



TUGAS AKHIR - SS 090302

**PERAMALAN VOLUME AIR YANG DIDISTRIBUSIKAN
DI PDAM KABUPATEN TULUNGAGUNG
MENGUNAKAN METODE ARIMA *BOX-JENKINS***

Kiky Yuzie Handi Hasnan P.
NRP 1311 030 046

Dosen Pembimbing
Dr.rer.pol Heri Kuswanto, M.Si.

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - SS 090302

**FORECASTING IN THE VOLUME OF WATER
DISTRIBUTION IN PDAM KABUPATEN
TULUNGAGUNG BY USING ARIMA *BOX-JENKINS*
METHOD**

KIKY YUZIE HANDI HASNAN P.
NRP 1311 030 046

Supervisor
Dr.rer.pol Heri Kuswanto, M.Si.

DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

**PERAMALAN VOLUME AIR YANG DIDISTRIBUSIKAN
DI PDAM KABUPATEN TULUNGAGUNG MENGGUNAKAN
METODE ARIMA *BOX-JENKINS***

Nama Mahasiswa : Kiky Yuzie Handi Hasnan P.
NRP : 13 11 030 046
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr.rer.pol Heri Kuswanto, M.Si.

Abstrak

Seluruh makhluk hidup di bumi pasti membutuhkan air, oleh sebab itu air merupakan sumber kehidupan. Semua aktivitas kehidupan di bumi ini hampir seluruhnya berkaitan dengan air. Oleh sebab itu, jika jumlah penduduk semakin bertambah dan akan bertambah pula aktivitas kehidupannya, maka kebutuhan akan air juga akan bertambah pula. Kabupaten Tulungagung merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur dengan jumlah penduduk pada tahun 2011 sebanyak 1.043.385 jiwa. Dari tahun ke tahun, jumlah penduduk Kabupaten Tulungagung mengalami peningkatan, hal tersebut menyebabkan kebutuhan air semakin meningkat, sehingga dibutuhkan perencanaan pendistribusian air bersih secara tepat. Pemenuhan kebutuhan air bersih di Kabupaten Tulungagung diatasi dengan didirikannya PDAM. Selama ini PDAM Kabupaten Tulungagung meramalkan kebutuhan air bersih dengan melibatkan variabel jumlah penduduk. Pada penelitian ini akan dilakukan peramalan volume air yang didistribusikan untuk beberapa periode ke depan dengan menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa model ARIMA yang baik untuk meramalkan adalah ARIMA (1,0,2).

Kata kunci: ARIMA Box-Jenkins, PDAM Kabupaten Tulungagung, Volume Air.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**FORECASTING THE VOLUME OF WATER DISTRIBUTION
IN PDAM KABUPATEN TULUNGAGUNG
BY USING ARIMA *BOX-JENKINS* METHOD**

Name of Student : Kiky Yuzie Handi Hasnan P.
NRP : 13 11 030 046
Study Program : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dr.rer.pol Heri Kuswanto, M.Si.

Abstract

All life on earth definitely need water , therefore water is the source of life . The need for water increases with increasing the number of population. Tulungagung is one of the districts in East Java with a population of 1,043,385 in 2011 and this number increases overtime leading to increasing the water demand. Therefore, the planning for water resources has to be managed seriously. One of the work can be done is forecasting the volume of the water distribution. In fact, the number of population is always considered in forecasting the water demand in PDAM Kabupaten Tulungagung. This research conducted forecasting the volume of distributed water for several periods ahead using the ARIMA Box- Jenkins method. The results of the analysis indicate that the ARIMA model which is better to predict is ARIMA (1,0,2).

Keywords : ARIMA Box-Jenkins, PDAM Kabupaten Tulungagung, Volume of water.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**PERAMALAN VOLUME AIR YANG
DIDISTRIBUSIKAN DI PDAM KABUPATEN
TULUNGAGUNG MENGGUNAKAN METODE
ARIMA BOX-JENKINS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Program Studi DIII Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :

**KIKY YUZIE HANDI HASNAN P.
NRP 1311030 046**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Dr.rer.pol Heri Kuswanto, M.Si
NIP.19820326200312 1 004**



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**



**Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001**

SURABAYA, JULI 2014

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan, dan kemudahan serta karunia-Nya. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Semoga kita semua senantiasa diberi rahmat dan hidayah-Nya dalam menjalankan aktifitas sehari-hari. Alhamdulillah, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir di DIII Statistika FMIPA ITS ini, yaitu Tugas Akhir yang berjudul:

“Peramalan Volume Air yang Didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung Menggunakan Metode ARIMA *Box-Jenkins*”

Terselesainya Tugas Akhir ini tak lepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan penuh hormat, kerendahan hati, dan sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Dr.rer.pol. Heri Kuswanto, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Dwiatmono Agus W.,M.Ikom dan Ibu Dr. Irhamah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran hingga selesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku Ketua Jurusan Statistika ITS.
4. Ibu Dra. Sri Mumpuni R., MT selaku Ketua Program Studi Diploma III Jurusan Statistika ITS.
5. Ibu Dra. Ismaini Zain, M.Si selaku Dosen wali Penulis selama menjadi mahasiswa Diploma III Jurusan Statistika ITS.
6. Jurusan Statistika ITS beserta seluruh dosen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu-ilmu yang berharga dan seluruh

karyawan Jurusan Statistika ITS yang melayani mahasiswa dengan sabar.

7. Pihak-pihak PDAM Kabupaten Tulungagung yang sudah banyak membantu, mulai dari kemudahan dalam memperoleh data serta berbagai informasi yang dibutuhkan.
8. Kedua orang tua tercinta, ayah dan ibu beserta adikku yang sudah banyak memberikan dukungan serta doa untuk kelancaran dan kesuksesan penulis.
9. Teman-teman sesama Lab Komputasi DIII Eka, Anita, Dini, Vivi, Citra, Teguh, Anita Trias, dan Hasrul, yang selalu memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis.
10. Teman-temanku yang selalu memberikan dukungan kepada penulis Fastha, Delta A.P., Kartika A.T, Zuhria Z., dan temanku lain yang tidak saya sebutkan.
11. Teman Kopma dr. Angka ITS Aji, Aiz, Faiz, dan Dita yang selalu memberikan semangat.
12. Dan teman-teman Statistika ITS yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan kehangatan dan kenyamanan kepada penulis selama ini.

Dengan selesainya laporan ini, penulis menyadari bahwa penelitian Tugas Akhir ini masih belum sempurna, jika masih ada kekurangan diharapkan saran dan kritik agar dapat mengembangkan penelitian ini.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

Kiky Yuzie H.H.P

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Statistika Deskriptif	5
2.2 Analisis <i>Time Series</i>	5
2.3 Stasioneritas Data <i>Time Series</i>	6
2.3.1 <i>Autocorrelation Function (ACF)</i>	7
2.3.2 <i>Partial Autocorrelation Function (PACF)</i>	8
2.4 Identifikasi Model ARIMA	9
2.5 Model-Model <i>Time Series</i>	9
2.6 Estimasi Parameter	10
2.7 Pengujian Signifikansi Parameter Model ARIMA	11
2.8 <i>Diagnostic Checking</i>	12
2.9 Pemilihan Model Terbaik	13
2.10 PDAM Kabupaten Tulungagung	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data	17
3.2 Variabel Penelitian.....	17
3.3 Metode Analisis Data.....	17
3.4 Diagram Alir Penelitian	19

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	21
4.2 Pemodelan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung dengan ARIMA <i>Box-Jenkins</i>	22
4.2.1 Pemeriksaan Stasioneritas dan Identifikasi Model ARIMA <i>Box-Jenkins</i> pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	23
4.2.2 Penaksiran Parameter Model ARIMA pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	26
4.2.3 <i>Diagnostic Checking</i> pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	28
4.2.4 Pemilihan Model untuk Peramalan pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	30
4.3 Peramalan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung	32

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	34

DAFTAR PUSTAKA	35
-----------------------------	----

LAMPIRAN	37
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Transformasi <i>Box-Cox</i>	8
Tabel 2.2 Karakteristik ACF dan PACF.....	10
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Volume Air Terdistribusi ...	21
Tabel 4.2 Pengujian Signifikansi Parameter dari Model yang Diduga	27
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>White Noise</i>	29
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kenormalan Residual Data	30
Tabel 4.5 Hasil Kriteria Kesalahan Peramalan.....	30
Tabel 4.6 Hasil Ramalan Air yang Didistribusikan.....	32

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	19
Gambar 4.1 Boxplot Volume Air yang Didistribusikan.....	22
Gambar 4.2 Time Series Plot Volume Air Terdistribusi Sebelum dan Sesudah Proses Demean	23
Gambar 4.3 Box-Cox Plot Volume Air Terdistribusi	24
Gambar 4.4 Plot ACF Volume Air Terdistribusi	25
Gambar 4.5 Plot ACF dan PACF Volume Air Terdistribusi	25

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seluruh makhluk hidup di bumi pasti membutuhkan air, oleh sebab itu air juga biasa disebut sebagai sumber kehidupan. Banyak sekali manfaat air yang diberikan untuk makhluk hidup, selain untuk mandi, mencuci, air juga membantu menjaga kesehatan tubuh manusia. Sumberdaya air merupakan sumberdaya yang terbaru namun demikian kadang ketersediaannya tidak selalu sesuai dengan waktu, ruang, jumlah dan mutu yang sebenarnya dibutuhkan (Lubis, 2012).

