TUGAS AKHIR – SS 145561

PERAMALAN PENJUALAN ENERGI LISTRIK PADA SEGMEN RUMAH TANGGA R2 DAN R3 DI PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR

Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi
NRP 10611500000082

Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

TUGAS AKHIR – SS 145561

PERAMALAN PENJUALAN ENERGI LISTRIK PADA SEGMEN RUMAH TANGGA R2 DAN R3 DI PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR

Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi
NRP 10611500000082

Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Program Studi Diploma III
DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT - SS 145561

ELECTRICAL SALES FORECASTING SALES ON HOUSEHOLD RENTALS R2 AND R3 IN PT PLN (PERSERO) DISTRIBUTION EAST JAVA

Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi
NRP 10611500000082

Supervisor
Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si

Programme Study of Diploma III
Department of Business Statistics
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERAMALAN PENJUALAN ENERGI LISTRIK PADA SEGMEN RUMAH TANGGA R2 DAN R3 DI PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

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

Oleh :
ACHMAD HARTARTO DWI PUTRA A
NRP. 10611500000082

Surabaya, 03 Juli 2018

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir

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

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

PERAMALAN PENJUALAN LISTRIK PADA SEGMEN RUMAH TANGGA R2 DAN R3 DI PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR

Nama : **Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi**
NRP : **10611500000082**
Departemen : **Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS**
Dosen Pembimbing : **Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si**

Abstrak

Listrik merupakan salah satu sumber energi yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai macam kegiatan di masyarakat. Kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks mengakibatkan kebutuhan listrik menjadi meningkat pula. Hal tersebut dikarenakan banyaknya peralatan yang dijalankan dengan listrik seperti kompor listrik, oven, AC, *rice cooker* dan kulkas sehingga kebutuhan listrik pada segmen rumah tangga meningkat setiap tahunnya. Penjualan listrik segmen rumah tangga ada tiga kategori R1, R2, dan R3 dimana kelompok R2 dan R3 adalah kelompok konsumsi listrik yang tinggi. Untuk mengantisipasi kebutuhan listrik pada tahun selanjutnya, PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur perlu melakukan peramalan penjualan listrik khususnya segmen rumah tangga R2 dan R3. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan peramalan dengan metode ARIMA *Box-Jenkins* yang menggunakan data penjualan listrik segmen rumah tangga R2 dan R3 di Jawa Timur bulan Januari 2012 hingga Desember 2017 yang bertujuan untuk mengetahui jumlah listrik yang harus di distribusikan kepada konsumen segmen R2 dan R3. Hasil analisis menjelaskan bahwa model terbaik untuk meramalkan penjualan listrik pada segmen rumah tangga R2 (daya 3.500 VA s/d 5.500 VA) dan R3 (daya lebih dari 6.600 VA) adalah ARIMA (4,1,0). Dimana nilai ramalan segmen R2 dan R3 paling tinggi pada bulan April dan paling rendah pada bulan Februari.

Kata Kunci: ARIMA Box-Jenkins, Listrik, Rumah Tangga(R2), Rumah Tangga(R3)

ELECTRICAL SALES FORECASTING IN HOUSEHOLD SEGMENTS R2 AND R3 IN PT PLN (PERSERO) DISTRIBUTION EAST JAVA

Name : **Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi**
NRP : **10611500000082**
Department : **Business Statistics Faculty Of Vocations ITS**
Supervisor : **Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama,M.Si**

Abstract

Electricity is one of energy that is widely used in various activities of life in the community. The increasingly activity of the community make the electricity need increases too. This is becaused the number of appliances run by electricity such as electric stoves, ovens, air conditioners, rice cookers and refrigerators in the household segment increases every year. There are three categories of electricity sales in the household segment, R1, R2, and R3. The R2 and R3 are the high power consumption group. To anticipate electricity demand in the future, PT PLN (Persero) of East Java distribution needs to forecast sales of electricity, especially household R2 and R3 segment. The aim of this study is to determine the amount of electricity that must be distributed to consumers R2 and R3 segment. Therefore, in this research, forecasting is done by using ARIMA Box-Jenkins method and based on data of electricity sales of household segment R2 and R3 in East Java form January 2012 until December 2017. The analysis results show that the best model for forecasting the electricity in household R2 (3,500 VA up to 5,500 VA power) and for R3 (more than 6,600 VA power) segment are ARIMA (4,1,0). Where the highest values forecast of R2 and R3 segmen were in April and the lowest in February.

Keywords**:** *ARIMA Box-Jenkins, Electricity, Household (R2), Household (R3)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas kehadirat rahmat dan hidayahNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Peramalan Penjualan Listrik pada Segmen Rumah Tangga R2 dan R3 di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur**". Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Kesempatan ini penulis manfaatkan untuk menyampaikan rasa terima kasih yang sebanyaknya kepada:

1. Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama,M.Si dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si., selaku dosen peguji dan Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan saran dan arahan demi kesempurnaan Tugas Akhir
3. Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT. selaku dosen penguji dan validator yang telah memberikan saran dan arahan demi kesempurnaan Tugas Akhir.
4. Ir. Sri Pingit Wulandari, MS. selaku Kepala program studi Diploma III Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis ITS yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis.
6. Machfud Suparta selaku Manajer SDM dan Organisasi Pengembangan SDM dan Alexander Z.A selaku Supervisor transaksi energi di Bidang Niaga PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.
7. Orangtua, kakak dan keluarga besar karena telah memberikan doa, nasihat, dan dukungan untuk kesuksesan menyelesaikan Tugas Akhir.

8. Teman-teman “HEROES” selaku Angkatan 2015 Departemen Statistika Bisnis yang memberikan dukungan dan pengalaman yang tidak terlupakan kepada penulis.

Seluruh pihak yang telah membantu dalam keberhasilan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Surabaya,03 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah (Permasalahan) 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Analisis *Time Series* 5
2.1.1 Stasioneritas Data 5
2.1.2 *Autocorrelasi Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation* (PACF) 6
2.2 ARIMA *Box-Jenkins* 7
2.2.1 Identifikasi Model 7
2.2.2 Estimasi dan Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA 10
2.2.3 Uji Asumsi Residual (*Diagnostic Checking*) 11
2.2.4 Pemilihan Model Terbaik 13
2.3 Energi Listrik 14
2.4 Kilo Watt Hour (Kwh) 14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 15
3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian 15
3.2 Metode Analisis 16
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Karakteristik Penjualan Listrik Segmen Rumah Tangga Golongan R2 dan R3 19

4.2 Pemodelan Penjualan Listrik Segmen R2 Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA 23
4.2.1 Identifikasi Model *Time Series* pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 23
4.2.2 Estimasi dan Pengujian Parameter pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 28
4.2.3 Uji Analisis Residual pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 30
4.2.4 Akurasi Model pada Data Penjualan Listrik Segmen Rumah Tangga R2 33
4.2.5 Peramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 34
4.3 Pemodelan Penjualan Listrik Segmen R3 Daya Lebih dari 6.600 VA 35
4.3.1 Identifikasi Model *Time Series* pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 36
4.3.2 Estimasi dan Pengujian Parameter pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 40
4.3.3 Uji Asumsi Residual pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 41
4.3.4 Akurasi Model pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 43
4.3.5 Peramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 44
BAB V KESIMPULAN dan SARAN 47
5.1 Kesimpulan..... 47
5.2 Saran..... 47
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Bentuk ACF dan PACF model ARIMA 8
Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian 15
Tabel 4.1 Karakteristik Penjualan Listrik Segmen R2 dan R3 22
Tabel 4.2 Model Pendugaan Penjualan Listrik Segmen R2 28
Tabel 4.3 Parameter pada Penjualan Listrik segmen R2 Daya 3.500VA s/d 5.500VA..... 28
Tabel 4.4 Asumsi *White Noise* pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 31
Tabel 4.5 Asumsi Distribusi Normal pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 32
Tabel 4.6 Akurasi pada Data Penjualan Listrik Segme R2..... 33
Tabel 4.7 Nilai Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 34
Tabel 4.8 Model Penduga Penjualan Listrik Segme R3..... 39
Tabel 4.9 Parameter pada Penjualan Listrik Segme R3 40
Tabel 4.10 Asumsi *White Noise* pada Penjualan Listrik Segme R3 42
Tabel 4.11 Asumsi Distribusi Normal pada Penjualan Listrik Segmen R3..... 43
Tabel 4.12 Akurasi Model pada Penjualan Listrik Segme R3 43
Tabel 4.13 Nilai Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segme R3 44

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 4.1 *Time Series Plot* penjualan Listrik Segmen R2 19
Gambar 4.2 *Box Plot* penjualan Listrik Segmen R2 20
Gambar 4.3 Time Series Plot penjualan Listrik Segmen R3..... 21
Gambar 4.4 *Box plot* penjualan Listrik Segmen R3..... 22
Gambar 4.5 *Time Series Plot* pada Data penjualan Listrik Segmen R2..... 24
Gambar 4.6 Plot nilai λ pada Diagram *Box-Cox* Data Penjualan Listrik Segmen R2 25
Gambar 4.7 *Time Series Plot* setelah *Differencing* lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R2..... 26
Gambar 4.8 Plot ACF *Differencing* Lag 1 Penjualan Listrik pada Segmen R2 27
Gambar 4.9 Plot PACF *Differencing* Lag 1 Penjualan Listrik pada Segmen R2 27
Gambar 4.10 Plot penjualan listrik pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 32
Gambar 4.11 Plot Aktual dan Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2 35
Gambar 4.12 *Time Series Plot* pada Data penjualan Listrik Segmen R3..... 36
Gambar 4.13 Plot nilai λ pada Diagram *Box-Cox* Data Penjualan Listrik Segmen R3 37
Gambar 4.14 *Time Series Plot* setelah *Differencing* lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R3..... 38
Gambar 4.15 Plot ACF (A) dan PACF (B) Differencing Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segme R3..... 39
Gambar 4.16 Plot Distribusi Nomal pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 42
Gambar 4.17 Plot Aktual dan Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R3 45

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Surat Permohonan Memperoleh Data..... 51
Lampiran 2. Surat Keaslian Data..... 52
Lampiran 3. Data Penjualan Listrik Segmen R2 dan R3..... 53
Lampiran 4. Karakteristik Data Penjualan Segmen R2 dan R3..... 56
Lampiran 5. Plot ACF *Differencing* Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R2..... 56
Lampiran 6. Plot PACF *Differencing* Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R2..... 58
Lampiran 7. *Output* Minitab Model I ARIMA (3,1,3) R2..... 60
Lampiran 8. *Output* Minitab Model 2 ARIMA (4,1,0) R2 61
Lampiran 9. *Output* Minitab Model 3 ARIMA (4,1,3) R2 62
Lampiran 10. *Output* Minitab Model 4 ARIMA (0,1,5) R2 63
Lampiran 11. Plot ACF *Differencing* Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R3..... 64
Lampiran 12. Plot PACF *Differencing* Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R3..... 65
Lampiran 13. *Output* Minitab Model 1 ARIMA (0,1,3) R3 67
Lampiran 14. *Output* Minitab Model 2 ARIMA (4,1,0) R3 68
Lampiran 15. *Output* Minitab Model 3 ARIMA (3,1,5) R3 69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting dalam masyarakat di era modern ini. Seiring dengan kemajuan teknologi mengalami peningkatan penjualan energi listrik, salah satunya dari segmen rumah tangga, sehingga efisiensi energi listrik menjadi hal yang sangat penting. Karena penjualan listrik pada segmen rumah tangga di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, maka dari itu PT PLN (Persero) berupaya meningkatkan pasokan listrik kepada masyarakat. Sehingga pada tahun 2018 salah satu program PT PLN (Persero) untuk masyarakat yang belum mendapatkan aliran listrik adalah dengan program pemerataan listrik / *elektrifikasi* agar semua masyarakat di Indonesia dapat menggunakan listrik untuk kebutuhan sehari-hari. Program tersebut harus diiringi dengan peningkatan jumlah listrik yang diproduksi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

PT PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang penyediaan tenaga listrik. Untuk penyediaan energi listrik di dalam PLN terbagi menjadi 6 kelompok pelanggan yaitu, rumah tangga, bisnis, sosial, gedung kantor pemerintahan, dan penerangan jalan umum. Khusus untuk kelompok pelanggan rumah tangga terdapat tiga golongan tarif, yaitu dengan daya 450 VA, 900 VA, 1.300 VA dan 2.200 VA golongan (R1), daya 3.500 VA s/d 5.500 VA golongan (R2) dan daya lebih dari 6.600 VA golongan (R3). Pada tahun 2016 jumlah pelanggan PT PLN (Persero) seluruh Indonesia 64.282.493 pelanggan meningkat 5,09% dari akhir tahun 2015. Jumlah energi listrik terjual pada tahun 2016 sebesar 216.004,32 GWh meningkat 6,49% dibandingkan tahun sebelumnya. Kelompok pelanggan rumah tangga mengkonsumsi 93.634,63 GWh meningkat (43,35%) merupakan kelompok yang mengkonsumsi

energi listrik terbesar dibandingkan dengan kelompok pelanggan yang lain. PT PLN Disjatim yang mempunyai wewenang untuk pengelolaan distribusi energi listrik di Jawa Timur pada akhir tahun 2017 dengan energi terjual pada golongan R2 dan R3 sebesar 3.938.161.832 KWh.

Pertumbuhan penjualan listrik pada sektor rumah tangga golongan R2 dan R3 di Jawa Timur periode 2015-2017 rata rata sebesar 7 % terbilang cukup tinggi dibandingkan jumalah pertumbuhan penjualan nasional periode 2011-2016 sama sebesar 6,90 %, hal itu disebabkan karena menggeliatnya perekonomian masyarakat Jawa Timur khususnya segmen rumah tangga pada golongan daya 3.500 VA s/d 5.500 VA (R2) dan daya lebih dari 6.600 VA (R3). Dimana pada era *internet of things* banyak masyarakat yang memanfaatkan rumahnya sebagai *home industry*, dimana pada *home industry* membutuhkan energi listrik yang besar seperti kompor listrik, oven, AC, *rice cooker*, kulkas dan mesin cuci. Pada tahun 2014, terjadi penipisan jumlah cadangan listrik dikarenakan jumlah penjualan listrik semakin meningkat sebesar 9,41 %. Salah satu upaya yang harus diketahui PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur agar tidak terjadi penipisan listrik adalah dengan mengetahui jumlah penjualan listrik pada periode yang akan datang, untuk mengatasi permasalahan yang terjadi diperlukan suatu cara yaitu memprediksi permintaan tenaga listrik yang dibutuhkan konsumen pada periode yang akan datang.

