

## **2.9 Penelitian Sebelumnya**

Penelitian yang berkaitan tentang penyediaan air bersih telah banyak dilakukan. Dari penelitian tersebut ditemukan model terbaik untuk peramalan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ali dan Irhamah (2017) tentang “Peramalan Volume Pemakaian Air di PDAM Kota Surabaya dengan Menggunakan Metode Time Series”. Hasil dari penelitian adalah didapatkan model terbaik untuk kelompok pelanggan rumah tangga kelas menengah kebawah adalah ARIMA (1,1,[12]), sedangkan untuk kelompok pelanggan rumah tangga kelas menengah adalah fungsi transfer  $b=5, r=0, s=0$  dengan deret noise ARMA ([1,4,12],[1,23]) dan untuk rumah tangga kelas menengah keatas model yang terbaik adalah fungsi transfer  $b=5, r=0, s=0$  dengan deret noise ARMA ([12],1). Penelitian lainnya, oleh Rofik (2017) tentang “Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Sumber Pocong Kabupaten Bangkalan”. Hasil dari penelitian adalah didapatkan model terbaik ARIMA (0,1,[1,4,12]).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada tanggal 23 September sampai dengan 23 Oktober 2019 dengan surat yang merujuk pada Lampiran 2 dan bukti kevalidan data pada Lampiran 3.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rata-rata pemakaian air bersih per bulan untuk Bulan Januari 2014 sampai Juli 2019 dengan unit penelitiannya merupakan data rata-rata pemakaian air bersih per bulan. Data *in-sample* dimulai dari Bulan Januari 2014 sampai Desember 2018 sedangkan data *out-sample* dimulai dari Bulan Januari 2019 sampai Juli 2019. Struktur data yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Struktur Data

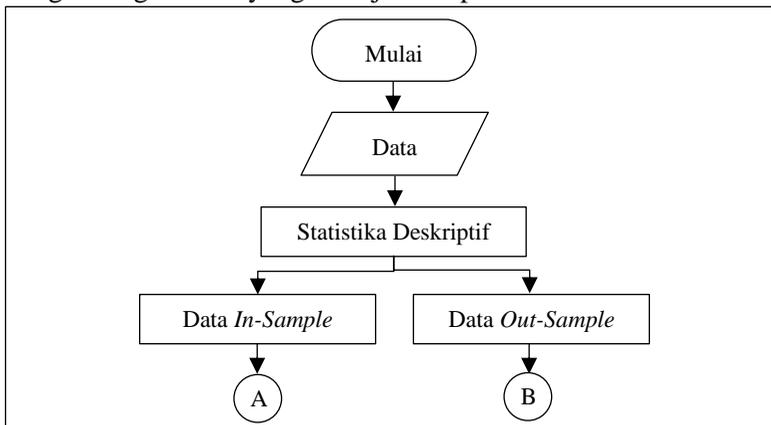
Tahun	Bulan	Rata-Rata Pemakaian Air Bersih (m <sup>3</sup> )
2014	Januari	$Z_1$
	Februari	$Z_2$
	⋮	⋮
	Desember	$Z_{12}$
⋮	⋮	⋮
2019	Januari	$Z_{61}$
	Februari	$Z_{62}$
	⋮	⋮
	Juli	$Z_{67}$