Semakin bertambahnya jumlah penduduk di muka bumi ini, tentu saja juga diiringi dengan bertambahnya aktivitas kehidupan di muka bumi ini. Semua aktivitas kehidupan di bumi ini hampir seluruhnya selalu berkaitan dengan air, oleh sebab itulah semakin banyak aktivitas yang dilakukan oleh manusia maka tentu saja semakin banyak air yang dipakai. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Vitta, 2007). Daerah perkotaan adalah salah satu daerah padat penduduk, banyak sekali fasilitas umum, sarana dan prasarana yang tersedia seperti rumah sakit, rumah makan, pasar, dan lain lain. Tentu saja dengan semakin lengkapnya sarana dan prasarana yang tersedia maka beragam aktivitas manusia pun dilakukan di dalamnya. Berbagai macam aktivitas tersebut tidak terlepas dari kebutuhan air bersih, sehingga dapat dilihat bahwa pemenuhan kebutuhan air bersih memegang peranan penting dalam perkembangan suatu kota.

Pada akhir 2011 jumlah penduduk di Kabupaten Tulungagung tercatat sebanyak 1.043.385 jiwa yang terbagi atas laki-laki 521.247 (49,96%) jiwa dan perempuan 522.138 (50,04%) dengan tingkat kepadatan penduduk pada tahun 2011 sebanyak 988 jiwa/km². Dibandingkan dengan tahun sebelumnya,

tingkat pertumbuhan penduduk pada akhir tahun 2010 menunjukkan kenaikan sekitar 0,50% (BPS Kabupaten Tulungagung). Dari tahun ke tahun, jumlah penduduk Kabupaten Tulungagung mengalami peningkatan, hal tersebut menyebabkan kebutuhan air semakin meningkat. Oleh sebab itu dibutuhkan perencanaan produksi air bersih secara tepat, supaya pendistribusian air bersih kepada pelanggan bisa optimum, artinya jumlah air yang diproduksi sesuai dengan jumlah air yang dibutuhkan oleh pelanggan.

Pemenuhan kebutuhan air bersih di Kabupaten Tulungagung diatasi dengan didirikannya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM merupakan instansi pemerintah daerah yang bertanggung jawab terhadap penyediaan dan pelayanan di bidang air minum (Sandy, 2012). Pihak PDAM harus mengetahui permintaan air bersih di masa depan sehingga jumlah air bersih yang akan didistribusikan bisa diprediksi. Dalam menghadapi resiko kekurangan persediaan serta menghindari kemungkinan pemborosan air bersih maka diperlukan peramalan yang dapat memberikan gambaran seberapa besar produksi yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan pada masa akan datang. PDAM Kabupaten Tulungagung memprediksi kebutuhan air bersih dalam periode ke depan dengan melibatkan variabel prediktor yaitu pertambahan jumlah penduduk, sehingga nantinya akan diperoleh prediksi jumlah air bersih yang dibutuhkan.

Penelitian tentang peramalan jumlah air di PDAM pernah dilakukan oleh Pradhani(2012) dengan judul “Peramalan Volume Air yang Didistribusikan di PDAM Kabupaten Bojonegoro Dengan Metode ARIMA *Box-Jenkins*”. Hasil penelitian tersebut adalah model ARIMA yang baik untuk meramalkan volume air bersih di PDAM Kabupaten Bojonegoro yaitu model ARIMA (1,0,0). Selain itu juga pernah dilakukan oleh Septiarini dan Sya’baniah(2012) dengan judul “Sistem Peramalan Jumlah Produksi Air PDAM Samarinda Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*”.

Pada penelitian ini, akan dilakukan peramalan terhadap volume air bersih yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung dengan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins*. Hasil peramalan ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil ramalan dari pihak PDAM Kabupaten Tulungagung. Sehingga nantinya bisa menjadi pembandingan metode mana yang baik dan memberikan masukan atau alternatif dalam meramalkan jumlah air bersih yang didistribusikan pada beberapa periode ke depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung ?
2. Bagaimana model yang paling tepat untuk meramalkan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung?
3. Bagaimana hasil peramalan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung untuk beberapa periode ke depan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah yang telah diuraikan. Tujuan penelitian adalah sebagai berikut,

1. Mengetahui karakteristik volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung.
2. Menentukan model peramalan yang sesuai untuk meramalkan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung.
3. Meramalkan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung beberapa periode ke depan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada pihak PDAM Kabupaten Tulungagung dengan hasil ramalan jumlah permintaan air untuk periode mendatang sehingga dapat digunakan untuk mengambil kebijakan serta melakukan perencanaan untuk jumlah air yang harus diproduksi sehingga kebutuhan masyarakat Kabupaten Tulungagung akan air bersih dapat terpenuhi dengan baik.
2. Menambah pengetahuan penerapan metode peramalan khususnya pada volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data air bersih yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung berupa data bulanan mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2013.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa kajian pustaka berupa konsep dan teori yang terkait dengan penelitian Peramalan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung Menggunakan Metode ARIMA *Box-Jenkins*. Penjelasan mengenai konsep dan teori yang akan digunakan untuk analisis diberikan sebagai berikut.

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian data sehingga memberikan informasi yang berguna. Namun perlu diingat bahwa statistika deskriptif hanya memberikan informasi hanya mengenai data yang dipunyai dan sama sekali tidak menarik inferensia atau kesimpulan apapun tentang gugus data induknya yang lebih besar (Walpolle, 1995). Penyajian data dapat digambarkan, dideskripsikan atau disimpulkan baik secara numerik (misal menghitung rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum dan standart deviasi) atau secara grafis (misal betuk tabel atau grafik) untuk mendapatkan gambar sekilas mengenai data tersebut sehingga lebih mudah untuk dipahami.

2.2 Analisis *Time Series*

Analisis *Time Series* atau metode deret berkala merupakan salah satu dari bagian metode kuantitatif dimana pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu. Setiap pengamatan dinyatakan sebagai variabel random Z_t yang diperoleh berdasarkan indeks waktu tertentu (t_i) dengan $i=1,2,\dots,n$, sehingga penulisan data time series adalah $Z_{t1}, Z_{t2}, Z_{t3}, \dots, Z_{tn}$. Tujuan dari metode peramalan deret berkala adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola dalam deret

historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan (Makridakis, dkk 1999).

2.3 Stasioneritas Data *Time Series*

Ciri-ciri dalam pembentukan model analisis deret waktu adalah dengan mengasumsikan bahwa data dalam keadaan stationer. Deret waktu dikatakan stationer jika tidak ada perubahan kecenderungan dalam rata-rata dan perubahan variansi. Dengan kata lain, deret waktu yang stationer relatif tidak terjadi kenaikan atau pun penurunan nilai secara tajam pada data atau fluktuasi data berada pada sekitar nilai rata-rata yang konstan. Kondisi stationer terdiri atas dua hal, yaitu stationer dalam rata-rata dan stationer dalam variansi. Untuk memeriksa kestasioneran ini dapat digunakan diagram deret waktu (*time series plot*) yaitu diagram pencar antara nilai peubah Z_t dengan waktu t . Jika diagram deret waktu berfluktuasi di sekitar garis yang sejajar sumbu waktu (t) maka dikatakan deret (*series*) stationer dalam rata-rata, selain itu diagram fungsi autokorelasi dapat digunakan juga sebagai alat untuk mengidentifikasi kestasioneran data, jika diagram fungsi autokorelasi cenderung turun lambat atau turun secara linier, maka dapat disimpulkan data belum belum stasioner dalam rata-rata. Bila kondisi stationer dalam rata-rata tidak terpenuhi diperlukan metode *differencing*. Menurut Wei (2006), secara umum operasi *differencing* menghasilkan suatu kejadian (proses) baru yang stasioner, dapat dituliskan sebagai berikut.

$$W_t = (1 - B)^d Z_t \quad (2.1)$$

Sedangkan, data yang tidak stasioner terhadap *varians* dapat diperoleh dengan melakukan transformasi Box-Cox dengan persamaan umum sebagai berikut.

$$T(Z_t) = \begin{cases} \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Nilai λ yang digunakan dalam persamaan tersebut merupakan parameter transformasi yang digunakan dalam transformasi Box-Cox adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Transformasi *Box-Cox*

Nilai Estimasi λ	Transformasi
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0,5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln(Z_t)$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	Z_t

(Wei, 2006).

Beberapa ketentuan untuk menstabilkan transformasi adalah sebagai berikut.

1. Transformasi hanya boleh dilakukan hanya untuk deret Z_t yang positif.
2. Transformasi dilakukan sebelum melakukan *differencing* dan pemodelan deret waktu.

Transformasi tidak hanya menstabilkan variansi, tetapi juga dapat menormalkan distribusi.

2.3.1 *Autocorrelation Function (ACF)*

Autocorrelation function (ACF) digunakan untuk menjelaskan asosiasi atau ketergantungan bersama (mutual dependence) antara nilai-nilai suatu deret berkala pada periode

waktu yang berlainan. Pola dari koefisien-koefisien autokorelasi sering digunakan untuk menetapkan ada tidaknya faktor musiman (seasonality) di dalam deret berkala tertentu selain untuk menentukan kestasioneritas data (Makridakis, dkk 1999).

Pada proses stasioner $\{Z_t\}$ diketahui rata-rata $E(Z_t) = \mu$ dan varian $Var(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$ yang mana konstan dan kovarian $Cov(Z_t, Z_s)$, yang merupakan fungsi selisih waktu $|t - s|$. Kovarian antara Z_t dan Z_{t+k} adalah

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

Dan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} yaitu

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{Cov(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{Var(Z_t)}\sqrt{Var(Z_{t+k})}} \quad (2.4)$$

dimana

$$Var(Z_t) = Var(Z_{t+k}) = \gamma_0$$

$$\gamma_k = \text{fungsi autokovarian pada lag } k$$

$$\rho_k = \text{ACF}$$

(Wei, 2006).

