



**PENERAPAN MODEL STAR (*SPACE TIME AUTOREGRESSIVE*) DAN
ARIMA (*AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE*) UNTUK
PERAMALAN DATA CURAH HUJAN DI KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

Retnaningrum

NIM 091810101028

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2015



**PENERAPAN MODEL STAR (*SPACE TIME AUTOREGRESSIVE*) DAN
ARIMA (*AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE*) UNTUK
PERAMALAN DATA CURAH HUJAN DI KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Retnaningrum

NIM 091810101028

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suparmi dan Ayahanda Sutarno tercinta, yang dengan tulus ikhlas memberikan dukungan moral dan material serta kasih sayangnya yang tidak akan pernah pupus sampai kapanpun;
2. Ketiga adik-adikku tercinta Diana Cahya Ningrum, Yusniar Fidiya Ningrum, Dimas Wahyu Septian, yang selalu memberikan dorongan semangat serta menyayangi dan mendoakanku;
3. Dosen dan guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Dan berdoalah: “Ya Tuhanku, tempatkanlah aku pada tempat yang diberkahi, dan Engkau adalah sebaik-baik yang memberi tempat.”

(Terjemahan Q.S *Al-Mu'minun*: 29)¹⁾

¹⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 2004. *Al Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV Jumanatul Ali-Art.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Retnaningrum

NIM : 091810101028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Penerapan Model STAR (*Space Time Autoregressive*) dan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk Peramalan Data Curah Hujan di Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

Retnaningrum
NIM 091810101028

SKRIPSI

**PENERAPAN MODEL STAR (*SPACE TIME AUTOREGRESSIVE*) DAN
ARIMA (*AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE*) UNTUK
PERAMALAN DATA CURAH HUJAN DI KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Retnaningrum

NIM 091810101028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dian Anggraeni, S.Si, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Penerapan Model STAR (*Space Time Autoregressive*) dan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk Peramalan Data Curah Hujan di Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal:

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si, M.Si.
NIP 197407192000121001

Dian Anggraeni, S.Si, M.Si.
NIP 198202162006042002

Penguji I,

Penguji II,

Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D.
NIP 195912201985031002

Kosala Dwidja P, S.Si, M.Si.
NIP 196908281998021001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Penerapan Model STAR (*Space Time Autoregressive*) dan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk Peramalan Data Curah Hujan di Kabupaten Jember; Retnaningrum; 091810101028; 2015; 82 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Space Time Autoregressive (STAR) merupakan salah satu metode statistik dengan pendekatan *space-time* yang dapat digunakan untuk menganalisis data deret waktu (*time series*) dengan melibatkan faktor geografis (lokasi) dalam melakukan peramalan. Salah satu contoh data yang diduga mempunyai keterkaitan antar waktu dan lokasi adalah data curah hujan di kabupaten Jember, yang mana selain mempunyai keterkaitan dengan data pada waktu sebelum-sebelumnya juga mempunyai keterkaitan dengan data pada lokasi lain yang disebut dengan hubungan spasial. Dalam penelitian ini dilakukan penerapan model STAR dengan bobot lokasi seragam. Selain itu dilakukan pula pemodelan dengan model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) yang mana model ini berbasis data deret waktu tunggal (*univariate*). Pemodelan dengan ARIMA digunakan sebagai pembandingan apabila korelasi spasial tidak signifikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan model peramalan yang sesuai serta mengembangkan model terbaik dalam meramalkan banyaknya curah hujan di kabupaten Jember berdasarkan pendekatan ARIMA dan mendeskripsikan pola curah hujan melalui keterkaitan pada setiap wilayah di kabupaten Jember dengan membentuk model STAR, serta membandingkan hasil peramalan model ARIMA dan STAR pada data curah hujan di kabupaten Jember.

Penelitian ini dilakukan pada data curah hujan bulanan kabupaten Jember pada periode bulan Januari 2005 sampai bulan Desember 2012 (data *training*) dan

data *testing* pada bulan Januari 2013 sampai bulan Juni 2013, yang terdiri dari empat bagian wilayah yakni Jember Barat, Jember Selatan, Jember Tengah, Jember Timur. Proses penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah. Langkah pertama melakukan peramalan data deret waktu ARIMA pada masing-masing wilayah (lokasi) yang melalui tahapan identifikasi model, estimasi parameter dan diagnosa model, memilih model ARIMA terbaik dan melakukan peramalan terhadap model ARIMA yang terbentuk. Langkah kedua melakukan peramalan data deret ruang-waktu dengan model STAR untuk semua lokasi dalam waktu yang bersamaan dengan langkah pemodelan *space* yang melalui tahapan yaitu identifikasi model STAR, estimasi parameter dan diagnosa model STAR, memilih model STAR terbaik dan dilakukan peramalan untuk melihat gambaran curah hujan untuk waktu mendatang. Langkah selanjutnya setelah masing-masing model dari ARIMA dan STAR didapatkan, dilakukan perbandingan ketepatan hasil ramalan berdasarkan nilai kesalahan ramalan terkecil.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan model ramalan terbaik yang sesuai dengan data yaitu model ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Barat, ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Selatan, ARIMA $(1,0,0)(2,0,0)^{12}$ untuk Jember Tengah, ARIMA $(1,0,0)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Timur, dan model STAR (1_1) untuk keempat lokasi. Dari model ARIMA dan STAR yang terbentuk akan dipilih model terbaik yang menghasilkan kesalahan ramalan terkecil. Pemilihan model terbaik didasarkan pada nilai RMSE dari model. Berdasarkan nilai RMSE dari peramalan, didapatkan perbandingan hasil ketepatan ramalan untuk gambaran umum data curah hujan di kabupaten Jember yang diwakili dari empat lokasi menunjukkan bahwa model STAR (1_1) dengan nilai RMSE gabungan 72,69220849 menghasilkan ketepatan ramalan yang lebih baik dari pada model ARIMA yang memiliki nilai RMSE gabungan 99,23743772. Sehingga dapat dikatakan bahwa model yang paling sesuai dengan kondisi data adalah model STAR (1_1) .

PRAKATA

Segala Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Model STAR (*Space Time Autoregressive*) dan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk Peramalan Data Curah Hujan di Kabupaten Jember”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara materil maupun moril. Oleh karena itu, dengan segala hormat penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Alfian Futuhul Hadi, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Dian Anggraeni, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran guna memberikan petunjuk dan bimbingannya dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun dalam penyusunan skripsi ini;
3. Seluruh staf pengajar Program Sarjana (S1) Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember, yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan;
4. Ibunda Suparmi dan Ayahanda Sutarno, yang selalu memberikan kasih sayang, semangat dan doa yang tiada pernah berhenti, serta ketiga adik-adikku tersayang yang telah memberikan perhatian dan dorongan demi terselesaikannya skripsi ini;

5. Teman-teman seperjuanganku di Jurusan Matematika angkatan 2009 atas kekeluargaan dan keceriaan yang selalu kita buat selama masa-masa indah menjadi mahasiswa di kampus tercinta;
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan saudara-saudara semua. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jember, Desember 2015

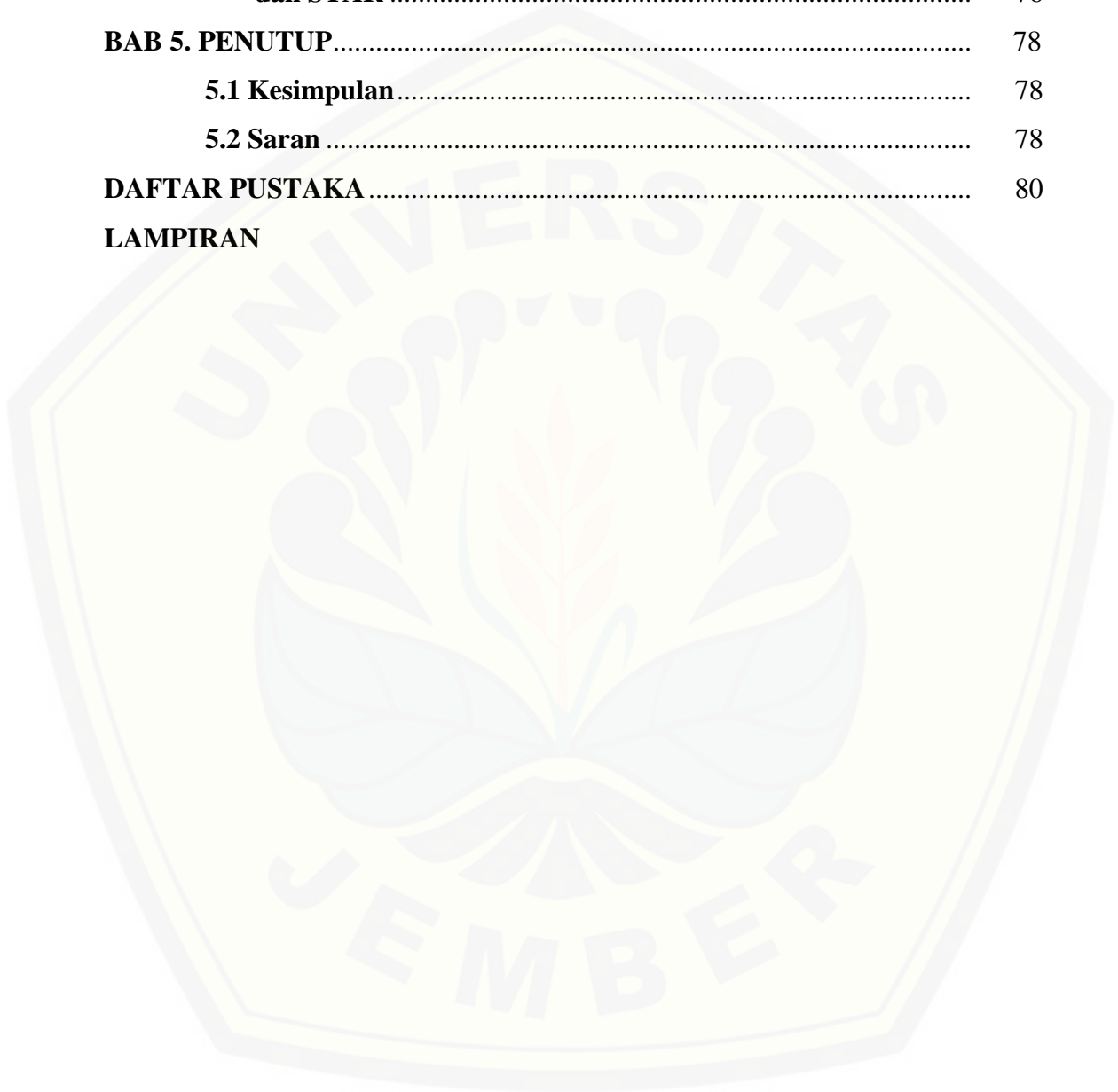
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Analisis Deret Waktu (<i>Time Series Analysis</i>).....	4
2.2 Metode Deret Waktu Box-Jenkins (ARIMA).....	6
2.2.1 Stasioneritas Model Deret Waktu <i>Univariate</i>	7
2.2.2 ACF (<i>Autocorrelation Function</i>) dan PACF (<i>Partial Autocorrelation Function</i>)	9
2.2.3 Model <i>Autoregressive-AR(p)</i>	13

2.2.4 Model <i>Moving Average</i> -MA(q)	13
2.2.5 Model Autoregressive Moving Average-ARMA(p,q).....	14
2.2.6 Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	14
2.3 Metode Deret Waktu <i>Multivariate Ruang-Waktu</i> (<i>Space Time</i>)	20
2.3.1 Stasioneritas Model Deret Waktu <i>Multivariate</i>	21
2.3.2 <i>Matrix Autocorrelation Function</i> (MACF) dan <i>Matrix Partial Autocorrelation Function</i> (MPACF).....	22
2.3.3 Model <i>Space Time Autoregressive</i> (STAR).....	24
2.3.4 Pemilihan Bobot Lokasi Pada Model STAR	24
2.3.5 Estimasi Parameter Model STAR.....	25
2.3.6 Pengujian Kecocokan Model STAR.....	27
2.3.7 Kriteria Pemilihan Model STAR Terbaik.....	28
BAB 3. METODE PENELITIAN	30
3.1 Data Penelitian	30
3.2 Metode Analisis	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Peramalan Data Deret Waktu Curah Hujan dengan Model ARIMA	39
4.1.1 Peramalan ARIMA Untuk Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat	39
4.1.2 Peramalan ARIMA Untuk Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan	47
4.1.3 Peramalan ARIMA Untuk Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah	53
4.1.4 Peramalan ARIMA Untuk Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur	59

4.2 Peramalan Data Curah Hujan dengan Model STAR.....	65
4.3 Perbandingan Ketepatan Hasil Ramalan Model ARIMA dan STAR	76
BAB 5. PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penentuan Nilai Ordo Pada Proses ARIMA Berdasarkan Plot ACF dan PACF	16
Tabel 4.1 Nilai Estimasi Parameter Model-Model Sementara Pemodelan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat Tanpa Proses <i>Differencing</i>	42
Tabel 4.2 Ringkasan Uji Proses Ljung-Box Untuk Model ARIMA $(2,0,1)(1,0,1)^{12}$ dan ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$	44
Tabel 4.3 Validasi Model Pemodelan Curah Hujan di Wilayah Jember Barat	45
Tabel 4.4 Perbandingan Data Prediksi Curah Hujan Per Bulan dengan Data Aktual di Wilayah Jember Barat	47
Tabel 4.5 Nilai Estimasi Parameter Model-Model Sementara Pemodelan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan Tanpa Proses <i>Differencing</i>	50
Tabel 4.6 Ringkasan Uji Proses Ljung-Box Untuk Model ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$	51
Tabel 4.7 Perbandingan Data Prediksi Curah Hujan Per Bulan dengan Data Aktual di Wilayah Jember Selatan	53
Tabel 4.8 Nilai Estimasi Parameter Model-Model Sementara Pemodelan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah Tanpa Proses <i>Differencing</i>	56
Tabel 4.9 Ringkasan Uji Proses Ljung-Box Untuk Model ARIMA $(1,0,0)(2,0,0)^{12}$	58

Tabel 4.10 Perbandingan Data Prediksi Curah Hujan Per Bulan dengan Data Aktual di Wilayah Jember Tengah.....	59
Tabel 4.11 Nilai Estimasi Parameter Model-Model Sementara Pemodelan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur Tanpa Proses <i>Differencing</i>	62
Tabel 4.12 Ringkasan Uji Proses Ljung-Box Untuk Model ARIMA $(1,0,0)(1,0,1)^{12}$	63
Tabel 4.13 Perbandingan Data Prediksi Curah Hujan Per Bulan dengan Data Aktual di Wilayah Jember Timur.....	65
Tabel 4.14 Matriks Korelasi Data Curah Hujan Antar Wilayah	65
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Stasioneritas dengan Menggunakan Uji ADF	68
Tabel 4.16 Representasi Skematik (a) MACF dan (b) MPACF Untuk Data Curah Hujan di Empat Bagian Wilayah kabupaten Jember	69
Tabel 4.17 Ringkasan Nilai AIC dari Model <i>Autoregressive</i>	70
Tabel 4.18 Estimasi Parameter Model STAR(1 ₁)	71
Tabel 4.19 Hasil Uji <i>Portmanteau</i> Model STAR(1 ₁).....	73
Tabel 4.20 Perbandingan Data Prediksi Curah Hujan Per Bulan dengan Data Aktual di Wilayah Kabupaten Jember	76
Tabel 4.21 Perbandingan Hasil Ketepatan Ramalan Antara Model ARIMA dan STAR.....	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Peta Persebaran Wilayah di Kabupaten Jember (Sumber: DPU Kab. Jember).....	31
Gambar 3.2 Skema Proses Penelitian.....	36
Gambar 3.3 Tahapan ARIMA	37
Gambar 3.4 Tahapan STAR	38
Gambar 4.1 Plot Data Curah Hujan Bulanan di Wilayah Jember Barat Tahun 2005-2012.....	40
Gambar 4.2 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF) Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat	41
Gambar 4.3 Plot Peramalan Curah Hujan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat.....	46
Gambar 4.4 Plot Data Curah Hujan Bulanan di Wilayah Jember Selatan Tahun 2005-2012.....	48
Gambar 4.5 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF) Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan	49
Gambar 4.6 Plot Peramalan Curah Hujan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan.....	52
Gambar 4.7 Plot Data Curah Hujan Bulanan di Wilayah Jember Tengah Tahun 2005-2012.....	54
Gambar 4.8 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF) Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah	55
Gambar 4.9 Plot Peramalan Curah Hujan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah.....	58
Gambar 4.10 Plot Data Curah Hujan Bulanan di Wilayah Jember Timur	

Tahun 2005-2012.....	60
Gambar 4.11 Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF) Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur	61
Gambar 4.12 Plot Peramalan Curah Hujan Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur.....	64
Gambar 4.13 Plot Data Curah Hujan Bulanan di Empat Bagian Wilayah Kabupaten Jember Tahun 2005-2012.....	67
Gambar 4.14 Fungsi Autokorelasi (ACF) Data Curah Hujan (a) Jember Barat (b) Jember Selatan (c) Jember Tengah (d) Jember Timur.....	68
Gambar 4.15 Plot Deret Waktu Hasil Peramalan Model STAR(1 ₁) Untuk Data Curah Hujan (a) Jember Barat (b) Jember Selatan (c) Jember Tengah (d) Jember Timur.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember	82
B. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Barat dengan Menggunakan ARIMA	108
B1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Barat.....	108
B2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat	108
B3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat Tanpa Proses <i>Differencing</i>	109
B4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA $(2,0,1)(1,0,1)^{12}$ dan ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$	110
B5. Skrip Validasi Model Untuk Pemodelan Curah Hujan di Wilayah Jember Barat.....	111
B6. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Barat	111
C. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Selatan dengan Menggunakan ARIMA	113
C1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Selatan.....	113
C2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan	113
C3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan Tanpa Proses <i>Differencing</i> ..	113
C4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$	115
C5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan.....	115

D. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Tengah dengan Menggunakan ARIMA	117
D1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Tengah	117
D2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah.....	117
D3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah Tanpa Proses <i>Differencing</i> ..	117
D4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (1,0,0)(2,0,0) ¹²	118
D5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah.....	119
E. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Timur dengan Menggunakan ARIMA	120
E1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Timur	120
E2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur.....	120
E3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur Tanpa Proses <i>Differencing</i> ...	120
E4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (1,0,0)(1,0,1) ¹²	121
E5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Timur.....	122
F. Program Analisis Data Curah Hujan di Kabupaten Jember dengan Menggunakan STAR.....	123
F1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember	123
F2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan	123
F3. Skrip dan Output Model STAR.....	124
F4. Skrip dan Output Estimasi Parameter Model STAR.....	124
F5. Pengolahan Model STAR(1 ₁) Untuk Pembentukan Matriks	125
F6. Tabel Matriks Untuk Pembentukan model STAR(1 ₁) dengan Bobot Seragam.....	131

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peramalan (*forecasting*) merupakan prediksi nilai-nilai sebuah variabel kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan. Dalam melakukan peramalan senantiasa berupaya menyelesaikan dengan model pendekatan-pendekatan yang sesuai perilaku aktual data dan pengalaman, peramalan diperlukan untuk memberikan informasi sebagai dasar untuk membuat suatu keputusan dalam berbagai kegiatan, sehingga ramalan yang tepat akan memberikan manfaat lebih bagi yang memerlukan hasil ramalan (Montgomery: 2008). Seiring berkembangnya waktu, peramalan telah banyak dikembangkan dalam berbagai bidang untuk melakukan perencanaan dan pengambilan keputusan. Hal ini didukung oleh sebuah metode peramalan yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins yaitu metode peramalan Box-Jenkins.

Metode peramalan Box-Jenkins pada dasarnya merupakan sebuah metode yang menggunakan pendekatan iteratif dalam mengidentifikasi suatu model yang paling tepat dari semua kemungkinan model yang ada. Metode peramalan Box-Jenkins lebih dikenal dengan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan variabel penjelas dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel respon untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat (Pankratz: 1983). Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis menggunakan data banyaknya curah hujan di kabupaten Jember untuk dilakukan peramalan dengan ARIMA, hal ini didasarkan karena data curah hujan yang diambil melalui ijin Dinas Perairan kabupaten Jember menurut waktu pengumpulannya merupakan data deret waktu (*time series*) karena diurut dalam rentang waktu tertentu, selain itu data yang

diperoleh sifatnya dinamis karena telah memperhitungkan perubahan berdasarkan waktu secara kontinu.

Curah hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim, yang keberadaannya sangat penting dalam kehidupan karena dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Saat ini kondisi perubahan curah hujan yang tidak tetap atau berubah setiap saat, selain membawa keuntungan juga dapat mengakibatkan kerugian. Hal ini berkaitan dengan kabupaten Jember yang sebagian besar wilayahnya merupakan lahan pertanian dan perkebunan, sehingga informasi mengenai banyaknya curah hujan sangat berguna bagi para petani dalam mengantisipasi kemungkinan terjadinya peristiwa-peristiwa ekstrim yang tidak diinginkan seperti banjir dan kekeringan yang berakibat kegagalan dalam proses produksinya, dengan demikian perlu diadakannya kajian secara menyeluruh tentang peramalan curah hujan.

Peramalan mengenai curah hujan di kabupaten Jember telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Lestari (2000) telah mengkaji pemodelan dan peramalan banyaknya hari hujan di Jember dengan proses ARMA, dan Imami (2008) melakukan aplikasi model *time series* semiparametrik ketika ARIMA gagal memenuhi *white noise* dengan studi kasus peramalan curah hujan di Jember. Penelitian-penelitian ini terbatas pada data acuan yang digunakan dalam proses peramalan yang hanya berdasar pada waktu sebelumnya dan belum memperhatikan pengaruh faktor geografis. Variabilitas curah hujan yang besar bergantung dalam ruang dan waktu. Menurut skala ruang, variabilitas curah hujan banyak dipengaruhi letak geografi, ketinggian tempat, letak lintang, topografi dan arah angin umum (Aldrian: 2003). Dengan demikian perlu adanya pengembangan metode lain untuk meningkatkan tingkat akurasi peramalan serta mengantisipasi keragaman perubahan curah hujan dalam ruang dan waktu. Metode statistika yang dapat digunakan untuk menganalisis data deret waktu dengan melibatkan faktor geografis adalah *Space Time Autoregressive* (STAR), yang mana model ini mampu menggabungkan unsur dependensi waktu dan lokasi pada suatu deret waktu *multivariate* (Pfeifer: 1980).