### 3.3 Langkah Analisis

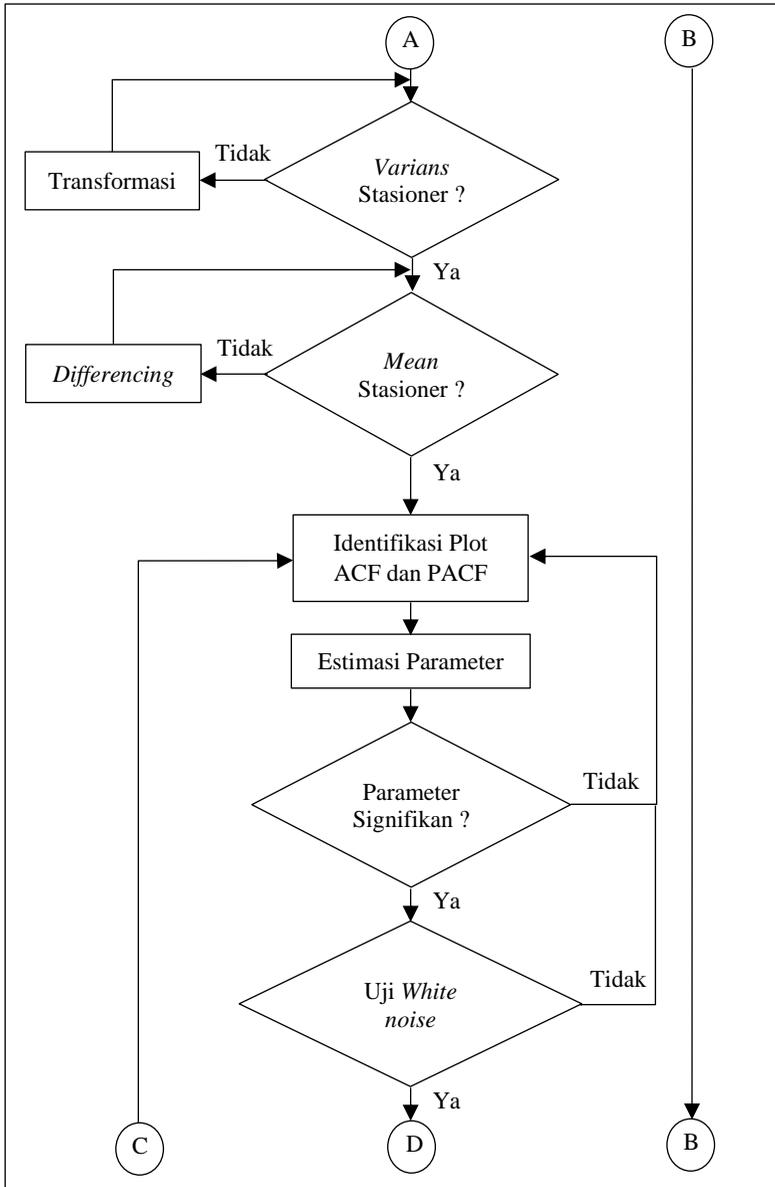
Langkah analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dengan menggunakan *timeseries plot*, statistika deskriptif, dan *histogram*.
2. Membagi data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menjadi dua bagian yaitu sebagai data *in-sample* dan data *out-sample*.
3. Mengidentifikasi kestasioneran data *in-sample* pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.
  - a. Mengidentifikasi apakah data telah stasioner dalam *varians* menggunakan *Box-Cox*.
  - b. Mengidentifikasi apakah data telah stasioner dalam *mean* menggunakan plot ACF.
4. Identifikasi orde model ARIMA (p,d,q) sementara menggunakan plot ACF dan plot PACF.
5. Melakukan estimasi parameter dan pengujian signifikansi parameter model dari model ARIMA sementara.
6. Melakukan pengujian asumsi residual uji *white noise* dan uji residual berdistribusi normal.
7. Membandingkan dugaan model sementara dengan melihat nilai RMSE dan MAPE menggunakan data *out-sample*.
8. Melakukan peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya bulan Agustus 2019 – Februari 2020.

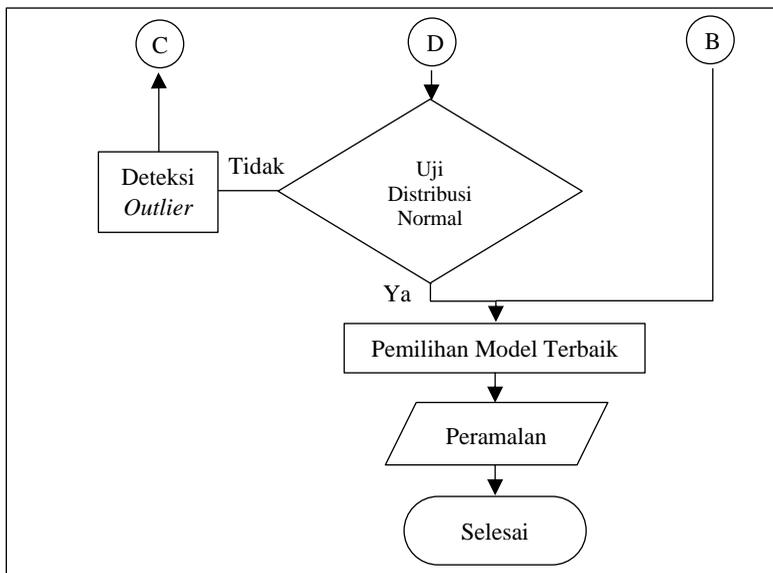
Langkah analisis data dapat digambarkan secara sistematis dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Diagram Alir



**Gambar 3.1** Diagram Alir (Lanjutan)



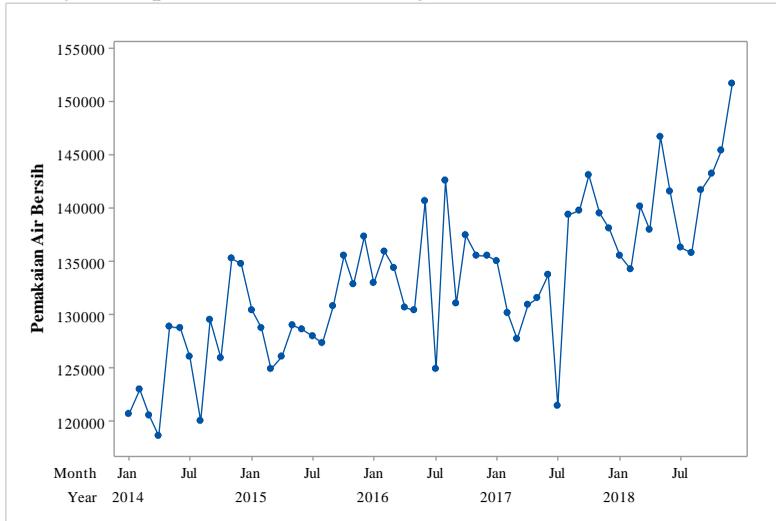
**Gambar 3.1** Diagram Alir (Lanjutan)