2.3.2 *Partial Autocorrelation Function (PACF)*

Partial autocorrelation function (PACF) digunakan untuk menunjukkan besarnya hubungan antara nilai suatu variabel saat ini dengan nilai sebelumnya dari variabel yang sama (nilai-nilai untuk berbagai kelambatan waktu) dengan menganggap pengaruh dari semua kelambatan waktu lain adalah konstan (Makridakis, dkk 1999).

Partial autocorrelation function (PACF) antara Z_t dan Z_{t+k} bernilai sama dengan autokorelasi antara $(Z_t - \hat{Z}_t)$ dan $(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t-k})$. Fungsi PACF sebagai berikut (Wei, 2006).

$$P_k = \frac{\text{Cov}(Z_t - \hat{Z}_t), (Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_t - \hat{Z}_t)}\sqrt{\text{Var}(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})}} \quad (2.5)$$

2.4 Identifikasi Model ARIMA

Menurut Wei (2006), terdapat beberapa langkah dalam melakukan identifikasi model. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Membuat *time series plot* dan memilih transformasi yang sesuai jika diperlukan
2. Selidiki plot ACF dan PACF pada data asli, selanjutnya pastikan *differencing* datanya sudah *stationer*. Jika plot ACF turun lambat dan plot PACF *cuts off* setelah lag 1, hal ini mengidentifikasi bahwa *differencing* dibutuhkan
3. Selidiki plot ACF dan PACF yang sudah dilakukan transformasi dan *differencing* untuk menentukan orde p dan q. Karakteristik yang dipakai untuk menentukan orde berdasarkan plot ACF dan PACF, disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik ACF dan PACF

Model	ACF	PACF
AR (p)	<i>Dies down</i>	<i>Cuts off after lag p</i>
MA (q)	<i>Cuts off after lag q</i>	<i>Dies down</i>
ARMA (p, q)	<i>Dies down</i>	<i>Dies down</i>

(Bowerman dan O'Connell, 1993).

2.5 Model – Model Time Series

Model – model time series berdasarkan (wei, 2006) dapat dilihat sebagai berikut (Wei, 2006).

1. Model Autoregresiv (AR)

Model autoregresiv (AR) order p menggambarkan keadaan ketika nilai Z_t pada saat ini memiliki ketergantungan

(dependensi) dengan nilai-nilai sebelumnya (Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots). Bentuk umum dari model AR(p) adalah sebagai berikut.

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t \quad (2.6)$$

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

2. Model Moving Average (MA)

Model moving average (MA) orde q menunjukkan bahwa nilai ramalan variabel dependen Z_t dipengaruhi oleh nilai residual pada periode sebelumnya. Model dari moving average orde q dituliskan dalam persamaan sabagai berikut.

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.7)$$

3. Model *Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Model ARMA adalah model yang memungkinkan memasukkan AR dan MA sekaligus. Model dari ARMA pada orde p dan q dituliskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\phi_p(B) \dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \quad (2.8)$$

4. Model *Autoregresif Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model ini merupakan gabungan antara model *autoregressive* dan *moving average* dengan adanya proses *differencing* orde d yang disebabkan karena ketidaksioneran dalam mean. Sehingga model ARIMA (p, d, q) dengan d adalah *differencing* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut.

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

5. Model Arima Multiplikatif

Model arima multiplikatif ini digunakan pada data time series yang memiliki faktor musiman. Model arima musiman multiplikatif memiliki persamaan yang biasa disebut dengan arima (p, d, q) (P, D, Q) sebagai berikut.

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

2.6 Estimasi Parameter

Salah satu metode penaksiran parameter yang dapat digunakan adalah *conditional least square* (CLS). Metode ini bekerja dengan membuat *error* yang tidak diketahui sama dengan nol dan meminimumkan jumlah kuadrat *error* (SSE). Misalkan diterapkan pada model AR(1) dan dinyatakan sebagai berikut (Cryer dan Chan, 2008).

$$Z_t - \mu = \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + a_t \quad (2.11)$$

dan nilai SSE adalah sebagai berikut.

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

kemudian diturunkan terhadap μ dan ϕ dan disamakan dengan nol sehingga diperoleh nilai taksiran parameter untuk μ sebagai berikut.

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

dan nilai taksiran parameter ϕ didapatkan sebagai berikut.

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

2.7 Pengujian Signifikansi Parameter Model ARIMA

Uji signifikansi parameter dilakukan untuk mengetahui apakah parameter model ARIMA yang telah diperoleh signifikan atau tidak. Model ARIMA yang baik adalah model yang menunjukkan bahwa penaksiran parameternya signifikan. Berikut pengujian signifikansi parameter AR.

Hipotesis

$$H_0 : \phi_p = 0 \text{ (Parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_p \neq 0 \text{ (Parameter signifikan)}$$

Statistik Uji

$$t = \frac{\hat{\phi}}{SE(\hat{\phi})} \quad (2.15)$$

Titik Kritis

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; (n-np)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$
dimana,

n : jumlah observasi dari data *time series*

n_p : banyaknya parameter

Sedangkan untuk pengujian signifikansi parameter MA adalah sebagai berikut.

Hipotesis

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

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

Statistik Uji

$$t = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})} \quad (2.16)$$

Titik Kritis

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; (n-np)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$
dimana,

n : jumlah observasi dari data *time series*

n_p : banyaknya parameter

(Bowerman dan O'Connell, 1993).

2.8 Diagnostic Checking

Diagnostic Checking pada residual meliputi uji asumsi *white noise* (independen dan independen) dan distribusi normal. Pengujian asumsi *white noise* menggunakan Uji *Ljung-Box*. Pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut.

Hipotesis

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

$H_1 : \text{minimal ada } 1 \rho_k \neq 0$ (residual tidak *white noise*)

Statistik Uji

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K (n-k)^{-1} \hat{\rho}_k^2 \quad (2.17)$$

dimana,

n : jumlah observasi dari data time series

$\hat{\rho}_k$: taksiran autokorelasi residual lag k

Titik Kritis

Tolak H_0 jika $Q > \chi_{\alpha, k-m}^2$, dengan $m = p + q$

(Wei, 2006).

Pada asumsi residual berdistribusi normal, pengujian dilakukan dengan menggunakan Uji *Kolmogorov Smirnov*. Pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut (Daniel, 1989).

Hipotesis :

H_0 : $F(x) = F_0(x)$ (residual mengikuti distribusi normal)

H_1 : $F(x) \neq F_0(x)$ (residual tidak mengikuti distribusi normal)

Statistik uji :

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)| \quad (2.18)$$

dimana,

$S(x)$: nilai distribusi kumulatif dari data.

$F_0(x)$: nilai distribusi kumulatif yang dihipotesiskan (normal).

\sup_x : nilai maksimum dari harga mutlak

D : jarak vertikal terjauh antara $S(x)$ dan $F_0(x)$

Titik Kritis :

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

2.9 Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik dari beberapa model yang memenuhi syarat dalam pengujian signifikansi parameter dan *Diagnostic Checking* dapat dilihat dari nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan. Semakin kecil nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan dari suatu model, maka model tersebut akan semakin baik.

Kriteria kesalahan peramalan *Mean square error* (MSE) merupakan salah satu indeks yang dapat digunakan untuk mengevaluasi ketepatan model *time series*. Berikut rumus dari MSE.

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{n} \quad (2.19)$$

Kriteria kesalahan peramalan yang lain adalah nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berikut rumus dari MAPE.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t}}{n} \times 100\% \quad (2.20)$$

Z_t : nilai sebenarnya pada waktu ke-t

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

n : jumlah observasi dari data *time series*
(Wei, 2006).

2.10 PDAM Kabupaten Tulungagung

Sistem penyediaan air bersih di Kabupaten Tulungagung dibangun sejak tahun 1984. Penyediaan air bersih Kabupaten Tulungagung pada waktu itu dikelola oleh suatu badan dibawah Direktorat Teknik Kesehatan dan Proyek Air Bersih Jawa Timur dan masih bersifat badan sementara yang berbentuk Badan

Pengelola Air Minum(BPAM). Pada tahun 1991, BPAM beralih status menjadi Perusahaan Daerah Air Minum(PDAM) Kabupaten Tulungagung.

Pemerintahan telah banyak menanamkan investasi untuk memproduksi air bersih dan sehat yang tidak tercemar dengan limbah baik limbah rumah tangga maupun limbah industri. PDAM Kabupaten Tulungagung adalah salah satu Perusahaan Daerah Air Minum yang diberi tugas mengelola air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Tulungagung yang tersebar baik didalam kota maupun di pedesaan. Tugas pengelolaan ini cukup berat, karena salah satu sisi PDAM Kabupaten Tulungagung merupakan Badan Usaha yang sudah barang tentu mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan, dilain pihak PDAM Kabupaten Tulungagung diberi tugas oleh Pemerintahan Daerah untuk memberikan pelayanan kepada masyarakat sampai golongan bawah agar mendapatkan air bersih sesuai dengan standar kesehatan dengan tarif yang terjangkau oleh masyarakat bawah (*Corporate Plan* PDAM Kabupaten Tulungagung periode 2012-2016).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan adalah data sekunder mengenai volume air yang didistribusikan ke pelanggan dalam bentuk data bulanan yang diperoleh dari PDAM Kabupaten Tulungagung dari tahun 2009-2013. Data dibagi menjadi data *in sample* yaitu data pada tahun 2009-2012 data dan *out sample* yaitu data pada tahun 2013. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins* dengan menggunakan variabel volume pendistribusian air bersih.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang akan dianalisis dengan menggunakan metode peramalan adalah volume air yang didistribusikan di PDAM dengan satuan m³ tahun 2009-2013.