Perencanaan atau peramalan kebutuhan listrik telah banyak dilakukan melalui penelitian antara lain dilakukan oleh Dwijantari (2017) dengan hasil yang didapatkan pada daya 450 VA dengan model terbaik ARIMA $([1,2],1,0)(0,1,0)^{1}$ untuk daya 900 VA dan 1300 VA didapatkan model terbaik ARIMA $(0,1,1)(0,1,0)^{12}$dan daya 2.200 VA didapatkan model terbaik ARIMA $(1,0,0)(0,1,0)^{12}$. Saputri (2016) dengan hasil yang didapatkan model terbaik dari penjualan tenaga listrik pada sektor industri di Jawa Timur adalah ARIMA (1,1,10) dengan penjualan tenaga lisrik pada tahun 2016 mengalami kenaikan sebesar 1,96% dari

tahun 2015. Zulfa (2015) dengan hasil nilai kebaikan model yang lebih akurat dibandingkan dengan metode ANFIS. Berdasarkan penjelasan diatas, pada penelitian ini dilakukan peramalan penjualan tenaga listrik pada segmen rumah tangga daya 3.500 VA s/d 5.500 VA golongan (R2) dan daya lebih dari 6.600 VA golongan (R3) di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

1.2 Perumusan Masalah (Permasalahan)

PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyelengaraan tenaga listrik. Permasalahan yang dialami PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur adalah jumlah penjualan listrik pada segmen rumah tangga golongan R2 dan R3 yang semakin meningkat dari tahun ke tahun dimana penjualan listrik pada tahun 2013 sebesar 4.326.061 KWh, pada tahun 2014 sebesar 974.814.018 KWh, pada tahun 2015 sebesar 954.374.370 KWh, pada tahun 2016 sebesar 1.013.345.159 KWh dan pada tahun 2017 penjualan energi listrik sebesar 1.018.302.224 KWh. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk meramalkan permintaan energi listrik pada periode selanjutnya agar tidak terjadi penipisan jumlah cadangan energi listrik yang ada, seperti yang pernah dialami oleh PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur pada tahun 2014, hal tersebut karena di zaman yang serba modern serta didukung dengan peningkatan pendapatan masyarakata Jawa Timur. Sehingga banyak masyarakat yang mebeli kebutuhan alat rumah tangga yang serba membutuhkan energi listrik yang cukup besar seperti kompor listrik, AC, *rice cooker*, dan mesin cuci.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mendapatkan model terbaik dan hasil peramalan dari penjualan listrik pada segmen rumah tangga golongan R2 dan R3 di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh yaitu memberikan informasi tentang kebutuhan konsumen diperiode selanjutnya sehingga dapat mengoptimalkan penyaluran pemakaian listrik sesuai kebutuhan konsumen khususnya di segmen rumah tangga di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

1.5 Batasan Masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada pelangan segmen rumah tangga daya 3.500 s/d 5.500 (R2) dan daya lebih dari 6.600 VA (R3) pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2017 di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis *Time Series*

Analisis *time series* merupakan salah satu dari bagian metode dengan melakukan pendugaan masa depan berdasarkan nilai masa lalu. Tujuan dari metode peramalan *time series* adalah menemukan pola dalam suatu data yang urut waktu dan menggunakan pola tersebut untuk meramalkan masa depan (Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1999). Analisis ini menggunakan pemodelan ARIMA dengan memperhatikan stasioneritas data, plot ACF, dan PACF. Sebelum mendapatkan model, maka perlu dilakukan pemeriksaan stasioneritas terlebih dahulu. Pemeriksaan stasioneritas dilakukan agar model dapat digunakan untuk meramalkan data dengan hasil yang valid.

2.1.1 Stasioneritas Data

Stasioneritas data adalah asumsi dalam analisis *time series* yang harus terpenuhi. Pemeriksaan stasioneritas data dapat dilakukan dengan menggunakan plot *time series* antara nilai Z_t dengan waktu ke *t*. Stasioneritas dapat dibagi menjadi dua, yaitu stasioneritas terhadap varians dan stasioneritas terhadap *mean* (Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1999).

Pemeriksaan stasioneritas terhadap varians dapat dilihat melalui plot *Box Cox* dan ke tidak stasioneran varians dapat diatasi dengan menggunakan transformasi *Box-Cox* (Wei, 2006).

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^{\lambda} - 1}{\lambda} \tag{2.1}$$

Data dikatakan stasioner terhadap *mean* adalah data fluktuasi disekitar nilai *mean* yang konstan. Pemeriksaan stasioneritas terhadap *mean* dilakukan dengan menggunakan *time series* plot dan *autocorrelation functicn*. Apabila data tidak

stasioner terhadap *mean*, maka perlu dilakukan *differencing* terhadap data (Cryer & Chan, 2008):

$$Y_t = Z_t - Z_{t-1} \tag{2.2}$$

2.1.2 *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Funtion (PACF)*

Autocorrelation Function adalah hubungan linier antara Z_t dengan Z_{t+k} pada suatu data *time series*. Apabila nilai ACF diplotkan, maka plot tersebut dapat digunakan untuk memeriksa stasioneritas terhadap *mean*, nilai estimasi dari *autocorrelation* adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(Z_t - \overline{Z})(Z_{t+k} - \overline{Z})}{\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \overline{Z})^2}; k = 0,1,2,...n \tag{2.3}$$

dimana, $\overline{Z} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} Z_t$

Keterangan:

Z_t : pengamatan pada waktu ke-*t*

Z_{t+k} : pengamatan pada waktu ke-t+k

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

$\hat{\rho}_k$: taksiran autokorelasi data lag ke-*k*

Partial Autocorrelation Function (PACF) merupakan suatu fungsi untuk mengukur keeratan hubungan antara variable Z_t dengan Z_{t+k} setelah dipengaruhi oleh variable Z_{t+1},Z_{t+2} ,…, Z_{t+k-1} terhadap Z_{t+k} dihilangkan. Fungsi autokorelasi parsial dari data dinyatakan persamaan berikut (Wei, 2006):

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j-1}^{k} \phi_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k} \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{j}} \tag{2.4}$$

Keterangan:

$\hat{\phi}_{k+1,j}$: $\hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1}\hat{\phi}_{k,k+1-j}$ untuk $j = 1,2,...,k$

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

$\hat{\rho}_{j}$: fungsi autokorelasi dari sampel lag ke-*j*

2.2 ARIMA *Box-Jenkins*

ARIMA *Box-Jenkins* adalah salah satu metode atau model untuk meramalkan suatu data yang berbasis *time series*. Berikut adalah prosedur peramalan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins*. Dimulai dari identifikasi model, estimasi parameter, *diagnostic checking* dan peramalan.

2.2.1 Identifikasi Model

Identifikasi model adalah suatu tahapan yang harus dilakukan sebelum mendapatkan model guna meramalkan atau memprediksikan suatu data. Tahap identifikasi model terbagi menjadi dua, yakni memeriksa pola data dan menentukan model. Sementara pemeriksaan pola data dapat dilakukan dengan menggunakan *time series plot* dan plot ACF untuk melihat kesetasioneran data. Sedangkan untuk penentuan model dapat dilakukan dengan melihat plot ACF dan plot PACF. Ketentuan dalam mendapatkan model tertera pada Tabel 2.1(Wei, 2006).

Tabel 2.1 Bentuk ACF dan PACF model ARIMA

Model	ACF	PACF
AR(p)	*Dies down*	*Cuts off after lag p*
MA(q)	*Cuts off after lag q*	*Dies down*
ARMA(p,q)	*Dies down*	*Dies down*

Keterangan:
Dies down : Menurun secara cepat secara eksponensial
Cuts off after lag : Terpotong setelah lag k

Model pada metode ARIMA *Box-Jenkins* dapat dispesifikasikan menjadi model AR, MA, ARMA dan ARIMA.

a. Model *Autoregressive* (AR)

Model *Autoregressive* (AR) adalah salah satu model dalam ARIMA *Box-Jenkins* dimana observasi $\dot{Z}_t$ dipengaruhi oleh periode sebelumnya, model *Autoregressive* (AR) orde *p* atau *AR* (*p*) dinyatakan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\begin{aligned}
&\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \phi_2 \dot{Z}_{t-2} + \ldots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t \\
&\dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \ldots - \phi_p Z_{t-p} = a_t \\
&\dot{Z} - \phi_1 B \dot{Z}_t - \phi_2 B^2 \dot{Z}_t - \ldots - \phi_p B^P \dot{Z}_t = a_t \\
&(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_P B^P)\dot{Z}_t = a_t \\
&\phi_p(B)\dot{Z}_t = a_t
\end{aligned} \tag{2.5}$$

Dimana

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \ldots - \phi_p B^p) \text{ dan } \dot{Z}_t = Z_t - \mu$$

$$B^2 \dot{Z}_t = \dot{Z}_{t-2} \tag{2.6}$$

$\dot{Z}_t$:selisish antara data Z_t dengan μ

a_t : residual pada waktu ke-t

ϕ_p : koefisien *autoregressive* pada lag p

b. Model *Moving Average* (MA)

Model *Moving Average* (MA) merupakan salah satu model MA dengan orde *q* atau MA (*q*), dinyatakan dengan persamaan observasi Z_t merupakan kombinasi limit dari kesalahan masa lalu (Wei, 2006):

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \ldots - \theta_q B^q a_t$$

$$(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q)\dot{Z}_t = a_t$$

$$\dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \qquad (2.7)$$

Dimana,

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \ldots - \theta_q B^q) \qquad (2.8)$$

Keterangan :

θ_q : parameter *moving average* ke-*q*

c. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Model ARMA adalah model gabungan antara model AR orde *p* dan MA orde *q* atau ARMA (*p,q*). Persamaan model ARMA dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{Z}_t = \phi_t \dot{Z}_{t-1} + \ldots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - .. - \phi_P B^p)\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 B a_{t-1} - \theta_2 B^2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q B^q a_{t-q}$$

$$\phi_p(B)\,\dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \qquad (2.9)$$

d. Model *Autoregressive Moving Average* (ARIMA)

Model ARIMA merupakan model *time series* yang tidak stasioner terhadap *mean* dan memerlukan proses *differencing* sebannyak *d* agar stasioner. Bentuk umum

model ARIMA pada orde *p,d,q* dinyatakan ARIMA (*p,d,q*) adalah sebagai berikut (Wei, 2006):

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \qquad (2.10)$$

2.2.2 Estimasi dan Uji Signifikasi Parameter Model ARIMA

Estimasi parameter pada model ARIMA yang paling umum digunakan adalah metode *Conditional Least Square* (CLS). Metode ini dilakukan dengan mencari nilai parameter dengan meminimumkan jumlah kudrat *error*. Misalkan model AR (1) dinyatakan sebagai berikut (Cryer & Chan, 2008):

$$Z_t - \mu = \phi(Z_{t-1} - \mu) + a_t \qquad (2.11)$$

Nilai *sum square error* adalah sebagai berikut :

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

Untuk mendapatkan parameter μ diperoleh dengan menurunkan $S(\phi,\mu)$ terhadap μ dan disamadengankan nol. Hasil taksiran parameter μ dapat disajikan sebagai berikut :

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{t=2}^{n} Z_t - \phi\sum_{t=2}^{n} Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \qquad (2.13)$$

Setelah mendapatkan taksiran parameter μ, maka taksiran ϕ adalh menurunkan $S(\phi,\mu)$ terhadap ϕ dan disamadengankan nol. Proses penurunan tersebut berguna untuk mendapatkan estimasi parameter ϕ dengan hasil penurunan yang dapat disajikan sebagai berikut :

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

Misalkan β adalah suatu parameter pada model ARIMA (mencakup ϕ dan θ) dan $\hat{\beta}$ adalah taksiran dari β maka pengujian signifikansi parameter dapat dinyatakan sebagai berikut:

Hipotesis

H_0 : $\beta = 0$ (Parameter tidak signifikan)

H_1 : $\beta \neq 0$ (Parameter signifikan)

Statistik uji :

$$t = \frac{\hat{\beta} - \hat{\beta}_0}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 (\sum_{t=2}^{n} Z_{t-1}^2)^{-1}}} \tag{2.15}$$

Dimana : $\hat{\sigma}^2 = \dfrac{\sum_{t=2}^{n} (Z_t - \phi Z_{t-1})^2}{(n-1)}$

Daerah penolakan H_o adalah $|t| > t_{\frac{a}{2};n-p}$

Keterangan:

n : banyaknya observasi

Z_t : nilai aktual pada waktu ke-*t*

p : Banyaknya parameter yang ditaksir

2.2.3 Uji Asumsi Residual (*Diagnostic Checking*)

Dua asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam pengujian kesesuaian model yaitu residual model *white noise* dan berdistribusi normal. Berikut adalah penjelasan masing-masing asumsi.

a. **Asumsi *White Noise***

Residual bersifat *white noise* jika terdapat korelasi antar residual dengan *mean* adalah nol dan varians konstan. Plot residual dapat digunakan untuk melihat apakah varians residual konstan, sedangkan untuk melihat residual bersifat *white noise*

dapat dilakukan dengan melihat plot sample ACF residualnya. Proses pengujian *white noise* dapat diketauhi sebagai berikut (Wei, 2006):

Hipotesis :

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = ... = \rho_k = 0$ (asumsi *white noise* telah terpenuhi)

H_1 : minimal ada satu $\rho_k \neq 0$ dengan k=1,2,…,K (asumsi *white noise* tidak terpenuhi)

Statistik uji :

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{K}(n-k)^{-1}\hat{\rho}_k^2 \qquad (2.16)$$

Untuk mendapatkan $\hat{\rho}_k$ dapat dilihat dipersamaan (2.3)

Daerah penolakan tolak H_o jika $Q > \chi^2_{a,df}$ atau P-*value*< α

dimana ,

$\hat{\rho}_k$: Taksiran autokorelasi residual pada lag ke-*k*

n : jumlah observasi dari data *time series*

k : nilai lag maksimum

b. Asumsi Distribusi Normal

Asumsi yang harus dipenuhi adalah residual berdistribusi normal. Pengujian distribusi normal salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Pengujian *Kolmogorov Smirnov* memusatkan pada dua fungsi distribusi kumulatif yaitu distribusi kumulatif yang dihipotesiskan dan fungsi distribusi kumulatif yang teramati (Daniel, 1989:344).