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini dilakukan pembahasan hasil analisis karakteristik data dan peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan *ARIMA Box-Jenkins*. Masing-masing hasil pembahasan adalah sebagai berikut:

### 4.1 Karakteristik Data Rata-Rata Pemakaian Air Bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Karakteristik data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tahun 2014 sampai dengan 2018 menggunakan *time series plot* berdasarkan data pada Lampiran 1 ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



**Gambar 4.1** *Time Series Plot* Pemakaian Air Bersih

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tertinggi terjadi pada Bulan Desember 2018 sebesar 151.750,1 m<sup>3</sup> sedangkan

pemakaian air bersih terendah terjadi pada Bulan April 2014 sebesar 118.695,5 m<sup>3</sup>. Pemakaian air bersih cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya yang disebabkan bertambahnya jumlah pelanggan dan kebiasaan pelanggan yang semakin konsumtif.

Selain karakteristik data diatas, akan dilakukan analisis karakteristik data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang meliputi rata-rata, standar deviasi, median, minimum dan maksimum. Karakteristik data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya berdasarkan data pada Lampiran 1 dan hasil pada Lampiran 4 ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Karakteristik Data rata-rata pemakaian air bersih

Tahun	Rata-Rata	Standar Deviasi	Minimum	Median	Maksimum
2014	125.995	5.631,3	118.695,5	125.951,2	135.326,7
2015	129.973	3.695,7	124.913,6	128.895,7	137.341,5
2016	134.353	4.801,6	124.921,8	134.982,6	142.550,5
2017	134.209	6.173,9	121.454,4	134.406,0	143.087,8
2018	140.860	5.288,4	134.267,3	140.876,2	151.750,1

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tertinggi terdapat pada tahun 2018 sebesar 140.860 m<sup>3</sup> dengan standar deviasi sebesar 5.288,4 dan sebanyak 50% data berada dibawah 140.867,2 m<sup>3</sup> dengan interval 134.267,3 dan 151.750,1 sedangkan rata-rata pemakaian air bersih terendah terdapat pada tahun 2014 sebesar 125.995 m<sup>3</sup> dengan standar deviasi sebesar 5631,3 dan sebanyak 50% data berada dibawah 125.951,2 m<sup>3</sup> dengan interval 118.696,5 dan 135.327,7. Karakteristik data diatas, dapat dilihat dengan menggunakan *barchart* berdasarkan data pada Lampiran 1 ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata pemakaian air bersih dari tahun 2014 sampai dengan 2018 selalu meningkat, dengan pemakaian air bersih paling kecil pada tahun 2014 adalah sebesar 125.995 m<sup>3</sup>, dan yang paling besar pada tahun 2018 sebesar 140.860 m<sup>3</sup>.



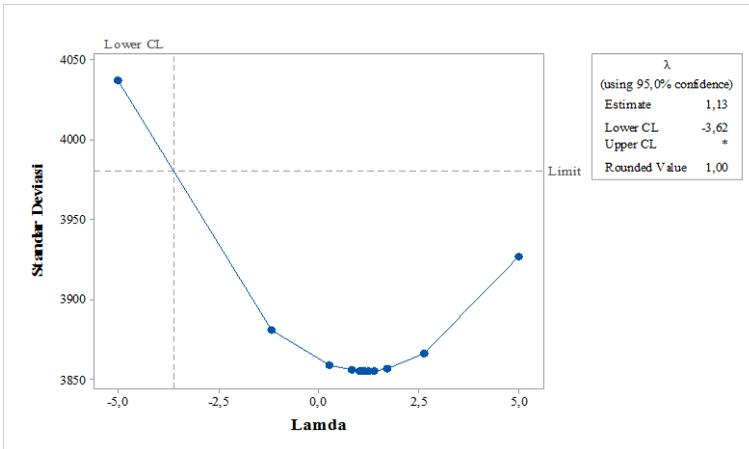
**Gambar 4.2** Bar chart Rata-Rata Pemakaian Air Bersih

## 4.2 Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dibagi menjadi dua yaitu sebagai data *in-sample* dan *out-sample*. Data *in-sample* sebanyak 60 data dimulai dari Januari 2014 sampai Desember 2018 sedangkan data *out-sample* sebanyak 7 data dimulai dari Januari 2019 sampai Juli 2019. Data *in-sample* digunakan untuk memodelkan data rata-rata pemakaian air bersih sedangkan data *out-sample* digunakan untuk validasi model peramalan. Peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan ARIMA *Box-Jenkins* dijelaskan sebagai berikut:

### 4.2.1 Identifikasi Model ARIMA

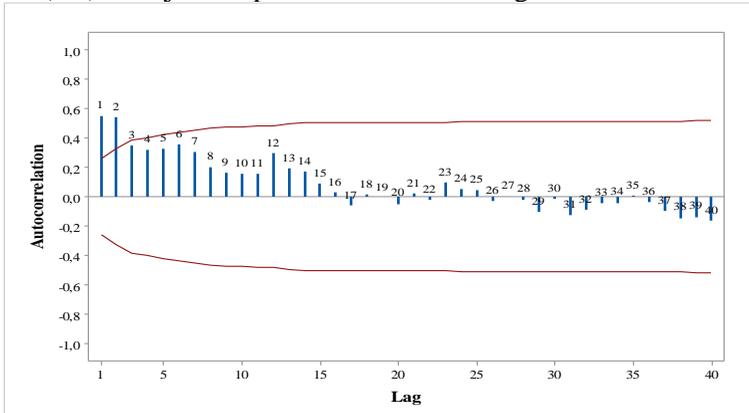
Identifikasi kestasioneran data dilakukan untuk mengetahui apakah data *in-sample* pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya stasioner dalam varians dan *mean*. Identifikasi stasioner dalam varians dapat dilihat menggunakan *Box-Cox* ditunjukkan pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



**Gambar 4.3** Box-Cox Pemakaian Air Bersih

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil *Box-Cox* dari data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diperoleh nilai  $\lambda$  sebesar 1 dengan nilai *lower* sebesar -3,62 sehingga dapat disimpulkan data telah stasioner dalam varians dikarenakan nilai  $\lambda$  sama dengan 1.

Selanjutnya dilakukan identifikasi stasioner dalam *mean* secara visual menggunakan plot ACF berdasarkan Persamaan (2.3) dan (2.4) ditunjukkan pada Gambar 4.4 sebagai berikut:

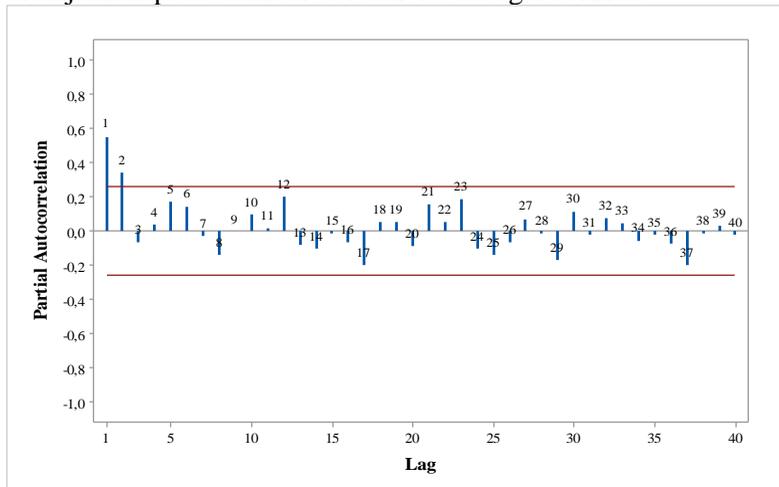


**Gambar 4.4** Plot ACF

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa plot ACF dari data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diperoleh pola data *cut off*, dimana pola data terpotong setelah lag ke-2 sehingga dapat diputuskan data telah stasioner dalam *mean*.

#### 4.2.2 Pendugaan Model Sementara

Data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang sudah stasioner dalam varians dan *mean*, selanjutnya dilakukan pendugaan model sementara dengan melihat plot ACF dan PACF. Plot ACF digunakan untuk menentukan orde  $q$  dari model MA, plot PACF digunakan untuk menentukan orde  $p$  dari model AR, sedangkan orde  $d$  merupakan orde dari proses *differencing* pada model ARIMA ( $p, d, q$ ). Plot ACF dan PACF berdasarkan Persamaan (2.4), dan (2.5) ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Plot PACF

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan bahwa plot ACF terpotong setelah lag 2 sedangkan plot PACF terpotong setelah lag 2. Berdasarkan lag-lag yang keluar dari plot ACF dan PACF diperoleh model dugaan yang dapat diidentifikasi adalah ARIMA (2,0,0); ARIMA (2,0,2); dan ARIMA (0,0,2).