3.3 Metode Analisis Data

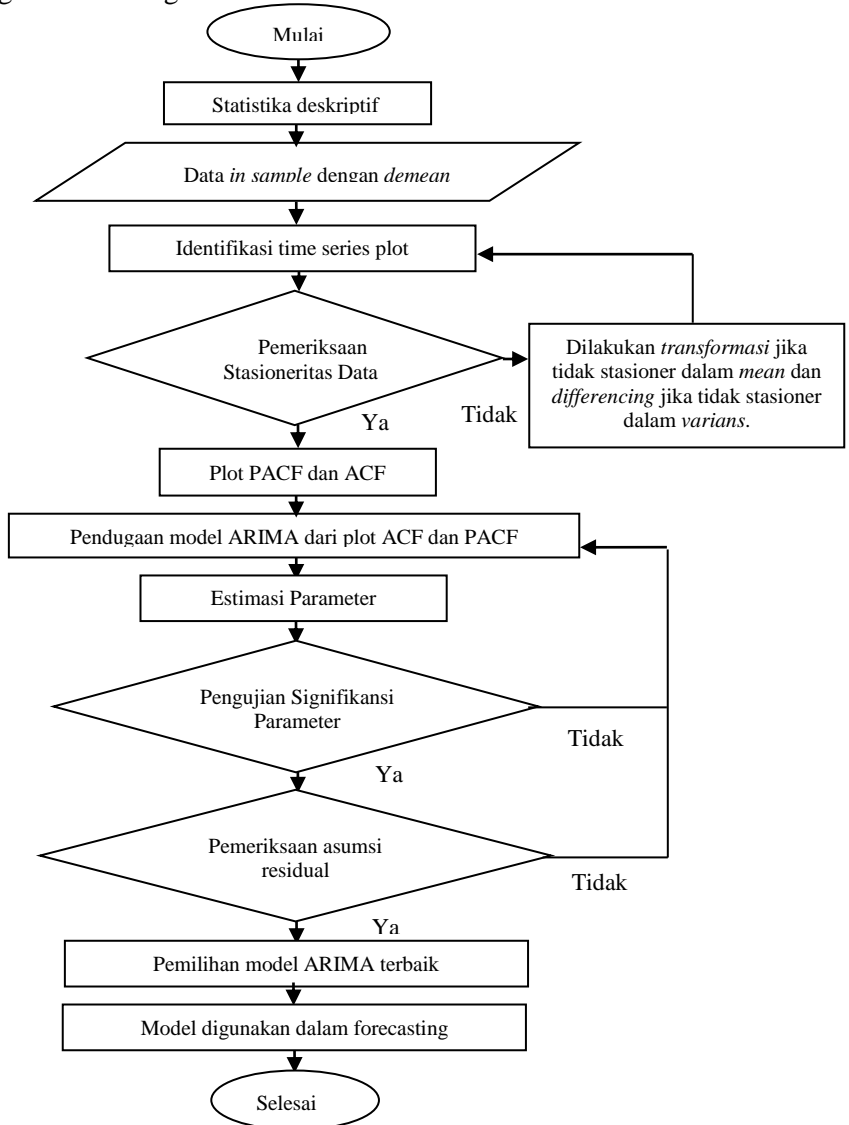
Langkah analisis yang dipakai untuk menganalisis volume air yang didistribusikan ke rumah-rumah pelanggan adalah sebagai berikut.

1. Membagi data *time series* menjadi data *in sample* dan *out sample*.
2. Melakukan proses *demean* pada data *in sample*.
3. Membuat *time series* plot pada data *in sample* untuk melakukan identifikasi pola *time series* data volume air yg didistribusi PDAM Kabupaten Tulungagung.
4. Melihat stasioneritas *varians* pada data *in sample*. Jika data *in sample* tidak *stasioner* dalam *varians* maka dilakukan transformasi *box-cox*.
5. Setelah data stasioner dalam *varians*, kemudian melihat stasioneritas data dalam *mean*. Jika data terindikasi tidak *stasioner* terhadap *mean*, maka dilakukan *differencing*.

6. Selanjutnya dilakukan pembuatan plot ACF dan PACF.
7. Identifikasi dan pendugaan model sementara berdasarkan plot ACF dan PACF yang dibuat.
8. Uji asumsi, signifikansi parameter dan pemeriksaan diagnostic residual pada model yang diduga.
9. Jika semua asumsi telah terpenuhi, melakukan peramalan beberapa periode ke depan sesuai dugaan model yang telah didapatkan. Peramalan dilakukan sebanyak periode yang sesuai atau sesuai dengan banyaknya data pada *out sample*, selanjutnya dihitung nilai MSE dan MAPE pada *out sample* yang nantinya juga akan digunakan untuk menentukan model untuk peramalan yang paling tepat.
10. Membandingkan model dugaan yang mungkin diterapkan pada data dengan melihat kriteria MSE dan MAPE pada data *out sample*. Model terbaik akan diterapkan untuk peramalan beberapa periode ke depan.
11. Setelah terpilih satu model yang paling baik, maka peramalan ke depan dilakukan dengan melibatkan semua data.
12. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil peramalan.

3.4 Diagram Alir

Berdasarkan langkah metode analisis data, dapat dibuat diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan pada bab ini akan dilakukan analisis pada data volume air yang didistribusikan ke pelanggan PDAM Kabupaten Tulungagung. Data akan dianalisis dengan menggunakan statistika deskriptif dan metode ARIMA *Box-Jenkins*.

4.1 Karakteristik Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Statistika deskriptif merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2013. Berikut ini hasil analisis menggunakan statistika deskriptif dari data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.

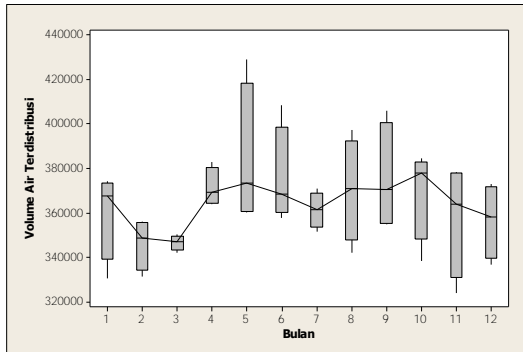
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Volume Air Terdistribusi

Variabel	n	Mean	StDev	Minimum	Maximum
Volume Air Terdistribusi	48	364536	20816	324058	428999

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa rata-rata volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2013 sebesar 364.536 m^3 dengan standar deviasi sebesar 20.816 m^3 . Volume air yang didistribusikan pada bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2013 paling sedikit terjadi pada bulan November 2010 yaitu sebesar 324.058 m^3 , sedangkan yang paling banyak terjadi pada bulan Mei 2011.

Jumlah air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung berubah-ubah setiap bulan. Untuk mengetahui adanya perubahan volume air yang didistribusikan setiap

bulannya maka digunakan boxplot. Boxplot yang akan dijelaskan adalah volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung pada bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2012.



Gambar 4.1 *Boxplot* Volume Air yang Didistribusikan

Berdasarkan Gambar 4.1 *boxplot* volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung menunjukkan bahwa pada bulan Maret volume air yang didistribusikan mempunyai variabilitas yang paling kecil artinya volume air yang didistribusikan pada bulan Maret cenderung lebih homogen atau hampir sama pada setiap tahunnya. Sedangkan pada bulan Mei, volume air yang didistribusikan memiliki variabilitas yang paling tinggi dimana volume air yang didistribusikan pada bulan Mei lebih heterogen atau cenderung mengalami fluktuasi yang tinggi, sehingga pada bulan Mei perlu dilakukan antisipasi yang lebih agar kebutuhan masyarakat terhadap air tetap bisa dipenuhi.

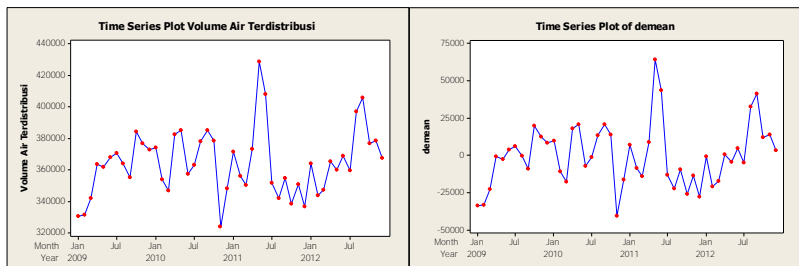
4.2 **Pemodelan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung dengan ARIMA Box-Jenkins**

Sebelum melakukan analisis untuk menentukan model terbaik untuk peramalan, data akan dibagi menjadi data *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk membangun model peramalan yang terdiri dari data volume air yang

didistribusikan mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2012. Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk pemodelan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins* yaitu data harus stasioner terhadap mean dan varians. Kemudian melakukan estimasi parameter, *diagnostic checking*, tahap pemilihan model terbaik serta melakukan peramalan untuk beberapa periode kedepan. Data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung merupakan data yang bergerak pada level μ , sehingga akan dilakukan proses *demean* terlebih dahulu dengan cara mengurangi nilai masing-masing data dengan rata-rata(μ) dari data tersebut sehingga diperoleh $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$. Berikut tahapan dari metode ARIMA *Box-Jenkins* pada data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.