Hipotesis:

H_o: $S(a_t) = F_0(a_t)$ Residual distribusi normal

H_1: $S(a_t) \neq F_0(a_t)$ Residual tidak distribusi normal

Statistik uji :

$$D_{hit} = \underset{a_t}{Sup} | S(a_t) - F_o(a_t) | \qquad (2.17)$$

dengan :

$S(a_t)$:Peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel

$F_0(a_t)$: peluang distribusi normal ke-a_t

$\underset{a_t}{Sup}$: nilai maksimum untuk semua a_t dari $|S(a_t) - F_0(a_t)|$

Tolak H_o jika nilai D lebih besar dari $D_{1-\alpha,n}$, dimana n sebagai derajat bebasnya.

2.2.4 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik untuk meramalkan nilai dimasa yang akan datang dilakukan dengan membandingkan nilai kesalahan peramalan dari masing-masing model dugaan. Pemilihan model terbaik melalui pendekatan *out sample* menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) RMSE merupakan kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada hasil sisa ramalannya digunakan untuk data *out sample* dengan rumus sebagai berikut (Gooijer dan Hyndman, 2006):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Z_t - \hat{Z}_t)^2} \qquad (2.18)$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|Z_t - \hat{Z}\right|}{Z_t} x100 \qquad (2.19)$$

Keterangan :

Z_t : nilai aktual pada waktu ke-t

$\hat{Z}_t$: nilai ramalan pada waktu ke-t

2.3 Energi Listrik

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik. Arus listrik mempunyai satuan ampere yang dilambangkan dengan A dan tegangan listrik dengan satuan volt yang dilambangkan dengan V dengan ketentuan kebutuhan penjualan daya listrik Watt yang dilambangkan dengan W. Listrik bisa dikonversikan menjadi energi lain untuk menunjang aktivitas manusia seperti menggerakkan motor, lampu penerangan, dan juga untuk memanaskan suatu benda. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber seperti air, minyak, batu bara, panas bumi dan panas matahari. Semua energi ini besarnya mulai dari satuan Joule hingga jutaan Joule.

2.4 Kilo Watt Hour (KWh)

Kilowatt hour meter disingkat KWh. Satu energi listrik terpakai adalah kilowatt jam (Prasodjo & Naryoko, 2007) dimana rumus untuk menghiung KWh sebagai berikut :

$$\text{Kilo Watt Hour (KWH)} = \frac{Daya\ (watt)\ x\ nyala\ (jam)}{1000}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari bidang niaga PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur jalan Embong Trengguli No.19-20 Surabaya Jawa Timur. Data yang digunakan pada penelitian ini diambil pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2017 terdapat pada **Lampiran 1 & 2.** Data berupa data penjualan listrik (KWh) untuk golongan R2 & R3, yang mana golongan R2 daya 3.500 VA s/d 5.500 VA dan golongan R3 daya lebih dari 6.600 VA golongan R3 data dapat dilihat di Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

Tahun	Bulan	Golongan Listrik	
		R2	R3
	Januari	Z_1	Z_1
	Februari	Z_2	Z_2
2012	…	…	…
	November	Z_{11}	Z_{11}
	Desember	Z_{12}	Z_{12}
	Januari	Z_{13}	Z_{13}
	Februari	Z_{14}	Z_{14}
2013	…	…	…
	November	Z_{23}	Z_{23}
	Desember	Z_{24}	Z_{24}
…	…	…	…
	Januari	Z_{61}	Z_{61}
	Februari	Z_{62}	Z_{62}
2017	…	…	…
	November	Z_{71}	Z_{71}
	Desember	Z_{72}	Z_{72}

Golongan R2 adalah rumah tangga dengan daya listrik 3.500 VA s/d 5.500 VA sedangkan R3 adalah rumah tangga dengan daya listrik lebih dari 6.600 VA

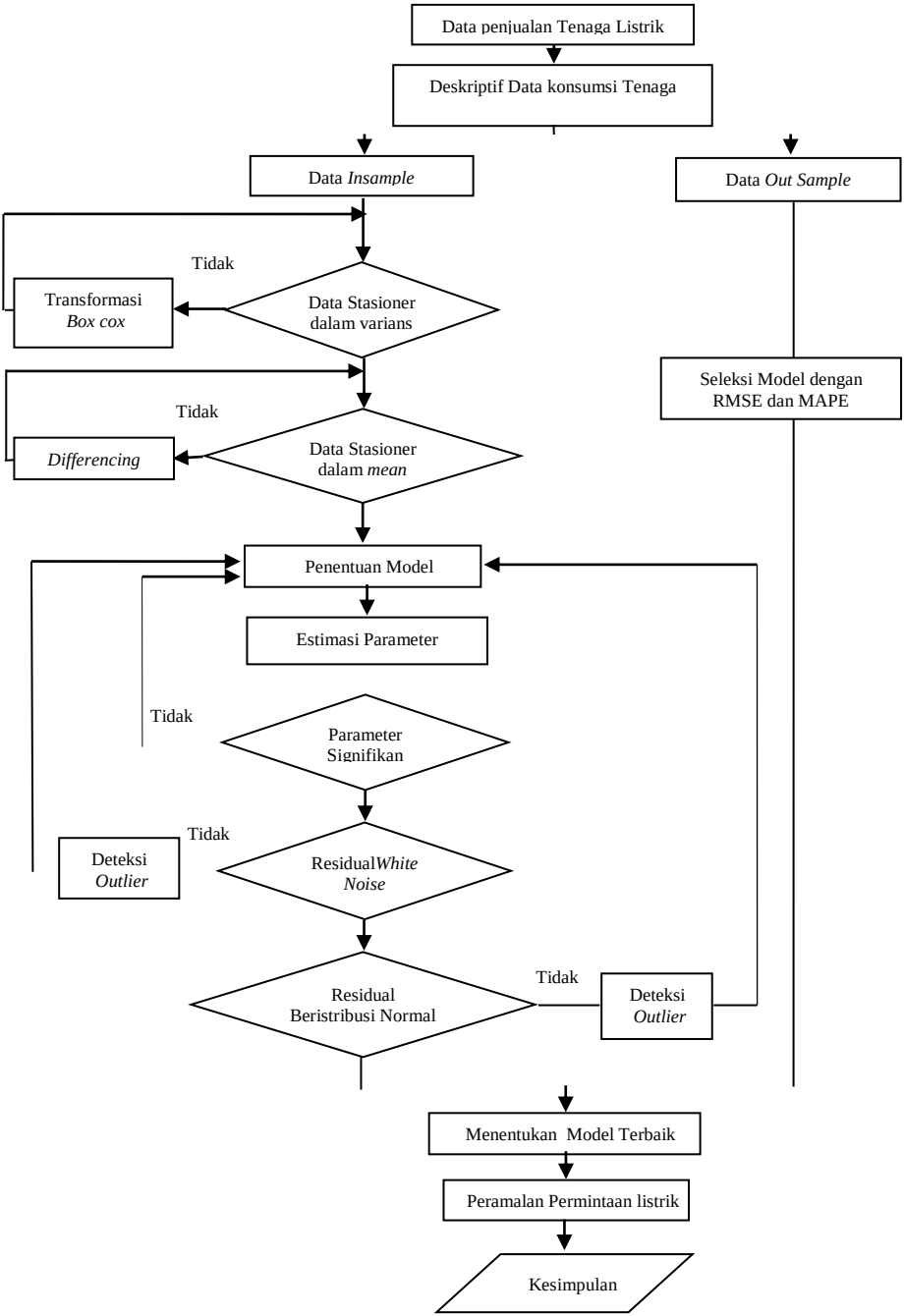
3.2 Metode Analisis

Langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan data penjualan tenaga listrik pada segmen rumah tangga golongan (R2) dan (R3) dengan menggunakan beberapa ukuran statistika deskriptif.
2. Data penjualan listrik dibagi menjadi dua bagian, yakni data *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk menentukan pemodelan, sedangkan data *ou tsample* digunakan untuk pemilihan model. Data *insample* menggunakan data pada bulan Januari 2012 sampai dengan Desember 2016, sedangkan data *out sample* menggunakan data pada bulan Januari 2017 hingga Desember 2017.
3. Mengidentifikasi pola data dengan *time series plot* menggunakan data *in sample*.
4. Mengidentifikasi stasioneritas data *insample* terhadap varians menggunakan plot *Box-Cox*. Apabila data tidak stasioner dalam varians maka dilakukan transformasi *Box-Cox*.
5. Mengidentifikasi stasioneritas data *in sample* terhadap *mean* menggunakan plot ACF. Apabila data tidak stasioner terhadap *mean* maka harus dilakukan *differencing*.
6. Menentukan model menggunakan plot ACF dan PACF pada data *in sample*.
7. Melakukan estimasi parameter dan pengujian signifikansi parameter. Jika parameter telah signifikan maka dilanjutkan pengujian asumsi residual. Akan tetapi bila parameter tidak signifikan, maka model tidak dapat digunakan untuk pengujian asumsi residual kembali dilanjutkan kelangka 6 sebagai alternative model.

8. Melakukan pengujian asumsi residual *white noise* dan distribusi normal. Jika residual memenuhi asumsi *whitenoise* maka langkah selanjutnya melakukan pengujian asumsi distribusi normal. Apabila residual memenuhi asumsi distribusi normal maka model dapat digunakan untuk analisis pemilihan model terbaik. Akan tetapi bila model tidak memenuhi asumsi residual, maka model tidak dapat digunakan untuk analisis pemilihan model terbaik, maka dari itu dilakukan deteksi *outlier*.
9. Memilih model terbaik dengan menggunakan dua kriteria kebaikan model. sedangkan nilai RMSE dan MAPE dihitung dengan menggunakan data *out sample*.
10. Memilih model terbaik dengan melihat nilai MAPE dan RMSE terkecil. Apabila model yang didapatkan lebih dari satu, maka model dipilih berdasarkan nilai RMSE terkecil.
11. Melakukan peramalan pada penjualan listrik segmen rumah tangga R2 dan R3 di Jawa Timur dengan menggunakan model terbaik yang telah dipilih melalui kriteria kebaikan model

Berdasarkan metode analisis diatas dapat dilihat diagram alir oleh analisis diatas dapat dilihat pada Gambar 3.1

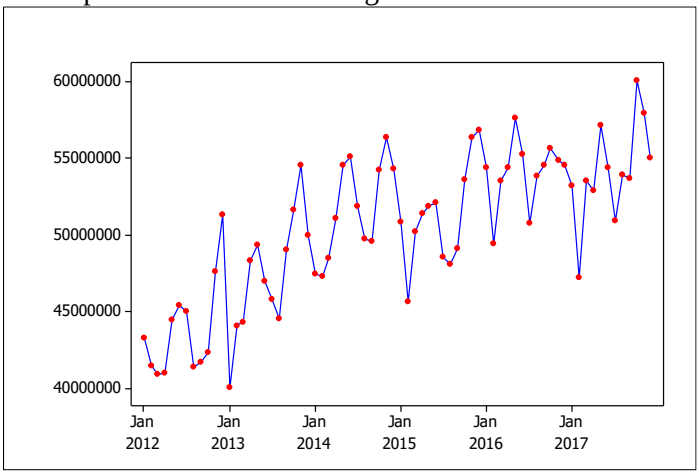

Data penjualan Tenaga Listrik
Deskriptif Data konsumsi Tenaga
Data *Insample*
Data *Out Sample*
Tidak
Transformasi *Box cox*
Data Stasioner dalam varians
Seleksi Model dengan RMSE dan MAPE
Tidak
Differencing
Data Stasioner dalam *mean*
Penentuan Model
Estimasi Parameter
Tidak
Parameter Signifikan
Tidak
Deteksi *Outlier*
Residual*White Noise*
Tidak
Residual Beristribusi Normal
Deteksi *Outlier*
Menentukan Model Terbaik
Peramalan Permintaan listrik
Kesimpulan

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil analisis peramalan penjualan listrik pada segmen rumah tangga di Jawa Timur golongan R2 dengan daya 3.500 VA s/d 5.500 VA (R2) dan golongan R3 dengan daya lebih dari 6.600 VA (R3), menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins*. Pembahasan yang pertama dimulai dengan statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik penjualan listrik segmen R2 dan R3 di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

4.1 Karakteristik Penjualan Listrik segmen Rumah Tangga Golongan R2 dan R3

Karakteristik tingkat penjualan energi listrik segmen R2 pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2017 pada **Lampiran 3**, maka diperoleh *time series* sebagai berikut:

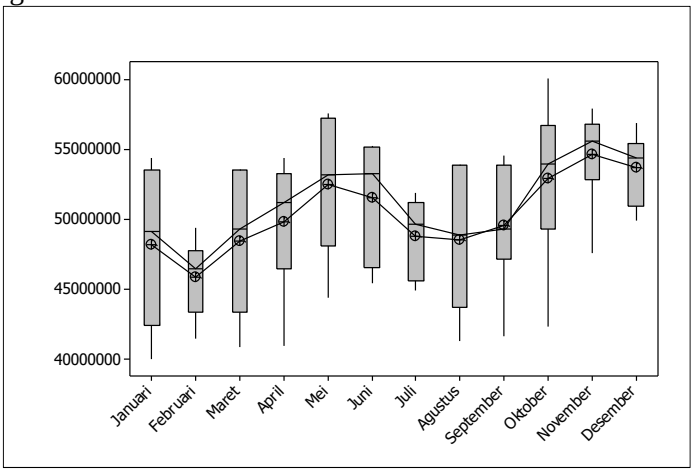


Gambar 4.1 *Time Series Plot* Penjualan listrik Segmen R2

Pada Gambar 4.1 menunjukkan *time series plot* penjualan listrik segmen R2 periode 2012 sampai 2017. Berdasarkan *time series plot* dapat diketahui bahwa penjualan energi listrik paling tinggi pada bulan Oktober 2017 dengan total penjualan

60.047.525 KWh. Sedangkan penurunan penjualan energi listrik paling besar terjadi bulan Desember 2012 sebesar 51.333.972 ke bulan Januari 2013 sebesar 40.037.453 KWh, dimana penjualan listrik pada segmen R2 dengan daya 3.500 VA s/d 5.500 VA di Jawa Timur cenderung fluktuatif setiap bulan.