### 4.2.3 Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter

Estimasi parameter diperoleh dari Persamaan (2.15) dan pengujian signifikansi parameter untuk mengetahui model dugaan telah signifikan atau tidak, diperoleh dari Persamaan (2.17), dan (2.18). Hasil pengujian signifikansi parameter dilampirkan pada Lampiran 5, 6, dan 7 ditunjukkan pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Pengujian Signifikansi Parameter

Model	Parameter	Lag	Estimasi Parameter	$T$	$T_{\alpha/2,df}$
ARIMA (2,0,0)	$\phi_1$	1	1,3220	<b>8,29*</b>	2,3
	$\phi_2$	2	-0,3212	-2,01	2,3
ARIMA (2,0,2)	$\phi_1$	1	1,6695	<b>6,76*</b>	2,3
	$\phi_2$	2	-0,6694	<b>-2,71*</b>	2,3
	$\theta_1$	1	1,3287	<b>5,62*</b>	2,3
	$\theta_2$	2	-0,4295	<b>-2,44*</b>	2,3
ARIMA (0,0,2)	$\theta_1$	1	-1,3812	<b>-12,71*</b>	2,3
	$\theta_2$	2	-0,9255	<b>-8,51*</b>	2,3

Keterangan \* : parameter signifikan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (2,0,2) dan ARIMA (0,0,2); memiliki parameter yang signifikan karena nilai  $|T|$  lebih besar dari  $T_{\alpha/2,df}$ .

### 4.2.4 Pengujian Asumsi Residual

Asumsi yang harus terpenuhi dalam peramalan menggunakan ARIMA yaitu asumsi residual *white noise* yang diperoleh dari Persamaan (2.19) dan berdistribusi normal yang diperoleh dari Persamaan (2.20). Hasil pengujian residual *white noise* pada model yang signifikan dilampirkan pada Lampiran 6 ditunjukkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

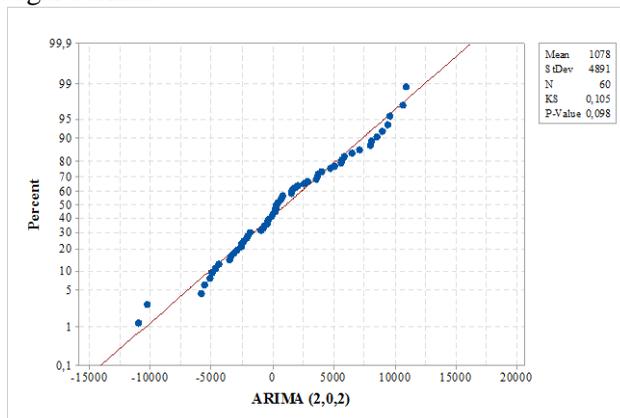
**Tabel 4.3** Pengujian Residual *White Noise*

Model	Lag	$Q$	Df	$\chi^2_{0,05;df}$
ARIMA (2,0,2)	12	<b>14,1*</b>	8	15,507
	24	<b>22,7*</b>	20	31,410
	36	<b>34,5*</b>	32	46,194
	48	<b>53,4*</b>	44	60,481
ARIMA (0,0,2)	12	189,3	10	18,307
	24	319,4	22	33,924
	36	363,7	34	48,602
	48	374,9	46	62,830

Keterangan \* : residual *white noise*

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (2,0,2) memenuhi asumsi residual *white noise* karena nilai  $Q$  lebih kecil dari  $\chi^2_{0,05;df}$ .

Selanjutnya dilakukan pengujian asumsi residual berdistribusi normal dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov* pada model yang diasumsikan memenuhi residual *white noise*. Hasil pengujian residual berdistribusi normal pada model yang signifikan dilampirkan pada Lampiran 6 ditunjukkan pada Gambar 4.6 sebagai berikut:

**Gambar 4.6** Pengujian Residual Distribusi Normal

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (2,0,2) yang diperoleh memenuhi asumsi residual berdistribusi normal karena nilai  $D$  lebih kecil dari  $D_\alpha$ .

#### 4.2.5 Kriteria Model Terbaik

Pemilihan model terbaik digunakan apabila terdapat lebih dari satu model yang memiliki parameter signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise*. Pemilihan model terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria dari data *out sample*, yaitu nilai RMSE dan MAPE. merujuk pada data *out sample* yang terlampir pada lampiran 2, dan Nilai RMSE diperoleh dari Persamaan (2.21) sedangkan nilai MAPE diperoleh dari Persamaan (2.22). Hasil perhitungan kriteria model terbaik dengan perhitungan manual pada Lampiran 8 ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Kriteria Model Terbaik

Model	RMSE	MAPE
ARIMA (2,0,2)	4613,98	2,6%

Tabel 4.4 menunjukkan hasil perhitungan nilai RMSE dan nilai MAPE dimana dari model ARIMA (2,0,2) yang memiliki parameter signifikan dan residual yang *white noise*. Model terbaik untuk meramalkan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah ARIMA (2,0,2) dengan nilai RMSE sebesar 4613,98 dan nilai MAPE sebesar 2,6%. Model terbaik yang diperoleh memiliki nilai kesalahan yang kecil sehingga sangat baik digunakan untuk melakukan peramalan pada Bulan Agustus 2019 sampai dengan Bulan Februari 2020.