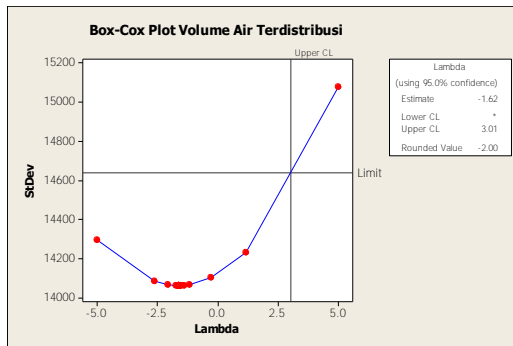
4.2.1 Pemeriksaan Stasioneritas dan Identifikasi Model ARIMA *Box-Jenkins* pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Tahap identifikasi model yang pertama dilakukan adalah memeriksa stasioneritas data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung. Secara visual, stasioneritas data bisa dilihat dari *time series plot*. Berikut hasil *time series plot* dari data in sample volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.



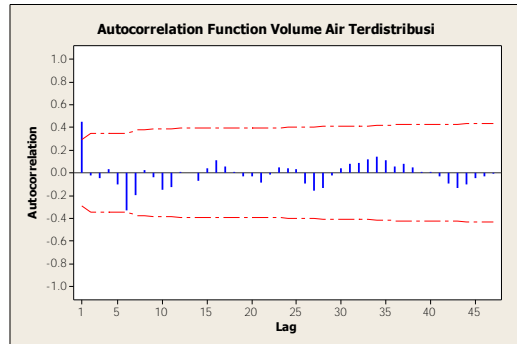
Gambar 4.2 Time Series Plot Volume Air Terdistribusi Sebelum dan Sesudah Proses *Demean*

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2012 mengalami fluktuasi volume air. Secara visual dapat dikatakan bahwa data cenderung sudah stasioner dalam *mean* karena data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata. Setelah membuat *time series plot*, dilakukan pengujian stasioneritas terhadap *mean* dan varians pada data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung untuk memenuhi syarat melakukan analisis menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins. Stasioneritas terhadap varians dapat diketahui berdasarkan *rounded value*. Jika nilai *rounded value* bernilai satu atau selang interval dari data sudah melewati angka satu maka data sudah diindikasikan stasioner dalam varians. Berikut *rounded value* dari volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.



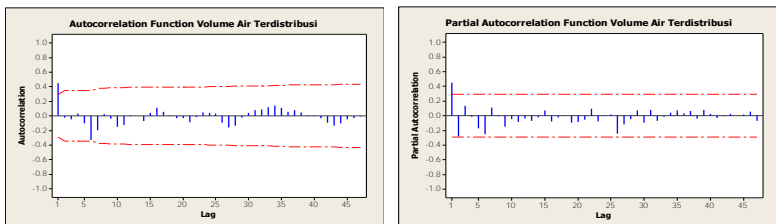
Gambar 4.3 Box-Cox Plot Volume Air Terdistribusi

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh rounded value sebesar -2, selain itu pada nilai selang interval sudah memuat nilai 1, sehingga diindikasikan data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung sudah stasioner terhadap varians. Setelah data sudah memenuhi asumsi stasioner terhadap varians, selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan stasioneritas terhadap *mean* dengan menggunakan plot ACF.



Gambar 4.4 Plot ACF Volume Air Terdistribusi

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa plot-plotnya turun secara cepat, sehingga dapat diindikasikan bahwa data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung sudah stasioner terhadap *mean*. Data yang telah memenuhi asumsi stasioner terhadap *mean* dan varians dapat dilakukan pendugaan model yang terbentuk. Pendugaan model dapat dilakukan dengan melihat plot ACF dan PACF dari data. Berikut hasil plot ACF dan PACF dari data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.



Gambar 4.5 Plot ACF dan PACF Volume Air Terdistribusi

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa pada plot ACF *cuts off* setelah lag 1. Begitu juga pada plot PACF *cuts off* setelah lag 1, sehingga model yang dapat diduga berdasarkan plot ACF dan PACF adalah ARIMA (1,0,0), ARIMA (2,0,0), ARIMA (0,0,1), ARIMA (1,0,1), ARIMA (1,0,2) dan ARIMA

(2,0,1). Selanjutnya akan dilakukan penaksiran parameter untuk masing-masing model ARIMA.

4.2.2 Penaksiran Parameter Model ARIMA pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Setelah dilakukan pemeriksaan stasioneritas data dan identifikasi model yang diduga pada data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung selanjutnya dilakukan penaksiran parameter. Berikut ini penaksiran parameter dari model dugaan volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung.

Pengujian signifikansi untuk parameter AR adalah sebagai berikut.

Hipotesis

$$H_0 : \phi_p = 0 \text{ (Parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_p \neq 0 \text{ (Parameter signifikan)}$$

Statistik Uji

$$t = \frac{\hat{\phi}}{SE(\hat{\phi})}$$

Titik Kritis

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; (n-np)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

Sedangkan untuk pengujian signifikansi parameter MA adalah sebagai berikut.

Hipotesis

$$H_0 : \theta_q = 0 \text{ (Parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \theta_q \neq 0 \text{ (Parameter signifikan)}$$

Statistik Uji

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

Titik Kritis

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; (n-np)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

Berikut ini tabel penaksiran parameter dari model dugaan untuk volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Tabel 4.2 Pengujian Signifikansi Parameter dari Model yang Diduga

Model Yang Diduga	Parameter	Estimasi	P-Value	Keterangan
ARIMA(0,0,1)	MA (1)	-0.6249	0,000	Signifikan
ARIMA(1,0,0)	AR (1)	0,4779	0,000	Signifikan
ARIMA(2,0,0)	AR (1)	0.6022	0,000	Signifikan
	AR (2)	-0.2977	0,040	Signifikan
ARIMA(1,0,1)	AR (1)	0.072	0,760	Tidak Signifikan
	MA (1)	-0.5787	0,004	Signifikan
ARIMA(1,0,2)	AR (1)	0,7498	0,000	Signifikan
	MA (1)	0,3149	0,033	Signifikan
	MA (2)	0,6657	0,000	Signifikan
ARIMA(2,0,1)	AR (1)	1.3822	0,000	Signifikan
	AR (2)	-0.6085	0,000	Signifikan
	MA (1)	0.9864	0,000	Signifikan

Berdasarkan Tabel 4.2 dari ke-enam model yang diduga, terdapat 1 model dimana salah satu parameter memberikan keputusan gagal tolak H_0 karena nilai $p\text{-value}$ yang dihasilkan lebih dari 0,05, yang artinya pada taraf signifikan 5% parameter dari model yang diduga tidak signifikan. Sedangkan lima model yang lain semua parameternya memberikan keputusan tolak H_0 karena nilai $p\text{-value}$ yang dihasilkan kurang dari 0,05, yang artinya pada taraf signifikan 5% parameter dari model yang diduga signifikan. Sehingga terdapat 5 model yaitu ARIMA

(0,0,1), ARIMA (1,0,0), ARIMA (2,0,0), ARIMA (1,0,2) dan ARIMA (2,0,1) yang dilanjutkan untuk *diagnostic checking* atau pemeriksaan residual untuk memenuhi asumsi *white noise* dan asumsi residual berdistribusi normal.

4.2.3 *Diagnostic Checking* pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Diagnostic Checking untuk data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung pada bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2012 bertujuan untuk mengetahui apakah residual sudah memenuhi asumsi *white noise* dan asumsi residual berdistribusi normal. Berikut ini pengujian *Ljung-Box* untuk memeriksa residual memenuhi asumsi *white noise*.

Hipotesis

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0 \text{ (residual } white \text{ noise)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada 1 } \rho_k \neq 0 \text{ , } k = 1, 2, 3, \dots, K \text{ (residual tidak } white \text{ noise)}$$

Statistik Uji

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

Titik Kritis

$$\text{Tolak } H_0 \text{ jika } Q > \chi_{\alpha, k-m}^2 \text{ atau } p\text{-value} < \alpha$$

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa dari ke-lima model terdapat 1 model yaitu ARIMA(2,0,1) dimana pada lag 12 menghasilkan keputusan tolak H_0 karena nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05. Artinya pada taraf signifikan 5% lag 12 dari model ARIMA(2,0,1) tidak memenuhi asumsi *white noise*. Sehingga model ARIMA(2,0,1) tidak bisa digunakan untuk peramalan. Sedangkan pada ke-empat model menghasilkan keputusan yang sama, yaitu gagal tolak H_0 karena nilai *p-value* lebih besar dari 0,05. Artinya pada taraf signifikan 5% keempat model yang diduga telah memenuhi asumsi *white noise*.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian White Noise

Model Yang Diduga	Lag	P-Value	Keterangan
ARIMA(0,0,1)	12	0,752	White Noise
	24	0,974	
	36	0,983	
ARIMA(1,0,0)	12	0,069	White Noise
	24	0,458	
	36	0,776	
ARIMA(2,0,0)	12	0,406	White Noise
	24	0,844	
	36	0,939	
ARIMA(1,0,2)	12	0,547	White Noise
	24	0,919	
	36	0,963	
ARIMA(2,0,1)	12	0,027	Tidak White Noise
	24	0,211	
	36	0,708	

Selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan asumsi residual berdistribusi normal. Berikut ini pengujian asumsi residual berdistribusi normal dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov*.
Hipotesis :

$H_0: F(x) = F_0(x)$ (residual mengikuti distribusi normal)

$H_1: F(x) \neq F_0(x)$ (residual tidak mengikuti distribusi normal)

Statistik uji :

$$\text{Titik Kritis : } D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$$

Tolak H_0 jika $D > D_{(1-\alpha, n)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kenormalan Residual Data

Model Yang Diduga	Statistik Uji D	P-Value	Keterangan
ARIMA(0,0,1)	0,085	>0,150	Berdistribusi Normal
ARIMA(1,0,0)	0,095	>0,150	Berdistribusi Normal
ARIMA(2,0,0)	0,095	>0,150	Berdistribusi Normal
ARIMA(1,0,2)	0,066	>0,150	Berdistribusi Normal

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa ke-empat model memberikan keputusan yang sama yaitu gagal tolak H_0 karena *p-value* lebih besar dari 0,05. Sehingga keempat model yang diduga telah memenuhi asumsi residual berdistribusi normal.