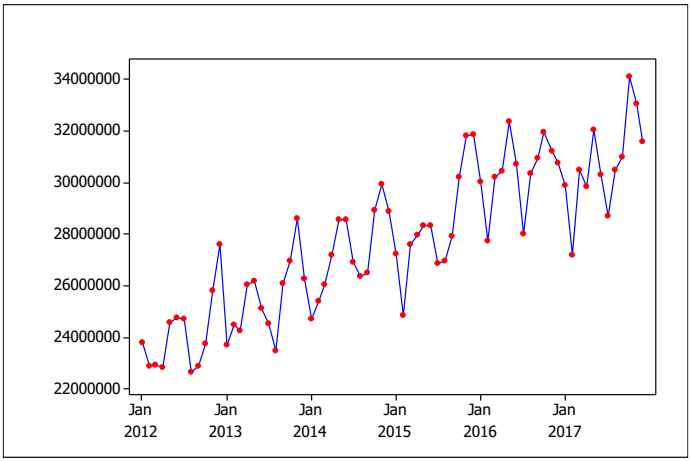
Untuk mengetahui penjualan listrik berdasarkan bulan pada penjualan listrik segmen rumah tangga R2 pada bulan januari 2012 sampai Desember 2017 pada **Lampiran 3**, mengunakan diagram *boxplot* yang disajikan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 *Box Plot* Penjualan listrrik Segmen R2

Pada Gambar 4.2 menunjukkan pejualan listrik bahwa segmen R2 bedasarkan bulan, simbol plus didalam bulat menjelaskan rata-rata penjualan energi listrik perbulan sedangkan tanda minus menjelaskan median atau nilai tengah dari data penjualan listrik per bulan. Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa sebaran data perbulan yang paling besar terjadi bulan Januari dan sebaran data paling kecil terjadi pada bulan Februari hal tersebut terjadi karena penjualan energi listrik dimana penyebabnya pada jumlah hari pada bulan Februari yang sedikit dibandingkan pada bulan lainnya.

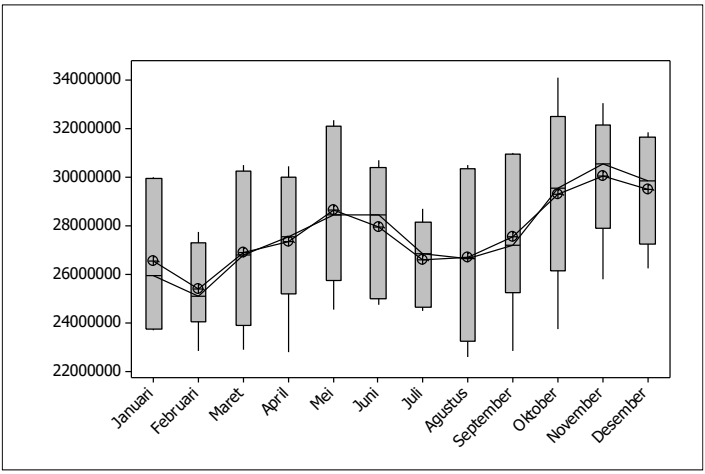
Untuk mengetahui tingkat penjualan energi listrik segmen R3 pada bulan Januari 2012 hingga Desember 2017 pada **Lampiran 3** maka diperoleh *time series* pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 *Time Series Plot* Penjualan Listrik R3

Pada Gambar 4.3 menunjukkan *time series plot* penjualan listrik segmen R3 dengan daya lebih dari 6.600 VA periode 2012 sampai 2017. Berdasarkan *timfe series plot* tersebut, dapat diketahui bahwa penjualan energi listrik paling tinggi pada bulan Oktober 2017 dengan total penjualan 34.102.165 KWh. Sedangkan penurunan penjualan energi listrik paling besar pada bulan November 2014 hingga Februari 2015 dari 29.923.408 KWh ke 24857183 KWh. Pola *time series* plot tersebut mengidentifikasi penjualan listrik pada segmen R3 dengan daya lebih dari 6.600 VA di Jawa Timur cenderung fluktuatif.

Untuk sebaran data penjualan listrik per bulan melalui *box plot* pada penjualan listrik segmen R3 dengan menggunakan **Lampiran 3**, dapat di sajikan pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4.4 *Box Plot* Penjualan Listrrik Segmen R3

Pada Gambar 4.4 terdapat simbol plus didalam bulat menjelaskan nilai rata-rata sedangkan simbol minus pada Gambar 4.4 menjelaskan nilai tengah dari penjualan listrik seiap bulan. Dimana diketahui bahwa rata-rata tertingi terjadi pada bulan November sebesar 30.068.973 KWh, dimana data penjualan listrik segmen R3 yang berada di bawah rata-rata pada bulan Januari, Februari, Mei dan September.

Untuk mengetahui karakteristik penjualan energi listrik segmen R2 dan R3 pada bulan januari 2012 sampai Desember 2017 pada **Lampiran 3 & 4.** Dapat disajikan melalui Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Karakterstik Penjualan Listrik Segmen R2 dan R3

Golongan	Rata-Rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
(R2)	50.375.667	4.843.429	40.037.453	60.047.525
(R3)	27.716.990	2.911.114	22.626.607	34.102.165

Tabel 4.1 menunjukkan karakteristik data penjualan listrik segmen R2 dan R3 pada segmen R2 periode Januari 2012 sampai Desember 2017 Rata-rata penjualan tenaga listrik setiap bulanya sebesar 50.375.667 KWh. Dimana nilai maksimum penjualan tenaga listrik sebesar 60.047.525 KWh, yaitu pada bulan Oktober tahun 2017. Sedangkan penjualan tenaga listrik minimum di Jawa Timur sebesar 40.037.453 KWh yaitu terjadi pada bulan Januari tahun 2013.

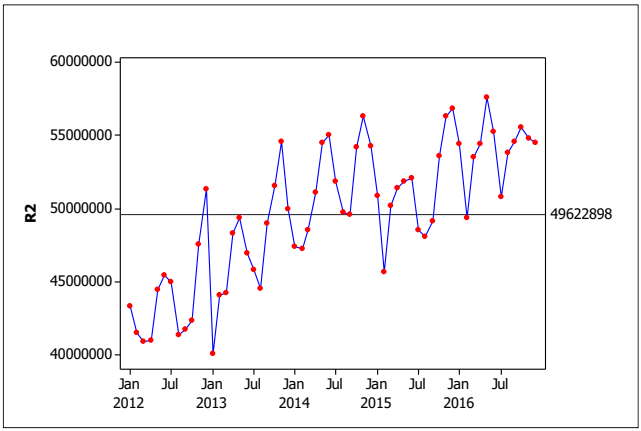
Rata-rata penjualan tenaga listrik pada segmen R3 setiap bulanya sebesar 27.716.990 KWh. Pada periode Januari 2012 sampai Desember 2017, penjualan tenaga listrik maksimum sebesar 34.102.165 KWh, yaitu pada bulan Oktober tahun 2017. Sedangkan penjualan tenaga listrik minimum di Jawa Timur sebesar 22.626.607 KWh, yaitu terjadi pada bulan Agustus tahun 2012.

4.2 Pemodelan Penjualan listrik Segmen R2 Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA

Pada pemodelan penjualan lisrik segmen R2 data penjualan dibagi menjadi 2 yaitu sebagai data *in sample* sebanyak 60 data mulai Januari 2012 sampai Desember 2016 dan data *out sample* sebanyak 12 data mulai Januari 2017 sampai Desember 2017. Data *in sample* digunakan untuk memodelkan penjualan listrik, sedangkan data *out sample* digunakan untuk validasi model peramalan.

4.2.1 Identifikasi Model *Time Series* pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

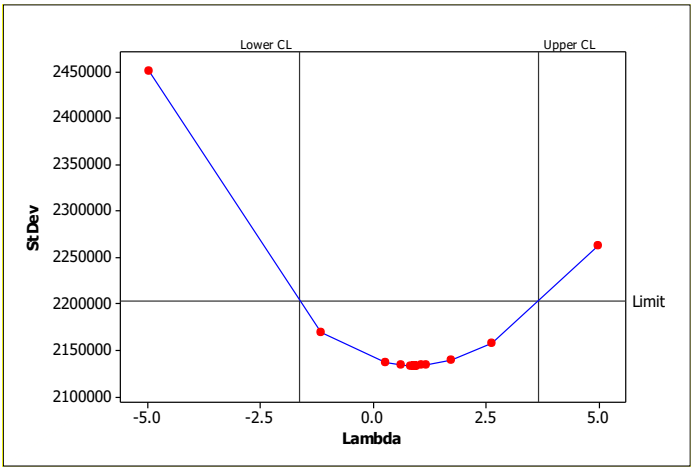
Langkah pertama pada pemodelan *time series* ARIMA adalah identifikasi melalui plot data untuk mengetahui bentuk plot dari data tersebut. *Time series* plot penjualan listrik pada daya 3.500 VA s/d 5.500 VA (R2) pada **Lampiran 3** di sajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Time Series Plot* pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

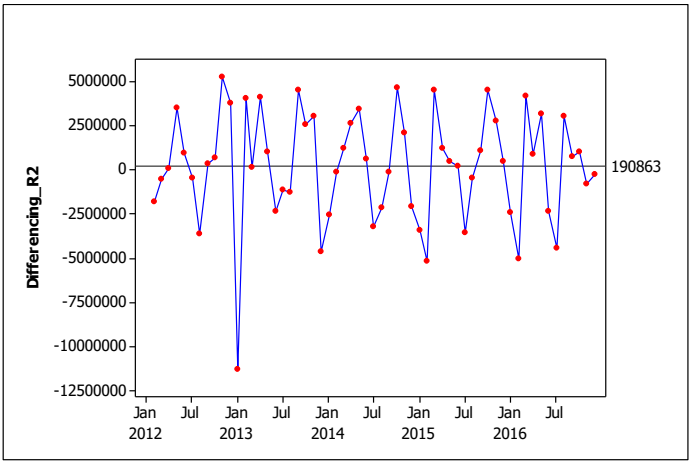
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa penjualan listrik pada segmen R2 di Jawa Timur pada tahun 2012 sampai 2016 (data *in sample)* terlihat plot data cenderung naik dan berfluktasi. Fluktasi data tersebut tidak berada pada sekitar rata-rata yang konstan, oleh karena itu terdapat indikasi bahwa data tidak stasioner dalam *mean.*

Untuk melihat kesetasioneran data dalam varians menggunakan diagram *Box-Cox.* Stasioner dalam varians dapat dilihat pada nilai λ pada *Box-Cox,* dengan menggunakan **Persamaan 2.1** dan **Lampiran 3** yang dapat disajikan pada Gambar 4.6.



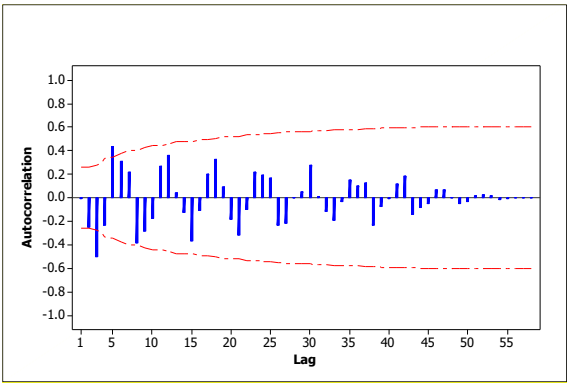
Gambar 4.6 Plot nilai λ pada Diagram *Box-Cox* Data Penjualan Listrik Segmen R2

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai *rounded value* dari λ pada plot *box cox* sebesar 1, dan nilai *Lower* (batas bawah) dari λ sebesar -1,63 dan *Upper* (batas atas) dari λ sebesar 3,66 sehingga bisa dikatakan bahwa data penjualan listrik segmen R2 di Jawa Timur sudah stasioner terhadap varians. Berdasarkan *time seris plot* data *in sample* menunjukkan bahwa data tidak stasioner dalam *mean*. Oleh karena itu dilakukan *differencing* untuk mengatasi ketidak stasioneran dalam *mean*. Hasil *differencing* pada data penjualan listrik R2 pada di Jawa Timur **Lampiran 3** terdapat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Time Series Plot* setelah *Differencing* lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

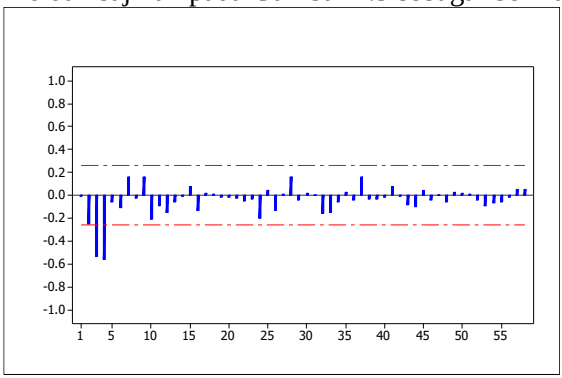
Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa data penjualan listrik segmen R2 di Jawa Timur setelah dilakukan *differencing* pada lag 1 sudah berfluktuasi disekitar nilai yang konstan yaitu pada suatu nilai rata-rata hal tersebut munujukkan bahwa data penjualan tenaga listrik telah stasioner dalam *mean.* Setelah mengetahui bahwa data telah stasioner dalam *mean* dan varians, langkah selanjutnya adalah identifikasi orde model ARIMA dengan melihat plot *ACF* dan PACF yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Plot ACF *Differencing* Lag 1 Penjualan listrik pada Segmen R2

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada plot *Autocorrelation Function* (ACF) terlihat bahwa lag yang signifikan terjadi pada lag 3 dan 5, dimana *autocorrelation function* (ACF) digunakan untuk menentukan orde *q* atau orde pada model *moving average* sehingga orde dari model MA adalah 3 atau 5 *output software* terdapat pada **Lampiran 5.**

Sebagaimana penentuan orde *moving average* melalui plot *autocorrelation function* (ACF) untuk penentuan orde model *Auto Regresi* (AR) melalui plot PACF *output software* terdapat pada **Lampiran 6** dan sajikan pada Gambar 4.9 sebagai berikut :



Gambar 4.9 Plot PACF *Differencing* Lag 1 Penjualan Listrik Segmen R2

Pola *Partial Autocorrelation Function* (PACF) dari data *in-sample* Januari 2012 sampai Desember 2016 yang sudah dilakukan *differencing* orde satu, yang disajikan pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa plot *partial autocorrelation* (PACF) terlihat bahwa terdapat lag 3 dan 4 yang keluar batas sehingga orde dari model AR 3 atau 4. Setelah mengetahui plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation* (PACF), maka didapatkan model ARIMA yang diduga dapat memprediksi data penjualan listrik segmen R2. Berikut adalah model ARIMA dugaan berdasarkan plot *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation* (PACF).