#### 4.2.6 Model ARIMA

Model terbaik yang diperoleh kemudian diuraikan menjadi bentuk umum model ARIMA (2,0,2) berdasarkan Persamaan (2.9) dan *output* pada Lampiran 6 dijelaskan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\dot{Z}_t = \theta_q(B)a_t$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)\dot{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2)a_t$$

$$\dot{Z}_t - \phi_1 B\dot{Z}_t - \phi_2 B^2\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t$$

$$\dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \phi_2 \dot{Z}_{t-2} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \phi_2 \dot{Z}_{t-2} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

$$\dot{Z}_t = 1,6695\dot{Z}_{t-1} - 0,6694\dot{Z}_{t-2} + a_t + 1,3287a_{t-1} - 0,4295a_{t-2}$$

Model diatas menunjukkan bahwa peramalan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Agustus 2019 - Februari 2020 dipengaruhi oleh pemakaian air bersih serta kesalahan peramalan pada periode 2 bulan sebelumnya.

#### 4.2.7 Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Peramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Agustus 2019 – Februari 2020 dilakukan setelah mendapatkan model terbaik. Hasil ramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya menggunakan model ARIMA (2,0,2) ditunjukkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

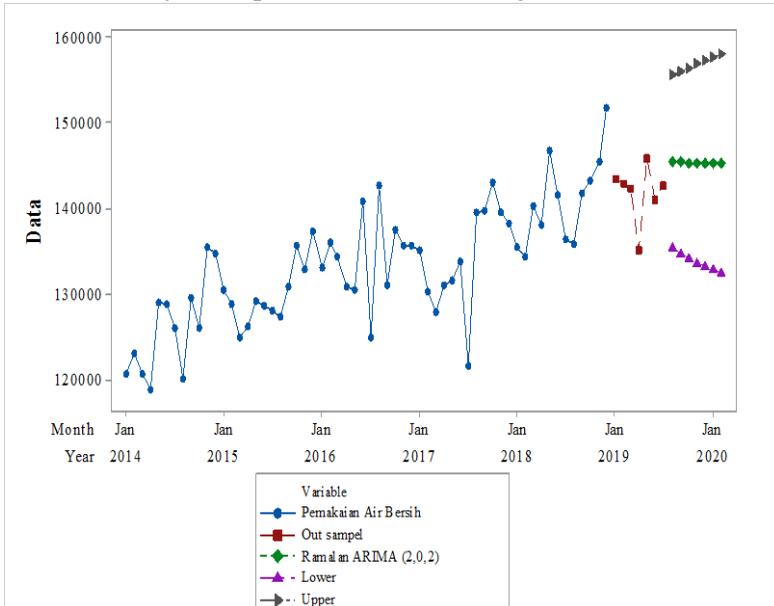
**Tabel 4.5** Ramalan Pemakaian Air Bersih Per Bulan

Bulan	Tahun	Ramalan	Batas Bawah	Batas Atas
Agustus	2019	145.487	135.406	155.568
September	2019	145.354	134.703	156.004
Oktober	2019	145.278	134.123	156.433
November	2019	145.241	133.626	156.856
Desember	2019	145.230	133.186	157.274
Januari	2020	145.236	132.787	157.685
Februari	2020	145.253	132.417	158.089

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil ramalan pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diperkirakan mengalami fluktuasi yang rendah. Pemakaian air bersih terendah diperkirakan terjadi pada Bulan Desember 2019 sebesar 145.230

$\text{m}^3$  sedangkan tertinggi diperkirakan terjadi pada Bulan Agustus 2019 sebesar  $145.487 \text{ m}^3$ .

*Time series plot* untuk melihat data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya beserta hasil ramalan ditunjukkan pada Gambar 4.7 sebagai berikut:



**Gambar 4.7** Time Series Plot Data rata-rata pemakaian air bersih dan Hasil Ramalan

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diperkirakan akan mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada bulan Agustus 2019, tetapi akan mengalami penurunan mulai Bulan September 2019 sampai Desember 2019.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan yaitu model terbaik dari pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya adalah model ARIMA (2,0,2). Kriteria model terbaik mengacu pada nilai RMSE sebesar 4613,98 dan nilai MAPE sebesar 2,6% dengan persamaan:

$$\dot{Z}_t = 1,6695\dot{Z}_{t-1} - 0,6694\dot{Z}_{t-2} + a_t + 1,3287a_{t-1} - 0,4295a_{t-2}$$

Model diatas menunjukkan bahwa peramalan rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Bulan Agustus 2019 - Februari 2020 dipengaruhi oleh pemakaian air bersih serta kesalahan peramalan pada periode 2 bulan sebelumnya