4.2.4 Pemilihan Model untuk Peramalan pada Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Setelah dilakukan *diagnostic checking* pada semua dugaan model, maka selanjutnya adalah memilih model yang terbaik untuk peramalan. Suatu hasil ramalan dapat dikatakan baik, jika nilai dari model ramalannya dekat dengan data aktual, sehingga memiliki tingkat kesalahan peramalan yang kecil. Pemilihan model terbaik menggunakan kriteria kesalahan peramalan MSE dan MAPE yang diperoleh dari selisih antara data *out sample* dengan hasil ramalan dari masing-masing model. Hasil perhitungan MSE dan MAPE pada masing-masing model adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Kriteria Kesalahan Peramalan

Model yang Diduga	MSE	MAPE
ARIMA(0,0,1)	246789102	3.43%
ARIMA(1,0,0)	238367270	3.41%
ARIMA(2,0,0)	239878875	3.40%
ARIMA(1,0,2)	226091595	3.37%

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai kesalahan peramalan pada model ARIMA (1,0,2) lebih kecil jika dibandingkan dengan model ARIMA (0,0,1), ARIMA (1,0,0), dan ARIMA (2,0,0). Sehingga model terbaik yang digunakan untuk peramalan adalah model ARIMA (1,0,2). Bentuk umum dari model ARIMA(1,0,2) adalah sebagai berikut.

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

Dimana $\phi_1 = 0,7498$; $\theta_1 = 0,3149$; $\theta_2 = 0,6657$; $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$
Sehingga model dari ARIMA(1,0,2) menjadi

$$\dot{Z}_t = 0,7498\dot{Z}_{t-1} - 0,3149a_{t-1} - 0,6657a_{t-2} + a_t$$

Model tersebut dapat diartikan bahwa volume distribusi air di PDAM Kabupaten Tulungagung pada periode ke-t dipengaruhi oleh data 1 bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh nilai kesalahan peramalan 1 dan 2 periode sebelumnya. Model ini akan menjadi acuan untuk meramalakan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung pada beberapa periode ke depan, yaitu Januari – Desember 2014. Mengingat bahwa Z_t adalah data yang telah *didemean*, maka model Z_t dapat dituliskan

$$Z_t - \mu = 0,7498(Z_{t-1} - \mu) - 0,3149a_{t-1} - 0,6657a_{t-2} + a_t$$

$$Z_t - 364536 = 0,7498(Z_{t-1} - 364536) - 0,3149a_{t-1} - 0,6657a_{t-2} + a_t$$

$$Z_t = 91207 + 0,7498Z_{t-1} - 0,3149a_{t-1} - 0,6657a_{t-2} + a_t$$

4.3 Peramalan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Model terbaik untuk meramalakan volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung adalah model ARIMA (1,0,2). Peramalan dilakukan dengan melibatkan seluruh data yang sudah mengalami proses *demean* kemudian hasil ramalan tersebut ditambahkan oleh rata-rata data asli, yaitu $Z_t = \dot{Z}_t + \mu$ sehingga hasil ramalan pada PDAM Kabupaten Tulungagung dari model ARIMA(1,0,2) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Ramalan Air yang Didistribusikan

Periode	Forecast
Januari 2014	352668.33
Februari 2014	359392.18
Maret 2014	360561.58
April 2014	361456.47
Mei 2014	362141.3
Juni 2014	362665.37
Juli 2014	363066.42
Agustus 2014	363373.33
September 2014	363608.19
Oktober 2014	363787.93
Nopember 2014	363925.47
Desember 2014	364030.73

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui hasil ramalan yang menunjukkan volume air yang didistribusikan berfluktuasi dengan standar deviasi 3.197 m^3 . Volume air yang didistribusikan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2014 yaitu sebesar 364030.73 m^3 . Rata-rata volume air yang harus didistribusikan setiap bulannya sebesar 361723 m^3 .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis terhadap data volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Rata-rata volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2012 sebesar 364.536 m³ dengan standar deviasi sebesar 20.816 m³. Volume air yang didistribusikan pada bulan Januari 2009 sampai dengan Desember 2013 paling sedikit terjadi pada bulan November 2010 yaitu sebesar 324.058 m³, sedangkan yang paling banyak terjadi pada bulan Mei 2011 yaitu sebesar 428.999 m³.
2. Model ARIMA terbaik yang digunakan untuk meramalkan volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung adalah model ARIMA(1,0,2). Persamaan model matematis untuk model tersebut adalah
$$Y_t = 91207 + 0,7498Y_{t-1} - 0,3149a_{t-1} - 0,6657a_{t-2} + a_t$$
Model tersebut dapat diartikan bahwa volume distribusi air di PDAM Kabupaten Tulungagung pada periode ke-t dipengaruhi oleh data 1 bulan sebelumnya dan dipengaruhi oleh nilai kesalahan peramalan 1 dan 2 periode sebelumnya.
3. Hasil peramalan volume air yang didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung pada periode Januari – Desember 2014 tertinggi terjadi pada bulan Desember 2014 yaitu sebesar 364030,7 m³. Rata-rata volume air

yang harus didistribusikan setiap bulannya sekitar 361723 m³ dengan standard deviasi sebesar 3.197 m³.

Periode	Forecast
Januari 2014	352668.3
Februari 2014	359392.2
Maret 2014	360561.6
April 2014	361456.5
Mei 2014	362141.3
Juni 2014	362665.4
Juli 2014	363066.4
Agustus 2014	363373.3
September 2014	363608.2
Oktober 2014	363787.9
Nopember 2014	363925.5
Desember 2014	364030.7

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan peneliti untuk PDAM Kabupaten Tulungagung adalah selalu melakukan antisipasi terhadap hambatan-hambatan yang dapat mempengaruhi pendistribusian air bersih kepada masyarakat serta memantau secara rutin untuk kelancaran pendistribusian air sehingga dapat menekan kebocoran air bersih, dikarenakan air merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat. Penggunaan metode yang tepat dalam memprediksi kebutuhan air bersih juga akan sangat membantu. Saran untuk penelitian berikutnya, dapat menggunakan metode time series lainnya dalam menentukan model terbaik untuk meramalkan volume air yang didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung maupun di PDAM lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowerman, B. L., dan O'Connell, R. T. (1993). *Forecasting and Time Series : an Applied Approach*, 2nd Edition. California: Duxbury Press.
- Cryer, J.D., dan Chan, K.S. (2008). *Time Series Analysis With Applications in R*. Second Edition. New York: Springer.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Non Parametrik Terapan*. Jakarta : Gramedia
- Lubis. (2012). Krisis Air di Kota. Artikel yang diakses dari <http://geotek.lipi.go.id> pada Senin 31 Desember 2013, pukul 20.00 WIB.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E.(1999). Jilid 1 Edisi Kedua, Terjemahan Ir. Hari Suminto. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta : Bina Rupa Aksara.
- PDAM Kabupaten Tulungagung. 2011. *Corporate Plan PDAM Kabupaten Tulungagung Periode 2012-2016*. Tulungagung
- Sandy. (2012). Evaluasi Potensi Mata Air Geger sebagai Suplai Kebutuhan Air Bersih Penduduk Kecamatan Sendang Tulungagung. Artikel yang diakses dari <http://karya-ilmiah.um.ac.id> pada Senin 31 Desember 2013, pukul 20.30 WIB.
- Tulungagung.go.id. (2012). Industri. Artikel yang diakses dari <http://www.tulungagung.go.id> pada Senin 31 Desember 2013, pukul 21.00 WIB.
- Vitta. (2007). *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik di Perumnas Banyumanik*. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang

- Walpole, R.E. 1995. Pengantar Statistika Edisi ke-3. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wei, W. W. S. (2006). Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2nd Edition. New York: Pearson.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Kiky Yuzie Handi Hasnan Pratiwi yang biasa dipanggil “Kiky”. Dilahirkan di Trenggalek pada tanggal 26 September 1993. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kampungdalem 1 Tulungagung, SMPN 1 Tulungagung, SMAN 1 Boyolangu Tulungagung. Setelah lulus SMA pada tahun 2011, penulis mengikuti ujian masuk Program Studi Diploma III Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan diterima sebagai mahasiswa jurusan Statistika

Program Studi Diploma III ITS dengan NRP 1311030046. Pada tahun 2014 penulis lulus DIII dengan Tugas Akhirnya yang berjudul **“Peramalan Volume Air yang Didistribusikan di PDAM Kabupaten Tulungagung Menggunakan Metode ARIMA *Box-Jenkins*”**. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan yaitu Divisi Professional Statistics (PSt) Himasta ITS sebagai staff operasional dan Kopma dr. Angka ITS sebagai asisten direktur bidang bisnis. Apabila pembaca ingin memberikan kritik dan saran terkait Tugas Akhir ini dapat mengirimkan email ke kikyuzie@gmail.com.