Tabel 4.2 Model Pendugaan Penjualan Listrik Segmen R2

Model	Model ARIMA
1	ARIMA (3,1,3)
2	ARIMA (4,1,0)
3	ARIMA (4,1,3)
4	ARIMA (0,1,5)

Model ARIMA tersebut akan dipilih model terbaik digunakan untuk memprediksi penjualan listrik sgmen R2.

4.2.2 Estimasi dan Pengujian Parameter pada Data Penjualan listrik Segmen R2

Model ARIMA sementara (model pada **Tabel** 4.2), akan dilakukan estimasi parameter dan pengujian parameter untuk mengetahui model yang signifikan, dengan menggunakan **Persamaan 2.15** diperoleh hasil dan untuk *output software* terdapat pada **Lampiran 7-10**. Hasil estimasi dan pengujian parameter dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter pada Penjualan Listrik Segmen R2 daya 3.500 VA s/d 5.500 VA

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	|t|	P-value	Keputusan
(3,1,3)	ϕ_1	0.6716	1.91	0.061	Signifikan
	ϕ_2	-0.6925	2.03	0.047	Tidak Signifikan

Tabel 4.3 Parameter pada Penjualan Listrik Segmen R2 daya 3.500 va s/d 5.500 VA (Lanjutan)

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	|t|	P-value	Keputusan	
(3,1,3)	ϕ_3	-0.2910	0.89	0.379	Tidak Signifikan	
	θ_1	1.1781	3.29	0.002	Signifikan	
	θ_2	-0.8979	2.04	0.046	Tidak Signifikan	
	θ_3	0.1511	0.50	0.616	Tidak Signifikan	
(4,1,0)	ϕ_1	-0.4155	3.66	0.001	Signifikan	
	ϕ_2	-0.3811	3.91	0.000	Signifikan	
	ϕ_3	-0.6030	6.19	0.000	Signifikan	
	ϕ_4	-0.5419	4.78	0.000	Signifikan	
(4,1,3)	ϕ_1	-0.4529	2.95	0.005	Signifikan	
	ϕ_2	-0.1709	2.19	0.033	Tidak Signifikan	
	ϕ_3	-0.8428	11.38	0.000	Signifikan	
	ϕ_4	-0.5396	3.88	0.000	Signifikan	
	θ_1	-0.0368	0.25	0.806	Tidak Signifikan	
	θ_2	0.2972	2.44	0.018	Signifikan	
	θ_3	-0.6220	4.37	0.000	Signifikan	
(0,1,5)	θ_1	0.1624	1.46	0.149	Tidak Signifikan	
	θ_2	0.4203	3.85	0.000	Signifikan	
	θ_3	0.2487	2.08	0.042	Tidak Signifikan	
	θ_4	0.2293	2.03	0.047	Tidak Signifikan	
	θ_5	-0.6117	5.33	0.000	Signifikan	

Untuk mengetahui parameter model ARIMA signifikan atau tidak signifikan perlu dilakukan penggujian parameter model AR dengan hipotesis sebagai berikutu :

$H_o : \phi_p = 0$ p=1,2…p

$H_1 : \phi_p \neq 0$ p=1,2…p

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $|t| > t_{\frac{a}{2};n-p}$

Hipotesis untuk pengujian parameter model MA adalah.

$H_o : \phi_q = 0$ q=1,2…q

$H_1 : \phi_q \neq 0$ q=1,2…q

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $|t| > t_{\frac{a}{2};n-q}$

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa model ARIMA (4,1,0), memiliki parameter yang signifikan karena nilai t lebih besar dibandingkan $t_{0,025(59)}$ yang memiliki nilai sebesar 2,300. Hal ini dapat di artikan bahwa model ARIMA (4,1,0) dapat digunakan untuk memprediksi penjualan listrik segmen R2 dengan daya 3.500 VA s/d 5.500 VA pada periode selanjutnya yaitu tahun 2018.

4.2.3 Uji Asumsi Residual pada Data Penjualan listrik Segmen R2

Untuk mengetahui kelayakan model perlu dilakukan pemeriksaan terhadap residual. Asumsi yang harus terpenuhi yaitu *White Noise* yaitu residual bersifat identik dan independen serta residual berdistribusi normal.

Pengujian residual bersifat *White Noise* digunakan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = ... = \rho_k = 0$ (asumsi *White Noise*telah terpenuhi)

H_1 : minimal ada satu $\rho_k \neq 0$ dengan k=1,2,…,K (asumsi *White Noise* tidak terpenuhi)

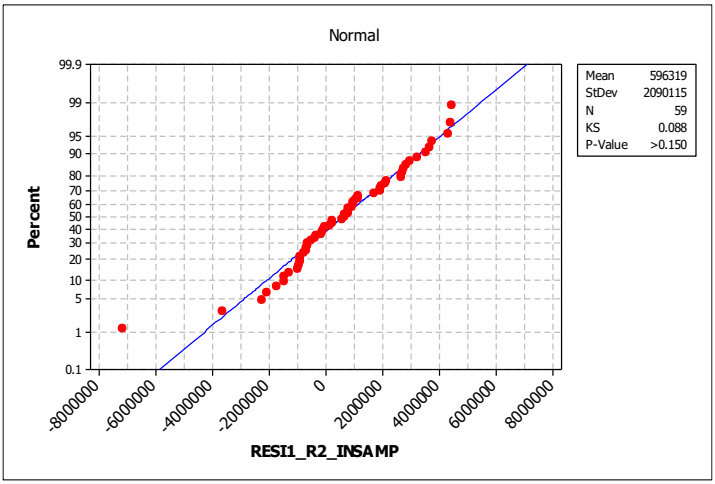
Dengan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $Q > \chi^2_{a,df}$ atau P-*value*< α , dengan menggunakan **Persamaan 2.16** diperoleh hasil *Ljung-Box* pada masing-masing variabel dengan mendapatkan hasil *software* pada **Lampiran 8** dan dapat disajikan pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Asumsi *White Noise* pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

Model ARIMA	Lag	*Q*	*df*	x^2_{tabel}	*P-value*	*Keputusan*
(4,1,0)	12	7.6	8	15.507	0.474	*White Noise*
	24	12	20	31.410	0.916	*White Noise*
	36	19	32	46.192	0.967	*White Noise*
	48	38	44	60.480	0.725	*White Noise*

Hasil pengujian asumsi *White Noise* dimana pada model ARIMA (4,1,0) memiliki nilai Q kurang dari $\chi^2_{\alpha,df}$ dan semua *p-value* lebih dari α atau 0,05. Selain itu diketahui bahwa ARIMA (4,1,0) signifikan. Hal tersebut menunjukkan pada model ARIMA (4,1,0) yang memenuhi asumsi *whit noise*.

Pada pengujian residual berdistribusi normal dengan menggunakan uji *kolmogorov smirnov* yang dapat disajikan di Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Plot Distribusi Normal Penjualan Listrik Segmen R2

Dimana pengujian berdistribusi normal dengan menggunakan uji *kolmogorov smirnov*, dengan menggunakan **Persamaan 2.17** diperoleh hasil uji *Kolmogorov smirnov*. Hasil dapat disajikan pada Tabel 4.5. sebagai berikut :

Tabel 4.5 Asumsi Distribusi Normal pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

Model ARIMA	*Kolmogorov Smirnoov*	*P-value*	Keputusan
(4,1,0)	0.088	>0,150	Berdistribusi Normal

Untuk mengetahui model ARIMA sudah berdistribusi normal atau belum, perlu dilakukan uji hipotesis sebagai berikut :

H_o: $S(a_t) = F_0(a_t)$ Residual distribusi normal

H_1: $S(a_t) \neq F_0(a_t)$ Residual tidak distribusi normal

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. Tolak H_o jika nilai D lebih besar dari $D_{1-\alpha,n}$, dimana n sebagai derajat bebasnya. Hasil pengujian asumsi residual distribusi normal tertera pada Tabel 4.5 dimana nilai *kolmogorov smirnov* memiliki

nilai yang lebih kecil dibandingka $D_{1-\alpha,n}$ sebesar 0,177 atau *p-value* lebih dari 0,05 sehingga dapat diputuskan bahwa model ARIMA (4,1,0) berdistribusi normal.

4.2.4 Akurasi Model pada Data Penjualan listrik Segmen R2

Dalam menghitung nilai akurasi model menggunakan kriteria *out sample*, dengan nilai MAPE dan RMSE dengan menggunakan **persamaan 2.18 dan 2.19** diperoleh nilai MAPE dan RMSE untuk nilai masing-masig bisa dilihat diTabel 4.6.

Tabel 4.6 Akurasi pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

Model	*Out-Sample*	
	MAPE	RMSE
ARIMA (4.1.0)	4.316454	3025888.25

Pada Tabel 4.6 menunjukkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) sebesar 4.31645 sedangkan nilai RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 3025888.25. Model yang digunakan untuk memprediksi penjualan listrik segemn R2 adalah ARIMA (4,1,0). Pada model matematis ARIMA dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\phi_4(B)(1-B)Z_t = a_t$$

$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\phi_3 B^3-\phi_4 B^4)(1-B)Z_t = a_t$$

$$(1+\phi_1 B^2+\phi_2 B^3+\phi_3 B^4+\phi_4 B^5)Z_t = a_t$$

$$Z_t+\phi_1 B^2 Z_t+\phi_2 B^3 Z_t+\phi_3 B^4 Z_t+\phi_4 B^5 Z_t = a_t$$

$$Z_t = -\phi_1 B^2 Z_t-\phi_2 B^3 Z_t-\phi_3 B^4 Z_t-\phi_4 B^5 Z_t+a_t$$

$$Z_t = -\phi_1 Z_t-\phi_2 Z_t-\phi_3 Z_t-\phi_4 Z_t+a_t$$

$$Z_t = -0{,}4155 Z_{t-1}-0{,}3811 Z_{t-2}-0{,}6030 Z_{t-3}-0{,}54192 Z_{t-4}+a_t$$

Berdasarkan model matematis diketauhi bahwa peramalan penjualan listrik segmen R2 di Jawa Timur bulan ke-t dipengaruhi oleh penjualan pada 1 bulan sebelumnya, penjuala 2 bulan sebelumnya, penjualan 3 bulan sebelumnya dan penjualan 4 bulan sebelumnya, dimana kesalahan ramalan pada bulan ke-t.

4.2.5 Peramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

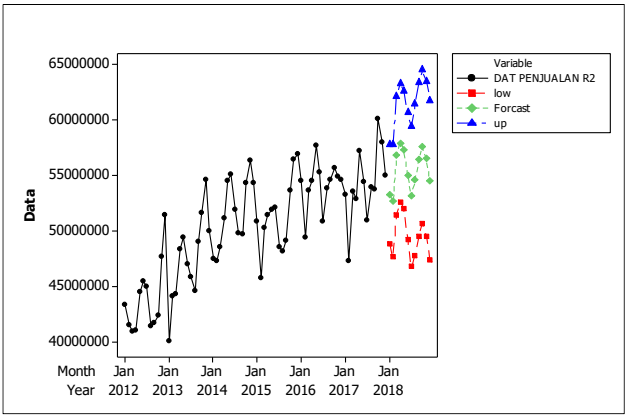
Setelah mendapatkan model terbaik, selanjutnya dilakukan peramalan pada penjualan listrik segmen R2 di Jawa Timur. Peramalan dilakukan selama 12 bulan kedepan, yaitu pada tahun 2018. Berikut adalah hasil permalan penjualan listrik yang disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

Bulan	Nilai Ramalan	Batas Bawah	Batas Atas
Januari	53251302	48772294	57730310
Februari	**52650919**	**47606461**	**57695376**
Maret	56730934	51403379	62058489
April	**57871769**	**52543995**	**63199543**
Mei	57243884	51907334	62580435
Juni	54894758	49139727	60649790
Juli	53070574	46775863	59365284
Agustus	54524475	47682421	61366530
September	56367288	49443056	63291521
Oktober	57521884	50597401	64446367
November	56463909	49491540	63436279
Desember	54500114	47306583	61693645

Pada Tabel 4.7 menunjukkan hasil ramalan penjualan tenaga listrik pada Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA (R2) di Jawa Timur dengan menggunakan ARIMA (4,1,0), dimana jumlah penjualan tenaga listrik yang paling rendah diperkirakan terjadi pada bulan Februari tahun 2018 dengan nilai ramalan sebesar 52.650.919 KWh sedangkan penjualan tenaga listrik paling tinggi pada bulan April tahun 2018 dengan nilai ramalan sebesar 57.871.769 KWh

Pada plot aktual dan ramalan pada data penjualan listrik segmen R2 dapat disajikan diGambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Plot Aktual dan Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

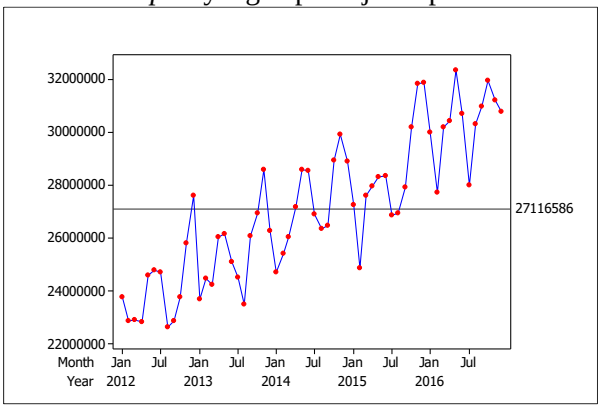
Gambar 4.11 menjelaskan plot dan ramalan data nilai penjualan listrik segmen R2 di Jawa Timur periode Januari 2012 sampai Desember 2017 menunjukkan hasil ramalan pada tahun 2018 berfluktuatif dimana kenaikan dan penurunan nilai penjualan listrik di Jawa Timur pada tahun 2018 berdasarkan Gambar 4.11 tidak terlalu ekstrim.

4.3 Pemodelan Penjualan Listrik Segmen R3 Daya Lebih dari 6.600 VA

Konsumsi listrik segmen R3 pada daya lebih dari 6.600 akan diprediksi untuk tahun 2018. Dimana pada pemodelan penjualan lisrik segmen R3 data penjualan dibagi menjadi 2 yaitu sebagai data *in sample* sebanyak 60 data mulai Januari 2012 sampai Desember 2016 dan data *out sample* sebanyak 12 data mulai Januari 2017 sampai Desember 2017. Tahapan yang dilakukan adalah mengidentifikasi model, estimasi parameter dan pengujian parameter, pengujian asusmis residual serta pemilihan model menggunakan MAPE dan RMSE.