Hasil ramalan diperkirakan mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada bulan Agustus 2019, tetapi akan mengalami penurunan mulai Bulan September 2019 sampai Desember 2019.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yaitu dengan memperhatikan bulan-bulan sebelumnya untuk mendapatkan prediksi pemakaian air bersih pada bulan berikutnya yang cenderung terus mengalami peningkatan, agar tidak terjadi kekurangan persediaan pasokan air bersih. Saran untuk penelitian kedepan harapannya menambah jumlah data *in-sampel* agar model ramalan yang didapat lebih akurat.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Asfihani, Mohammad Ali dan Irhamah. 2017. “Peramalan Volume Pemakaian Air di PDAM Surabaya dengan Menggunakan Metode *Time Series*” dalam Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.6. Surabaya: ITS.
- Ayu. 2011. Fungsi dan Peran Air Bagi Kehidupan Manusia. <http://www.artikellingkunganhidup.com/manfaat-air-bagikehidupan-manusia.html>. Diakses tanggal 30 Januari 2019, pukul 02.35 WIB.
- BPS. 2018. Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2018. Jawa Timur: BPS Provinsi Jawa Timur.
- Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Application in R*. New York: Springer.
- Daniel, W. W. (2005). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Dinkes. 2018. Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2018. Surabaya: Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999). *Metode Dan Aplikasi Peramalan Jilid 1. (Edisi Kedua)*. Jakarta: Erlangga.
- PDAM. 2018. Sejarah dan Status PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. [https://www.pdamsby.go.id/page.php?get=sejarah\\_status\\_pdam&bhs=1](https://www.pdamsby.go.id/page.php?get=sejarah_status_pdam&bhs=1). Diakses pada tanggal 18 Nopember 2018.
- Rofik, M. Z. 2017. Peramalan Pemakaian Air Bersih di PDAM Sumber Pocong Kabupaten Bangkalan. Surabaya: ITS.
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2nd Edition*. New York: Pearson.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data rata-rata pemakaian air bersih di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

#### Data In Sampel

Bulan	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	120.640,6	130.462,1	132.923,4	135.095,7	135.484,5
Februari	122.967,4	128.719,6	135.899,4	130.176,4	134.267,3
Maret	120.503,7	124.913,6	134.384,7	127.758,4	140.171,7
April	118.695,5	126.091,4	130.699,0	130.874,7	137.917,7
Mei	128.846,5	129.071,8	130.471,6	131.579,8	146.672,6
Juni	128.742,9	128.644,1	140.700,0	133.716,3	141.580,8
Juli	126.026,4	127.923,3	124.921,8	121.454,4	136.276,1
Agustus	120.022,9	127.337,2	142.550,5	139.438,3	135.857,1
September	129.544,5	130.811,9	131.001,1	139.713,7	141.703,5
Oktober	125.876,1	135.535,9	137.527,1	143.087,8	143.199,3
November	135.326,7	132.818,5	135.581,0	139.488,0	145.444,8
Desember	134.741,9	137.341,5	135.580,5	138.124,6	151.750,1

#### Data Out Sampel

Bulan	2019
Januari	143.351,5
Februari	142.788,9
Maret	142.180,9
April	135.094,7
Mei	145.761,8
Juni	141.015,3
Juli	142.560,9

## Lampiran 2. Surat Keterangan Pengambilan Data

 <b>PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA</b>		Surabaya, 23 SEP 2019
Nomor	: 072/1052/ PDAM/2019	Yth. Ketua
Lampiran	: -	Fakultas Vokasi
Hal	: <u>Konfirmasi Izin Penelitian.</u>	Departemen Statistika Bisnis
		Jl. Kampus ITS Suolilo, Surabaya
<p>Sehubungan dengan surat Saudara' Nomor : B/72813/IT2.VI.8.6/TU.00.09/2019 tanggal 04 September 2019 hal Permohonan ijin memperoleh data untuk Tugas Akhir, dengan ini diinformasikan bahwa permohonan Saudara dapat kami setuju dan pelaksanaannya dijadwalkan sebagai berikut :</p>		
Tanggal	: 23 September 2019 s.d 23 Oktober 2019.	
Mulai Pukul	: 07.30 WIB. s.d Selesai.	
Jumlah Peserta	: Satu Orang.	
Tempat	: Bagian Pemakaian;	
Catatan	: Hasil Kerja Praktek / Penelitian / Kunjungan agar diserahkan kepada PDAM dan tidak mempublikasikan tanpa seijin / sepengetahuan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.	
<p>Demikian atas perhatiannya disampaikan terima kasih.</p>		
<p>a.n. Direksi Perusahaan Daerah Air Minum Surya Sembada Kota Surabaya Sekretaris Perusahaan</p>		
 <b>Drs. BAMBANG EKO SAKTI,</b> NIP. 1.92.00780		
<p><u>Tembusan</u> :</p>		
Yth.	1. Direktur Utama ( Sebagai laporan ) ; 2. Manajer Pemakaian; 3. Manajer Tata Usaha & Humas ; <b>PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.</b> Mahasiswa bersangkutan/terkait. <b>ITS – Surabaya.</b>	
<p><b>Kantor:</b>          Jl. Mayjen. Prof. Dr. Moestopo No. 2, Telp. 031-5039373, 5039676, Fax 031-5030100, Surabaya 60131          Website : www.pdam-sby.go.id Call Center : 292-6666 Layanan SMS : 081.2331-6666</p>		
		ISO 9001 : 2008 ISO 17025 : 2005