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan peramalan terhadap data curah hujan di kabupaten Jember dengan menggunakan model ARIMA dan model STAR. Data curah hujan diduga selain mempunyai keterkaitan dengan data pada waktu sebelum-sebelumnya juga mempunyai keterkaitan dengan data pada lokasi lain yang disebut dengan hubungan spasial, sehingga diperlukan model STAR dalam menggambarkan keterkaitan waktu dan lokasi. Model ARIMA digunakan sebagai pembanding apabila korelasi spasial tidak signifikan. Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah bagaimana melakukan metode peramalan terhadap data curah hujan di kabupaten Jember dengan menggunakan ARIMA dan STAR, serta mendapatkan model ramalan terbaik dengan membandingkan dan mengevaluasi ketepatan ramalan berdasarkan nilai kesalahan ramalan terkecil antara kedua model tersebut.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan skripsi ini adalah:

1. melakukan model peramalan yang sesuai serta mengembangkan model terbaik dalam meramalkan banyaknya curah hujan di kabupaten Jember berdasarkan pendekatan ARIMA dan mendeskripsikan pola curah hujan melalui keterkaitan pada setiap wilayah di kabupaten Jember dengan membentuk model STAR.
2. membandingkan hasil peramalan model ARIMA dan STAR pada data curah hujan di kabupaten Jember.

1.4 Manfaat

Manfaat yang akan didapat dari penulisan skripsi ini adalah mengetahui model peramalan dan prediksi yang sesuai untuk banyaknya curah hujan, serta mengetahui keterkaitan banyaknya curah hujan pada setiap wilayah di kabupaten Jember sehingga dapat digunakan sebagai bentuk upaya mengantisipasi berbagai dampak yang ditimbulkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori dasar dan literatur yang menjadi dasar dalam penyelesaian masalah penelitian ini. Berbagai sumber yang digunakan, baik berupa buku, artikel, jurnal digunakan untuk mendukung teori penyelesaian skripsi ini. Adapun pembahasan teori mencakup analisis deret waktu, teori dan metode peramalan deret waktu Box-Jenkins yaitu ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), serta metode deret ruang-waktu yaitu model STAR (*Space Time Autoregressive*).

2.1 Analisis Deret Waktu (*Time Series Analysis*)

Setiap urutan hasil pengukuran dari respon yang selalu berubah (variabel) menurut waktu disebut deret waktu (*time series*). *Time series* biasanya dinyatakan dengan persamaan matematika yang berisi nilai-nilai respon sebagai fungsi dari waktu atau yang ekuivalen dengan itu, sebagai angka pada sebuah grafik dengan koordinat vertikal menunjukkan nilai respon acak dan dipetakan terhadap waktu pada sumbu horisontal. Hasil pengukuran dari respon ini nantinya akan dapat diproses melalui analisa sehingga didapatkan hasil perkiraan untuk masa depan. Pada proses analisa ini sangat beragam namun intinya tetap menggunakan pola data deret waktu (*time series*) untuk memproyeksikan masa depan melalui mekanisme tertentu dan proses inilah yang disebut sebagai analisis deret waktu (*time series analysis*) (Pankratz: 1983).

Peramalan dengan *time series* pada dasarnya merupakan suatu himpunan pengamatan yang dibangun secara berurutan dalam waktu. *Time series* (deret waktu) merupakan proses stokastik $\{Y_t, t \in T\}$, dengan $T = \{\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$ yang merupakan indeks parameter waktu, dimana waktu bisa saja merupakan parameter

yang kontinu atau pun parameter diskret. Biasanya waktu yang digunakan merupakan indeks parameter diskret dengan unit dari waktu yang bisa saja meliputi tahun, bulan, hari, atau detik, bergantung pada situasi yang dimodelkan. Waktu atau periode yang dibutuhkan untuk melakukan suatu peramalan disebut sebagai *lead time*, yang bervariasi dalam setiap persoalan. Dalam penggunaan waktu t pada pengamatan deret waktu untuk meramalkan nilai di masa depan telah menjadi dasar bagi perencanaan ekonomi, bisnis, produksi serta optimalisasi proses industri. Dengan nilai Y_t maka data deret waktu sebelumnya (Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots) dapat digunakan untuk meramalkan nilai pada beberapa periode ke depan beserta *lead time* (k) yang menyatakan periode peramalan di masa mendatang. Fungsi dari $Y_t(k)$ merupakan peramalan yang dibuat dari awal pengamatan t dari objek, Y_{t+1} yang terjadi pada *lead time* (k) sehingga mendapatkan nilai *mean square deviations* $Y_{t+1} - Y_t(k)$ sekecil mungkin diantara nilai aktual dengan peramalan untuk setiap *lead time* ($k = 1, 2, \dots$) (Shumway: 2011).

2.1.1 Pola Data *Time Series*

Salah satu hal yang terpenting dalam metode peramalan dengan data deret waktu (*time series*) yang dimilikinya adalah memperhatikan atau mengidentifikasi jenis pola data. Identifikasi pola data dilakukan untuk mengetahui unsur pola yang terkandung pada suatu deret data, sehingga deret data tersebut dapat disesuaikan dengan metode peramalan *time series* yang digunakan. Aspek penting dari pemilihan teknik peramalan yang sesuai dari data *time series* adalah dengan memperhatikan jenis pola data yang berbeda. Ada empat jenis yang umum, yaitu: Tren, Musiman, siklis, dan acak.

1. Pola Tren (*Trend*)

Pola *trend* terbentuk ketika data observasi terlihat meningkat atau menurun dalam periode waktu yang lebih panjang. *Trend* merupakan komponen jangka panjang yang mendasari pertumbuhan atau penurunan data *time series*. *Trend* dapat

disebabkan oleh misalnya pertumbuhan populasi, inflasi, perubahan teknologi, dan peningkatan produktivitas.

2. Pola Musiman (*Seasonality*)

Pola ini terjadi ketika data observasi dipengaruhi oleh faktor musiman. Komponen musiman mengacu pada suatu pola perubahan yang berulang dengan sendirinya dari tahun ke tahun. Fluktuasi musiman ini umumnya terjadi setiap mingguan, bulanan, atau triwulanan. Variasi musiman mencerminkan kondisi cuaca, liburan atau panjangnya hari bulan kalender.

3. Pola Siklis (*Cycle*)

Pola ini hampir memiliki karakteristik yang sama dengan pola musiman, terjadi ketika data observasi terlihat naik turun dalam periode waktu yang lebih panjang.

4. Pola Acak (*Random*)

Pola ini terjadi karena data observasi tidak dipengaruhi faktor-faktor khusus sehingga pola menjadi tidak menentu dan tidak dapat diperkirakan secara biasa (Cryer: 2008).

Langkah yang harus dilakukan untuk menganalisis data deret waktu adalah dengan memplotkan data tersebut secara grafis. Dari hasil plot data tersebut dapat diketahui apakah pola data trend, musiman, siklik atau acak. Dengan mengetahui secara jelas pola data dari suatu data deret waktu maka dapat dipilih teknik-teknik peramalan yang mampu secara efektif mengekstrapolasi pola data.

2.2 Metode Deret Waktu *Univariate* Box-Jenkins (ARIMA)

Penerapan metode Box-Jenkins digunakan pada kajian terhadap data deret waktu *univariat* (tunggal). Pada metode Box-Jenkins dikenal model deret waktu yang secara umum terdiri dari model regresi diri (*Autoregressive*), model rata-rata bergerak (*Moving Average*), dan model gabungan keduanya (*Autoregressive-Moving Average*) serta model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA telah dipelajari secara mendalam oleh George Box dan Gwilym Jenkins (1976) dan nama mereka sering disinonimkan dengan model ARIMA yang diterapkan untuk

analisis dan peramalan data deret waktu (Pankratz: 1983). Oleh karena itu diperlukan pemahaman atas konsep kestasioneran data, autokovarians, autokorelasi, serta autokorelasi parsial dalam menentukan dan mengidentifikasi model-model dengan metode Box-Jenkins yang merupakan model dengan menggambarkan *time series* yang stasioner.

2.2.1 Stasioneritas Model Deret Waktu *Univariate*

Data *time series* pada umumnya tidak stasioner, oleh karena itu harus dilakukan uji stasioneritas data terlebih dahulu. Uji stasioneritas data merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mengestimasi sebuah model yang akan digunakan. Suatu proses yang penting dalam model-model stokastik (suatu famili dari peubah acak $\{Y_t, t \in T\}$, $T = \{\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$ yang didefinisikan pada suatu ruang probabilistik) untuk menggambarkan suatu *time series* adalah apa yang disebut sebagai model – model stasioner yang mengasumsikan bahwa proses tetap berada dalam keseimbangan disekitar konstan mean level. Menurut Shumway (2011) deret waktu (*time series*) dikatakan stasioner kuat jika fungsi sebaran bersama dari Y_{t_1}, \dots, Y_{t_n} sama dengan fungsi sebaran bersama dari $Y_{t_1+k}, \dots, Y_{t_n+k}$. Dengan demikian $P\{Y_{t_n} \leq c_n\} = P\{Y_{t_n+k} \leq c_n\}$ untuk $n = 1, 2, \dots, n$ dan t_n yang menyatakan indeks waktu serta lag antar waktu yang dapat bernilai $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Di sisi lain deret waktu dikatakan stasioner lemah, jika nilai tengah deret waktu konstan sepanjang waktu ($\mu_t = \mu$) dan nilai autokovarians konstan ($\gamma_{(t+k,t)} = \gamma_{(k,0)}$) untuk semua waktu t dan lag $-k$. Pada kenyataannya definisi kestasioneran yang digunakan adalah stasioner lemah. Dengan demikian, data deret waktu dikatakan stasioner jika perilaku data tersebut berfluktuasi di sekitar nilai tengah dan variansi yang relatif konstan sepanjang periode waktu.

Pada pemeriksaan kestasioneran deret waktu dapat dilakukan dengan pendekatan informal dan formal. Pendekatan informal dapat dilakukan dengan

eksplorasi plot deret waktu yang konsep stasioneritas ini dapat digambarkan secara praktis yaitu sebagai berikut:

- a. Apabila suatu deret waktu diplot kemudian tidak terbukti adanya perubahan nilai tengah dari waktu ke waktu maka dapat dikatakan bahwa data deret waktu tersebut stasioner pada nilai tengahnya.
- b. Apabila plot data deret waktu tidak memperlihatkan adanya perubahan variansi yang jelas dari waktu ke waktu maka dapat dikatakan data deret waktu tersebut adalah stasioner pada variansinya.
- c. Apabila plot data deret waktu memperlihatkan nilai tengahnya menyimpang (dengan beberapa plot *trend cycle*) dari waktu ke waktu maka dapat dikatakan data deret waktu tersebut tidak stasioner pada nilai tengahnya.
- d. Apabila data deret waktu memperlihatkan nilai tengahnya menyimpang (berubah setiap waktu) dan variansi tidak konstan setiap waktu maka dapat dikatakan deret waktu tersebut tidak stasioner pada nilai tengahnya dan variansinya.

Sedangkan untuk pendekatan formal dapat dilakukan dengan menggunakan uji akar unit. Salah satu uji akar unit untuk kestasioneran dalam nilai tengah adalah uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) (Cryer: 2008). Uji ADF pertama kali diperkenalkan oleh David Dickey dan Wayne Fuller. Model sederhana yang digunakan pada uji ADF adalah $\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + e_t$ dengan $\delta = \rho - 1$. Hipotesis yang diuji dari persamaan ini adalah

$$H_0: \delta = 1 \text{ (} Y_t \text{ tidak stasioner)}$$

$$H_1: \delta < 1 \text{ (} Y_t \text{ stasioner)}$$

Uji signifikansi untuk hipotesis tersebut menggunakan uji τ (tau), karena α berdistribusi τ . Statistik ujinya adalah $\tau = \frac{\hat{\rho}}{SE(\hat{\rho})}$ (Harris: 2003). Dickey dan Fuller sudah menyusun tabel untuk uji ini. Kaidah keputusan yang digunakan ialah tolak H_0 jika τ lebih kecil dari nilai τ pada ADF dengan taraf nyata tertentu atau p -value $< 5\%$. Ketika dalam pemeriksaan kestasioneran deret waktu, diketahui bahwa data tidak stasioner dalam nilai tengah, maka diperlukan proses pembedaan (*differencing*).

Menurut Pankratz (1983) pembedaan adalah operasi sederhana yang melibatkan perubahan sukuensial dalam menghitung nilai suatu deret waktu. Pembedaan dilakukan ketika data tidak stasioner dalam nilai tengah (nilai tengah berubah setiap waktu). Persamaan proses pembedaan adalah $w_t = Y_t - Y_{t-1}$ dimana $t = 2, 3, 4, \dots, n$ dengan w_t merupakan variabel yang menyatakan selisih antara pengamatan dalam deret waktu. Adapun transformasi *Box-Cox* dilakukan jika kestasioneran dalam variansi tidak dapat diselesaikan dengan pembedaan. Transformasi ini didefinisikan sebagai berikut (Cryer: 2008) :

$$T(Y_t) = \begin{cases} Y_t^\lambda - 1 & ; \text{ untuk } \lambda \neq 0 \\ \log(Y_t) & ; \text{ untuk } \lambda = 0 \end{cases}$$

Sehingga dapat dikatakan bahwa diperlukan pemenuhan asumsi tentang kestasioneritas data pada pemodelan deret waktu yang berarti bahwa tidak terdapat pertumbuhan atau penurunan data. Bila tidak terdapat perubahan pada *trend* waktu maka dapat disebut stasioner dimana rata-rata deret pengamatan di sepanjang waktu selalu konstan. Apabila suatu data tidak stasioner maka diperlukan diferensiasi pada data tersebut. Bila data masih belum stasioner maka perlu dideferensiasi lagi hingga stasioner dan jika suatu deret data bukan merupakan data yang stasioner, maka sebelum melakukan pembuatan model deret waktu, maka perlu dilakukan pembedaan atau transformasi (Cowpertwait: 2008).

2.2.2 ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*)

Untuk melihat adanya ketergantungan antara pengamatan, maka diperlukan proses uji korelasi antar pengamatan. Untuk proses Y_t yang stasioner mempunyai rata-rata (mean) $E(Y_t) = \mu_t = \mu$ dan variansi $var(Y_t) = E(Y_t - \mu_t)^2 = \sigma^2$ adalah konstan dan kovariansi $cov(Y_t, Y_s) = E(Y_t - \mu_t)(Y_s - \mu_s) = \gamma_{t,s}$ adalah fungsi dari selisih waktu $|t - s|$. Estimator untuk mean adalah rata-rata sampel yaitu

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t \quad (2.1)$$

dimana n merupakan banyaknya pengamatan deret waktu. Kemudian untuk kovariansi antara Y_t dan Y_{t+k} yang dipisahkan oleh k interval waktu disebut sebagai autokovarians pada lag k dan didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma_k = \text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = E(Y_t - \mu, Y_{t+k} - \mu) \quad (2.2)$$

sehingga penaksirnya adalah kovariansi sampel antara Y_t dan Y_{t+k} diberikan oleh

$$\hat{\gamma}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y}) \text{ atau } \hat{\gamma}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) \quad (2.3)$$

karena $\gamma_k = \gamma_{-k}$ secara umum autokorelasi pada lag k didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho_k = \text{korr}(Y_t, Y_{t+k}) &= \frac{\text{cov}(Y_t, Y_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(Y_t)}\sqrt{\text{var}(Y_{t+k})}} \\ &= \frac{E(Y_t - \mu, Y_{t+k} - \mu)}{\sqrt{E[(Y_t - \mu)^2]}E[(Y_{t+k} - \mu)^2]} \\ &= \frac{E(Y_t - \mu, Y_{t+k} - \mu)}{\sigma^2} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \end{aligned} \quad (2.4)$$

berdasarkan persamaan (2.2) dan karena proses stasioner, maka variansi $\text{var}(Y_t) = \text{var}(Y_{t+k}) = \sigma^2 = \gamma_0$ pada waktu t adalah sama untuk waktu $t + k$. Berdasarkan persamaan (2.3) maka penaksir untuk γ_0 adalah

$$\hat{\gamma}_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2 \quad (2.5)$$

maka autokorelasi pada lag k adalah $\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$ dimana γ_k dinamakan fungsi autokovarians dan ρ_k dinamakan fungsi autokorelasi pada analisis deret waktu, karena masing-masing menyatakan kovariansi dan korelasi antara Y_t dan Y_{t-k} dari proses yang sama, hanya dipisahkan oleh jarak waktu k atau lag k . Karena $\text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = \text{cov}(Y_{t+k}, Y_t) = \text{cov}(Y_t, Y_{t-k})$ maka yang perlu ditentukan adalah γ_k untuk $k \geq 0$. Himpunan $\{\rho_k; k = 0, 1, 2, \dots\}$ dinamakan fungsi autokorelasi (*Autocorrelation Function*) disingkat dengan ACF. Koefisien korelasi (fungsi autokorelasi) merupakan statistik kunci dalam analisis deret waktu, yaitu menyatakan ukuran korelasi (hubungan linier) deret waktu itu dengan dirinya sendiri dengan selisih waktu (lag) 0,1,2 periode atau lebih. Untuk suatu pengamatan deret waktu

Y_1, Y_2, \dots, Y_n , maka nilai autokorelasi antara Y_t dan Y_{t+k} dinamakan nilai autokorelasi lag k sampel atau penaksir (estimator) yang diberikan oleh

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2.6)$$

Perilaku fungsi korelasi diri (ACF/Autocorrelation Function) yaitu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi antara pengamatan pada waktu ke- t dengan pengamatan pada waktu sebelum-sebelumnya $t - 1$ juga dapat digunakan sebagai dasar penentu kestasioneran deret waktu. Deret waktu yang stasioner dapat dilihat dari pola fungsi korelasi diri yang menunjukkan penurunan nilai-nilai korelasi diri yang cepat mendekati nol. Sebaliknya, deret waktu yang tidak stasioner terjadi jika penurunan nilai-nilai korelasi diri yang lambat.

Autokorelasi parsial merupakan ukuran yang lain pada analisa deret waktu. Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat korelasi (keeratn) antara Y_t dan Y_{t-k} , apabila pengaruh dari lag waktu $1, 2, \dots, k - 1$ dianggap terpisah. Fungsi autokorelasi parsial adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi antara pengamatan ke t yaitu Y_t dengan pengamatan waktu-waktu sebelumnya $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}$. Rumus autokorelasi parsial sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \text{korr}(Y_t, Y_{t-k} | Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k}) \quad (2.7)$$

Nilai ϕ_{kk} dapat ditentukan melalui persamaan Yule-Walker

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \dots + \phi_{k1}\rho_{j-k} \quad (2.8)$$

Untuk $j = 1, 2, 3, \dots, k$ didapat persamaan linier

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-1} & \rho_{k-1} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{k1} \\ \phi_{k2} \\ \vdots \\ \phi_{kk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_k \end{bmatrix}$$

Sehingga untuk $k = 1, 2, 3, \dots$ didapat nilai autokorelasi parsial lag $1, 2, 3, \dots$ adalah

$$\phi_{11} = \rho_1 ;$$

$$\phi_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\rho_2 - \rho_1^2}{1 - \rho_1^2} ;$$

$$\phi_{33} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & \rho_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\rho_1^3 - 2\rho_1\rho_2 + \rho_1\rho_2^2 - \rho_1^2\rho_3 + \rho_3}{1 - \rho_1^2 + 2\rho_1^2\rho_2 - \rho_2^2};$$

⋮

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \quad (2.9)$$

atau dengan menggunakan metode yang lebih efisien untuk menyelesaikan persamaan

Yule-Walker (2.8) yaitu rumus Durbin $\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1, j} \rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1, j} \rho_j}$ (2.10)

dimana $\phi_{kj} = \phi_{k-1, j} - \phi_{kk} \phi_{k-1, k-j}; j = 1, 2, \dots, k - 1$. Estimator untuk ϕ_{kk} adalah $\hat{\phi}_{kk}$ yang diperoleh dengan mengganti ρ_k pada persamaan (2.9) dengan penaksirnya yaitu $\hat{\rho}_k$, dengan demikian fungsi dari k , ϕ_{kk} dinamakan fungsi autokorelasi parsial (*Partial Autocorrelation Function*) disingkat dengan PACF (Montgomery: 2008).

Untuk proses $\{a_t\}$ yang dinamakan *white noise* apabila bentuk peubah acak yang berurutan tidak saling berkorelasi dan mengikuti distribusi tertentu yang identik. Proses *white noise* mempunyai fungsi mean konstan $E(a_t) = \mu_t$ untuk $t = 1, 2, \dots$ dan $var(a_t) = \sigma_a^2$, serta kovariansi untuk proses ini adalah $\gamma_k = cov(a_t, a_{t+k}) = 0$ untuk $k \neq 0$. Berdasarkan definisi ini, dapat diketahui bahwa proses *white noise* $\{a_t\}$ adalah stasioner dan mempunyai sifat:

fungsi autokovariansinya konstan: $\gamma_k = \begin{cases} var(a_t) = \sigma_a^2 & \text{untuk } k = 0 \\ cov(a_t, a_{t+k}) = 0 & \text{untuk } k \neq 0 \end{cases}$

sehingga fungsi autokorelasinya yaitu $\rho_k = \begin{cases} 1 & \text{untuk } k = 0 \\ 0 & \text{untuk } k \neq 0 \end{cases}$

dan $\phi_{kk} = \begin{cases} 1 & \text{untuk } k = 0 \\ 0 & \text{untuk } k \neq 0 \end{cases}$. Pada umumnya proses *white noise* diasumsikan berdistribusi normal dengan mean nol dan variansi konstan σ_a^2 sehingga dapat ditulis $a_t \sim NID(0, \sigma_a^2)$ (Cowpertwait: 2008).

2.2.3 Model *Autoregressive*-AR(p)

Secara umum model *Autoregressive* atau AR(p) adalah bentuk regresi tetapi bukan yang menghubungkan variabel respon dengan variabel penjelas, melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya diri sendiri pada time lag (selang waktu). yang bermacam-macam. Menurut Montgomery (2008) model regresi diri berordo p atau AR(p) mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (2.11)$$

dimana:

Y_t = deret waktu stasioner

ϕ_p = parameter *autoregressive* ke- p

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = nilai masa lalu pada saat $t - p$

a_t = nilai kesalahan pada saat t .