4.3.1 Identifikasi Model *Time Series* pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

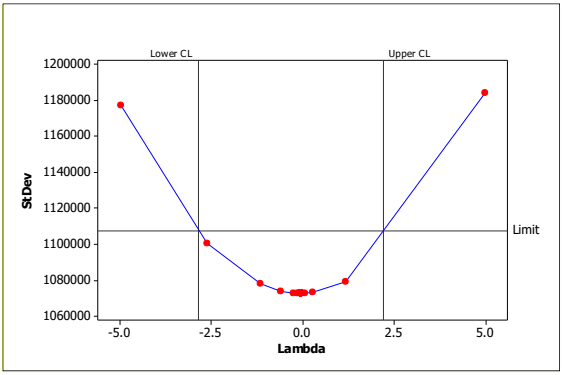
Identifikasi model dapat dilihat melalui *time series* data *in-sample* penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur periode Januari 2012 sampai dengan Desember 2016 dengan daya lebih dari 6.600 VA, dengan menggunakan **Lampiran 3** maka diperoleh *time seris plot* yang dapat sajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 *Time Series plot* pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa penjualan listrik pada segmen R3 di Jawa Timur pada tahun 2012 sampai 2016 (data *in sample)*, terlihat plot data cenderung naik dan berfluktasi. Fluktasi data tersebut tidak berada pada sekitar rata-rata yang konstan. Oleh karena itu terdapat indikasi bahwa data tidak stasioner dalam *mean*.

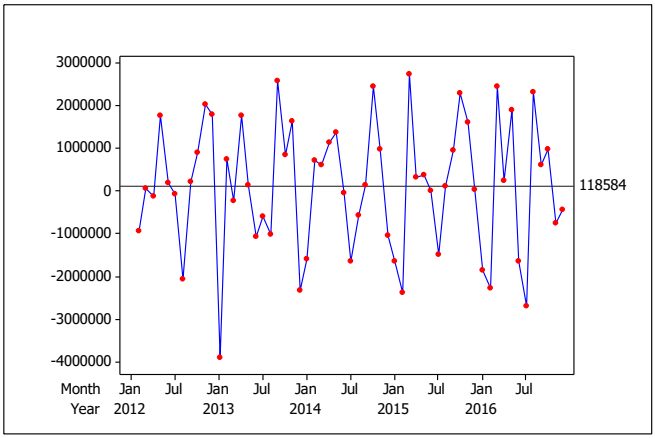
Untuk melihat kesetasioneran data dalam varians menggunakan diagram *Box-Cox plot* dengan menggunakan **Persamaan 2.1** maka diperoleh *Box-Cox plot* yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Plot nilai λ pada diagram *Box-cox* Data Penjualan Listrik Segmen R3

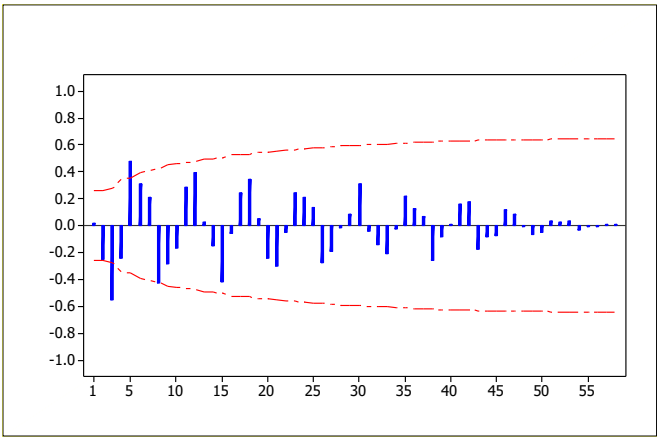
Gambar 4.13 menunjukkan analisis *Box-cox* untuk mengetahui stasioneritas dalam varians data penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur. Dimana nilai *rounded value* dari λ (lamda) pada plot *box cox* sebesar 0 dan nilai *Lower* (nilai bawah) dari λ sebesar *(-2,85)* dan *Upper* (nilai atas) dari λ sebesar *(2,21)* sudah memuat satu, sehingga bias dikatakan bahwa data penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur sudah stasioner terhadap varians.

Berdasarkan *time seris plot* data *in sample* menunjukkan bahwa data tidak stasioner dalam *mean*. Oleh karena itu dilakukan *differencing* untuk mengatasi ketidak stasioneran dalam *mean*. Hasil *differencing* pada data penjualan listrik R3 di Jawa Timur terdapat pada Gambar 4.14.

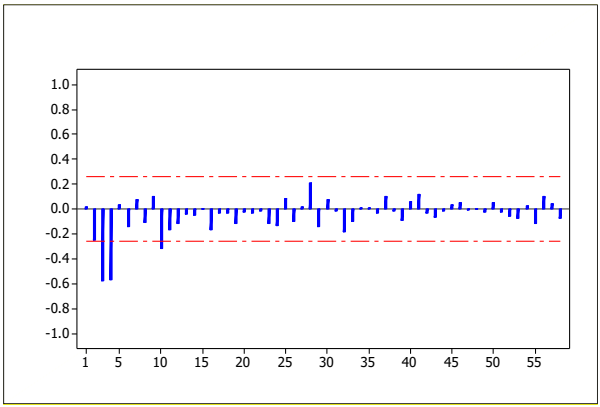


Gambar 4.14 *Time Series Plot* setelah di *fferencing* Lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa data penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur setelah dilakukan *differencing* mengindikasi pola data sudah stasioner dalam *mean*. langkah selanjutnya adalah identifikasi model dengan melihat plot *ACF* dan PACF yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



(A)



(B)

Gambar 4.15 Plot ACF (A) dan PACF (B) *Differencing* Lag 1 pada Data Penjualan ListrikSegmen R3

Pada Gambar 4.15 menjelaskan bahwa model dugaan yang terbentuk dari plot ACF (*autocorrelation function*) dan PACF (*partial autocorrelation function*) yang digunnakan untuk mengidentifikasi model ARIMA. Pada plot ACF terlihat bahwa yang signifikan terjadi pada lag 3 dan 5. Sedangkan pada plot PACF terlihat bahwa plot PACF yang signifikan terjadi pada lag 3,4 dan 10. Untuk model dugaan yang terbentuk berdasarkan plot ACF dan PACF *output software* terdapat pada **Lampiran 11&12** dan pada Gambar 4.15 dapat disajikan pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Model Pendugaan Penjualan Listrik Segmen R3

Model	Model ARIMA
1	ARIMA (0,1,3)
2	ARIMA (4,1,0)
3	ARIMA (3,1,5)

Berdasarkan Tabel 4.8 model yang mungkin digunakan untuk meramalkan penjualan listrik segmen R3 berdasarkan plot ACF dan PACF .

4.3.2 Estimasi dan Pengujian Parameter pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Pendugaan model ARIMA dan pengujian signifikansi parameter penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur. Sehingga estimasi dan pengujian parameter dengan menggunakan **Persamaan 2.15** didapatkan hasil pada masing-masing model ARIMA dinyatakan pada Tabel 4.9 dan *output software* terdapat pada **Lampiran 13-15.**

Tabel 4.9 Parameter pada Penjualan Listrik Segmen R3

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	|t|	P-value	Keputusan
(0,1,3)	θ_1	0.1895	1.62	0.110	Tidak Sigifikan
	θ_2	-0.0588	0.49	0.626	Tidak Sigifikan
	θ_3	0.5115	4.34	0.000	Signifikan
(4,1,0)	ϕ_1	-0.3937	3.43	0.001	Signifikan
	ϕ_2	-0.3373	3.53	0.001	Signifikan
	ϕ_3	-0.6231	6.50	0.000	Signifikan
	ϕ_4	-0.5280	4.58	0.000	Signifikan
(3,1,5)	ϕ_1	0.1550	0.74	0.461	Tidak Sigifikan
	ϕ_2	-0.2153	1.06	0.292	Tidak Sigifikan
	ϕ_3	-0.8109	3.89	0.000	Signifikan
	θ_1	0.5775	2.29	0.026	Tidak Sigifikan
	θ_2	-0.0963	0.33	0.743	Tidak Sigifikan
	θ_3	-0.8657	4.42	0.000	Signifikan
	θ_4	0.5592	3.57	0.001	Signifikan
	θ_5	-0.0687	0.39	0.695	Tidak Sigifikan

Untuk mengetahui estimasi dan pengujian parameter model AR dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \phi_p = 0$ p= 1,2,…,p

$H_1 : \phi_p \neq 0$ p= 1,2,…,p

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $|t| > t_{\frac{a}{2};n-p}$

Sedangkan untuk model MA dapat dinyatakan dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : \phi_q = 0$ q= 1,2,…,q

$H_1 : \phi_q \neq 0$ q= 1,2,…,q

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $|t| > t_{\frac{a}{2};n-q}$

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa nilai absolut *t* lebih besar dibandingkan $t_{0,025(59)}$ sebesar 2,300. Hal ini menunjukkan bahwa parameter yang signifikan merupakan model ARIMA (4,1,0.

4.3.3 Uji Asumsi Residual pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Pengujian asumsi residual *White Noise* dilakukan dengan menggunakan statistik uji. Berikut merupakan bentuk pengujian asumsi residual *White Noise.*

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = ... = \rho_k = 0$ (asumsi *White Noise* telah terpenuhi)

H_1 : minimal ada satu $\rho_k \neq 0$ dengan *k*=1,2,…,*K* (asumsi *White Noise* tidak terpenuhi)

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. H_o ditolak jika $Q > \chi^2_{a,df}$ atau P-*value*< α , dengan menggunakan **Persamaan 2.16** diperoleh hasil pada *output software* pada

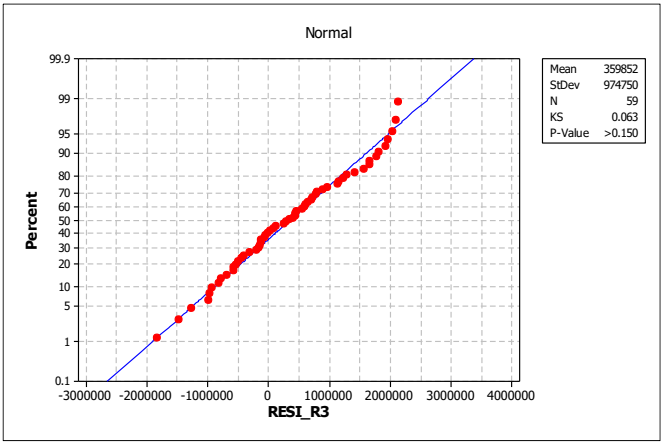
Lampiran 14 dan dapat disajikan pada Tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Asumsi *White Noise* pada Penjualan Listrik Segmen R3

Model ARIMA	Lag	Q	Df	χ^2_{tabel}	P-value	Keputusan
(4,1,0)	12	10.9	8	15.507	0.210	*White Noise*
	24	15.6	20	31.410	0.740	*White Noise*
	36	26.9	32	46.194	0.723	*White Noise*
	48	47.2	44	60.480	0.342	*White Noise*

Pada Tabel 4.10 menunjukkan bahwa model memenuhi asumsi residual *White Noise*. Sehingga model yang digunakan untuk meralam penjualan listrik golongan R3 yang memenuhi asumsi *White Noise* yaitu model ARIMA (4,1,0). Selain harus memenuhi asumsi residual *White Noise*, model ARIMA juga harus memenuhi asumsi residual berdistribusi normal dimana hanya dilakukan pada model ARIMA yang parameternya signifikan dan telah memenuhi asumsi residual *white noise*.

Berikut merupakan hasil dari pengujian residual berdistribusi normal dan dapat disajikan pada Gambar 4.16 dan table 4.11.



Gambar 4.16 Plot Distribusi Normal Penjualan Listrik Segmen R3

Tabel 4.11 Asumsi Distribusi Normal pada Penjualan Listrik Segmen R3

Model ARIMA	Kolmogorov Smirnoov	*P-value*	Keputusan
(4,1,0)	0.063	>0,150	Berdistribusi Normal

Untuk mengetahui berdistribusi normal atau tidak perlu melakukan uji pengujian asumsi distribusi normal sebagai berikut:

H_o: $S(a_t) = F_0(a_t)$ Residual distribusi normal

H_1: $S(a_t) \neq F_0(a_t)$ Residual tidak distribusi normal

Dengan menggunakan taraf signifikan α sebesar 5%. Tolak H_o jika nilai *D* lebih besar dari $D_{1-\alpha,n}$ (0,177), dimana n sebagai derajat bebasnya. Dengan menggunakan **Persamaan 2.17** diperoleh hasil yang terdapat pada table 4.11.

Hasil pengujian asumsi residual berdistribusi normal yang terdapat pada Tabel 4.11 menunjukkan bahwa model ARIMA (4,1,0) memenuhi asumsi residual berdistribusi normal.