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A	37
Lampiran B	39

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

1. Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi	Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi
2009	1	330726	2011	1	371498
2009	2	331226	2011	2	356028
2009	3	341879	2011	3	350348
2009	4	363788	2011	4	373416
2009	5	361878	2011	5	428999
2009	6	368157	2011	6	408353
2009	7	370727	2011	7	351496
2009	8	364015	2011	8	342184
2009	9	355378	2011	9	354916
2009	10	384303	2011	10	338479
2009	11	376967	2011	11	351027
2009	12	372874	2011	12	336612
2010	1	374227	2012	1	363893
2010	2	353792	2012	2	343686
2010	3	346920	2012	3	347295
2010	4	382723	2012	4	365212
2010	5	385072	2012	5	360221
2010	6	357535	2012	6	369046
2010	7	363138	2012	7	359485
2010	8	377980	2012	8	397293
2010	9	385438	2012	9	405756
2010	10	378584	2012	10	376759

(Lanjutan) Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi	Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi
2010	11	324058	2012	11	378418
2010	12	348277	2012	12	367665
2013	1	378990	2013	7	351986
2013	2	358544	2013	8	383682
2013	3	331783	2013	9	372060
2013	4	342900	2013	10	369342
2013	5	362695	2013	11	385884
2013	6	365796	2013	12	361023

2. Data In Sample Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung Setelah Proses *Demean*

Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi	Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi
2009	1	-33810.4	2011	1	6961.604
2009	2	-33310.4	2011	2	-8508.4
2009	3	-22657.4	2011	3	-14188.4
2009	4	-748.396	2011	4	8879.604
2009	5	-2658.4	2011	5	64462.6
2009	6	3620.604	2011	6	43816.6
2009	7	6190.604	2011	7	-13040.4
2009	8	-521.396	2011	8	-22352.4
2009	9	-9158.4	2011	9	-9620.4
2009	10	19766.6	2011	10	-26057.4
2009	11	12430.6	2011	11	-13509.4
2009	12	8337.604	2011	12	-27924.4
2010	1	9690.604	2012	1	-643.396

**(Lanjutan) Data In Sample Volume Air yang Didistribusikan
PDAM Kabupaten Tulungagung Setelah Proses Demean**

Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi	Tahun	Bulan	Volume Air Terdistribusi
2010	2	-10744.4	2012	2	-20850.4
2010	3	-17616.4	2012	3	-17241.4
2010	4	18186.6	2012	4	675.6042
2010	5	20535.6	2012	5	-4315.4
2010	6	-7001.4	2012	6	4509.604
2010	7	-1398.4	2012	7	-5051.4
2010	8	13443.6	2012	8	32756.6
2010	9	20901.6	2012	9	41219.6
2010	10	14047.6	2012	10	12222.6
2010	11	-40478.4	2012	11	13881.6
2010	12	-16259.4	2012	12	3128.604

LAMPIRAN B

**1. Nilai ACF Data Volume Air yang Didistribusikan PDAM
Kabupaten Tulungagung**

Autocorrelation Function: demean

Lag	ACF	T	LBQ	Lag	ACF	T	LBQ
1	0.450897	3.12	10.38	25	0.033678	0.17	25.36
2	-0.024956	-0.15	10.41	26	-0.094291	-0.48	26.33
3	-0.045316	-0.26	10.52	27	-0.158081	-0.79	29.19
4	0.028955	0.17	10.57	28	-0.132654	-0.66	31.30
5	-0.100860	-0.59	11.14	29	-0.021754	-0.11	31.36
6	-0.333269	-1.93	17.48	30	0.043124	0.21	31.61
7	-0.198975	-1.07	19.80	31	0.074973	0.37	32.40
8	0.025796	0.14	19.84	32	0.086360	0.42	33.52
9	-0.040345	-0.21	19.94	33	0.122140	0.59	35.91
10	-0.150727	-0.79	21.38	34	0.139706	0.68	39.25
11	-0.122415	-0.63	22.35	35	0.111793	0.54	41.56
12	0.009487	0.05	22.35	36	0.056398	0.27	42.19
13	0.003630	0.02	22.36	37	0.079522	0.38	43.57

14	-0.073693	-0.38	22.74	38	0.047646	0.23	44.12
15	0.039323	0.20	22.85	39	0.006110	0.03	44.13
16	0.108088	0.55	23.73	40	0.005136	0.02	44.14
17	0.058400	0.30	23.99	41	-0.035358	-0.17	44.57
18	0.006090	0.03	23.99	42	-0.092752	-0.44	48.01
19	-0.028297	-0.14	24.06	43	-0.136314	-0.64	56.93
20	-0.035264	-0.18	24.17	44	-0.103979	-0.49	63.41
21	-0.089941	-0.46	24.89	45	-0.046476	-0.22	65.14
22	-0.019044	-0.10	24.92	46	-0.028162	-0.13	66.09
23	0.044782	0.23	25.11	47	-0.005194	-0.02	66.16
24	0.036084	0.18	25.24				

**2. Nilai PACF Data Volume Air yang Didistribusikan
PDAM Kabupaten Tulungagung
Partial Autocorrelation Function: demean**

Lag	PACF	T	Lag	PACF	T
1	0.450897	3.12	25	0.015442	0.11
2	-0.286515	-1.99	26	-0.244097	-1.69
3	0.134489	0.93	27	-0.118505	-0.82
4	-0.017756	-0.12	28	-0.050003	-0.35
5	-0.172765	-1.20	29	0.070596	0.49
6	-0.254315	-1.76	30	-0.090723	-0.63
7	0.109200	0.76	31	0.077956	0.54
8	-0.011312	-0.08	32	-0.073115	-0.51
9	-0.147071	-1.02	33	-0.015887	-0.11
10	-0.043918	-0.30	34	0.035854	0.25
11	-0.090682	-0.63	35	0.071941	0.50
12	-0.042153	-0.29	36	0.035143	0.24
13	-0.070781	-0.49	37	0.066530	0.46
14	-0.025619	-0.18	38	-0.043147	-0.30
15	0.067154	0.47	39	0.079192	0.55
16	-0.081445	-0.56	40	0.022591	0.16
17	-0.021408	-0.15	41	-0.028372	-0.20
18	0.006425	0.04	42	-0.007290	-0.05
19	-0.095753	-0.66	43	0.023617	0.16
20	-0.085038	-0.59	44	-0.003121	-0.02
21	-0.056352	-0.39	45	0.014417	0.10
22	0.097069	0.67	46	0.055777	0.39
23	-0.075275	-0.52	47	-0.068621	-0.48
24	0.010370	0.07			

3. Pengujian Signifikansi Parameter Model Peramalan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Model ARIMA (0,0,1)

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	-0.6249	0.1134	-5.51	0.000

Model ARIMA (1,0,0)

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0.4779	0.1276	3.75	0.000

Model ARIMA (2,0,0)

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0.6022	0.1403	4.29	0.000
AR	2	-0.2977	0.1409	-2.11	0.040

Model ARIMA (1,0,1)

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0.0720	0.2343	0.31	0.760
MA	1	-0.5787	0.1922	-3.01	0.00

Model ARIMA (1,0,2)

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0.7498	0.1269	5.91	0.000
MA	1	0.3149	0.1434	2.20	0.033
MA	2	0.6657	0.1164	5.72	0.000

Model ARIMA (2,0,1)

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1.3822	0.1241	11.14	0.000
AR	2	-0.6085	0.1216	-5.00	0.000
MA	1	0.9864	0.0517	19.07	0.000

4. Pemeriksaan *White Noise* Model Peramalan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

Model ARIMA (0,0,1)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.6	11.8	19.6	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.752	0.974	0.983	*

Model ARIMA (1,0,0)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18.6	23.0	28.4	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.069	0.458	0.776	*

Model ARIMA (2,0,0)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.4	15.4	22.3	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0.406	0.844	0.939	*

Model ARIMA (1,0,1)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.8	12.4	19.5	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0.644	0.948	0.978	*

Model ARIMA (1,0,2)

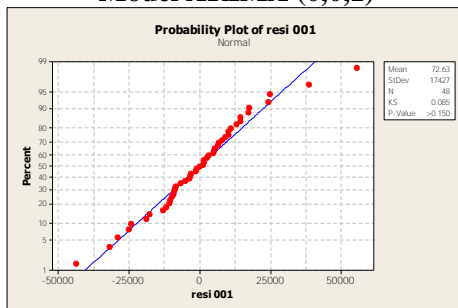
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.9	12.7	20.0	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0.547	0.919	0.963	*

Model ARIMA (2,0,1)

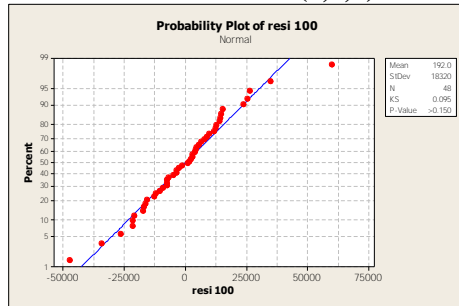
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18.8	25.9	28.1	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0.027	0.211	0.708	*

5. Pemeriksaan Kenormalan Model Peramalan Volume Air yang Didistribusikan PDAM Kabupaten Tulungagung

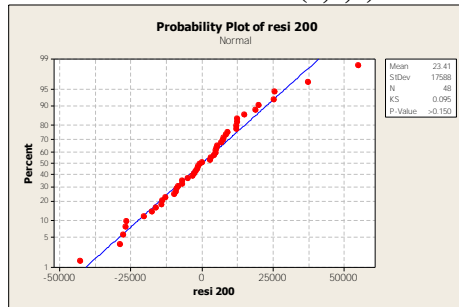
Model ARIMA (0,0,1)



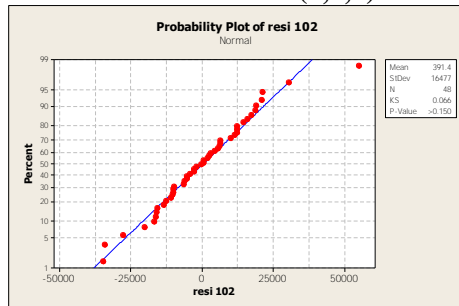
Model ARIMA (1,0,0)