Apabila digunakan bentuk operator shift mundur untuk *autoregressive* order p adalah sebagai berikut

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

dimana $B := BY_t = Y_{t-1}$ dan $B^p Y_t = Y_{t-p}$

sehingga persamaan (2.11) dapat dituliskan menjadi

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) y_t = \delta + a_t$$

$$\text{atau } \Phi(B) y_t = \delta + a_t \quad (2.12)$$

2.2.4 Model *Moving Average*-MA(q)

Model rata-rata bergerak atau *Moving Average* merupakan salah satu metode analisis teknikal sederhana. Dilakukan dengan cara mencari rata-rata bergerak dari

suatu variabel selama beberapa periode yang dipengaruhi oleh unsur kesalahan pada saat ini dan masa lalu. Bentuk umum model *Moving Average* dengan orde q atau MA(q) dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.13)$$

dimana:

Y_t = deret waktu stasioner

θ_q = merupakan parameter *Moving Average*

a_{t-q} = unit residual (*white noise*) atau nilai galat waktu $t - q$.

Jika (2.13) ditulis ulang dalam bentuk operator shift mundur, maka persamaan ini dapat ditulis:

$$\begin{aligned} Y_t &= a_t (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \\ &= a_t (1 - \sum_{i=1}^q \theta_i B^i) \end{aligned} \quad (2.14)$$

atau $Y_t = \Theta(B)a_t$ dimana $\Theta(B) = (1 - \sum_{i=1}^q \theta_i B^i)$ (Montgomery: 2008).

2.2.5 Model *Autoregressive Moving Average*-ARMA(p,q)

Selain model regresi diri atau AR(p) dan rata-rata bergerak atau MA(q), model deret waktu juga dapat dijelaskan oleh model regresi diri dan rata-rata bergerak secara bersamaan. Model yang dapat memuat kedua proses tersebut adalah model ARMA (*Autoregressive Moving Average*) didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y_t &= \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\ &= \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + a_t - \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i} \end{aligned} \quad (2.15)$$

atau $\Phi(B)Y_t = \Theta(B)a_t$ (Montgomery: 2008).

2.2.6 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Model ARIMA merupakan gabungan antara model regresi diri (*Autoregressive*) dan model rata-rata bergerak (*Moving Average*) dengan data yang

telah mengalami proses *differencing* (pembedaan) sebanyak d kali. Menurut Montgomery (2008) secara umum model ARIMA(p,d,q) dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\Phi(B)(1 - B)^d Y_t = \Theta(B)a_t \quad (2.16)$$

dimana:

Y_t = data deret waktu yang mengalami *differencing*

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

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

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

B = *backshift operator*; dan a_t = nilai galat waktu t .

Generalisasi dari model ARIMA untuk data yang memiliki pola musiman, yaitu model ARIMA musiman. Dimana model ARIMA musiman ini merupakan model ARIMA yang digunakan untuk menyelesaikan *time series* musiman yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian non musiman dan bagian musiman. Bagian non musiman dari model ini adalah model ARIMA. Dalam model ini pola musiman dalam satu periode diasumsikan berulang sendiri pada periode berikutnya, hanya dengan gangguan acak tambahan. Menurut Montgomery (2008) secara umum bentuk model ARIMA musiman atau ARIMA(p,d,q) (P,D,Q)^S adalah sebagai berikut:

$$\Phi_p(B^S)\Phi_p(B)(1 - B)^d(1 - B^S)^D Y_t = \Theta_Q(B^S)\Theta_q(B)a_t \quad (2.17)$$

dengan

p, d, q = order AR, MA dan *differencing* non musiman

P, D, Q = order AR, MA dan *differencing* musiman

S = jumlah periode setiap musim

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

$$\Phi_p(B^S) = 1 - \phi_1 B^S - \phi_2 B^{2S} - \dots - \phi_p B^{pS}$$

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

$(1 - B^S)^D$ = *differencing* musiman

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

$$\Theta_Q(B^S) = 1 - \theta_1 B^S - \theta_2 B^{2S} - \dots - \theta_Q B^{QS}$$

B = backshift operator; dan a_t = nilai galat waktu t .

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menduga model ARIMA adalah metode Box-Jenkins. Selain itu metode ini dapat digunakan hanya pada data deret waktu yang stationer (Pankratz: 1983). Metode ini terdiri dari tiga langkah yaitu identifikasi model, pendugaan parameter dan diagnostik model (Pankratz: 1983).

Identifikasi model merupakan tahap pertama untuk menentukan model-model sementara terhadap deret waktu yang telah stasioner, yaitu dengan menentukan nilai p , q dan d pada ARIMA non musiman sedangkan nilai P , Q dan D pada ARIMA musiman. Penentuan nilai-nilai tersebut dilakukan dengan mengamati grafik fungsi ACF (korelogram) dan PACF (korelogram parsial). Nilai p (ordo proses AR) dapat ditentukan dengan melihat nilai pada grafik fungsi PACF dan nilai q (ordo proses MA) dapat ditentukan dengan melihat nilai pada grafik fungsi ACF. Secara umum bentuk ACF dan PACF model ARIMA musiman stasioner menyerupai ACF dan PACF pada ARIMA non musiman. Hanya nilai yang keluar terlihat seperti berkelipatan atau berulang di setiap periodenya. Adapun cara identifikasi nilai ordo tersebut secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penentuan Nilai Ordo Pada Proses ARIMA Berdasarkan Plot ACF dan PACF

No	Kemungkinan plot ACF dan PACF	Model ARIMA
1	ACF nyata pada lag ke-1,2,3,..., q dan terpotong setelah lag q (<i>cuts off</i>), PACF menurun cepat membentuk pola eksponensial atau sinus (<i>tails off</i>)	MA(q)
2	ACF <i>tails off</i> , PACF nyata pada lag ke-1,2,..., p dan <i>cuts off</i> setelah lag ke- p	AR(p)
3	ACF nyata pada lag ke-1,2,..., q lalu <i>cuts off</i> , PACF nyata pada lag ke-1,2,3,..., p dan <i>cuts off</i>	MA(q) jika ACF <i>cuts off</i> lebih tajam, AR(p) jika PACF <i>cuts off</i> lebih tajam

No	Kemungkinan plot ACF dan PACF	Model ARIMA
4	Tidak ada autokorelasi yang nyata pada plot ACF dan PACF	ARMA(0,0)
5	ACF <i>tail off</i> , PACF <i>tail off</i>	ARMA(p,q)
Pola ACF dan PACF Musiman dengan S Periode Per Musiman		
6	ACF menurun secara eksponensial (<i>tails off</i>) pada lag musiman, PACF <i>cuts off</i> setelah lag PS	AR(P)
7	ACF <i>cuts off</i> setelah lag QS, PACF <i>tails off</i> pada lag musiman	MA(Q)
8	ACF <i>tails off</i> pada lag musiman, PACF <i>tails off</i> pada lag musiman	ARMA(P,Q)

Tahap kedua adalah pendugaan parameter. Pendugaan parameter bertujuan untuk menentukan apakah parameter sudah layak digunakan dalam model. Pendugaan parameter dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Asumsi yang diperlukan pada metode MLE adalah error a_t (nilai galat waktu t) berdistribusi normal (Box: 2008). Dengan demikian, fungsi kepadatan peluangnya adalah

$$f(a_t | \sigma_a^2) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{a_t^2}{2\sigma_a^2}\right) \quad (2.18)$$

dengan mengingat bahwa error bersifat independen, maka distribusi bersama dari $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ adalah

$$f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n | \sigma_a^2) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_a^2} \sum_{i=1}^n a_i^2\right) \quad (2.19)$$

error a_t dapat dinyatakan dalam fungsi Y_t dan parameter-parameter ϕ, θ, σ_a^2 serta error-error sebelumnya. Secara umum bentuk a_t adalah

$$a_t = Y_t - \phi_1 Y_{t-1} - \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (2.20)$$

fungsi *likelihood* untuk parameter model jika diketahui data pengamatan adalah

$$L(\phi, \theta, \sigma_a^2 | Y) = (2\pi\sigma_a^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_a^2} S(\phi, \theta)\right) \quad (2.21)$$

dengan $S(\phi, \theta) = \sum_{t=1}^n -[(Y_t - \phi_1 Y_{t-1} - \phi_p Y_{t-p}) + (\theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q})]^2$

maka dari persamaan 2.21 diperoleh fungsi *log likelihood*nya adalah

$$l = \ln L(\phi, \theta, \sigma_a^2 | Y) = -\frac{n}{2} \log 2\pi - \frac{n}{2} \log \sigma_a^2 - \frac{1}{2\sigma_a^2} S(\phi, \theta) \quad (2.22)$$

maksimum fungsi *log likelihood* dihitung dengan mencari turunan pertama persamaan (2.22) terhadap masing-masing parameter dan menetapkan turunan parsial yang dihasilkan sama dengan nol.

$$\frac{\partial(\phi, \theta, \sigma_a^2 | Y)}{\partial \phi} = 0; \quad \frac{\partial(\phi, \theta, \sigma_a^2 | Y)}{\partial \theta} = 0; \quad \frac{\partial(\phi, \theta, \sigma_a^2 | Y)}{\partial \sigma_a^2} = 0$$

untuk mendapatkan standart baku parameter diestimasi dengan metode MLE, digunakan matriks informasi yang dinotasikan dengan $I(\phi, \theta)$. Matriks ini diperoleh dengan menghitung dahulu derivatif kedua terhadap setiap parameternya, yang dinotasikan dengan l_{ij} .

$$l_{ij} = \frac{\partial^2 l(\beta, \sigma_a^2 | Y)}{\partial \beta_i \partial \beta_j} \text{ dan } I(\beta) = -E(l_{ij}) \quad (2.23)$$

untuk varians parameter dinotasikan dengan $V(\hat{\beta})$ dan standart baku parameternya adalah $SE(\hat{\beta})$.

$$V(\hat{\beta}) = [I(\beta)]^{-1} \text{ dan } SE(\hat{\beta}) = [V(\hat{\beta})]^{1/2} \quad (2.24)$$

Parameter yang telah diperoleh selanjutnya diuji signifikansinya. Adapun perumusan hipotesis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$H_0: \hat{\beta} = 0$ (parameter tidak signifikan terhadap model)

$H_1: \hat{\beta} \neq 0$ (parameter signifikan terhadap model)

Statistik uji yang digunakan adalah

$$|t - \text{hitung}| = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})}$$

dengan $\hat{\beta}$ adalah parameter dugaan dan $SE(\hat{\beta})$ adalah standar error dari setiap parameter dugaan.

Pendugaan parameter untuk suatu model dikatakan berpengaruh signifikan atau H_0 ditolak jika nilai $|t - \text{hitung}| > t - \text{tabel} (t_{(\alpha/2); df=n-1})$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Untuk

α adalah taraf nyata (*level of significance*) yang dalam bernilai 0.05 (5%). *Freedom of degree (df)* adalah tingkat kepercayaan yang didapat dari operasi pengurangan antara jumlah data dengan jumlah perkiraan parameter, dan n jumlah pengamatan.

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah diagnosa model untuk melihat model yang relevan dengan data. Pada tahap ini model harus dicek kelayakannya dengan melihat sifat sisaan dari sisi kebebasannya (*white noise*) dan kenormalan. Secara umum pengecekan kebebasan sisaan model dapat dilakukan dengan menggunakan uji Q_* modifikasi Box-Pierce (Ljung-Box). Berikut persamaan uji Q_* (Cryer: 2008) adalah

$$Q_* = n(n+2) \left(\sum_{k=1}^k \frac{r_k^2}{n-k} \right) \quad (2.25)$$

dengan r_k adalah nilai korelasi diri sisaan pada lag ke- k , n banyaknya data yang diamati, dan k adalah lag maksimum. Statistik uji Q_* Ljung-Box menyebar mengikuti sebaran $\chi^2_{(k-p-q)}$ dengan p adalah ordo AR dan q adalah ordo MA. Berikut ini proses pengujian *white noise* dengan menggunakan uji Ljung-box, adapun perumusan hipotesis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (Residual/sisaan memenuhi syarat *white noise*)

H_1 : minimal ada satu $\rho_i \neq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (Residual belum memenuhi syarat *white noise*)

Dengan daerah kritis: jika nilai Q_* lebih besar dari nilai $\chi^2_{(k-p-q)}$ untuk tingkat kepercayaan tertentu ($df = k - p - q$) atau nilai peluang statistik Q_* Ljung-Box lebih kecil dari taraf nyata (α) atau p -value $> \alpha$, maka dapat dikatakan bahwa sisaan tidak saling bebas (H_0 ditolak). Selain pengecekan kebebasan pada sisaan, kenormalan pada sisaan dapat dilihat dari p -value hasil uji *shapiro-wilk normality*. Jika p -value yang dihasilkan $> \alpha$, maka dapat disimpulkan bahwa sisaan telah memenuhi asumsi kenormalan sisaan, dengan $\alpha = 5\%$.

Setelah semua proses dalam metode Box-Jenkins dilakukan tahap berikutnya adalah melakukan validasi model terhadap model-model sementara yang telah

diperoleh dan menetapkan model terbaik yang dapat digunakan untuk prediksi beberapa waktu kedepan dengan membandingkan nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Untuk penentuan model dengan menggunakan kriteria pemilihan model terbaik melalui pendekatan nilai AIC, dimana nilai AIC semakin kecil maka model yang didapatkan semakin baik dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model, persamaan AIC sebagai berikut:

$$AIC(M) = n \ln(\hat{\sigma}_a^2) + 2M$$

dengan n banyaknya pengamatan, M banyaknya parameter dalam model, serta $\hat{\sigma}_a^2$ merupakan estimasi varians residual. RMSE diperoleh dari akar *Mean Square Error* (MSE) dengan n periode peramalan dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{t=1}^M (Y_t - \hat{Y}_t)^2}$$

model terbaik dipilih berdasarkan nilai RMSE terkecil. Jika dalam proses ini didapatkan model yang relevan dengan data, maka langkah terakhir adalah proses peramalan. Peramalan merupakan proses untuk menentukan data beberapa periode waktu kedepan dari titik waktu ke $-t$ (Wei: 2006).

2.3 Metode Deret Waktu *Multivariate Ruang-Waktu (Space Time)*

Nilai dari suatu objek sering kali berubah seiring berjalannya waktu. Namun, ada pula objek yang berubah tidak hanya dipengaruhi oleh waktu, tapi juga dipengaruhi kondisi wilayah di sekitarnya. Hal yang demikianlah memberikan efek bahwa dalam melakukan prediksi nilai objek yang dipengaruhi oleh waktu dan ruang tidak dapat diselesaikan dengan hanya mengandalkan model deret waktu yang merupakan fungsi dari waktu saja, namun diperlukan sebuah model yang mampu merepresentasikan faktor waktu dan ruang (*space*) yang biasa disebut sebagai *spatio temporal* atau *space time models*, dengan demikian penerapan metode deret ruang-

waktu digunakan pada kajian data deret waktu *multivariate*. Metode ruang waktu erat kaitannya dengan model *Space Time Autoregressive* (STAR) yang pertama kali diperkenalkan oleh Cliff pada tahun 1975 (Giacomini: 2004). Dalam hal ini model ruang waktu (*space time*) merupakan salah satu model yang dapat menggambarkan dan meramalkan secara bersamaan suatu N observasi deret waktu, dimana N merupakan jumlah bagian wilayah observasi dan hubungan antar wilayah yang berbeda diwujudkan dalam bentuk matriks pembobot.

2.3.1 Stasioneritas Model Deret Waktu *Multivariate*

Analisis deret waktu *multivariate* pada umumnya digunakan untuk memodelkan dan menjelaskan interaksi serta pergerakan diantara sejumlah variabel deret waktu. Variabel atau peubah tersebut dinotasikan $Z_t = (Z_{1t}, \dots, Z_{mt})'$ untuk $t = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ dan m menunjukkan suatu dimensi deret waktu pada vektor variabel acak. Pilihan komponen deret waktu *univariate* Z_{it} yang termasuk dalam Z_t akan tergantung pada daerah dan pemahaman tentang sistem yang diteliti, tetapi secara implisit bahwa komponen deret akan saling baik serentak di *time lags*. Representasi dan pemodelan ini saling berkaitan yang akan menjadi kepentingan utama analisis deret waktu *multivariate*. Seperti dengan kasus *univariate*, yang penting dalam konsep model representasi dan analisis deret waktu, yang memungkinkan berguna. Hasil pemodelan yang akan diperoleh dari sampel realisasi terbatas deret, adalah stasioneritas. Menurut Box (2008) serupa dengan kasus *univariate*, proses vektor Z_t dikatakan stasioner kuat jika distribusi peluang vektor acak $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_m}$ dan $Z_{t_1+l}, Z_{t_2+l}, \dots, Z_{t_m+l}$ adalah sama untuk deret t_1, t_2, \dots, t_m dan semua lag $l = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$. Dengan demikian, distribusi probabilitas pengamatan dari proses vektor stasioner adalah invarian terhadap pergeseran waktu.

Pada model *multivariate*, peramalan data dilakukan dengan menambahkan variabel lain yang mempunyai hubungan jangka panjang untuk mendapatkan keakuratan peramalan. Uji yang sangat sederhana untuk melihat kestasioneran data

adalah dengan analisis grafik, yang dilakukan dengan membuat plot antara nilai observasi dan waktu. Berdasarkan plot tersebut dapat dilihat pola data. Jika diperkirakan mempunyai mean dan variansi yang konstan, maka data tersebut dapat disimpulkan stasioner. Dalam menentukan kestasioneran sebaran data dengan menggunakan grafik tidak mudah, untuk itu dibutuhkan uji formal dalam menentukan kestasioneran data. Ada dua macam pengujian formal yang dapat dilakukan yaitu korelogram dan *unit root test*. Serupa dengan model deret waktu *univariate* secara visual kestasioneran data pada model deret waktu *multivariate* juga dapat dilihat dari plot MACF dan MPACF. Plot MACF dan MPACF yang turun secara lambat mengindikasikan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata sehingga perlu dilakukan pembedaan untuk menstasionerkan data. Selain korelogram, kestasioneran juga dapat dilihat dengan menggunakan sebuah uji formal yaitu uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Kestasioneran dalam varians, dikatakan belum stasioner jika dalam plot data menunjukkan data mengalami fluktuasi yang berubah-ubah dan tidak konstan dari waktu ke waktu. Agar data stasioner dalam varians, maka transformasi perlu dilakukan (Wei: 2006).

2.3.2 *Matrix Autocorrelation Function* (MACF) dan *Matrix Partial Autocorrelation Function* (MPACF)

Suatu vektor deret waktu sebanyak n pengamatan Z_1, Z_2, \dots, Z_n matriks korelasi sampel dinyatakan sebagai

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)] \quad (2.26)$$

dimana $\hat{\rho}_{ij}(k)$ merupakan korelasi silang sampel dari komponen deret ke- i dan ke- j yaitu

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)(Z_{j,t+k} - \bar{Z}_j)}{\left[\sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \bar{Z}_j)^2 \right]^{1/2}} \quad (2.27)$$

dengan \bar{Z}_i dan \bar{Z}_j adalah mean sampel dari komponen deret yang bersesuaian. Fungsi matriks korelasi (*Matrix Autocorrelation Function*) sampel sangat diperlukan dalam

model MA, bila matriks korelasinya bernilai nol setelah lag ke- q maka model yang bersesuaian adalah MA(q). Untuk bentuk matriks dan grafik semakin kompleks apabila dimensi dan vektornya semakin besar, sehingga menyulitkan dalam hal pengidentifikasian. Sehingga untuk mempermudah metode yang digunakan adalah dengan menggunakan simbol yang dinotasikan dengan (+), (-) dan (.) pada matriks korelasi sampel ke (i, j) . Simbol (+) diartikan sebagai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ lebih besar dari 2 kali standart error dan menunjukkan hubungan memiliki korelasi positif. Simbol (-) menyatakan suatu nilai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ kurang dari -2 kali standart error dan menunjukkan hubungan yang memiliki korelasi negatif. Sedangkan symbol (.) menotasikan $\hat{\rho}_{ij}(k)$ berada diantara ± 2 kali standart error dan menunjukkan tidak adanya korelasi (Wei: 2006).

Fungsi matriks parsial korelasi (*Matrix Partial Autocorrelation Function*) sampel sangat diperlukan dalam model AR. Korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} bisa diketahui setelah ketergantungan linear pada peubah $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$ dihilangkan. Persamaan matriks fungsi korelasi diri parsial (MPACF) dirumuskan sebagai berikut (Wei: 2006):

$$\phi_{kk} = \frac{\text{cov}[(Z_t - \hat{Z}_t), (Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})]}{\sqrt{\text{var}(Z_t - \hat{Z}_t)} \sqrt{\text{var}(Z_{t+k} - \hat{Z}_{t+k})}} \quad (2.28)$$

matriks fungsi korelasi parsial pada lag ke- k dinotasikan dengan $\wp(k)$ sebagai koefisien matriks terakhir jika data diterapkan untuk suatu proses vektor regresi diri (*autoregressive*) pada orde ke- k . Hal ini merupakan pengembangan definisi fungsi parsial sampel untuk deret waktu *univariate* yang dikemukakan oleh Box-Jenkins pada tahun 1976. Sehingga $\wp(k)$ sama dengan Φ_{ss} dalam regresi linier peubah ganda (*multivariate*). Seperti fungsi korelasi parsial (PACF) untuk kasus deret waktu peubah tunggal (*univariate*), MACF juga bersifat terputus setelah lag p pada model VAR(p). Sama halnya dengan deret waktu *univariate*, untuk identifikasi pada model

deret waktu *multivariate* juga dapat dilihat dari pola atau matriks fungsi korelasi (MACF) dan matriks fungsi korelasi parsial (MPACF) (Wei: 2006).