4.3.4 Akurasi Model pada data penjualan listrik Segmen R3

Akurasi model dapat dilihat pada nilai (*mean Absolute Percentage Error*) MAPE dan (*Root Mean Square Error*) RMSE yang dapat dilihat pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Akurasi Model pada Penjualan Listrik Segmen R3

Model	*Out-Sample*	
	MAPE	RMSE
ARIMA (4,1,0)	4.152765	1611554

Pada Tabel 4.12 menjelaskna bahwa nilai MAPE sebesar 4.152765 dan RMSE sebesar 1611554 terdapat pada model ARIMA (4,1,0). Model matematis ARIMA dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\phi_4(B)(1-B)Z_t = a_t$$
$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\phi_3 B^3-\phi_4 B^4)(1-B)Z_t = a_t$$
$$(1+\phi_1 B^2+\phi_2 B^3+\phi_3 B^4+\phi_4 B^5)Z_t = a_t$$
$$Z_t+\phi_1 B^2 Z_t+\phi_2 B^3 Z_t+\phi_3 B^4 Z_t+\phi_4 B^5 Z_t = a_t$$
$$Z_t = -\phi_1 B^2 Z_t-\phi_2 B^3 Z_t-\phi_3 B^4 Z_t-\phi_4 B^5 Z_t+a_t$$
$$Z_t = -\phi_1 Z_t-\phi_2 Z_t-\phi_3 Z_t-\phi_4 Z_t+a_t$$
$$Z_t = -0{,}3937\,Z_{t-1}-0{,}3373\,Z_{t-2}-0{,}6231\,Z_{t-3}-0{,}5280\,Z_{t-4}+a_t$$

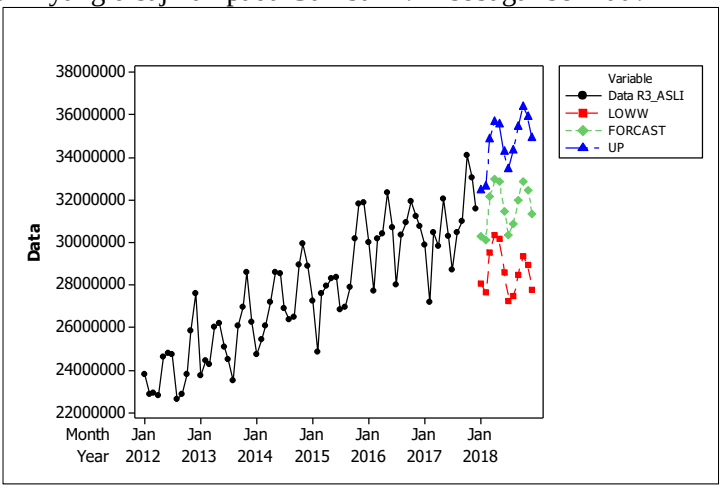
4.3.5 Peramalan pada data penjualan listrik Segmen R3

Tahap terakhir yaitu peramalan jumlah penjualan listrik golongan R3 pada tahun 2018. Hasil peramalan penjualan listrik segmen R3 didapatkan dengan cara menggunakan semua data dari Januari 2012 sampai Desember 2017 kemudian dicari nilai ramalannya menggunakan model terpilih (4,1,0) dapat disajikan pada Tabel 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.13 Nilai Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Bulan	Nilai Ramalan	Batas Bawah	Batas Atas
Jauari	30269600	28083147	32456052
Februari	**30134160**	**27639522**	**32628798**
Maret	32177622	29502221	34853023
April	**33021590**	**30346080**	**35697099**
Mei	32870838	30189263	35552413
Juni	31447438	28606860	34288015
Juli	30372625	27266153	33479098
Agustus	30890718	27458697	34322739
September	31993685	28501464	35485906
Oktober	32876209	29383159	36369259
November	32446658	28943621	35949694
Desember	31349302	27765335	34933268

Hasil prediksi pada mosel ARIMA (4,1,0) data penjualan tenaga listrik pada Segmen R3 di Jawa Timur paling rendah pada bulan Februari tahun 2018 dikarenakan jumlah hari pada bulan Februari lebih sedikit dibandingkan hari pada bulan yang lain dengan nilai ramalan sebesar 30.134.160 KWh sedangkan penjualan tenaga listrik paling tinggi pada bulan April tahun 2018 dengan nilai ramalan sebesar 33.021.590 KWh penyebabnya tidak diketahui. Berikut plot aktual dan ramalan yang menggunakan grafik yang disajikan pada Gambar 4.17 sebagai berikut :



Gambar 4.17 Plot Aktual dan Ramalan pada Data Penjualan Listrik Segmen R3

Gambar 4.17 menunjukkan plot aktual dimana pada plot aktual dan ramalan pada data penjualan listrik segmen R3 terlihat berflukuatif dan pada nilai ramalan pada tahun 2018 diantara lower sama upper.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penjualan listrik pada segmen R2 di Jawa Timur dengan menggunakan ARIMA (4,1,0), dimana penjualan listrik paling tinggi pada bulan April 2018 dengan nilai ramalan sebesar 57.871.769 KWh sedangkan untuk penjualan tenaga listrik paling rendah pada bulan Februari 2018 sebesar 52.650.919 KWh.
2. Diperoleh model terbaik yang digunakan untuk meramalkan penjualan listrik segmen R3 di Jawa Timur dengan model ARIMA (4,1,0) dengan penjulan listrik paling tinggi pada bulan April 2018 sebesar 33.021.590 Kwh sedangkan penjulan paling rendah pada bulan Februari 2018 sebesar 30.134.160 KWh.

5.2 Saran

Saran yang ditunjukkan pada PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur setelah mengetahui prediksi penjualan listrik segmen R2 dengan daya 3.500 VA s/d 5.500 VA dan segmen R3 dengan daya lebih dari 6.600 VA diharapkan PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur bisa mengontrol pembelian energi listrik dengan tidak akan kekurangan energi listrik yang akan menyebabkan pemadaman dan tidak berlebihan dalam membeli energi listrik sehingga bias mengoptimalkan biaya yang dikeluarkan.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Cryer, J. D., & Chan, K. (2008). *Time Series Analysis WithApplication in R Second Edition.* New York: SpringerScience Bussines Media.

Daniel,W. (1989). *Statistik Nonparametrik Terapan.* Jakarta: Gramedia.

Dwijantari, S (2017). *Peramalan Konsumi Listrik Pada Segmen Rumah Tangga PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur*.Surabaya: ITS Press.

Gooijer, Jan G. De dan Hyndman, Rob J. (2006). 25 *Years Of Time Series Forecasting.* International Journal of Forecasting 22, no. 443-473.

PLN. (2017). *Statistik Ketenagalistrikan 2016*. Jakarta:Direktorat Jendral Ketenagalistrikan.

Prasodjo, B & Naryoko. (2007). *Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Ghalia Indonesia Printing

Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1999).*Metode Dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga. PLN. (2015). Statistik

Saputri, Inung Anggun. (2016). *Peramalan Penjualan Tenaga Listrik pada Sektor Industri di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur*. Surabaya: ITS Press.

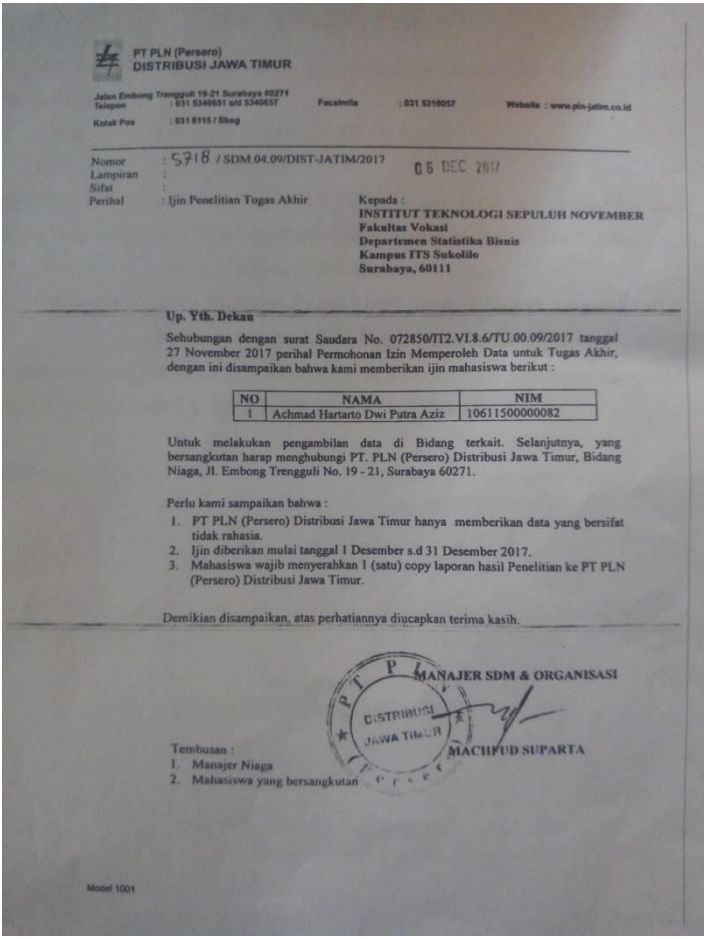
Wei, W. W. (2006). Time Series Analysis: *Univariate and Multivariate Methods, 2nd Ediiton*. New York:Pearson.

Zulfa, I.L. (2015). *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek di Jawa Timur Menggunakan Metode ARIMA dan ANFIS*.Surabaya: ITS Press.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Izin Memperoleh Data



PT PLN (Persero)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR

Jalan Embong Trengguli 19-21 Surabaya 60271
Telepon : 031 5340651 s/d 5340657 Facsimile : 031 5310057 Website : www.pln-jatim.co.id
Kotak Pos : 031 6115 / Sbsg

Nomor : 5718 / SDM.04.09/DIST-JATIM/2017 06 DEC 2017
Lampiran :
Sifat :
Perihal : Ijin Penelitian Tugas Akhir

Kepada :
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER
Fakultas Vokasi
Departemen Statistika Bisnis
Kampus ITS Sukolilo
Surabaya, 60111

Up. Yth. Dekan

Sehubungan dengan surat Saudara No. 072850/IT2.VI.8.6/TU.00.09/2017 tanggal 27 November 2017 perihal Permohonan Izin Memperoleh Data untuk Tugas Akhir, dengan ini disampaikan bahwa kami memberikan ijin mahasiswa berikut :

NO	NAMA	NIM
1	Achmad Hartarto Dwi Putra Aziz	10611500000082

Untuk melakukan pengambilan data di Bidang terkait. Selanjutnya, yang bersangkutan harap menghubungi PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, Bidang Niaga, Jl. Embong Trengguli No. 19 - 21, Surabaya 60271.

Perlu kami sampaikan bahwa :

1. PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur hanya memberikan data yang bersifat tidak rahasia.
2. Ijin diberikan mulai tanggal 1 Desember s.d 31 Desember 2017.
3. Mahasiswa wajib menyerahkan 1 (satu) copy laporan hasil Penelitian ke PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

Demikian disampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

MANAJER SDM & ORGANISASI

MACHFUD SUPARTA

Tembusan :
1. Manajer Niaga
2. Mahasiswa yang bersangkutan

Model 1001

Lampiran 2. Surat Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

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

Nama : Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi

NRP : 10611500000082

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/~~Publikasi *) yaitu:

Sumber : PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur

Keterangan : Data Penjualan Energi Listrik Segmen Rumah Tangga PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Tahun 2012- 2017

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

Mengetahui,

SEKRETARIS DIVISI JAWA TIMUR

(ALEXANDER Z.A)

NIP 5820281 Z

Surabaya, 08 Mei 2018

Yang Membuat Pernyataan,

(Achmad Hartarto Dwi Putra Azizi)

NRP. 10611500000082

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

(Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama)

NIP. 19660125 199002 1 001

Lampiran 3. Data penjualan Listrik Segmen R2 dengan Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA dan Segmen R3 dengan Daya Lebih Dari 6.600 VA

Tahun	Bulan	Penjualan Listrik R2	Penjualan Listrik R3
2012	Januari	43291738	23780660
2012	Februari	41456247	22854909
2012	Maret	40915724	22920780
2012	April	40966052	22807208
2012	Mei	44453990	24575525
2012	Juni	45420825	24771658
2012	Juli	44973425	24696154
2012	Agustus	41349641	22626607
2012	Septmber	41681376	22852760
2012	Oktober	42324496	23761133
2012	November	47578965	25809715
2012	Desember	51333972	27607082
2013	Januari	40037453	23701560
2013	Februari	44084630	24452974
2013	Maret	44244833	24233037
2013	April	48332779	26019463
2013	Mei	49340103	26172061
2013	Juni	46970640	25097717
2013	Juli	45817821	24498873
2013	Agustus	44514930	23486296
2013	Septmber	49009583	26088390
2013	Oktober	51587760	26939946
2013	November	54579066	28596790
2013	Desember	49945414	26272731

Lampiran 3. Data penjualan Listrik Segmen R2 dengan Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA dan Segmen R3 dengan Daya Lebih Dari 6.600 VA (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Penjualan Listrik R2	Penjualan Listrik R3
2014	Januari	47406595	24689459
2014	Februari	47265004	25408453
2014	Maret	48498966	26039863
2014	April	51092008	27189583
2014	Mei	54501253	28570535
2014	Juni	55073719	28537646
2014	Juli	51876977	26894457
2014	Agustus	49754168	26335766
2014	Septmber	49606410	26483167
2014	Oktober	54227445	28942103
2014	November	56326505	29923408
2014	Desember	54275485	28895043
2015	Januari	50844878	27246098
2015	Februari	45659983	24857183
2015	Maret	50181746	27605048
2015	April	51384540	27937263
2015	Mei	51878289	28319587
2015	Juni	52078766	28331432
2015	Juli	48523929	26840437
2015	Agustus	48062816	26948611
2015	Septmber	49104405	27901385
2015	Oktober	53596772	30197244
2015	November	56360419	31821218
2015	Desember	56837163	31855158
2016	Januari	54408763	30010743

Lampiran 3. Data penjualan Listrik Segmen R2 dengan Daya 3.500 VA s/d 5.500 VA dan Segmen R3 dengan Daya Lebih Dari 6.600 VA (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Penjualan Listrik R2	Penjualan Listrik R3
2016	Februari	49389579	27732569
2016	Maret	53545226	30183667
2016	April	54419586	30433373
2016	Mei	57590393	32348102
2016	Juni	55240095	30691239
2016	Juli	50773043	27987913
2016	Agustus	53807530	30325626
2016	Septmber	54576953	30955222
2016	Oktober	55612238	31949519
2016	November	54828090	31205939
2016	Desember	54552652	30777099
2017	Januari	53174539	29899243
2017	Februari	47234171	27165655
2017	Maret	53494538	30478312
2017	April	52847440	29843001
2017	Mei	57111416	32041807
2017	Juni	54383400	30291600
2017	Juli	50933410	28687610
2017	Agustus	53881811	30490088
2017	Septmber	53648083	31003049
2017	Oktober	60047525	34102165
2017	November	57941924	33056770
2017	Desember	54975896	31568771

Lampiran 4. Karakteristik Data Penjualan Listrik Segmen R2 dan R3

Descriptive Statistics: DAT PENJUALAN R2, Data PENJUALAN R3

Variable	Mean	StDev	Minimum	Maximum
DAT PENJUALAN R2	50375667	4843429	40037453	60047525
Data PENJUALAN R3	27716990	2911114	22626607	34102165

Lampiran 5. Plot ACF *Differencing* lag 1 pada Data Penjualan Listrik Segmen R2

Autocorrelation Function: dif 1 r2

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0.009074	-0.07	0.01
2	-0.249245	-1.91	3.93
3	-0.497391	-3.60	19.83
4	-0.234914	-1.42	23.44
5	0.436473	2.55	36.14
6	0.310106	1.64	42.67
7	0.213489	1.08	45.82
8	-0.383745	-1.91	56.21
9	-0.282614	-1.32	61.96
10	-0.177154	-0.81	64.27
11	0.264054	1.19	69.49
12	0.355623	1.56	79.18
13	0.043201	0.18	79.32
14	-0.127706	-0.54	80.63
15	-0.363723	-1.53	91.45
16	-0.108793	-0.44	92.44
17	0.199614	0.80	95.85
18	0.325466	1.30	105.15
19	0.090086	0.35	105.88
20	-0.184964	-0.72	109.04
21	-0.314122	-1.21	118.39
22	-0.096615	-0.36	119.29
23	0.219608	0.82	124.12
24	0.195295	0.72	128.04
25	0.168159	0.62	131.03
26	-0.235797	-0.86	137.09
27	-0.214629	-0.77	142.28
28	-0.000787	-0.00	142.28