### Lampiran 3. Surat Pernyataan Kevalidan Data

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Mohammad Yusuf Saifulloh Adi  
NRP : 10611600000065

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari :

Sumber : Bagian Pemakaian Air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya  
Keterangan : Data pemakaian air bersih untuk bulan Januari 2014 sampai Juli 2019

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 17 Desember 2019

<p style="text-align: center;">Menyetujui, Asisten Manager Bagian Pemakaian Air</p>  <p style="text-align: center;">(Ayu Dwi Cahyahingsih) NIP. 1.09.01516</p>	<p style="text-align: center;">Yang Membuat Pernyataan</p>  <p style="text-align: center;">(Mohammad Yusuf Saifulloh Adi) NRP. 10611600000065</p>
<p style="text-align: center;">Menyetujui, Pembimbing Tugas Akhir</p> <p style="text-align: center;">(Dr. Drs. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si) NIP. 19660125 199002 1 001</p>	<p style="text-align: center;">Menyetujui, Asisten Manager Bagian Pemakaian Air</p>  <p style="text-align: center;">(Safitri, SH) NIP. 196.01066</p>

#### Lampiran 4. Karakteristik Data rata-rata pemakaian air bersih

Variable	Tahun	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
Pemakaian Air Bersih	2014	125995	5631	118696	125951	135327
	2015	129973	3696	124914	128896	137342
	2016	134353	4802	124922	134983	142550
	2017	134209	6174	121454	134406	143088
	2018	140860	5288	134267	140876	151750

#### Lampiran 5. Output Minitab Model ARIMA (2,0,0)

##### ARIMA Model: Pemakaian Air Bersih

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,3220	0,1595	8,29	0,000
AR 2	-0,3212	0,1600	-2,01	0,049

Number of observations: 60

Residuals: SS = 3118854113 (backforecasts excluded)

MS = 53773347 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	57,6	84,9	99,9	108,8
DF	10	22	34	46
P-Value	0,000	0,000	0,000	0,000

### Lampiran 6. *Output* Minitab Model ARIMA (2,0,2)

#### **ARIMA Model: Pemakaian Air Bersih**

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1,6695	0,2470	6,76	0,000
AR	2	-0,6694	0,2467	-2,71	0,009
MA	1	1,3287	0,2366	5,62	0,000
MA	2	-0,4295	0,1757	-2,44	0,018

Number of observations: 60

Residuals: SS = 1480947478 (backforecasts excluded)

MS = 26445491 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,1	22,7	34,5	53,4
DF	8	20	32	44
P-Value	0,080	0,303	0,347	0,157

**Lampiran 7. Output Minitab Model ARIMA (0,0,2)****ARIMA Model: Pemakaian Air Bersih**

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-1,3812	0,1087	-12,71	0,000
MA 2	-0,9255	0,1087	-8,51	0,000

Number of observations: 60

Residuals: SS = 108701546859 (backforecasts excluded)

MS = 1874164601 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	189,3	319,4	363,7	374,9
DF	10	22	34	46
P-Value	0,000	0,000	0,000	0,000

**Lampiran 8. Pemilihan Model Terbaik ARIMA (2,0,2)**

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} = 4613,98$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right|}{n} \times 100\% = 2,6\%$$

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Mohammad Yusuf Saifulloh Adi yang sehari-hari biasa dipanggil Yusuf. Penulis merupakan anak tunggal, lahir di Jombang, pada tanggal 31 Maret 2000. Penulis telah menyelesaikan studi Sekolah Dasar di MI Attahdzibiyah Babat (2005-2011), MTsN Babat (2011-2013), MAN Tambakberas Jombang (2013-2016) dan saat ini melanjutkan

studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS angkatan 2016 yang biasa disebut “BERDIKARI”. Selama perkuliahan, penulis aktif mengikuti organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Minat dan Bakat (MINBA) HIMADATA-ITS periode 2017/2018 dan sebagai Dewan Perwakilan Angkatan (DPA) HIMADATA-ITS 2018/2019. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kepanitian seperti Pekan Raya Statistika (PRS) ITS 2017. Penulis sangat berharap akan kritik dan saran yang dapat membangun, untuk informasi dan komunikasi lebih lanjut dapat menghubungi melalui email [mysa310300@gmail.com](mailto:mysa310300@gmail.com) atau no. telepon 085806812866.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*