2.3.3 Model *Space Time Autoregressive* (STAR)

Model *Space Time Autoregressive* (STAR) atau regresi diri ruang waktu adalah model yang dikategorikan berdasarkan lag yang berpengaruh secara linier baik dalam lokasi maupun waktu (Pfeifer: 1980). Seperti metode deret waktu pada umumnya, model ruang-waktu ini juga membutuhkan suatu sistem yang tidak berubah. Menurut Pfeifer (1980) model regresi diri ruang waktu dengan orde *autoregressive* p dan orde spasial λ_p atau dapat dituliskan STAR($p\lambda_p$) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Z(t) = \sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^{\lambda_k} \Phi_{kl} W^{(l)} Z(t-k) + e(t) \quad (2.29)$$

dengan

Φ_{kl} = parameter *autoregressive* pada lag waktu ke $-k$ dan lag spasial ke $-l$

λ_k = spasial lag dari bentuk *autoregressive* orde p

$W^{(l)}$ = matriks bobot ukuran $(N \times N)$ pada lag spasial $l = 0, 1, 2, \dots, N$

$e(t)$ = vektor residual ukuran $(N \times 1)$ berdistribusi normal *multivariate* dengan mean 0 dan matriks varians-kovarians $\sigma^2 I_N$

$Z(t)$ = vektor acak ukuran $(N \times 1)$ pada waktu t

N = jumlah lokasi.

2.3.4 Pemilihan Bobot Lokasi Pada Model STAR

Untuk pemilihan atau penentuan bobot lokasi pada model STAR, dilakukan dengan menggunakan matriks bobot seragam. Matriks bobot merupakan matriks bujur sangkar yang memiliki entri-entri berupa bobot lokasi yang bersesuaian. Bobot untuk entri matriks pada model STAR biasanya ditentukan dengan memperhatikan sifat-sifat fisik atau karakteristik misalnya luas wilayah, kepadatan penduduk, batas

antara dua lokasi, atau sarana transportasi, dimana setiap bobot tersebut tidak tergantung pada waktu. Asumsi untuk kajian bobot ini adalah bahwa bobot suatu lokasi terhadap dirinya sendiri adalah nol.

Bobot w_{ij} pada lag spasial 1 dinyatakan oleh W berupa matriks bujur sangkar $N \times N$ sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \cdots & w_{1N} \\ w_{21} & 0 & \cdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Salah satu bobot yang sering digunakan adalah bobot seragam. Bobot seragam ditentukan berdasarkan banyaknya tetangga terdekat dalam suatu kelompok lokasi tertentu (lag spasial). Secara matematis bobot seragam ditentukan sebagai berikut:

$$W_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{N} & , \text{ jika } i \text{ dan } j \text{ merupakan tetangga terdekat} \\ 0 & , \text{ jika lainnya} \end{cases} \quad (2.30)$$

dengan N menyatakan banyaknya tetangga terdekat dari lokasi i pada lag spasial 1. Sifat-sifat matriks bobot seragam diantaranya:

$$W_{ij} > 0$$

$$\sum_{j=1}^N W_{ij} = 1, \text{ untuk setiap } i \text{ dan } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} = N$$

diagonal matriks bobot W adalah nol (Ruchjana: 2001).

2.3.5 Estimasi Parameter Model STAR

Dalam melakukan estimasi parameter model STAR ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (MKT), estimasi parameter $\hat{\phi}_{kl}$ yang memiliki k sebagai order dan l sebagai spasial order dari model STAR, diperoleh dengan menentukan nilai $\hat{\phi}_{kl}$ yang menghasilkan jumlah kuadrat residu minimum. Apabila diambil sebuah model STAR(1₁) yaitu

$$Z(t) = \phi_{10}Z(t-1) + \phi_{11}WZ(t-1) + e(t)$$

mempunyai bentuk model linier yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Z(2) \\ Z(3) \\ \dots \\ Z(T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z(1) \\ Z(2) \\ \dots \\ Z(T-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^{(1)}Z(1) \\ W^{(1)}Z(2) \\ \dots \\ W^{(1)}Z(T-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{11} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e(2) \\ e(3) \\ \dots \\ e(T) \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

Persamaan (2.31) dapat dituliskan menjadi $Z(t) = X\vec{\phi} + e(t)$

dimana $X = [Z(t-1) \quad WZ(t-1)]$ (Ruchjana: 2001a).

Galat model STAR(1₁) adalah sebagai berikut:

$$e(t) = Z(t) - \phi_{10}Z(t-1) - \phi_{11}WZ(t-1)$$

Jumlah kuadrat residu STAR(1₁) dinyatakan dengan:

$$S = (e(t))^2 = (Z(t) - \phi_{10}Z(t-1) - \phi_{11}WZ(t-1))^2$$

Turunan terhadap ϕ_{10} dan ϕ_{11} adalah

$$\frac{\partial S}{\partial \phi_{10}} = -2[Z(t) - \phi_{10}Z(t-1) - \phi_{11}WZ(t-1)]Z(t-1) = 0$$

$$Z(t)Z(t-1) = \hat{\phi}_{10}Z(t-1)Z(t-1) + \hat{\phi}_{11}WZ(t-1)Z(t-1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \phi_{11}} = -2[Z(t) - \phi_{10}Z(t-1) - \phi_{11}WZ(t-1)]WZ(t-1) = 0$$

$$Z(t)WZ(t-1) = \hat{\phi}_{10}Z(t-1)WZ(t-1) + \hat{\phi}_{11}WZ(t-1)WZ(t-1)$$

Dalam bentuk matriks menjadi:

$$\begin{bmatrix} Z(t)Z(t-1) \\ Z(t)WZ(t-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z(t-1)Z(t-1) \\ Z(t-1)WZ(t-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\phi}_{10} \\ \hat{\phi}_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{\phi}_{10} \\ \hat{\phi}_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z(t-1)Z(t-1) \\ Z(t-1)WZ(t-1) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Z(t)Z(t-1) \\ Z(t)WZ(t-1) \end{bmatrix}$$

Atau

$$\hat{\phi} = (X^t X)^{-1} X^t Z \text{ dengan } \hat{\phi} = \begin{bmatrix} \hat{\phi}_{10} \\ \hat{\phi}_{11} \end{bmatrix}, X = [Z(t-1) \quad WZ(t-1)] \text{ dan } X^t X \text{ matriks}$$

non singular (Suryamah: 2013). Untuk proses ini dapat dilanjutkan menggunakan model linier dengan bantuan program pengolahan data statistika R. Estimasi parameter STAR(1₁) mengharuskan memenuhi kondisi stasioner sebagai berikut (Pfeifer : 1980):

$$-1 < \hat{\phi}_{10} < 1 \text{ dan } -1 < \hat{\phi}_{11} < 1 \quad (2.32)$$

2.3.6 Pengujian Kecocokan Model STAR

Untuk mencegah galat peramalan yang terlalu besar, harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu terhadap model tersebut apakah sudah cocok atau belum untuk data tersebut. Pengujian dilakukan secara serentak dan secara individu. Pengujian parameter secara serentak merupakan uji serentak yang dilakukan untuk memeriksa keberartian koefisien ϕ secara keseluruhan atau serentak. Perumusan hipotesis adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \phi_{10}^{(i)} = \phi_{11}^{(i)} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \phi_{kl}^{(i)} \neq 0 \text{ dengan } k = 1, l = 0,1 \text{ dan } i = 1,2,\dots,N$$

Statistik uji yang digunakan adalah F –hitung = $\frac{MSR}{MSE}$

$$MSR \text{ (Mean Square Regression)} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}_i(T) - \bar{Z}(T))^2}{n} \text{ dan}$$

$$MSE \text{ (Mean Square Error)} = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n (Z_{l+1}(T) - \hat{Z}_l(T))^2$$

dengan n merupakan banyak ramalan yang dilakukan. Kriteria pengujian dengan mengambil taraf nyata $\alpha = 6\%$, $df_1 = N \times N$, $df_2 = n$ maka dari tabel distribusi F diperoleh $F_{(\frac{\alpha}{2}, (N \times N), n)}$. Jika F –hitung $> F$ –tabel maka H_0 ditolak. Selain dari daerah kritik tersebut, dapat juga digunakan daerah kritik yang lain yaitu H_0 ditolak apabila p –value $< \alpha = 6\%$ yang artinya $\phi_{kl}^{(i)}$ secara statistik mempunyai arti dalam model (sesuai sebagai model peramalan).

Pengujian parameter secara parsial (individu) dilakukan untuk menguji keberartian koefisin ϕ secara parsial dengan membandingkan dugaan ϕ dengan penduga standart errornya. Dengan hipotesisnya dalah sebagai berikut:

$$H_0 : \phi_{1l}^{(i)} = 0 \text{ (parameter tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \phi_{1l}^{(i)} \neq 0 \text{ (parameter signifikan)}$$

dengan $l = 0,1$ dan $i = 1,2,\dots,N$

$$\text{Statistika uji yang digunakan adalah } t \text{ –hitung} = \frac{|\phi_{1l}^{(i)}|}{SE(\phi_{1l}^{(i)})}$$

dimana $SE(\phi_{10}^{(i)}) = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i(t))^2}{n \sum_{i=1}^n (Z_i(t) - \bar{Z}_i(t))^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \sigma$ dan $SE(\phi_{11}^{(i)}) = \left\{ \frac{\sigma^2}{n \sum_{i=1}^n (Z_i(t) - \bar{Z}_i(t))^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$

serta $\phi_{1l}^{(i)}$ adalah parameter dengan $l = 0,1$ dan $i = 1,2,\dots,N$; $SE(\phi_{1l}^{(i)})$ merupakan standart error untuk parameter dengan $l = 0,1$ dan $i = 1,2,\dots,N$.

Kriteria pengujian dengan mengambil taraf nyata $\alpha = 6\%$, $df = n$ maka dari tabel distribusi t diperoleh $t_{(\frac{\alpha}{2};n)}$. Jika t -hitung $>$ t -tabel maka H_0 ditolak. Selain dari daerah kritik tersebut, dapat juga digunakan daerah kritik yang lain yaitu H_0 ditolak bila p -value $<$ $\alpha = 6\%$ yang artinya $\phi_{1l}^{(i)}$ secara statistik mempunyai arti dalam model (sesuai sebagai model peramalan).

2.3.7 Kriteria Pemilihan Model STAR Terbaik

Akaike's Information Criterion (AIC) dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) akan digunakan dalam proses pemilihan model terbaik. Berikut ini dijelaskan masing-masing kriteria pemilihan model terbaik. Salah satu kriteria pemilihan dalam penentuan model terbaik pada *training* adalah *Akaike's Information Criterion* (AIC). Model terbaik adalah model dengan nilai AIC paling kecil. Berikut cara perhitungan nilai AIC:

$$AIC(p) = \ln|\tilde{\Sigma}_u(p)| + \frac{2p}{T} K^2$$

dimana $\tilde{\Sigma}_u p = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t \hat{u}_t'$ adalah matriks taksiran kovarian residual dari model VAR(p), T merupakan banyak observasi dan K merupakan jumlah parameter dalam model.

Root Mean Square Error (RMSE) adalah ukuran perbedaan antara nilai prediksi dari model atau penaksir dengan nilai sebenarnya dari observasi. RMSE digunakan untuk memperoleh gambaran keseluruhan standar deviasi yang muncul saat menunjukkan perbedaan antara model, atau hubungan yang dimiliki. Untuk mengetahui besarnya nilai RMSE, dapat digunakan rumus sebagai berikut (Wei: 2006):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{t=1}^M (Z_t - \hat{Z}_t)^2}$$

dengan M merupakan banyak data ramalan yang digunakan, Z_t data sebenarnya, \hat{Z}_t data hasil ramalan. Nilai RMSE berkisar antara 0 sampai ∞ . Semakin kecil nilai RMSE maka model semakin bagus.



BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa uraian mengenai metode penelitian sebagai konsep untuk melakukan penelitian ini. Adapun metode penelitian ini meliputi data penelitian dan metode analisis dengan menggunakan ARIMA dan STAR.

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pengairan kabupaten Jember yaitu data rata-rata curah hujan bulanan periode bulan Januari 2005 sampai bulan Juni 2013 yang dibagi menjadi empat bagian wilayah yakni Jember Barat, Jember Selatan, Jember Tengah, Jember Timur (Gambar 3.1). Untuk masing-masing wilayah terdiri dari 102 data dan dibagi menjadi 2 bagian.

- a. Data *training* (*in-sample*/pemodelan) : Januari 2005–Desember 2012 (96 data)
- b. Data *testing* (*out-sample*/validasi) : Januari 2013–Juni 2013 (6 data)

Untuk variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Variabel yang digunakan untuk model ARIMA

$Y_1(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Barat

$Y_2(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Selatan

$Y_3(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Tengah

$Y_4(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Timur

- b. Variabel yang digunakan untuk model STAR

$Z_1(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Barat

$Z_2(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Selatan

$Z_3(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Tengah

$Z_4(t)$: Rata-rata curah hujan di wilayah Jember Timur



Gambar 3.1 Peta Persebaran Wilayah di Kabupaten Jember (Sumber: DPU Pengairan Kab.Jember)

3.2 Metode Analisis

Dari informasi data yang telah diperoleh, selanjutnya adalah melakukan pengolahan data melalui metode analisis berikut ini dengan menggunakan metode statistika yang dibantu dengan program pengolahan data statistika R 3.0.3 dan SAS. Berikut tahapan analisis yang digunakan untuk penelitian ini.

a. Tahap peramalan data deret waktu

Langkah-langkah yang terdapat dalam tahapan peramalan data deret waktu ini dilakukan dengan menggunakan pemodelan ARIMA Box-Jenkins antara lain berikut ini.

- 1) Identifikasi model, merupakan tahap penting yang merupakan proses pemilihan model. Berikut tahapan yang harus dilakukan dalam identifikasi model.
 - a) mengeksplorasi data dengan cara membuat plot data *training* secara grafis dan ACF untuk mengetahui kestasioneran data.
 - b) melakukan uji untuk mengetahui kestasioneran data terhadap mean yang dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Jika data belum stasioner dalam mean, baik mean non-musiman maupun mean musiman maka perlu dilakukan proses *differencing* (pembedaan) non-musiman maupun *differencing* musiman sampai data menjadi stasioner. Jika data belum stasioner dalam varians maka dilakukan transformasi *Box-Cox*.
 - c) apabila data telah stasioner maka dengan melihat pola ACF dan PACF akan dapat mengidentifikasi bentuk model-model sementara ARIMA.

2) Estimasi parameter

Estimasi parameter pada tahapan ini dapat dilakukan untuk menentukan apakah parameter dari setiap model-model sementara ARIMA tersebut sudah layak untuk digunakan, dengan melihat hasil estimasi parameter yang merupakan proses penentuan nilai parameter-parameter pada model yang dihasilkan melalui penggunaan metode kemungkinan maksimum dan kemudian dilakukan pengujian parameter-parameternya menggunakan statistik uji t

(*t*-test). Model dengan parameter-parameter yang $|t - hitung| > t_{(\alpha/2); df=n-1}$ atau *p*-value $> \alpha$ untuk $\alpha = 0,05$, akan diikuti sertakan pada proses berikutnya.

3) Diagnosa model

Diagnosa model merupakan proses untuk memeriksa ketepatan model yang dihasilkan dan memberikan petunjuk kearah perbaikan model dengan melakukan pemeriksaan sisaan (residual) yang meliputi asumsi *white noise* dengan menggunakan uji Ljung-Box (Persamaan 2.25). Model-model yang memenuhi asumsi sisaan (residual) dinamakan model yang layak dan diikutsertakan pada proses selanjutnya.

4) Pemilihan model ARIMA terbaik

Untuk menetapkan model ARIMA terbaik yang dapat digunakan untuk prediksi beberapa waktu kedepan berdasarkan hasil evaluasi atau kriteria pada data *training* yakni membandingkan nilai AIC dari model-model yang ada. Model ramalan yang baik adalah jika memiliki nilai AIC yang lebih kecil serta pada data *testing* dengan melihat nilai RMSE yang terkecil.

5) Melakukan peramalan data *testing* dengan model ARIMA yang terbentuk untuk beberapa waktu kedepan pada data curah hujan di masing-masing lokasi.

b. Tahap peramalan data deret ruang-waktu (*Space Time*)

Langkah-langkah yang terdapat dalam tahapan peramalan data deret ruang-waktu (*Space Time*) ini dilakukan dengan menggunakan pemodelan STAR, antara lain berikut ini.

1) Identifikasi model STAR

Berikut ini proses identifikasi model STAR yang harus dilakukan untuk melakukan pemilihan model.

a) Mendeskripsikan pola data dengan mencari nilai korelasi antar lokasi menggunakan matriks korelasi. Mengeksplorasi data dengan cara membuat plot data *training* secara grafis dan melakukan pengujian stasioneritas data

secara *multivariate* dengan membentuk plot MACF dan MPACF, serta secara *univariate* melalui plot ACF.

- b) Jika data tidak stasioner dalam mean maka dilakukan proses *differencing* (pembedaan) sampai data menjadi stasioner. Jika data tidak stasioner dalam variansi maka dilakukan transformasi *Box-Cox*.
- c) Apabila data telah stasioner maka dilakukan perhitungan dan analisis bentuk dari MACF dan MPACF, serta nilai AIC pada beberapa orde AR. Ketiga besaran ini digunakan sebagai dasar untuk penentuan orde model STAR, khususnya pada nilai AIC yang tekecil.
- d) Membentuk model $STAR(p_{(\lambda_p)})$ dengan menetapkan nilai matriks pembobot seragam.

2) Estimasi parameter

Setelah kandidat model STAR sudah dipilih dalam tahap identifikasi, tahap selanjutnya melakukan estimasi parameter model STAR yang ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil.

3) Diagnosa pengecekan model

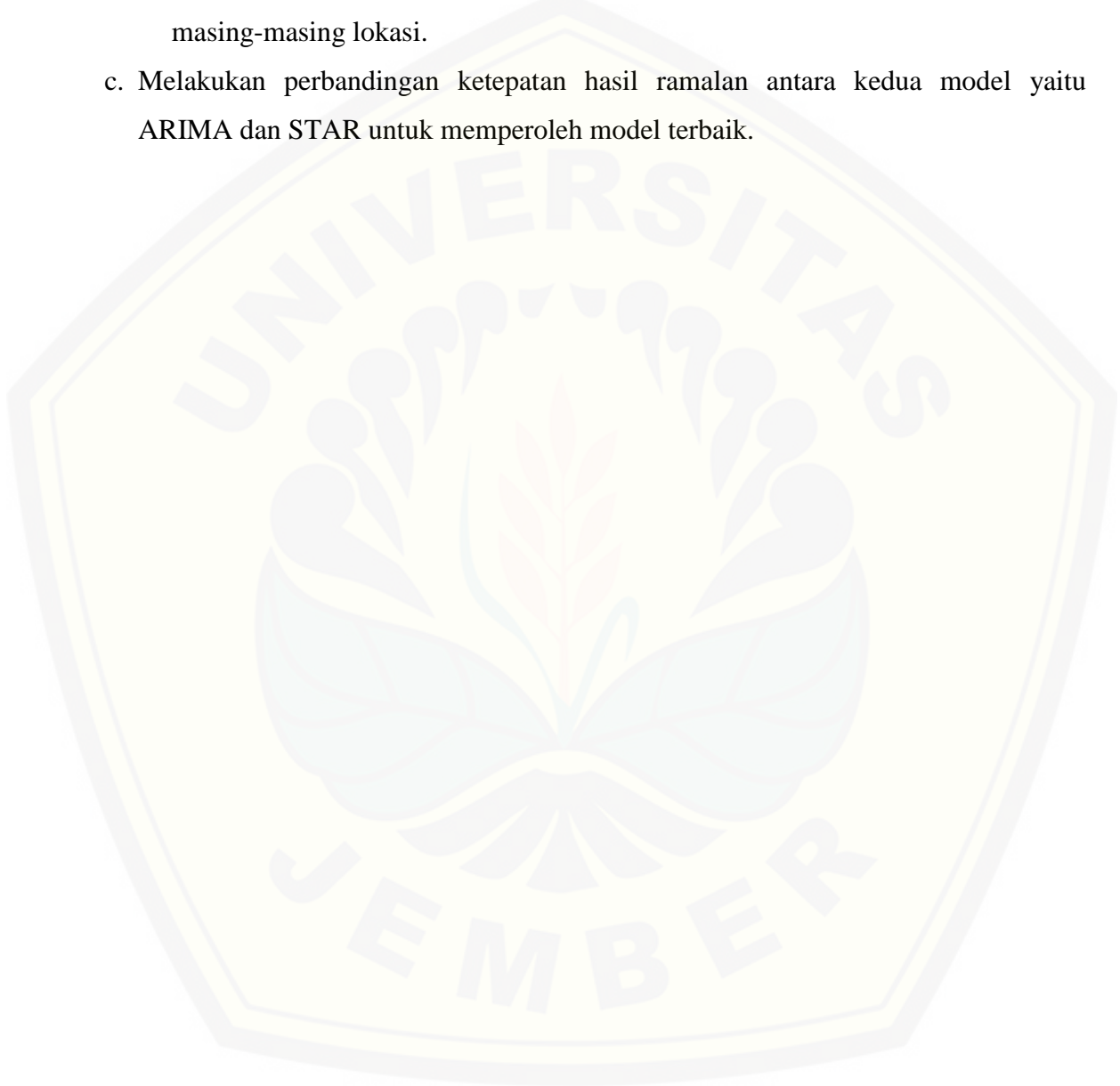
Setelah sebuah kandidat model dipilih dan parameter-parameternya diestimasi, model harus masuk dalam tahap uji diagnosa model untuk menentukan apakah model cukup untuk mewakili data. Untuk pengujian diagnosa model dilakukan dengan uji *white noise* residual. Pengujian asumsi *white noise* menggunakan uji *Portmanteau* dengan hipotesis:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (Residual memenuhi syarat *white noise*)

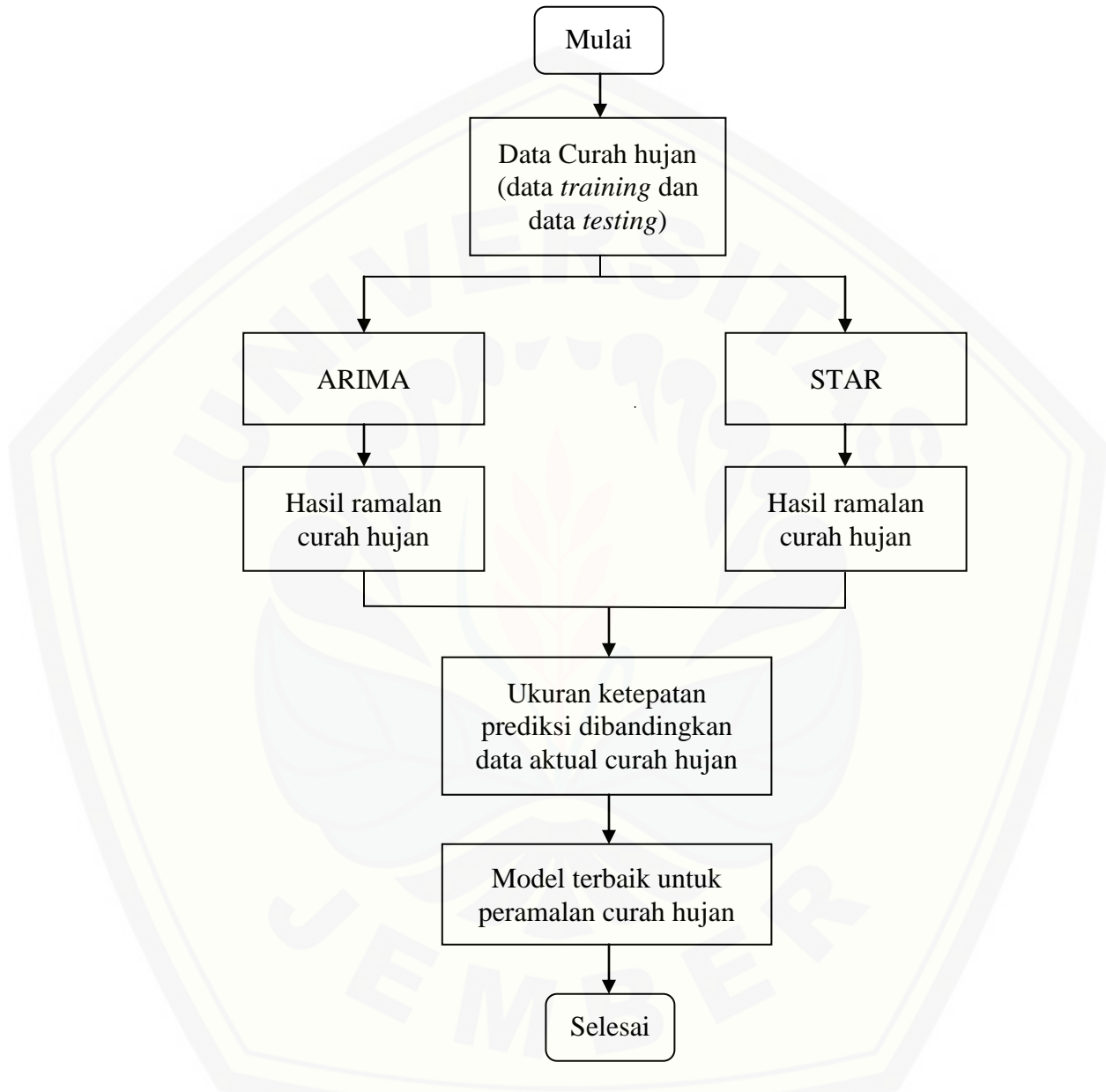
H_1 : minimal ada satu $\rho_i \neq 0$ untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (Residual belum memenuhi syarat *white noise*)

dengan statistik uji $Q_{LB} = n(n+2) \left(\sum_{k=1}^m \frac{\hat{r}_k^2}{n-k} \right)$ dengan daerah penolakan yaitu tolak H_0 jika $Q_{LB} > \chi_{(k-p-q)}^2$ atau p -value $< \alpha = 5\%$ yang berarti bahwa data belum memenuhi syarat cukup (residual belum memenuhi syarat *white noise* (Box: 2004).