Model ARIMA (2,0,0)



Model ARIMA (1,0,2)



6. Nilai *Forecast Data Out Sampel* untuk Model ARIMA (0,0,1)

Forecast	Forecast + μ
-3091.6321	361444.76
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4
0	364536.4

Perhitungan Manual Kriteria MSE *Out Sample*

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$Z_t - \hat{Z}_t$	$ Z_t - \hat{Z}_t ^2$
Januari 2013	378990	361444.76	17545.236	307835314.7
Februari 2013	358544	364536.4	-5992.3958	35908807.82
Maret 2013	331783	364536.4	-32753.396	1072784939
April 2013	342900	364536.4	-21636.396	468133624.7
Mei 2013	362695	364536.4	-1841.3958	3390738.615
Juni 2013	365796	364536.4	1259.6042	1586602.657
Juli 2013	351986	364536.4	-12550.396	157512435.6
Agustus 2013	383682	364536.4	19145.604	366554158.9
September 2013	372060	364536.4	7523.6042	56604619.66
Oktober 2013	369342	364536.4	4805.6042	23093831.41

(Lanjutan) Perhitungan Manual Kriteria MSE Out Sample

November 2013	385884	364536.4	21347.604	455720203.7
Desember 2013	361023	364536.4	-3513.3958	12343950.28
MSE				246789102.2

Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Januari 2013	378990	361444.76	17545.24	0.048542
Februari 2013	358544	364536.4	5992.396	0.016438
Maret 2013	331783	364536.4	32753.4	0.089849
April 2013	342900	364536.4	21636.4	0.059353
Mei 2013	362695	364536.4	1841.396	0.005051
Juni 2013	365796	364536.4	1259.604	0.003455
Juli 2013	351986	364536.4	12550.4	0.034428
Agustus 2013	383682	364536.4	19145.6	0.05252
September 2013	372060	364536.4	7523.604	0.020639
Oktober 2013	369342	364536.4	4805.604	0.013183
November 2013	385884	364536.4	21347.6	0.058561
Desember 2013	361023	364536.4	3513.396	0.009638
MAPE				3.430%

7. Nilai Forecast Data Out Sampel untuk Model ARIMA (1,0,0)

Forecast	Forecast + μ
1495.12	366031.5
714.4984	365250.9
341.4496	364877.8
163.1743	364699.6

(Lanjutan) Nilai Forecast Data Out Sampel untuk Model ARIMA (1,0,0)

Forecast	Forecast + μ
77.97892	364614.4
37.26512	364573.7
17.80852	364554.2
8.510462	364544.9
4.06704	364540.5
1.943586	364538.3
0.928815	364537.3
0.443869	364536.8

Perhitungan Manual Kriteria MSE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$Z_t - \hat{Z}_t$	$ Z_t - \hat{Z}_t ^2$
Januari 2013	378990	366031.5	12958.48	167922322.2
Februari 2013	358544	365250.9	-6706.89	44982430.05
Maret 2013	331783	364877.8	-33094.8	1095268792
April 2013	342900	364699.6	-21799.6	475221260
Mei 2013	362695	364614.4	-1919.37	3683999.432
Juni 2013	365796	364573.7	1222.339	1494112.747
Juli 2013	351986	364554.2	-12568.2	157959760.7
Agustus 2013	383682	364544.9	19137.09	366228355.5
September 2013	372060	364540.5	7519.537	56543438.6
Oktober 2013	369342	364538.3	4803.661	23075154.97
November 2013	385884	364537.3	21346.68	455680548.6
Desember 2013	361023	364536.8	-3513.84	12347069.45
MSE				238367270.4

Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Januari 2013	378990	366031.5	12958.48	0.034192
Februari 2013	358544	365250.9	6706.894	0.018706
Maret 2013	331783	364877.8	33094.85	0.099748
April 2013	342900	364699.6	21799.57	0.063574
Mei 2013	362695	364614.4	1919.375	0.005292
Juni 2013	365796	364573.7	1222.339	0.003342
Juli 2013	351986	364554.2	12568.2	0.035707
Agustus 2013	383682	364544.9	19137.09	0.049877
September 2013	372060	364540.5	7519.537	0.020211
Oktober 2013	369342	364538.3	4803.661	0.013006
November 2013	385884	364537.3	21346.68	0.055319
Desember 2013	361023	364536.8	3513.84	0.009733
MAPE				3.406%

8. Nilai Forecast Data Out Sampel untuk Model ARIMA (2,0,0)

Forecast	Forecast + μ
-2248.97	362287.4
-2285.71	362250.7
-706.796	363829.6
254.9068	364791.3
363.9261	364900.3
143.2507	364679.6
-22.0896	364514.3
-55.9509	364480.4
-27.1149	364509.3

(Lanjutan) Nilai Forecast Data Out Sampel untuk Model ARIMA (2,0,0)

Forecast	Forecast + μ
0.330371	364536.7
8.271722	364544.7
4.882565	364541.3

Perhitungan Manual Kriteria MSE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$Z_t - \hat{Z}_t$	$ Z_t - \hat{Z}_t ^2$
Januari 2013	378990	362287.4	16702.57	278975992.1
Februari 2013	358544	362250.7	-3706.69	13739518.48
Maret 2013	331783	363829.6	-32046.6	1026984590
April 2013	342900	364791.3	-21891.3	479229132.3
Mei 2013	362695	364900.3	-2205.32	4863444.955
Juni 2013	365796	364679.6	1116.353	1246245.006
Juli 2013	351986	364514.3	-12528.3	156958457
Agustus 2013	383682	364480.4	19201.56	368699715.3
September 2013	372060	364509.3	7550.719	57013358.57
Oktober 2013	369342	364536.7	4805.274	23090656.25
November 2013	385884	364544.7	21339.33	455367109.2
Desember 2013	361023	364541.3	-3518.28	12378282.89
MSE				239878875.2

Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Januari 2013	378990	362287.4	16702.57	0.044071
Februari 2013	358544	362250.7	3706.686	0.010338

(Lanjutan) Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Maret 2013	331783	363829.6	32046.6	0.096589
April 2013	342900	364791.3	21891.3	0.063842
Mei 2013	362695	364900.3	2205.322	0.00608
Juni 2013	365796	364679.6	1116.353	0.003052
Juli 2013	351986	364514.3	12528.31	0.035593
Agustus 2013	383682	364480.4	19201.56	0.050045
September 2013	372060	364509.3	7550.719	0.020294
Oktober 2013	369342	364536.7	4805.274	0.01301
November 2013	385884	364544.7	21339.33	0.0553
Desember 2013	361023	364541.3	3518.278	0.009745
MAPE				3.400%

9. Nilai Forecast Data Out Sampel untuk Model ARIMA (1,0,2)

Forecast	Forecast + μ
-10041.5	354494.9
-9241.69	355294.7
-6929.53	357606.9
-5195.85	359340.5
-3895.91	360640.5
-2921.2	361615.2
-2190.35	362346
-1642.35	362894
-1231.46	363304.9
-923.361	363613
-692.347	363844
-519.13	364017.3

Perhitungan Manual Kriteria MSE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$Z_t - \hat{Z}_t$	$ Z_t - \hat{Z}_t ^2$
Januari 2013	378990	354494.9	24495.12	600010795.6
Februari 2013	358544	355294.7	3249.298	10557938.95
Maret 2013	331783	357606.9	-25823.9	666871805
April 2013	342900	359340.5	-16440.5	270291565.9
Mei 2013	362695	360640.5	2054.515	4221033.15
Juni 2013	365796	361615.2	4180.806	17479136.76
Juli 2013	351986	362346	-10360	107330497.8
Agustus 2013	383682	362894	20787.96	432139161.6
September 2013	372060	363304.9	8755.06	76651082.71
Oktober 2013	369342	363613	5728.965	32821040.45
November 2013	385884	363844	22039.95	485759457.2
Desember 2013	361023	364017.3	-2994.27	8965625.647
MSE				226091595.1

Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Januari 2013	378990	354494.9	24495.12	0.064633
Februari 2013	358544	355294.7	3249.298	0.009062
Maret 2013	331783	357606.9	25823.86	0.077834
April 2013	342900	359340.5	16440.55	0.047946
Mei 2013	362695	360640.5	2054.515	0.005665
Juni 2013	365796	361615.2	4180.806	0.011429
Juli 2013	351986	362346	10360.04	0.029433
Agustus 2013	383682	362894	20787.96	0.05418
September 2013	372060	363304.9	8755.06	0.023531

(Lanjutan) Perhitungan Manual Kriteria MAPE Out Sample

Periode	Z_t	\hat{Z}_t	$ Z_t - \hat{Z}_t $	$ Z_t - \hat{Z}_t / Z_t$
Oktober 2013	369342	363613	5728.965	0.015511
November 2013	385884	363844	22039.95	0.057115
Desember 2013	361023	364017.3	2994.265	0.008294
MAPE				3.372%

10. Hasil Ramalan Periode 2014

Periode	Z_t	$Z_t + \mu$
Januari 2014	-11705.532	352668.33
Februari 2014	-4981.6846	359392.18
Maret 2014	-3812.2885	360561.58
April 2014	-2917.3954	361456.47
Mei 2014	-2232.5686	362141.3
Juni 2014	-1708.4975	362665.37
Juli 2014	-1307.4464	363066.42
Agustus 2014	-1000.5376	363373.33
September 2014	-765.6723	363608.19
Oktober 2014	-585.93908	363787.93
November 2014	-448.39627	363925.47
Desember 2014	-343.14014	364030.73