Lampiran 5. Plot ACF *Differencing* lag 1 pada Data penjualan Listrik Segmen R2 (Lanjutan)

Autocorrelation Function: dif 1 r2

29	0.049137	0.17	142.56
30	0.272117	0.97	151.75
31	0.007113	0.02	151.76
32	-0.114981	-0.40	153.52
33	-0.191257	-0.67	158.59
34	-0.032899	-0.11	158.74
35	0.153540	0.53	162.28
36	0.100475	0.35	163.86
37	0.124098	0.43	166.38
38	-0.237149	-0.81	176.02
39	-0.075352	-0.26	177.04
40	-0.011405	-0.04	177.06
41	0.116651	0.40	179.78
42	0.185467	0.63	187.06
43	-0.142170	-0.48	191.61
44	-0.084141	-0.28	193.31
45	-0.053514	-0.18	194.05
46	0.069397	0.23	195.38
47	0.069226	0.23	196.82
48	0.002472	0.01	196.82
49	-0.048661	-0.16	197.67
50	-0.035719	-0.12	198.18
51	0.016567	0.06	198.30
52	0.023089	0.08	198.58
53	0.016899	0.06	198.75
54	-0.017388	-0.06	198.97
55	-0.005615	-0.02	199.00
56	-0.001641	-0.01	199.00
57	0.004077	0.01	199.03
58	0.001663	0.01	199.04

Lampiran 6. Plot PACF *Differencing* lag 1 pada Data penjualan Listrik Segmen R2

Partial Autocorrelation Function: dif 1 r2

Lag	PACF	T
1	-0.009074	-0.07
2	-0.249347	-1.92
3	-0.535835	-4.12
4	-0.561751	-4.31
5	-0.056047	-0.43
6	-0.105746	-0.81
7	0.158261	1.22
8	-0.029168	-0.22
9	0.155719	1.20
10	-0.209859	-1.61
11	-0.091404	-0.70
12	-0.150297	-1.15
13	-0.055438	-0.43
14	-0.004781	-0.04
15	0.079126	0.61
16	-0.137598	-1.06
17	0.017478	0.13
18	0.009376	0.07
19	-0.016321	-0.13
20	-0.017818	-0.14
21	-0.021113	-0.16
22	-0.051807	-0.40
23	-0.032331	-0.25
24	-0.198232	-1.52
25	0.037761	0.29
26	-0.131211	-1.01
27	0.008878	0.07
28	0.162537	1.25
29	-0.041494	-0.32
30	0.018973	0.15
31	-0.003542	-0.03
32	-0.161580	-1.24
33	-0.152683	-1.17
34	-0.060285	-0.46
35	0.021547	0.17
36	-0.039589	-0.30
37	0.156806	1.20
38	-0.035871	-0.28
39	-0.031009	-0.24
40	-0.017674	-0.14

Lampiran 6. Plot PACF *Differencing* lag 1 pada Data penjualan Listrik Segmen R2 (Lanjutan)

```
41   0.073244   0.56
42  -0.004975  -0.04
43  -0.083436  -0.64
44  -0.103590  -0.80
45   0.045453   0.35
46  -0.042192  -0.32
47  -0.000500  -0.00
48  -0.055887  -0.43
49   0.025687   0.20
50   0.020047   0.15
51   0.007441   0.06
52  -0.038544  -0.30
53  -0.095777  -0.74
54  -0.068212  -0.52
55  -0.057101  -0.44
56  -0.019889  -0.15
57   0.053973   0.41
58   0.053754   0.41
```

Lampiran 7. *Output* Minitab Model 1 ARIMA (3,1,3) R2

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef      T      P
AR   1    0.6716   0.3511   1.91  0.061
AR   2   -0.6925   0.3406  -2.03  0.047
AR   3   -0.2910   0.3278  -0.89  0.379
MA   1    1.1781   0.3578   3.29  0.002
MA   2   -0.8979   0.4404  -2.04  0.046
MA   3    0.1511   0.2995   0.50  0.616


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60,
after differencing 59
Residuals:    SS =  262060196918831
(backforecasts excluded)
              MS =  4944532017336  DF = 53


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square    8.4   12.6   23.0   44.7
DF              6     18     30     42
P-Value     0.208  0.813  0.814  0.357
```

Lampiran 8. *Output* Minitab Model 2 ARIMA (4,1,0) R2

```
Final Estimates of Parameters

Type       Coef  SE Coef      T      P
AR   1  -0.4155   0.1136  -3.66  0.001
AR   2  -0.3811   0.0975  -3.91  0.000
AR   3  -0.6030   0.0975  -6.19  0.000
AR   4  -0.5419   0.1134  -4.78  0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60, after
differencing 59
Residuals:    SS =  274357877604760 (backforecasts
excluded)
              MS =  4988325047359  DF = 55


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square    7.6   12.0   19.0   38.0
DF              8     20     32     44
P-Value     0.474  0.916  0.967  0.725
```

Lampiran 9. *Output* Minitab Model 3 ARIMA (4,1,3) R2

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef       T      P
AR   1  -0.4529   0.1535   -2.95  0.005
AR   2  -0.1709   0.0779   -2.19  0.033
AR   3  -0.8428   0.0741  -11.38  0.000
AR   4  -0.5396   0.1389   -3.88  0.000
MA   1  -0.0368   0.1495   -0.25  0.806
MA   2   0.2972   0.1220    2.44  0.018
MA   3  -0.6220   0.1423   -4.37  0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60, after
differencing 59
Residuals:    SS =  231930950349954 (backforecasts
excluded)
              MS =  4460210583653  DF = 52


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square    3.9    7.4   15.8   34.6
DF              5     17     29     41
P-Value     0.559  0.978  0.978  0.748
```

Lampiran 10. *Output* Minitab Model 4 ARIMA (0,1,5) R2

```
Final Estimates of Parameters

Type       Coef  SE Coef      T      P
MA   1   0.1624   0.1110   1.46  0.149
MA   2   0.4203   0.1092   3.85  0.000
MA   3   0.2487   0.1196   2.08  0.042
MA   4   0.2293   0.1130   2.03  0.047
MA   5  -0.6117   0.1148  -5.33  0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60, after
differencing 59
Residuals:    SS =  311130751827210 (backforecasts
excluded)
              MS =  5761680589393  DF = 54


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square   16.5   28.1   41.3   55.2
DF              7     19     31     43
P-Value     0.021  0.081  0.103  0.101
```

Lampiran 11. Plot ACF *differencing* lag 1pada Data penjualan Listrik Segmen R3

Autocorrelation Function: dif1r3

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.020299	0.16	0.03
2	-0.248894	-1.91	3.94
3	-0.554099	-4.01	23.67
4	-0.241238	-1.41	27.48
5	0.473690	2.67	42.43
6	0.311250	1.58	49.01
7	0.209933	1.02	52.06
8	-0.423714	-2.02	64.73
9	-0.284543	-1.27	70.56
10	-0.163560	-0.71	72.52
11	0.282410	1.22	78.50
12	0.394482	1.66	90.42
13	0.021701	0.09	90.46
14	-0.152118	-0.61	92.31
15	-0.414228	-1.66	106.34
16	-0.059865	-0.23	106.64
17	0.240476	0.92	111.60
18	0.341999	1.29	121.86
19	0.051818	0.19	122.11
20	-0.239686	-0.88	127.41
21	-0.299339	-1.08	135.89
22	-0.051946	-0.18	136.16
23	0.245017	0.87	142.16
24	0.210812	0.74	146.73
25	0.131969	0.46	148.57
26	-0.271730	-0.94	156.62
27	-0.195076	-0.67	160.90
28	-0.016082	-0.05	160.93
29	0.079648	0.27	161.69
30	0.309406	1.05	173.58
31	-0.039978	-0.13	173.78
32	-0.142485	-0.47	176.49
33	-0.205333	-0.68	182.32
34	-0.021663	-0.07	182.39
35	0.216814	0.71	189.44
36	0.128232	0.42	192.01
37	0.066612	0.22	192.74
38	-0.261259	-0.85	204.44
39	-0.081135	-0.26	205.62
40	0.005744	0.02	205.63
41	0.158662	0.51	210.66
42	0.172115	0.55	216.93

Lampiran 11. Plot ACF *differencing* lag 1pada Data penjualan Listrik Segmen R3 (Lanjutan)

43	-0.174214	-0.55	223.76
44	-0.086154	-0.27	225.54
45	-0.074617	-0.23	226.97
46	0.113159	0.36	230.52
47	0.086505	0.27	232.76
48	-0.007230	-0.02	232.78
49	-0.068619	-0.22	234.47
50	-0.051042	-0.16	235.51
51	0.031560	0.10	235.96
52	0.028074	0.09	236.37
53	0.031293	0.10	236.95
54	-0.029929	-0.09	237.60
55	-0.009568	-0.03	237.68
56	-0.005534	-0.02	237.72
57	0.006931	0.02	237.81
58	0.004264	0.01	237.87

Lampiran 12. Plot PACF *differencing* lag 1pada Data penjualan Listrik Segmen R3

Partial Autocorrelation Function: dif1r3

Lag	PACF	T
1	0.020299	0.16
2	-0.249409	-1.92
3	-0.578962	-4.45
4	-0.567827	-4.36
5	0.029263	0.22
6	-0.141435	-1.09
7	0.073889	0.57
8	-0.104608	-0.80
9	0.100405	0.77
10	-0.320649	-2.46
11	-0.164468	-1.26
12	-0.113536	-0.87
13	-0.045406	-0.35
14	-0.052348	-0.40
15	0.002820	0.02
16	-0.168038	-1.29
17	-0.034968	-0.27
18	-0.031466	-0.24
19	-0.117071	-0.90
20	-0.027237	-0.21
21	-0.030054	-0.23
22	-0.020290	-0.16

Lampiran 12. Plot PACF *differencing* lag 1pada Data penjualan Listrik Segmen R3 (Lanjutan)

Partial Autocorrelation Function: dif1r3

Lag	PACF	T
23	-0.116297	-0.89
24	-0.133657	-1.03
25	0.081296	0.62
26	-0.103711	-0.80
27	0.016490	0.13
28	0.206479	1.59
29	-0.144624	-1.11
30	0.072323	0.56
31	-0.016777	-0.13
32	-0.181720	-1.40
33	-0.103713	-0.80
34	0.005926	0.05
35	0.012210	0.09
36	-0.033699	-0.26
37	0.101758	0.78
38	-0.015982	-0.12
39	-0.091819	-0.71
40	0.056640	0.44
41	0.113199	0.87
42	-0.034072	-0.26
43	-0.067808	-0.52
44	-0.017329	-0.13
45	0.033575	0.26
46	0.050557	0.39
47	-0.009666	-0.07
48	0.001948	0.01
49	-0.028713	-0.22
50	0.053544	0.41
51	-0.027787	-0.21
52	-0.062077	-0.48
53	-0.074647	-0.57
54	0.028422	0.22
55	-0.121075	-0.93
56	0.100781	0.77
57	0.038223	0.29
58	-0.076938	-0.59

Lampiran 13. *Output* Minitab Model 1 ARIMA (0,1,3) R3

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef      T      P
MA   1    0.1895   0.1168   1.62  0.110
MA   2   -0.0588   0.1199  -0.49  0.626
MA   3    0.5115   0.1178   4.34  0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60,
after differencing 59
Residuals:    SS =  97615290164629 (backforecasts
excluded)
              MS =  1743130181511  DF = 56


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square   50.0   81.4  114.0  143.8
DF              9     21     33     45
P-Value     0.000  0.000  0.000  0.000
```

Lampiran 14. *Output* Minitab Model 2 ARIMA (4,1,0) R3

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef      T      P
AR   1  -0.3937   0.1149  -3.43  0.001
AR   2  -0.3373   0.0955  -3.53  0.001
AR   3  -0.6231   0.0959  -6.50  0.000
AR   4  -0.5280   0.1153  -4.58  0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60,
after differencing 59
Residuals:    SS =  62748088085174 (backforecasts
excluded)
              MS =  1140874328821  DF = 55


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

Lag            12     24     36     48
Chi-Square   10.9   15.6   26.9   47.2
DF              8     20     32     44
P-Value     0.210  0.740  0.723  0.342
```

Lampiran 15. *Output* Minitab Model 4 ARIMA (3,1,5) R3

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef      T      P
AR   1    0.1550   0.2087   0.74  0.461
AR   2   -0.2153   0.2023  -1.06  0.292
AR   3   -0.8109   0.2086  -3.89  0.000
MA   1    0.5775   0.2522   2.29  0.026
MA   2   -0.0963   0.2924  -0.33  0.743
MA   3   -0.8657   0.1960  -4.42  0.000
MA   4    0.5592   0.1566   3.57  0.001
MA   5   -0.0687   0.1744  -0.39  0.695


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 60, after
differencing 59
Residuals:    SS =  53723112057078 (backforecasts
excluded)
              MS =  1053394354060  DF = 51


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

Lag             12     24     36     48
Chi-Square    13.8   20.7   32.6   60.6
DF               4     16     28     40
P-Value      0.008  0.192  0.249  0.019
```

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Achmad Hahrtarto Dwi Pura Azizi yang bisa dipangil hartarto lahir di Sidoarjo, 09 Februari 1997. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudarah oleh pasangan Suwiji dan Suliasih. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah pendidikan di SDN Lambangan, SMP Negeri 2 Wonoayu, SMA Negeri 1 Wonoayu. Setelah lulus diteria di Program studi diploma III Departemen Statistika Bisnis ITS dengan NRP 10611500000082. Selama perkulian penulis aktif dalam beberapa organisasi antara lain Staf Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMDATA-ITS Periode 2016/2017. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kepanitian Pekan Raya Statistika ITS 2017. Penulis juga mendapatkan kesempatan kerja praktek di PT PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur pada semester 4. Segala kritik dan saran akan diterima penulis utuk pebaikan kedepanya. Jika ada keperluan berdiskusi dengan penulis dapat melalui No HP 087762603645 atau Email Hartarto.achmad@gmail.com