- 4) Menentukan model STAR terbaik berdasarkan nilai AIC dan RMSE terkecil yang dihasilkan dari model-model yang ada, selanjutnya dilakukan peramalan data *testing* untuk melihat gambaran curah hujan pada waktu mendatang di masing-masing lokasi.
- c. Melakukan perbandingan ketepatan hasil ramalan antara kedua model yaitu ARIMA dan STAR untuk memperoleh model terbaik.



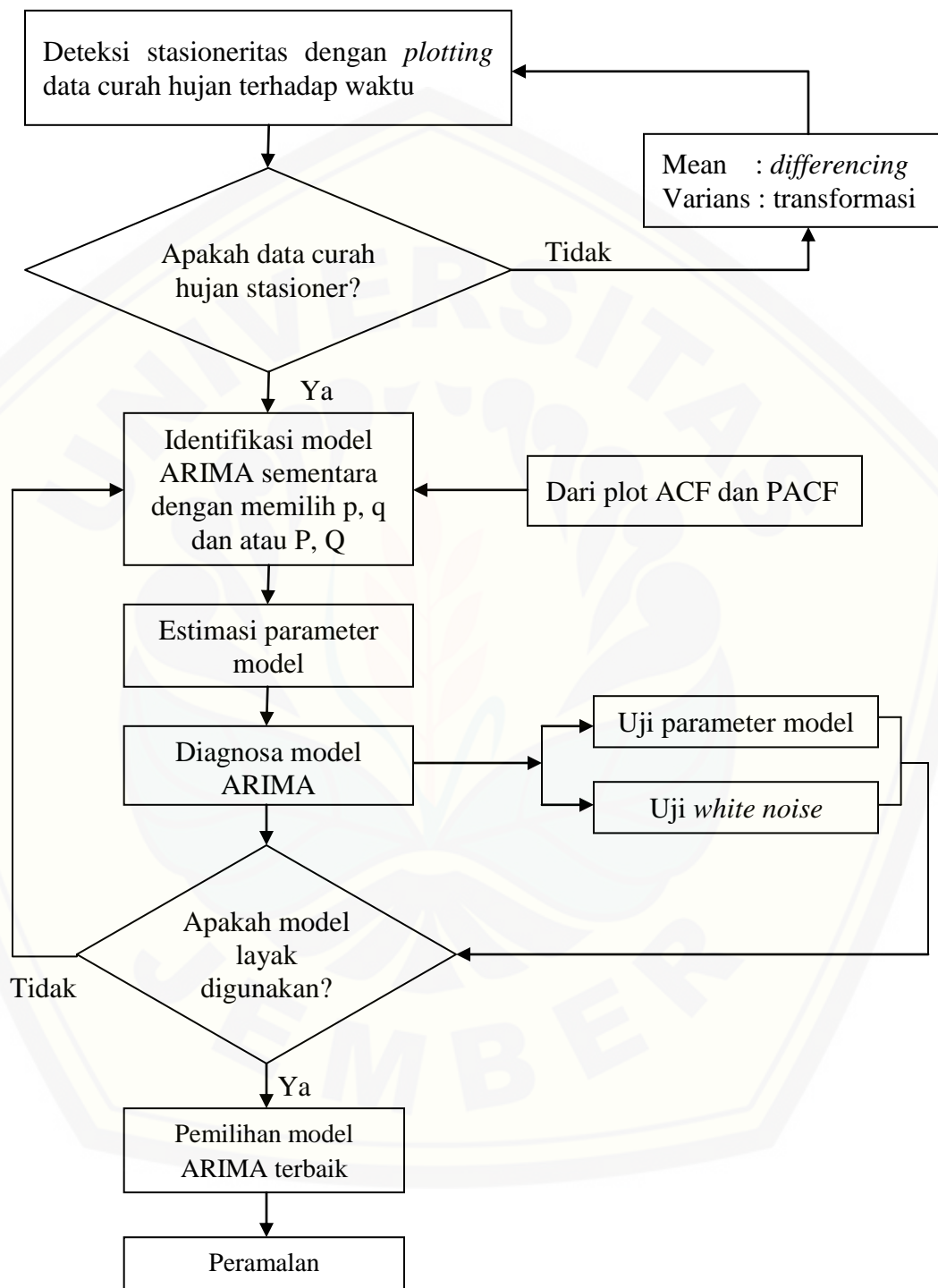
Skema dari tahapan analisis dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Skema Proses Penelitian

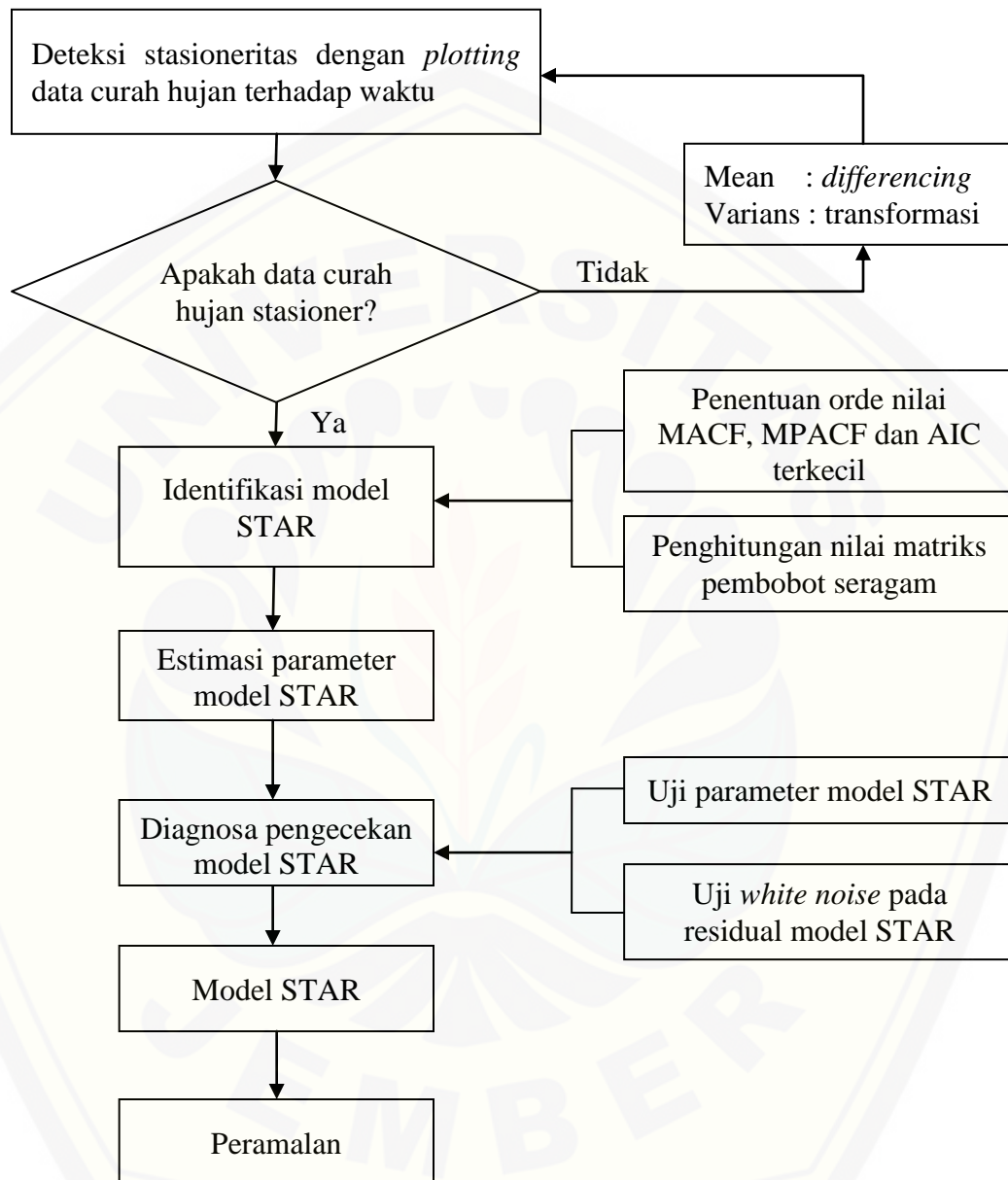
Selanjutnya akan dijelaskan langkah untuk tahapan ARIMA dan STAR pada proses penelitian tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 berikut.

Tahapan ARIMA



Gambar 3.3 Tahapan ARIMA

Tahapan STAR



Gambar 3.4 Tahapan STAR

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Model peramalan yang dikembangkan untuk meramalkan banyaknya data curah hujan di kabupaten Jember yang dibagi menjadi 4 bagian lokasi yaitu Jember Barat, Jember Selatan, Jember Tengah dan Jember Timur, adalah ARIMA dan STAR. Didapatkan model ramalan terbaik yang sesuai dengan data yaitu model ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Barat, ARIMA $(2,0,2)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Selatan, ARIMA $(1,0,0)(2,0,0)^{12}$ untuk Jember Tengah, ARIMA $(1,0,0)(1,0,1)^{12}$ untuk Jember Timur, dan model STAR(1_1) untuk keempat lokasi. Secara umum, model STAR(1_1) dapat digunakan untuk melakukan peramalan banyaknya data curah hujan di kabupaten Jember, dimana orde *time* 1 dan orde *space* 1. Hasil evaluasi model STAR(1_1) menunjukkan bahwa ada keterkaitan antara banyaknya curah hujan di satu lokasi dengan lokasi lainnya, hal ini dikarenakan tingginya korelasi spasial antar lokasi.
2. Perbandingan hasil ketepatan ramalan untuk data curah hujan di kabupaten Jember menunjukkan bahwa model STAR(1_1) dengan nilai RMSE Gabungan 72,69220849 menghasilkan ketepatan ramalan yang lebih baik dari pada model ARIMA yang memiliki nilai RMSE Gabungan 99,23743772.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya masih terbuka bagi peneliti lain untuk melakukan pengembangan model peramalan yang lebih kompleks dan diharapkan mampu mempertajam analisis hubungan antar variabel yang diteliti, misalnya

penggunaan model STAR dengan menggunakan bobot lokasi berdasarkan *semi-variogram* atau *covariogram* variabel, dan untuk mengatasi suatu lokasi yang heterogen dapat dilakukan model peramalan deret ruang-waktu GSTAR dengan menggunakan bobot lokasi uniform, invers jarak, dan korelasi silang.



DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., dan R, D, Susanto. 2003. Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia And Their Relationship To Sea Surface Temperature. *International Journal Of Climatology*. 23: 1435-1452.
- Box, E. P. G., dan Jenkins, G. M. 2004. *Time Series Analysis Forecasting and Control*. San Fransisco: Holden-Day.
- Cowpewartait, P. S. P., dan Andrew, V. M. 2008. *Introductory Time Series with R*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Cryer, J. D., dan Kung-Sik, C. 2008. *Time Series Analysis With Applications in R Second Edition*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Giacomini, R., dan Clive, W. J. G. 2002. *Aggregation of Space-Time Processes*. University of California at San Diego, Economics Working Paper Series, Department of Economics, UC San Diego.
- Harris, R., dan Robert, S. 2003. *Applied Time Series Modelling And Forecasting*. England: John Wiley & Sons, Inc.
- Imami, E. M. 2008. Aplikasi Time Series Semiparametrik Ketika ARIMA Gagal Memenuhi White Noise (Studi Kasus Peramalan Curah Hujan di Jember). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Lestari, B. 2000. Pemodelan dan Peramalan Banyaknya Hari Hujan di Jember dengan Proses ARMA. *Majalah Matematika dan Statistika*. 1(1): 61-72.
- Montgomery, D. C., Cheryl, L. J., dan Murat, K. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Pankratz, A. 1983. *Forecasting With Univariate Box-Jenkins*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Pfeifer, P. E., dan Deustch, S. J. 1980. A Three Stage Iterative Procedure for Space Time Modeling. *Technometrics*. 22(1): 35-47.

- Ruchjana, B. N. 2001. *The Space Time Autoregressive Model Case Study on Selenium Pollution in Water*. Berlin-Germany: SIAM-EMS Conference “Applied Mathematics in our Changing World”.
- Ruchjana, B. N., Borovkova, S., A., Lopuhaä. H., P., Udjiana, S., P., dan Darwis, S. 2001a. Random Weights In The Space Time Autoregressive Model. *Proceeding of Indonesian Students Scientific Meeting (ISSM)*. University of Manchester Institute of Science and Technology, United Kingdom.
- Shumway, R. H., dan David, S. S. 2011. *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples Third Edition*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Suryamah, E., Parmikanti, K., dan Sugihartini. 2013. Prakiraan Curah Hujan Menggunakan Model Space Time Autoregresif Orde Dua (STAR(1;2)). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. Bandung: PTNBR-BATAN.
- Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. USA: Addison-Wesley.

LAMPIRAN

A. Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2005														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	209	389	388	379	0	71	56	11	31	248	300	855
	Tanggul	Tanggul	157	386	239	264	0	50	79	0	0	156	267	514
		Darungan	226	355	222	325	0	108	134	0	29	216	370	603
	Bangsalsari	Sukorejo	146	358	0	393	0	10	56	0	0	0	247	395
		Dam Langkap	226	156	123	258	5	37	96	5	7	67	83	480
		Dam Kijingan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	84	506
		Dam Tugusari	398	436	154	220	0	14	54	0	0	37	42	813
	Jombang	Wringin Agung	96	228	259	206	4	25	29	0	4	88	134	569
		Pladingan	243	208	150	270	0	20	10	0	0	41	131	488
		Pondokwaluh	182	217	276	266	0	7	13	0	0	64	159	476
	Kencong	Kencong	134	136	199	171	0	1	17	0	0	96	204	472
		Kencong	200	104	239	230	0	18	0	0	0	77	65	346
		Wonorejo	123	92	253	241	0	0	6	0	0	49	92	409
	Gumukmas	Bagorejo	113	148	155	319	0	0	0	0	0	68	98	514
		Gumukemas(BT)	124	104	252	278	0	0	7	0	0	32	98	354
		Bedodo	136	111	181	252	0	0	0	0	0	55	75	357
Gumukemas(KT)		186	152	242	322	0	0	10	0	0	91	99	508	

	Semboro	Menampu	127	146	306	192	0	0	8	0	0	106	89	457
		Pondokjoyo	259	366	233	278	5	22	51	0	31	193	317	646
		Pondokjoyo	259	360	234	283	5	21	53	0	31	152	394	828
		Semboro	137	315	219	177	0	36	14	0	0	98	110	406
	Umbulsari	Paleran	223	351	149	238	11	43	26	0	0	50	177	409
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			177,46	232,64	203,32	252,82	1,36	21,95	32,68	0,73	6,05	91,82	165,23	518,41
Jember Selatan	Puger	Puger	132	82	144	197	0	0	27	0	0	83	30	312
		Grenden	186	180	165	271	0	0	63	0	0	70	65	505
		Jambearum	162	118	150	163	16	12	97	0	0	59	60	400
	Balung	Balung	153	188	252	118	17	46	84	0	0	69	63	430
		Karangduren	159	163	162	188	0	8	69	0	0	86	84	327
		Gumelar Timur	81	164	202	272	13	15	49	12	9	50	92	421
	Wuluhan	Tamansari	90	150	181	163	41	21	61	6	11	47	96	381
		Glundengan	72	170	201	144	0	23	96	11	17	49	72	353
		Lojejer	60	141	148	104	0	10	48	0	0	34	64	400
		Ampel	100	155	195	156	0	16	27	0	0	76	50	349
		Tanjungrejo	85	142	261	234	0	33	85	0	0	80	65	397
	Jenggawah	Kesilir	90	143	201	206	0	43	26	0	0	96	72	392
		Dam Talang	357	276	292	175	0	113	190	26	28	230	144	625
		Jenggawah	132	164	199	138	0	61	65	13	24	128	83	299
		Kemuningsari	157	147	225	234	12	104	109	0	15	114	152	427
		Jatisari	135	100	293	183	0	128	45	0	0	55	106	465
	Ambulu	Karang Anyar	64	134	316	267	11	0	55	0	0	67	83	600
		Sabrang DM.4	89	136	205	199	0	44	23	0	0	91	39	422
		Sabrang SB.1	116	169	172	185	0	80	14	0	0	105	50	482
		Sumberejo	62	161	180	195	0	84	16	0	0	103	82	521
	Tempurejo	Tempurejo	112	268	219	160	0	54	41	0	11	101	143	482

		Sanenrejo	118	171	148	174	0	19	24	19	6	103	29	739	
	Mumbulsari	Kr.Kedawung	79	223	290	58	0	78	139	0	31	94	67	497	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			121,35	162,826	208,739	181,913	4,78	43,13	63,17	3,78	6,61	86,52	77,87	444,61	
Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	200	204	230	86	11	86	50	0	7	88	187	435	
	Rambipuji	Dam Makam	262	326	386	294	51	100	120	43	105	174	174	475	
		Dam Pecoro	151	285	343	220	38	82	88	19	27	136	155	596	
		Rambipuji	277	291	353	260	46	92	108	38	94	153	113	647	
		Rawatamtu	110	216	260	237	4	58	44	0	13	99	87	526	
		Curahmalang	133	191	215	309	58	33	85	12	0	46	107	487	
	Panti	Dam Klatakan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	765	1088
		Dam Karanganom	184	320	311	241	27	76	53	30	12	120	138	467	
		Dam Pono	191	333	302	241	32	10	109	30	16	118	125	529	
	Sukorambi	Dam Manggis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	249	741	
	Kaliwates	Dam Semangit	215	348	369	174	43	96	50	27	32	132	205	544	
	Patrang	Bintoro	233	384	567	285	0	102	37	62	35	195	152	775	
		Dam Sembah	224	156	198	217	72	61	69	46	15	163	280	578	
	Arjasa	Kopang	121	169	441	127	12	94	107	75	50	235	157	699	
	Sumbersari	Wirolegi	140	277	285	74	12	65	46	57	92	91	128	609	
		Jember	105	139	267	133	0	193	115	0	0	88	226	1009	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			159,13	227,44	282,94	181,13	25,38	71,75	67,56	27,44	31,13	114,88	203	637,81	
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190	745	
	Sukowono	Sukowono	127	209	441	183	53	174	33	28	1	97	118	478	
		Sukorejo	116	252	309	114	16	83	10	69	10	121	113	586	
	Sumberjambe	Sbr.Jambe	125	235	447	203	15	123	18	17	0	253	158	465	
		Cumedak	42	333	418	206	0	141	9	0	0	290	413	615	
	Kalisat	Sbr.Kalong	124	263	354	148	15	73	32	92	0	150	148	633	
Ajung		266	321	260	86	9	64	54	38	22	185	189	620		

Ledokombo	Ledokombo	124	248	241	139	0	85	20	4	0	141	130	429
	Suren	220	235	276	65	0	43	50	27	0	248	216	614
Silo	Sumberjati	152	227	389	111	0	84	2	0	5	204	113	632
	Silo	134	201	305	77	0	76	1	0	10	174	103	626
Mayang	Seputih	364	567	354	26	11	102	65	0	0	282	41	564
Pakusari	Jatian	325	376	323	91	0	88	15	35	0	51	33	672
	Kottok	200	412	375	238	15	150	45	69	0	253	79	540
	Pakusari	248	442	280	104	0	135	38	26	0	99	66	425
	Dam Arjasa	45	159	381	108	5	67	103	80	55	210	147	554
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur		163,25	280	322,06	118,69	8,69	93	30,94	30,31	6,44	172,38	141,06	574,88

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2006														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	261	292	294	529	243	13	1	0	0	4	115	431
	Tanggul	Tanggul	171	158	274	343	139	0	0	0	0	0	199	290
		Darungan	334	312	308	399	131	0	0	0	0	0	188	320
	Bangsalsari	Sukorejo	305	301	328	306	95	11	0	0	0	0	68	389
		Dam Langkap	299	173	417	280	257	59	0	0	0	0	93	255
		Dam Kijingan	310	196	401	272	304	51	0	0	0	0	66	305
	Jombang	Dam Tugusari	613	167	290	338	64	2	0	0	0	0	94	168
		Wringin Agung	259	239	238	229	126	10	2	0	0	0	124	350
		Pladingan	235	220	260	230	63	5	0	0	0	0	26	169
	Kencong	Pondokwaluh	205	293	292	194	119	5	0	0	0	0	49	190
		Kencong	247	267	225	148	49	2	0	0	0	0	13	174
		Kencong	243	273	142	120	37	4	0	0	0	0	12	86

	Wonorejo	189	179	159	225	24	8	0	0	0	0	21	66	
	Gumukmas	Bagorejo	253	226	195	219	33	0	2	0	0	0	2	168
		Gumukemas(BT)	295	207	157	186	27	11	0	0	0	0	18	88
		Bedodo	175	294	182	159	29	0	0	0	0	0	9	102
		Gumukemas(KT)	251	237	231	194	31	13	0	0	0	0	10	79
		Menampu	203	335	214	173	39	17	0	0	0	0	13	151
	Semboro	Pondokjoyo	265	234	324	432	241	15	2	0	0	0	155	340
		Pondokjoyo	324	298	419	487	248	15	2	0	0	0	160	346
		Semboro	234	208	330	266	244	8	0	0	0	0	122	291
	Umbulsari	Paleran	253	156	257	247	110	9	0	0	0	0	94	249
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat		269,27	239,32	269,86	271,64	120,59	11,73	0,41	0	0	0,18	75,05	227,59	
Jember Selatan	Puger	Puger	176	185	278	116	4	0	0	0	0	0	5	48
		Grenden	284	256	308	138	13	0	0	0	0	0	6	168
		Jambearum	221	133	218	219	34	5	0	0	0	0	21	164
	Balung	Balung	218	200	231	193	78	11	5	0	0	0	17	214
		Karangduren	171	217	228	205	71	0	0	0	0	0	38	107
		Gumelar Timur	201	196	229	302	134	9	2	0	0	0	58	295
	Wuluhan	Tamansari	227	214	262	199	60	8	8	0	0	0	59	236
		Glundengan	207	193	240	170	66	13	12	0	0	0	58	167
		Lojejer	172	190	251	180	25	10	0	0	0	0	16	125
		Ampel	131	167	278	129	31	7	0	0	0	0	16	151
		Tanjungrejo	163	180	239	142	24	5	0	0	0	0	48	181
	Kesilir	143	221	218	186	13	6	10	0	0	0	3	191	
	Jenggawah	Dam Talang	386	454	400	265	249	6	0	0	0	0	92	376
		Jenggawah	215	201	201	211	123	3	7	0	0	0	58	250
		Kemuningsari	326	184	237	243	139	0	2	0	5	0	87	203
		Jatisari	226	175	241	198	52	0	0	0	0	0	0	0

	Ambulu	Karang Anyar	310	230	376	174	73	0	0	0	0	0	92	258
		Sabrang DM.4	98	243	291	199	9	11	16	0	0	0	0	136
		Sabrang SB.1	100	364	192	175	42	12	0	0	0	0	46	122
		Sumberejo	91	335	205	181	45	13	0	0	0	4	26	82
	Tempurejo	Tempurejo	262	290	429	201	236	9	0	0	0	0	68	239
		Sanenrejo	315	309	400	295	201	0	0	0	0	0	58	312
Mumbulsari	Kr.Kedawung	311	135	324	172	259	11	0	0	0	19	120	439	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			215,39	229,22	272,87	195,35	86,13	6,04	2,69	0	0,22	1	43,13	194,09
Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	395	511	307	311	239	0	0	0	3	0	142	177
	Rambipuji	Dam Makam	442	322	423	218	249	12	7	0	0	0	201	253
		Dam Pecoro	289	357	370	283	232	0	0	0	0	0	174	327
		Rambipuji	445	467	352	347	242	17	3	0	0	0	184	262
		Rawatamtu	277	328	347	310	239	17	2	0	0	0	120	304
		Curahmalang	246	255	283	386	207	18	1	0	0	0	75	266
	Panti	Dam Klatakan	760	433	389	488	224	0	0	0	0	0	211	350
		Dam Karanganom	457	358	393	420	238	1	2	0	0	0	206	355
		Dam Pono	457	343	371	432	249	1	2	0	0	0	223	354
	Sukorambi	Dam Manggis	561	366	249	240	160	0	0	0	0	0	153	370
	Kaliwates	Dam Semangit	428	307	355	277	316	5	2	0	0	0	284	324
	Patrang	Bintoro	875	421	323	232	157	0	0	0	0	0	120	196
		Dam Sembah	641	354	478	335	321	35	0	0	0	0	261	252
	Arjasa	Kopang	797	357	271	180	103	7	0	0	0	0	77	124
	Sumbersari	Wirolegi	390	354	407	241	168	10	0	0	0	0	88	207
		Jember	856	587	431	314	305	0	0	0	0	0	49	411
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			519,75	382,5	359,31	313,38	228,06	7,69	1,19	0	0,19	0	160,5	283,25
	Jelbuk	Dam Tegal Batu	1075	720	504	241	373	0	0	0	0	0	53	377
	Sukowono	Sukowono	731	359	345	288	178	9	0	0	7	45	151	315

Jember Timur	Sumberjambe	Sukorejo	614	304	337	239	294	5	0	0	4	17	120	222
		Sbr.Jambe	654	415	266	344	116	0	0	0	0	26	165	352
		Cumedak	837	708	801	507	640	71	0	0	0	50	209	505
	Kalisat	Sbr.Kalong	552	255	364	204	293	8	0	0	0	37	113	210
		Ajung	563	371	505	243	175	9	0	0	22	28	121	210
	Ledokombo	Ledokombo	411	410	461	198	220	8	0	11	2	0	94	411
		Suren	342	377	394	262	108	15	0	0	0	0	39	298
	Silo	Sumberjati	570	647	491	448	208	0	0	0	0	20	101	303
		Silo	474	632	434	302	269	0	0	0	0	19	96	310
	Mayang	Seputih	458	328	423	242	177	11	0	0	0	0	70	346
	Pakusari	Jatian	393	371	379	225	137	4	0	4	57	16	84	261
		Kottok	559	247	255	171	63	0	0	0	4	0	25	107
		Pakusari	298	329	214	276	153	11	0	0	27	0	57	317
		Dam Arjasa	713	406	412	341	290	13	0	0	0	0	131	239
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			577,75	429,94	411,56	283,19	230,88	10,25	0	0,94	7,69	16,13	101,81	298,93

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2007														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	162	498	280	396	126	115	3	0	0	118	254	500
	Tanggul	Tanggul	175	362	405	182	182	201	40	0	0	67	174	628
		Darungan	264	386	500	306	306	150	118	2	0	117	230	709
	Bangsalsari	Sukorejo	191	199	139	394	54	27	10	7	0	111	152	536
		Dam Langkap	154	261	163	152	211	120	6	4	0	80	147	594
		Dam Kijingan	167	236	178	180	223	128	4	6	0	78	136	541
		Dam Tugusari	128	232	133	130	212	48	0	2	0	106	163	810
	Jombang	Wringin Agung	180	348	364	420	79	88	8	0	0	47	183	533

		Pladingan	131	282	188	205	47	40	7	4	0	84	109	539
		Pondokwaluh	175	295	268	264	58	37	5	2	0	70	207	488
	Kencong	Kencong	133	324	260	229	54	17	10	0	0	31	82	424
		Kencong	81	354	195	148	43	0	0	0	0	8	75	359
		Wonorejo	98	215	223	162	41	0	0	0	0	0	113	532
	Gumukmas	Bagorejo	178	179	178	178	50	33	11	0	0	15	80	366
		Gumukemas(BT)	66	277	231	184	43	0	0	0	0	0	102	556
		Bedodo	149	345	567	460	14	0	0	0	0	3	60	449
		Gumukemas(KT)	112	305	294	180	52	0	0	0	0	0	100	482
		Menampu	133	348	263	145	22	24	0	3	0	13	54	420
	Semboro	Pondokjoyo	193	563	337	359	146	164	33	0	0	84	250	530
		Pondokjoyo	196	602	395	419	160	176	34	0	0	85	256	633
		Semboro	197	256	271	299	105	37	6	0	0	65	147	457
	Umbulsari	Paleran	175	94	60	246	95	74	0	1	0	25	172	715
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			156,27	316,41	267,82	256,27	105,6	67,23	13,41	1,41	0	54,86	147,55	536,4
Jember Selatan	Puger	Puger	108	234	95	85	36	7	0	0	0	0	50	198
		Grenden	181	231	151	131	60	17	0	0	0	0	34	259
		Jambearum	102	258	102	102	22	73	0	0	0	12	124	392
	Balung	Balung	69	213	69	67	8	82	36	0	0	13	60	421
		Karangduren	165	164	165	158	18	108	0	4	0	23	90	401
		Gumelar Timur	113	180	113	154	81	16	6	15	0	70	172	383
	Wuluhan	Tamansari	95	128	242	131	130	49	5	0	0	39	131	358
		Glundengan	80	126	188	99	180	50	5	0	0	69	155	360
		Lojejer	43	66	150	61	46	33	0	0	0	3	68	247
		Ampel	44	94	191	153	101	34	0	0	0	18	73	285
		Tanjungrejo	41	152	101	57	107	55	4	0	0	49	59	281
Kesilir	49	104	128	84	65	36	8	0	0	38	56	314		

	Jenggawah	Dam Talang	105	223	122	131	115	47	31	14	0	81	169	711
		Jenggawah	104	203	184	214	50	52	18	22	0	54	157	434
		Kemuningsari	170	136	235	256	130	89	6	48	0	65	164	425
		Jatisari	112	244	125	145	52	0	11	0	0	45	129	344
	Ambulu	Karang Anyar	10	244	52	60	48	49	7	0	0	38	104	412
		Sabrang DM.4	52	93	188	131	78	24	0	0	0	16	31	177
		Sabrang SB.1	76	190	198	154	63	21	0	0	0	30	34	260
		Sumberejo	80	174	353	184	0	20	0	0	0	31	37	276
	Tempurejo	Tempurejo	8	224	41	66	174	143	0	0	0	0	124	497
		Sanenrejo	99	296	97	90	18	55	0	0	0	30	119	497
	Mumbulsari	Kr.Kedawung	84	116	95	88	84	114	0	0	0	8	352	674
	Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			86,53	177,9	147,1	121,8	72,4	51,04	5,96	4,48	0	31,83	108,35
Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	180	345	233	297	145	55	50	50	0	59	321	469
	Rambipuji	Dam Makam	69	304	248	261	97	113	29	24	0	74	248	640
		Dam Pecoro	83	217	85	107	165	127	20	16	0	99	226	580
		Rambipuji	88	305	167	153	172	106	16	41	0	108	263	677
		Rawatamtu	100	267	123	240	153	38	3	10	0	119	244	535
		Curahmalang	126	262	145	208	93	13	5	20	0	99	213	439
	Panti	Dam Klatakan	46	312	167	166	132	115	76	16	0	49	282	675
		Dam Karanganom	144	417	230	276	93	41	27	12	0	140	344	512
		Dam Pono	143	399	207	248	96	41	28	15	0	140	345	499
	Sukorambi	Dam Manggis	15	447	57	77	22	42	7	10	0	115	416	574
	Kaliwates	Dam Semangit	60	348	90	118	101	49	39	26	0	97	265	333
	Patrang	Bintoro	30	240	95	211	25	40	30	35	0	47	275	280
		Dam Sembah	143	396	148	224	129	65	0	40	0	34	308	410
	Arjasa	Kopang	58	205	264	329	5	55	32	25	0	70	330	435
Sumbersari	Wirolegi	90	236	91	115	384	49	41	6	0	60	148	343	

		Jember	159	317	312	287	168	116	111	0	0	93	81	449
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			95,9	313,6	166,4	207,3	123,75	66,56	32,13	21,63	0	87,69	269,3	490,6
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	118	433	373	399	41	0	74	28	0	25	427	611
	Sukowono	Sukowono	121	320	352	352	34	52	5	5	0	77	153	377
		Sukorejo	56	375	257	388	118	69	15	2	0	123	258	433
	Sumberjambe	Sbr.Jambe	199	428	365	292	84	97	30	7	0	98	382	583
		Cumedak	369	657	857	802	105	110	22	0	0	81	395	678
	Kalisat	Sbr.Kalong	136	442	511	289	100	65	14	0	0	110	225	444
		Ajung	65	242	152	368	97	80	12	0	5	107	178	383
	Ledokombo	Ledokombo	142	260	208	248	40	61	21	0	0	75	359	487
		Suren	95	290	202	187	94	64	0	0	0	47	430	554
	Silo	Sumberjati	101	213	231	232	173	23	0	0	0	0	379	694
		Silo	122	209	250	290	290	13	0	0	0	9	397	736
	Mayang	Seputih	36	56	69	99	83	0	0	0	0	0	274	505
	Pakusari	Jatian	25	224	165	301	117	149	9	0	6	52	236	373
		Kottok	5	247	80	121	226	39	31	10	0	59	80	380
Pakusari		72	218	109	149	262	165	18	0	0	29	312	395	
Dam Arjasa		162	332	294	278	12	37	64	7	0	96	287	303	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			114	309,1	279,69	299,69	117,25	64	19,69	3,69	0,69	61,75	298,25	496

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2008														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	306	485	353	202	67	6	0	0	2	245	306	108
	Tanggul	Tanggul	454	235	367	166	60	0	0	0	0	320	326	403
		Darungan	412	351	530	120	90	0	0	0	0	481	444	606
	Bangsalsari	Sukorejo	244	280	441	131	164	10	0	2	0	165	417	431
		Dam Langkap	274	471	455	59	35	0	0	4	0	83	375	327
		Dam Kijingan	268	478	493	63	204	9	0	16	0	138	438	537
		Dam Tugusari	289	102	598	90	295	0	0	19	0	152	380	585
	Jombang	Wringin Agung	323	316	281	129	21	5	0	0	0	191	330	374
		Pladingan	193	231	247	116	70	0	0	0	0	27	383	247
		Pondokwaluh	284	371	223	127	29	0	0	0	0	118	352	314
	Kencong	Kencong	118	265	180	77	43	2	0	0	0	59	200	325
		Kencong	139	216	170	73	20	0	0	0	0	53	188	354
		Wonorejo	123	318	109	68	14	0	0	0	0	96	210	375
	Gumukmas	Bagorejo	215	287	285	65	26	15	0	0	0	64	162	444
		Gumukemas(BT)	100	298	187	81	20	0	0	0	0	62	105	313
		Bedodo	68	281	337	77	23	0	0	0	0	143	98	315
		Gumukemas(KT)	175	272	220	127	36	0	0	0	0	125	180	537
		Menampu	153	266	238	108	28	0	0	0	0	133	159	394
	Semboro	Pondokjoyo	341	356	430	176	85	50	0	0	3	275	395	266
		Pondokjoyo	359	396	438	184	94	52	0	0	3	287	450	304
		Semboro	312	303	338	60	146	13	0	0	0	248	285	535
Umbulsari	Paleran	232	498	492	179	62	0	0	0	0	237	609	736	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			244,6	321,6	336,9	112,6	74,1	7,3	0	1,86	0,36	168,27	308,73	401,364
	Puger	Puger	167	310	314	80	0	0	0	0	0	88	156	529

Jember Selatan		Grenden	139	203	387	72	50	0	0	0	0	91	125	561	
		Jambearum	157	269	330	91	46	0	0	0	0	107	199	361	
	Balung	Balung	162	375	352	59	55	6	0	0	0	171	310	626	
		Karangduren	134	270	342	106	59	0	0	1	0	103	307	523	
		Gumelar Timur	244	206	332	78	61	0	0	4	0	188	306	548	
	Wuluhan	Tamansari	182	270	344	132	49	0	0	0	0	139	262	486	
		Glundengan	201	277	338	116	45	0	0	0	0	165	327	521	
		Lojejer	184	297	281	73	25	0	0	0	0	78	104	527	
		Ampel	200	202	309	159	25	0	0	0	0	35	126	547	
		Tanjungrejo	157	242	351	65	16	0	0	0	0	69	233	556	
	Jenggawah	Kesilir	124	273	358	60	17	0	0	0	0	48	200	576	
		Dam Talang	202	325	639	82	125	0	0	37	8	375	355	326	
		Jenggawah	213	296	721	93	114	1	0	8	3	327	459	398	
		Kemuningsari	216	121	543	82	111	0	0	0	0	242	304	371	
	Ambulu	Jatisari	206	215	593	57	61	0	0	0	0	106	283	570	
		Karang Anyar	195	325	433	89	80	0	0	2	0	180	108	470	
		Sabrang DM.4	98	289	268	66	0	0	0	0	0	18	148	380	
		Sabrang SB.1	168	350	251	82	12	0	0	0	0	64	208	431	
	Tempurejo	Sumberejo	156	364	235	86	7	0	0	0	0	51	216	457	
		Tempurejo	215	342	490	61	137	10	0	8	0	122	415	288	
	Mumbulsari	Sanenrejo	284	347	491	57	80	0	0	8	0	30	367	669	
		Kr.Kedawung	297	324	705	276	18	5	0	49	0	75	321	234	
	Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			187	282,26	409	92,26	51,87	0,95	0	5,08	0,47	124,87	253,87	476,3
		Ajung	Ranen(Ajung)	218	248	569	118	73	27	0	26	0	279	554	380
		Rambipuji	Dam Makam	245	300	524	111	67	9	0	12	0	325	413	449
			Dam Pecoro	290	328	488	88	110	5	0	5	0	302	363	489
			Rambipuji	253	300	532	118	80	13	0	11	0	338	411	404

Jember Tengah		Rawatamtu	285	312	481	120	49	32	0	11	0	247	346	550	
		Curahmalang	304	235	399	113	71	24	0	10	0	236	319	620	
	Panti		Dam Klatakan	154	231	638	159	80	0	0	7	0	314	620	550
			Dam Karanganom	240	345	627	173	96	0	0	3	0	312	508	547
			Dam Pono	237	339	604	178	94	0	0	4	0	312	506	537
	Sukorambi	Dam Manggis	280	313	689	302	54	0	0	4	0	216	471	546	
	Kaliwates	Dam Semangit	280	244	482	125	74	0	0	34	0	229	462	439	
	Patrang		Bintoro	303	221	449	115	150	0	0	35	0	190	235	496
			Dam Sembah	415	532	528	267	130	0	0	29	0	356	472	1000
	Arjasa	Kopang	475	385	648	131	105	0	0	26	0	242	297	373	
	Sumbersari		Wirolegi	140	249	291	105	145	2	0	10	0	102	277	171
		Jember	373	374	516	203	102	7	0	56	0	182	423	278	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			280,75	309,75	529,1	151,625	92,5	7,44	0	17,69	0	261,38	417,3	489,31	
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	646	399	601	157	33	0	0	10	0	158	331	345	
	Sukowono		Sukowono	306	382	388	181	29	61	0	45	3	131	383	352
			Sukorejo	392	310	264	77	12	37	0	36	0	215	406	344
	Sumberjambe		Sbr.Jambe	173	268	261	37	5	27	0	59	0	200	430	415
			Cumedak	282	433	772	228	171	36	0	38	0	262	564	477
	Kalisat		Sbr.Kalong	369	321	392	13	28	42	0	53	0	209	380	345
			Ajung	319	223	328	92	58	4	0	100	0	225	311	406
	Ledokombo		Ledokombo	383	168	415	97	94	0	0	49	0	297	300	457
			Suren	268	184	291	93	85	0	0	104	0	291	325	281
	Silo		Sumberjati	423	297	377	322	64	6	0	70	0	131	395	274
			Silo	447	230	404	207	84	1	0	18	0	99	430	280
	Mayang	Seputih	334	280	492	135	129	2	0	95	0	187	412	236	
	Pakusari		Jatian	386	221	349	126	56	0	0	64	0	173	312	452
		Kottok	347	293	423	137	81	38	0	21	0	157	235	269	

		Pakusari	230	282	570	119	111	12	0	37	0	156	245	249
		Dam Arjasa	460	263	377	104	109	10	0	85	0	234	261	400
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			360,3	284,6	419	132,8	71,8	17,25	0	55,25	0,185	195,3	357,5	348,8

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2009														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	89	207	65	116	92	15	22	0	19	45	216	143
	Tanggul	Tanggul	270	176	174	113	223	0	61	0	13	112	256	197
		Darungan	346	213	251	164	302	0	0	0	90	157	245	249
	Bangsalsari	Sukorejo	191	150	170	120	164	14	25	0	0	44	167	205
		Dam Langkap	218	140	136	66	107	0	0	0	25	25	41	120
		Dam Kijingan	180	153	114	102	154	37	0	0	14	35	156	264
		Dam Tugusari	220	161	118	118	152	30	0	0	87	61	91	300
	Jombang	Wringin Agung	180	318	179	38	144	0	11	1	5	18	222	185
		Pladingan	82	261	91	80	144	5	21	0	0	16	129	123
		Pondokwaluh	199	327	132	35	86	4	18	0	0	9	186	148
	Kencong	Kencong	74	241	81	87	73	0	29	0	0	11	123	193
		Kencong	133	306	103	91	80	0	26	0	0	0	71	190
		Wonorejo	87	251	51	159	63	0	12	0	0	10	165	90
	Gumukmas	Bagorejo	141	210	83	81	89	0	26	0	0	0	83	138
		Gumukemas(BT)	104	181	56	198	21	0	12	0	0	0	60	82
		Bedodo	209	123	89	94	156	0	0	0	4	0	19	72
		Gumukemas(KT)	155	272	62	140	33	0	37	0	5	13	159	83
		Menampu	253	217	122	70	60	0	36	0	0	17	106	136
	Semboro	Pondokjoyo	159	196	39	51	95	16	25	0	64	103	450	191
		Pondokjoyo	160	198	41	52	97	0	25	0	63	102	449	183

		Semboro	252	267	186	67	160	81	6	0	2	26	278	168	
	Umbulsari	Paleran	373	134	285	74	349	35	43	0	0	0	255	290	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			185,2	213,7	119,4	96,18	129,2	10,77	19,77	0,04	17,7	36,5	178,5	170,4	
Jember Selatan	Puger	Puger	243	216	105	29	77	5	10	0	0	0	0	43	
		Grenden	170	182	96	13	27	15	5	0	0	0	0	48	
		Jambearum	82	99	49	141	52	0	0	0	0	0	0	16	61
	Balung	Balung	152	155	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
		Karangduren	191	184	100	47	134	0	38	0	0	0	0	38	170
		Gumelar Timur	171	257	195	143	120	20	37	0	11	13	185	114	
	Wuluhan	Tamansari	182	293	150	94	122	6	77	0	0	13	179	106	
		Glundengan	196	291	148	111	91	3	45	0	0	15	220	139	
		Lojejer	241	215	165	74	115	0	31	0	0	0	39	115	
		Ampel	196	163	147	51	127	42	32	0	0	18	81	102	
		Tanjungrejo	142	222	122	54	88	2	62	0	0	0	161	89	
	Jenggawah	Kesilir	200	250	112	45	80	9	50	0	0	0	150	102	
		Dam Talang	256	258	141	113	140	103	25	0	10	95	185	259	
		Jenggawah	304	265	101	147	164	100	28	0	7	81	241	154	
		Kemuningsari	189	187	195	126	76	23	29	0	0	38	66	104	
	Ambulu	Jatisari	232	266	125	115	274	60	18	0	0	30	97	197	
		Karang Anyar	135	209	104	90	58	63	52	0	4	0	115	150	
		Sabrang DM.4	190	203	82	34	68	18	44	0	0	0	56	78	
		Sabrang SB.1	270	230	81	51	29	27	51	0	0	18	119	157	
	Tempurejo	Sumberejo	277	236	84	40	38	16	24	0	0	19	103	145	
Tempurejo		269	294	93	88	159	93	21	0	0	0	134	195		
Mumbulsari	Sanenrejo	286	365	164	77	120	55	0	0	0	0	102	145		
	Kr.Kedawung	257	246	55	79	104	22	12	0	0	18	119	86		
Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			210,04	229,8	114,9	76,6	98,39	29,6	30,04	0	1,39	15,56	104,6	121,5	

Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	182	256	183	213	160	36	33	0	23	98	191	127
	Rambipuji	Dam Makam	259	382	217	172	217	59	17	0	12	70	130	220
		Dam Pecoro	200	215	106	58	157	50	4	0	0	28	100	175
		Rambipuji	267	410	159	186	191	78	12	3	5	60	112	168
		Rawatamtu	199	223	167	103	126	15	36	0	2	41	171	157
		Curahmalang	184	206	219	155	121	13	90	0	27	18	163	129
	Panti	Dam Klatakan	412	327	245	135	205	0	18	0	34	60	66	166
		Dam Karanganom	361	350	387	245	296	98	28	0	24	142	165	171
		Dam Pono	350	355	375	242	291	96	30	0	25	133	157	196
	Sukorambi	Dam Manggis	512	327	175	132	197	10	27	0	18	63	256	106
	Kaliwates	Dam Semangit	245	247	249	220	323	122	26	0	29	116	220	130
	Patrang	Bintoro	440	185	120	80	75	25	0	0	25	25	220	125
		Dam Sembah	813	437	489	177	295	45	0	0	30	30	260	107
	Arjasa	Kopang	466	223	285	88	159	50	0	0	30	56	195	100
	Sumbersari	Wirolegi	254	280	64	90	55	0	7	2	0	9	106	57
		Jember	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			321,5	276,4	215	143,5	179,25	43,5	20,5	0,3	17,7	59,3	157	133,3
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	573	458	334	108	440	81	0	0	29	25	284	153
	Sukowono	Sukowono	497	474	167	38	124	66	18	8	15	52	93	368
		Sukorejo	498	451	267	38	141	98	28	26	22	54	125	331
	Sumberjambe	Sbr.Jambe	438	629	362	228	245	93	27	0	0	40	173	233
		Cumedak	545	667	484	140	292	218	39	0	0	85	170	306
	Kalisat	Sbr.Kalong	488	443	225	37	112	75	22	22	18	30	135	374
		Ajung	630	271	121	94	181	147	60	0	7	113	166	134
	Ledokombo	Ledokombo	618	321	195	219	180	170	78	0	0	127	98	307
		Suren	465	299	88	8	24	134	53	0	0	20	96	203
Silo	Sumberjati	473	328	206	49	110	105	50	0	0	0	114	134	

	Silo	687	314	140	69	193	133	44	0	0	32	120	132	
	Mayang	Seputih	630	334	348	59	95	140	21	0	0	211	241	
	Pakusari	Jatian	605	317	183	61	248	101	88	0	0	79	185	203
		Kottok	565	412	347	141	202	130	45	0	7	12	144	72
		Pakusari	331	308	134	19	119	39	13	0	5	88	205	154
		Dam Arjasa	417	337	313	43	166	77	0	0	37	86	321	117
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			528,7	397,6	244,6	84,4	179,5	112,9	36,6	3,5	8,75	52,6	165	216,3

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2010														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	163	286	217	239	342	122	139	166	259	319	408	272
	Tanggul	Tanggul	351	284	360	391	351	171	182	95	436	207	331	167
		Darungan	474	397	377	532	278	263	248	189	434	301	368	313
	Bangsalsari	Sukorejo	344	299	310	211	236	64	130	67	211	234	199	171
		Dam Langkap	231	239	267	101	137	52	68	96	112	239	257	342
		Dam Kijingan	379	399	397	413	277	109	232	125	357	430	414	280
		Dam Tugusari	467	400	433	426	343	124	304	234	387	592	448	353
	Jombang	Wringin Agung	274	352	302	274	341	111	89	15	300	100	318	256
		Pladingan	157	263	297	430	182	76	28	0	185	114	327	259
		Pondokwaluh	322	370	394	449	246	30	42	0	235	80	352	213
	Kencong	Kencong	204	149	250	280	185	49	44	0	142	173	251	316
		Kencong	275	166	295	263	185	0	43	0	113	168	317	283
		Wonorejo	559	382	438	353	268	54	33	0	100	348	310	425
	Gumukmas	Bagorejo	317	74	184	165	114	37	55	0	81	174	183	90
		Gumukemas(BT)	161	110	270	178	218	65	36	0	65	199	180	178
		Bedodo	194	241	285	245	200	29	40	0	35	117	261	265

		Gemukemas(KT)	354	217	357	231	246	19	65	0	65	200	203	302
		Menampu	287	259	259	212	217	4	58	0	73	194	195	233
	Semboro	Pondokjoyo	292	115	190	356	348	143	193	96	253	233	413	134
		Pondokjoyo	297	116	196	369	366	153	212	99	272	251	431	140
		Semboro	402	364	330	280	264	83	77	31	304	230	239	202
	Umbulsari	Paleran	545	398	281	354	415	51	0	25	169	208	258	212
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			320,4	267,2	304,04	306,9	261,7	82,2	105,3	56,27	208,5	232,3	302,8	245,7
Jember Selatan	Puger	Puger	317	205	124	143	134	47	17	5	56	102	109	57
		Grenden	277	188	104	133	138	65	34	8	46	45	104	44
		Jambearum	82	257	189	268	128	99	0	24	137	109	204	135
	Balung	Balung	324	300	190	318	146	127	86	39	124	222	229	142
		Karangduren	259	151	109	206	122	59	72	10	92	205	206	137
		Gumelar Timur	224	234	329	354	163	61	164	57	260	228	302	202
	Wuluhan	Tamansari	320	191	229	343	162	97	40	29	188	226	133	163
		Glundengan	338	229	264	331	187	103	64	20	207	225	192	172
		Lojejer	382	204	205	240	155	92	84	14	123	156	88	196
		Ampel	333	153	188	237	169	57	51	8	106	117	98	163
		Tanjungrejo	274	174	310	171	212	41	39	5	138	178	142	231
		Kesilir	267	192	299	230	219	55	44	0	101	107	52	205
	Jenggawah	Dam Talang	377	391	309	300	220	129	202	71	213	190	204	245
		Jenggawah	336	322	243	405	282	159	90	69	329	173	274	169
		Kemuningsari	288	213	254	354	208	51	121	10	233	152	298	237
		Jatisari	613	535	463	693	446	109	144	49	251	172	134	265
	Ambulu	Karang Anyar	439	182	409	210	247	93	70	9	191	162	74	224
		Sabrang DM.4	285	139	173	235	181	73	36	0	100	140	36	157
		Sabrang SB.1	489	206	285	284	202	59	36	8	139	164	123	220
		Sumberejo	520	170	234	299	213	78	40	10	106	174	156	197

	Tempurejo	Tempurejo	513	395	377	319	325	134	139	37	262	152	437	175
		Sanenrejo	216	287	278	428	205	23	77	36	116	105	162	180
	Mumbulsari	Kr.Kedawung	181	198	151	197	127	11	28	33	91	55	63	123
Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			332,7	239,8	248,5	291,2	199,6	79,21	72,9	23,9	156,9	154,7	166,1	175,6
Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	490	324	307	355	296	130	167	105	276	264	296	221
	Rambipuji	Dam Makam	465	255	524	303	330	106	151	158	415	237	237	301
		Dam Pecoro	340	297	385	277	281	92	187	117	424	240	334	300
		Rambipuji	496	267	425	242	297	78	156	120	442	317	376	420
		Rawatamtu	333	282	325	369	207	60	107	108	345	213	287	369
		Curahmalang	205	280	356	413	189	71	149	86	320	210	341	214
	Panti	Dam Klatakan	634	333	599	490	390	108	243	141	344	263	348	484
		Dam Karanganom	461	335	560	426	449	87	182	179	369	284	431	350
		Dam Pono	465	255	555	411	394	66	171	143	325	235	412	305
	Sukorambi	Dam Manggis	375	338	271	370	334	109	137	145	286	236	360	464
	Kaliwates	Dam Semangit	435	266	390	398	271	116	207	179	445	272	349	260
	Patrang	Bintoro	430	277	205	247	250	75	20	0	157	210	105	325
		Dam Sembah	636	642	321	455	409	139	10	0	256	71	295	269
	Arjasa	Kopang	403	400	330	437	178	43	24	0	188	89	289	423
	Sumbersari	Wirolegi	232	266	74	257	191	31	116	2	81	126	86	158
		Jember	0	30	328	270	219	103	175	4	5	99	145	92
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			400	302,9	372,2	357,5	292,8	88,4	137,6	92,9	292,3	210,3	293,2	309,6
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	667	528	300	396	285	41	75	0	137	141	167	430
	Sukowono	Sukowono	591	332	320	373	202	169	83	42	243	144	218	411
		Sukorejo	557	383	207	318	295	211	76	30	198	212	245	319
	Sumberjambe	Sbr.Jambe	610	364	303	320	197	43	154	78	292	239	497	583
		Cumedak	572	455	408	574	418	345	126	157	334	322	537	553
	Kalisat	Sbr.Kalong	577	392	256	303	247	180	71	20	228	172	239	406

	Ledokombo	Ajung	550	409	186	333	266	81	93	24	106	255	233	444	
		Ledokombo	593	440	104	463	282	216	119	15	334	360	440	375	
		Suren	528	447	152	460	203	140	155	0	297	164	320	342	
	Silo	Sumberjati	318	273	210	385	226	80	69	22	294	219	229	263	
		Silo	425	502	236	394	244	199	167	19	235	275	305	264	
	Mayang	Seputih	342	265	171	271	287	86	52	30	246	220	263	305	
	Pakusari	Jatian	490	311	133	175	123	48	89	13	118	230	276	389	
		Kottok	268	175	147	286	139	31	84	32	176	152	165	227	
		Pakusari	347	274	128	245	216	121	102	12	160	399	349	319	
		Dam Arjasa	384	348	199	287	206	27	16	0	99	186	190	410	
	Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			488,7	368,6	216,3	348,9	239,7	126,1	95,6	30,8	218,5	230,6	292,1	377,5

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2011														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	132	511	347	294	238	19	0	0	0	140	552	287
	Tanggul	Tanggul	396	209	181	364	164	0	0	0	0	156	275	246
		Darungan	363	227	214	326	209	0	0	0	0	99	397	295
	Bangsalsari	Sukorejo	149	186	125	205	121	0	0	0	0	59	267	524
		Dam Langkap	173	125	275	338	192	0	0	0	0	0	321	435
		Dam Kijingan	383	321	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
		Dam Tugusari	471	393	396	511	209	10	15	0	0	135	522	843
	Jombang	Wringin Agung	255	228	177	296	129	4	0	0	0	22	330	187
		Pladingan	349	146	185	231	185	3	0	0	0	0	103	339
		Pondokwaluh	327	298	228	241	159	4	0	0	0	0	166	402
	Kencong	Kencong	494	137	141	282	180	25	0	0	0	13	186	294
		Kencong	411	78	135	271	157	16	0	0	0	11	156	274

	Wonorejo	582	197	199	375	273	8	0	0	0	5	451	624	
	Gumukmas	Bagorejo	219	157	71	198	81	0	0	0	0	0	49	344
		Gumukemas(BT)	350	85	106	148	102	0	0	0	0	0	159	199
		Bedodo	234	101	73	169	196	5	0	0	0	4	96	291
		Gumukemas(KT)	369	202	160	251	217	0	0	0	0	4	151	370
		Menampu	283	150	120	220	180	0	0	0	0	0	131	358
	Semboro	Pondokjoyo	206	229	205	236	155	6	0	0	0	218	828	451
		Pondokjoyo	211	213	190	227	145	5	0	0	0	203	790	411
		Semboro	290	266	169	205	216	0	0	0	0	41	261	378
	Umbulsari	Paleran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			302,1	202,6	168,04	244,9	159,4	4,7	0,6	0	0	53,6	281,4	343,2
Jember Selatan	Puger	Puger	144	54	47	179	108	0	0	0	0	0	53	340
		Grenden	189	43	46	167	124	0	0	0	0	0	49	358
		Jambearum	286	56	45	538	91	0	0	0	0	0	56	494
	Balung	Balung	289	70	89	320	89	0	0	0	0	0	91	563
		Karangduren	310	6	59	186	111	0	0	0	0	0	90	464
		Gumelar Timur	239	114	103	204	78	0	0	0	0	11	147	415
	Wuluhan	Tamansari	290	56	53	275	74	2	0	0	0	35	161	395
		Glundengan	289	73	47	241	105	3	0	0	0	58	160	425
		Lojejer	279	141	49	224	52	3	0	0	0	7	86	228
		Ampel	154	154	48	214	33	2	0	0	0	23	125	283
		Tanjungrejo	307	116	42	179	61	5	0	0	0	17	144	273
		Kesilir	280	131	44	169	90	0	0	0	0	16	171	318
	Jenggawah	Dam Talang	226	255	156	473	122	16	9	0	0	125	317	478
		Jenggawah	169	282	159	407	141	6	0	0	0	98	406	522
		Kemuningsari	422	218	165	359	117	0	0	0	0	38	293	489
		Jatisari	316	128	77	192	112	6	0	0	0	0	131	165

	Ambulu	Karang Anyar	227	137	105	273	82	0	0	0	0	49	209	387
		Sabrang DM.4	228	95	44	172	60	0	0	0	0	11	107	235
		Sabrang SB.1	274	154	85	234	53	0	0	0	0	9	178	376
		Sumberejo	259	175	95	286	41	0	0	0	0	0	154	381
	Tempurejo	Tempurejo	336	241	183	296	70	0	0	0	0	132	340	426
		Sanenrejo	293	288	261	292	172	0	0	0	0	0	220	400
Mumbulsari	Kr.Kedawung	283	328	265	331	187	11	0	0	0	111	346	277	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			264,7	144,1	98,5	270,04	94,4	2,3	0,3	0	0	32,1	175,3	377,9
Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	313	275	174	400	239	4	0	0	0	99	446	485
	Rambipuji	Dam Makam	244	305	162	292	125	8	0	0	10	195	262	402
		Dam Pecoro	306	261	188	339	116	28	0	0	0	99	262	480
		Rambipuji	282	242	193	191	111	5	0	0	0	102	215	338
		Rawatamtu	267	242	182	338	127	19	7	0	0	69	239	464
		Curahmalang	251	213	156	262	157	2	5	0	0	34	187	444
	Panti	Dam Klatakan	424	504	607	358	87	0	0	0	0	202	291	468
		Dam Karanganom	251	385	432	339	117	2	19	0	31	190	521	524
		Dam Pono	412	341	304	374	180	0	10	0	0	172	568	430
	Sukorambi	Dam Manggis	362	606	441	340	151	0	0	0	0	103	446	645
	Kaliwates	Dam Semangit	361	430	232	582	188	0	0	0	0	210	463	480
	Patrang	Bintoro	350	200	277	132	153	32	0	0	5	147	279	418
		Dam Sembah	522	342	417	236	155	0	0	0	6	136	437	372
	Arjasa	Kopang	310	376	495	241	57	13	0	0	10	93	222	217
	Sumbersari	Wirolegi	178	150	255	148	116	0	40	0	2	36	129	307
		Jember	234	234	280	377	69	0	70	0	0	0	0	0
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			316,6	319,1	299,6	309,3	134,25	7,06	9,4	0	4	117,9	310,4	404,6
	Jelbuk	Dam Tegal Batu	366	410	471	182	38	5	0	0	10	68	237	277
	Sukowono	Sukowono	461	247	689	361	104	27	0	0	0	43	142	474

Jember Timur	Sumberjambe	Sukorejo	457	265	711	266	113	32	0	0	15	86	259	370
		Sbr.Jambe	360	162	551	349	103	20	0	0	0	91	305	605
		Cumedak	427	314	561	322	183	7	0	0	0	127	404	488
	Kalisat	Sbr.Kalong	426	267	642	302	100	49	0	0	20	131	239	332
		Ajung	296	286	463	200	120	7	2	0	19	118	355	315
	Ledokombo	Ledokombo	580	308	490	598	252	31	16	0	33	99	467	850
		Suren	272	223	340	186	274	31	0	0	32	133	261	369
	Silo	Sumberjati	168	165	196	147	49	18	0	0	0	38	256	362
		Silo	284	318	402	337	194	28	0	0	59	46	326	429
	Mayang	Seputih	337	346	386	317	228	3	51	0	18	92	372	555
	Pakusari	Jatian	393	248	477	206	186	0	11	0	1	115	505	224
		Kottok	298	178	483	351	44	0	15	0	10	32	100	272
		Pakusari	332	296	379	182	197	17	19	0	4	105	184	532
		Dam Arjasa	372	367	583	242	160	5	0	0	15	85	419	433
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			364,3	275	489	284,25	146,5	17,5	7,125	0	14,75	88,1	301,9	430,4

Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember Tahun 2012														
Wilayah	Kecamatan	Stasiun Hujan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jember Barat	Sumberbaru	Watuurip	519	575	269	390	84	38	50	0	3	59	372	324
	Tanggul	Tanggul	448	333	163	312	52	0	55	0	0	71	250	288
		Darungan	496	366	187	450	63	0	40	0	0	125	280	421
	Bangsalsari	Sukorejo	395	265	214	224	141	0	54	0	0	79	150	270
		Dam Langkap	309	135	244	361	129	0	28	0	0	70	141	309
		Dam Kijingan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	223	572
		Dam Tugusari	918	400	480	546	183	0	64	0	0	62	297	751
	Jombang	Wringin Agung	458	400	229	184	73	3	52	0	0	78	118	287

		Pladingan	335	209	242	72	40	0	55	0	0	30	186	212	
		Pondokwaluh	448	286	252	109	87	0	60	0	0	20	131	322	
	Kencong	Kencong	430	398	300	197	42	0	53	0	0	8	82	338	
		Kencong	376	130	285	97	29	0	122	0	0	9	62	269	
		Wonorejo	697	307	395	112	139	0	218	0	0	10	46	323	
	Gumukmas	Bagorejo	275	105	199	95	103	0	99	0	0	34	126	356	
		Gumukemas(BT)	340	147	308	88	46	0	134	0	2	12	82	223	
		Bedodo	280	217	368	88	43	0	114	0	0	34	40	185	
		Gumukemas(KT)	371	165	355	98	73	1	154	0	0	33	112	284	
		Menampu	390	199	349	117	93	3	190	0	0	53	124	285	
	Semboro	Pondokjoyo	774	696	324	564	100	0	54	0	0	166	420	375	
		Pondokjoyo	731	659	300	538	90	0	52	0	0	156	388	338	
		Semboro	461	348	226	243	103	0	55	0	0	48	210	368	
	Umbulsari	Paleran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rata-Rata Curah Hujan Jember Barat			429,5	288,1	258,5	222,04	77,8	2,04	77,4	0	0,2	54,6	174,5	322,7
	Jember Selatan	Puger	Puger	323	185	336	61	99	0	61	0	0	25	42	211
Grenden			370	169	306	77	116	0	63	0	0	19	57	251	
Jambearum			279	127	263	106	213	0	73	0	0	66	104	246	
Balung		Balung	246	137	257	144	116	0	63	0	0	73	134	286	
		Karangduren	197	119	178	131	167	0	79	0	0	50	103	221	
		Gumelar Timur	235	200	264	270	131	0	28	0	0	35	42	254	
Wuluhan		Tamansari	371	215	269	98	141	2	79	0	0	59	121	189	
		Glundengan	328	213	286	74	145	8	91	0	0	73	133	245	
		Lojejer	109	124	190	66	122	0	82	0	0	5	30	98	
		Ampel	207	203	244	93	115	0	98	0	0	10	49	124	
		Tanjungrejo	281	189	269	46	75	0	91	0	0	37	106	227	
Kesilir		330	176	295	86	75	36	86	0	0	0	75	309		

	Jenggawah	Dam Talang	327	391	287	115	154	55	62	0	0	77	165	242	
		Jenggawah	278	307	384	166	123	26	5	0	42	96	195	285	
		Kemuningsari	311	481	340	127	151	46	73	0	0	57	148	237	
		Jatisari	391	268	281	204	151	30	96	0	0	84	114	312	
	Ambulu	Karang Anyar	440	331	293	207	116	24	125	0	0	26	116	348	
		Sabrang DM.4	267	177	202	63	57	3	74	0	0	4	53	86	
		Sabrang SB.1	410	238	277	89	51	39	84	0	0	0	62	209	
		Sumberejo	497	250	316	73	29	50	90	0	0	0	61	230	
	Tempurejo	Tempurejo	317	394	311	129	85	0	52	0	0	0	125	348	
		Sanenrejo	383	134	600	274	111	0	59	0	0	9	63	227	
	Mumbulsari	Kr.Kedawung	399	408	297	124	80	10	68	0	0	43	81	309	
	Rata-Rata Curah Hujan Jember Selatan			317,2	236,3	293,2	122,7	114,04	14,3	73,1	0	1,8	36,8	94,7	238,87
	Jember Tengah	Ajung	Ranen(Ajung)	355	469	406	205	152	31	50	0	0	85	68	383
Rambipuji		Dam Makam	348	391	342	139	157	58	31	0	0	111	209	607	
		Dam Pecoro	333	309	287	187	160	23	34	0	0	104	151	497	
		Rambipuji	297	286	266	123	129	34	39	0	0	57	179	457	
		Rawatamtu	385	324	391	256	220	6	45	0	0	95	135	280	
		Curahmalang	345	226	251	202	66	1	46	0	0	81	96	271	
Panti		Dam Klatakan	527	520	344	210	131	30	30	0	0	91	387	836	
		Dam Karanganom	492	414	273	138	90	27	35	0	0	132	364	690	
		Dam Pono	521	422	333	137	115	24	32	0	0	121	350	633	
Sukorambi		Dam Manggis	541	538	279	147	120	26	33	0	0	120	288	460	
Kaliwates		Dam Semangit	477	354	297	244	172	16	30	0	0	156	305	585	
Patrang		Bintoro	351	143	160	109	69	0	18	0	0	75	94	425	
		Dam Sembah	324	122	172	20	70	0	20	0	0	98	171	309	
Arjasa		Kopang	426	177	188	0	44	0	12	0	0	15	154	478	
Sumpersari		Wirolegi	224	160	241	46	48	18	37	0	0	9	19	54	

		Jember	0	145	338	226	372	24	24	0	0	245	329	654
Rata-Rata Curah Hujan Jember Tengah			371,6	312,5	285,5	149,3	132,1	19,8	32,25	0	0	99,6	206,1	476,1
Jember Timur	Jelbuk	Dam Tegal Batu	476	291	137	25	0	5	15	0	0	40	80	297
	Sukowono	Sukowono	427	466	381	164	18	17	17	0	0	109	126	339
		Sukorejo	401	446	389	176	14	8	20	0	0	52	129	455
	Sumberjambe	Sbr.Jambe	554	365	318	263	61	6	14	0	7	88	189	462
		Cumedak	491	361	379	254	51	67	22	0	0	72	199	362
	Kalisat	Sbr.Kalong	369	323	378	193	16	5	22	0	0	51	142	393
	Ledokombo	Ajung	318	206	294	129	39	76	64	0	0	71	91	324
		Ledokombo	899	471	455	419	170	86	72	0	0	50	362	547
		Suren	561	424	379	215	221	37	84	0	0	22	287	498
	Silo	Sumberjati	309	382	184	117	53	0	64	0	0	9	106	187
		Silo	418	595	307	163	168	0	92	0	0	13	307	300
	Mayang	Seputih	453	557	457	142	288	9	97	0	0	35	138	276
	Pakusari	Jatian	495	334	176	171	51	16	65	0	0	39	66	351
		Kottok	565	383	379	260	92	34	25	0	0	55	87	358
Pakusari		424	419	299	135	130	23	84	0	0	37	87	392	
Dam Arjasa		516	190	260	0	0	0	9	0	0	85	108	422	
Rata-Rata Curah Hujan Jember Timur			479,7	388,3	323,25	176,6	85,75	24,3	47,8	0	0,4	51,75	156,5	372,6

B. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Barat dengan Menggunakan ARIMA

B1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Barat

```
data1 <- read.table("D:/r1JB.txt", header=TRUE, quote="\")
JB <- ts(data1,start=c(2005,1), freq=12)
> print(JB)
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May
2005	177.45454550	232.63636360	203.31818180	252.81818180	1.36363636
2006	269.27272730	239.31818180	269.86363640	271.63636360	120.59090910
2007	156.27272730	316.40909090	267.81818180	256.27272730	105.59090910
2008	244.63636360	321.63636360	336.90909090	112.63636360	74.18181818
2009	185.22727270	213.72727270	119.45454550	96.18181818	129.27272730
2010	320.40909090	267.27272730	304.04545450	306.90909090	261.77272730
2011	302.13636360	202.68181820	168.04545450	244.90909090	159.45454550
2012	429.59090910	288.18181820	258.59090910	222.04545450	77.86363636

	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
2005	21.95454545	32.68181818	0.72727273	6.04545455	91.81818182
2006	11.72727273	0.40909091	0.00000000	0.00000000	0.18181818
2007	67.22727273	13.40909091	1.40909091	0.00000000	54.86363636
2008	7.36363636	0.00000000	1.86363636	0.36363636	168.27272730
2009	10.77272727	19.77272727	0.04545454	17.77272727	36.54545455
2010	82.22727273	105.36363640	56.27272727	208.54545450	232.31818180
2011	4.77272727	0.68181818	0.00000000	0.00000000	53.68181818
2012	2.04545455	77.40909091	0.00000000	0.22727273	54.63636364

	Nov	Dec
2005	165.22727270	518.40909090
2006	75.04545455	227.59090910
2007	147.54545450	536.40909090
2008	308.72727270	401.36363640
2009	178.50000000	170.45454550
2010	302.86363640	245.72727270
2011	281.40909090	343.27272730
2012	174.54545450	322.72727270

```
> plot(as.xts(JB), major.format = "%b-%y", type="o", ylab="Curah
Hujan (mm) Jember Barat", xlab="Waktu", main="")
```

B2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat

```
adf.test(JB)
Augmented Dickey-Fuller Test
data: JB
Dickey-Fuller = -7.6688, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

B3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Barat Tanpa Proses *Differencing*

1) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,1)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJB1 = arima(JB,order=c(2,0,1),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefptest(estimasiJB1)
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1      -0.466712   0.123211 -3.7879 0.0001519 ***
ar2       0.460915   0.096054  4.7985 1.598e-06 ***
ma1       0.901425   0.090685  9.9402 < 2.2e-16 ***
sar1      0.942463   0.055141 17.0918 < 2.2e-16 ***
sma1     -0.622138   0.174616 -3.5629 0.0003668 ***
intercept 151.701453  43.982296  3.4491 0.0005624 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

2) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJB2 = arima(JB,order=c(2,0,2),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefptest(estimasiJB2)
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1       1.54677   0.14163 10.9214 < 2.2e-16 ***
ar2      -0.78516   0.11709 -6.7056 2.006e-11 ***
ma1      -1.11938   0.17902 -6.2527 4.035e-10 ***
ma2       0.40884   0.19867  2.0579  0.03960 *
sar1      0.83986   0.13619  6.1668 6.966e-10 ***
sma1     -0.51434   0.22307 -2.3057  0.02113 *
intercept 153.59939  20.00859  7.6767 1.633e-14 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

3) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,3)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJB3 = arima(JB,order=c(2,0,3),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefptest(estimasiJB3)
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1       1.51059   0.15553  9.7127 < 2.2e-16 ***
ar2      -0.63787   0.16549 -3.8544  0.000116 ***
ma1      -1.11255   0.17525 -6.3482 2.179e-10 ***
ma2       0.31592   0.20770  1.5210  0.128260
ma3      -0.12900   0.12486 -1.0331  0.301540
```

```

sar1      0.84255    0.11830    7.1220 1.064e-12 ***
sma1     -0.43362    0.21577   -2.0096 0.044476 *
intercept 154.51442  11.48725  13.4509 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

B4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (2,0,1)(1,0,1)¹² dan ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

1) Ljung-Box Test Sisaan Model Model ARIMA (2,0,1)(1,0,1)¹²

a. Untuk lag=12

```

> Box.test(residuals(estimasiJB1),lag=12,fitdf=5, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB1)
X-squared = 10.8382, df = 7, p-value = 0.1458

```

b. Untuk lag=24

```

> Box.test(residuals(estimasiJB1),lag=24,fitdf=5, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB1)
X-squared = 16.5437, df = 19, p-value = 0.6207

```

c. Untuk lag=36

```

> Box.test(residuals(estimasiJB1),lag=36,fitdf=5, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB1)
X-squared = 35.0633, df = 31, p-value = 0.2813

```

d. Untuk lag=48

```

> Box.test(residuals(estimasiJB1),lag=48,fitdf=5, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB1)
X-squared = 46.3661, df = 43, p-value = 0.3353

```

2) Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

a. Untuk lag=12

```

> Box.test(residuals(estimasiJB2),lag=12,fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB2)
X-squared = 5.7186, df = 6, p-value = 0.4554

```

b. Untuk lag=24

```

> Box.test(residuals(estimasiJB2),lag=24,fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB2)
X-squared = 12.6107, df = 18, p-value = 0.8142

```

c. Untuk lag=36

```
> Box.test(residuals(estimasiJB2),lag=36,fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB2)
X-squared = 27.0104, df = 30, p-value = 0.6227
```

d. Untuk lag=48

```
> Box.test(residuals(estimasiJB2),lag=48,fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJB2)
X-squared = 37.9194, df = 42, p-value = 0.6507
```

B5. Skrip Validasi Model Untuk Pemodelan Curah Hujan di Wilayah Jember Barat

1) Validasi Model ARIMA (2,0,1)(1,0,1)¹²

```
> validJB1 <- arima(JB,order=c(2,0,1),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> summary(validJB1)
Series: JB
ARIMA(2,0,1)(1,0,1)[12] with non-zero mean
Coefficients:
      ar1      ar2      ma1      sar1      sma1  intercept
-0.4667  0.4609  0.9014  0.9425 -0.6221  151.7015
s.e.    0.1232  0.0961  0.0907  0.0551  0.1746   43.9823
sigma^2 estimated as 5644: log likelihood = -556.72, aic = 1127.45
```

2) Validasi Model ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

```
> validJB2 <- arima(JB,order=c(2,0,2),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> summary(validJB2)
Series: JB
ARIMA(2,0,2)(1,0,1)[12] with non-zero mean
Coefficients:
      ar1      ar2      ma1      ma2      sar1      sma1  intercept
 1.5468 -0.7852 -1.1194  0.4088  0.8399 -0.5143  153.5994
s.e.    0.1416  0.1171  0.1790  0.1987  0.1362  0.2231   20.0086
sigma^2 estimated as 5685: log likelihood = -554.11, aic = 1124.22
```

B6. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Barat

```
> library(forecast)
> JemberBarat <- arima(JB,order=c(2,0,2),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> summary(JemberBarat)
Series: JB
ARIMA(2,0,2)(1,0,1)[12] with non-zero mean
```

Coefficients:

	ar1	ar2	ma1	ma2	sar1	sma1	intercept
	1.5468	-0.7852	-1.1194	0.4088	0.8399	-0.5143	153.5994
s.e.	0.1416	0.1171	0.1790	0.1987	0.1362	0.2231	20.0086

sigma² estimated as 5685: log likelihood = -554.11, aic = 1124.22

Training set error measures:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Training set	2.276579	75.40207	56.99978	NaN	Inf	0.7313676	0.007721834

> forecast(JemberBarat,h=(6))

Point	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2013	334.48533	237.85323	431.1174	186.69929	482.2714
Feb 2013	276.56184	171.47439	381.6493	115.84445	437.2792
Mar 2013	251.04658	142.41657	359.6766	84.91132	417.1818
Apr 2013	228.94369	119.84203	338.0454	62.08709	395.8003
May 2013	140.96372	31.70106	250.2264	-26.13910	308.0665
Jun 2013	50.19016	-60.40682	160.7871	-118.95332	219.3336

> plot(forecast(JemberBarat,h=(6)),ylab="Curah Hujan (mm)
JemberBarat", xlab="Waktu")

C. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Selatan dengan Menggunakan ARIMA

C1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Selatan

```
data2<-read.table("D:/ r2JS.txt",header=TRUE,quote="\")
JS <- ts(data2,start=c(2005,1), freq=12)
print(JS)
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2005	121.3478261	162.8260870	208.7391304	181.9130435	4.7826087	43.1304348
2006	215.3913043	229.2173913	272.8695652	195.3478261	86.1304348	6.0434783
2007	86.5217391	177.9565217	147.1739130	121.7826087	72.4347826	51.0434783
2008	187.0000000	282.2608696	409.0000000	92.2608696	51.8695652	0.9565217
2009	210.0434783	229.8260870	114.9565217	76.6086957	98.3913043	29.6521739
2010	332.7826087	239.8260870	248.5217391	291.2173913	199.6086957	79.2173913
2011	264.7391304	144.1304348	98.5652174	270.0434783	94.4782609	2.3478261
2012	317.2173913	236.3478261	293.2608696	122.7391304	114.0434783	14.3043478
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	63.1739130	3.7826087	6.6086957	86.5217391	77.8695652	444.6086957
2006	2.6956522	0.0000000	0.2173913	1.0000000	43.1304348	194.0869565
2007	5.9565217	4.4782609	0.0000000	31.8260870	108.3478261	374.1739130
2008	0.0000000	5.0869565	0.4782609	124.8695652	253.8695652	476.3043478
2009	30.0434783	0.0000000	1.3913043	15.5652174	104.6086957	121.5652174
2010	72.9565217	23.9565217	156.9130435	154.7391304	166.0869565	175.6086957
2011	0.3913043	0.0000000	0.0000000	32.1739130	175.3913043	377.9130435
2012	73.1304348	0.0000000	1.8260870	36.8695652	94.7391304	238.8695652

```
> plot(as.xts(JS), major.format = "%b-%y", type="o", ylab="Curah
Hujan (mm) Jember Selatan", xlab="Waktu", main="")
```

C2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan

```
adf.test(JS)
Augmented Dickey-Fuller Test
data: JS
Dickey-Fuller = -7.3489, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

C3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan Tanpa Proses *Differencing*

1) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,1)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJS1 = arima(JS,order=c(2,0,1),
seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefctest(estimasiJS1)
z test of coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
ar1	0.3036723	0.4181821	0.7262	0.4677331
ar2	0.1138864	0.1701883	0.6692	0.5033815
ma1	-0.0024254	0.4148978	-0.0058	0.9953358
sar1	0.9851965	0.0352716	27.9317	< 2.2e-16 ***
sma1	-0.8299674	0.1990259	-4.1701	3.044e-05 ***
intercept	122.6727747	36.7975812	3.3337	0.0008569 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

2) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJS2 = arima(JS,order=c(2,0,2),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
```

```
> coeftest(estimasiJS2)
```

z test of coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
ar1	1.574150	0.155608	10.1161	< 2.2e-16 ***
ar2	-0.828074	0.135799	-6.0978	1.076e-09 ***
ma1	-1.258528	0.206259	-6.1017	1.050e-09 ***
ma2	0.559288	0.157930	3.5414	0.0003981 ***
sar1	0.984269	0.093423	10.5356	< 2.2e-16 ***
sma1	-0.891196	0.346026	-2.5755	0.0100089 *
intercept	124.286192	17.103307	7.2668	3.681e-13 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

3) Estimasi model sementara ARIMA (2,0,3)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJS3 = arima(JS,order=c(2,0,3),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
```

```
> coeftest(estimasiJS3)
```

z test of coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
ar1	1.182814	0.090708	13.0397	< 2.2e-16 ***
ar2	-0.818781	0.076507	-10.7021	< 2.2e-16 ***
ma1	-0.978965	0.147893	-6.6194	3.607e-11 ***
ma2	0.860292	0.155264	5.5408	3.010e-08 ***
ma3	0.126382	0.133248	0.9485	0.3429
sar1	0.974007	0.040401	24.1085	< 2.2e-16 ***
sma1	-0.772878	0.176237	-4.3855	1.157e-05 ***
intercept	123.942301	30.910919	4.0097	6.081e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

C4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (2,0,2)(1,0,1)¹²

a. Untuk lag=12

```
> Box.test(residuals(estimasiJS2), lag=12, fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJS2)
X-squared = 7.4141, df = 6, p-value = 0.2842
```

b. Untuk lag=24

```
> Box.test(residuals(estimasiJS2), lag=24, fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJS2)
X-squared = 18.6833, df = 18, p-value = 0.4116
```

c. Untuk lag=36

```
> Box.test(residuals(estimasiJS2), lag=36, fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJS2)
X-squared = 24.3013, df = 30, p-value = 0.7582
```

d. Untuk lag=48

```
> Box.test(residuals(estimasiJS2), lag=48, fitdf=6, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJS2)
X-squared = 36.4831, df = 42, p-value = 0.7112
```

C5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Selatan

```
> JemberSelatan <- arima(JS, order=c(2,0,2),
  seasonal=list(order=c(1,0,1), period=12))
> summary(JemberSelatan)
Series: JS
ARIMA(2,0,2)(1,0,1)[12] with non-zero mean
Coefficients:
          ar1      ar2      ma1      ma2      sar1      sma1  intercept
      1.5742  -0.8281  -1.2585  0.5593  0.9843  -0.8912  124.2862
s.e.  0.1556   0.1358   0.2063  0.1579  0.0934   0.3460   17.1033
```

```
sigma^2 estimated as 5284: log likelihood = -552.64, aic = 1121.27
```

Training set error measures:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Training set	3.347348	72.68817	52.62088	NaN	Inf	0.7081367	-0.01219235

```
> forecast(JemberSelatan,h=(6))
```

Point	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2013	205.63718	111.52403	299.7503	61.70353	349.5708
Feb 2013	205.71282	107.06323	304.3624	54.84129	356.5844
Mar 2013	217.18178	116.24633	318.1172	62.81433	371.5492
Apr 2013	177.12444	75.77611	278.4728	22.12555	332.1233
May 2013	114.78559	13.38392	216.1873	-40.29488	269.8661
Jun 2013	57.76708	-44.42997	159.9641	-98.52983	214.0640

```
> plot(forecast(JemberSelatan,h=(6)),ylab="Curah Hujan (mm)  
JemberSelatan", xlab="Waktu")
```



D. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Tengah dengan Menggunakan ARIMA

D1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Tengah

```
data3<-read.table("D:/r3JH.txt",header=TRUE, quote="\")
JH <- ts(data3,start=c(2005,1), freq=12)
print(JH)
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
2005	159.1250	227.4375	282.9375	181.1250	25.3750	71.7500	67.5625	27.4375
2006	519.7500	382.5000	359.3125	313.3750	228.0625	7.6875	1.1875	0.0000
2007	95.8750	313.5625	166.3750	207.3125	123.7500	66.5625	32.1250	21.6250
2008	280.7500	309.7500	529.0625	151.6250	92.5000	7.4375	0.0000	17.6875
2009	321.5000	276.4375	215.0000	143.5000	179.2500	43.5625	20.5000	0.3125
2010	400.0000	302.9375	372.1875	357.5000	292.8125	88.3750	137.6250	92.9375
2011	316.6875	319.1250	299.6875	309.3125	134.2500	7.0625	9.4375	0.0000
2012	371.6250	312.5000	285.5000	149.3125	132.1875	19.8750	32.2500	0.0000
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2005	31.1250	114.8750	203.0000	637.8125				
2006	0.1875	0.0000	160.5000	283.2500				
2007	0.0000	87.6875	269.3125	490.6250				
2008	0.0000	261.3750	417.3125	489.3125				
2009	17.7500	59.3125	157.0000	133.3750				
2010	292.3750	210.3750	293.1875	309.6875				
2011	4.0000	117.9375	310.4375	404.6250				
2012	0.0000	99.6875	206.1875	476.1875				

```
> plot(as.xts(JH), major.format = "%b-%y", type="o", ylab="Curah
Hujan (mm) Jember Tengah", xlab="Waktu", main="")
```

D2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah

```
adf.test(JH)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JH
Dickey-Fuller = -7.2546, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

D3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah Tanpa Proses *Differencing*

1) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,0)(2,0,0)¹²

```
> estimasiJH1 = arima(JH,order=c(1,0,0),
seasonal=list(order=c(2,0,0),period=12))
> coeftest(estimasiJH1)
z test of coefficients:
```



```

                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1             0.549315   0.093363   5.8836 4.013e-09 ***
sar1            0.304746   0.096665   3.1526 0.001618 **
sar2            0.291750   0.111667   2.6127 0.008984 **
intercept 183.717083  44.684755   4.1114 3.933e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

2) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,1)(2,0,0)¹²

```

> estimasiJH2 = arima(JH,order=c(1,0,1),
seasonal=list(order=c(2,0,0),period=12))
> coeftest(estimasiJH2)
z test of coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1            5.4747e-01 1.4344e-01   3.8167 0.0001352 ***
ma1            2.8836e-03 1.6772e-01   0.0172 0.9862828
sar1           3.0446e-01 9.8542e-02   3.0896 0.0020040 **
sar2           2.9151e-01 1.1189e-01   2.6054 0.0091765 **
intercept 1.8383e+02  4.4596e+01   4.1221 3.755e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

3) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,2)(2,0,0)¹²

```

> estimasiJH3 = arima(JH,order=c(1,0,2),
seasonal=list(order=c(2,0,0),period=12))
> coeftest(estimasiJH3)
z test of coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1            0.477427   0.202694   2.3554 0.018503 *
ma1            0.070573   0.221586   0.3185 0.750112
ma2            0.089391   0.129653   0.6895 0.490532
sar1           0.301985   0.100229   3.0129 0.002587 **
sar2           0.272988   0.117252   2.3282 0.019900 *
intercept 183.864115  43.177997   4.2583 2.06e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

D4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (1,0,0)(2,0,0)¹²

a. Untuk lag=12

```

> Box.test(residuals(estimasiJH1),lag=24,fitdf=3, type="Ljung")
Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJH1)
X-squared = 25.2116, df = 21, p-value = 0.2381

```

b. Untuk lag=24

```
> Box.test(residuals(estimasiJH1),lag=24,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data:  residuals(estimasiJH1)
X-squared = 25.2116, df = 21, p-value = 0.2381
```

c. Untuk lag=36

```
> Box.test(residuals(estimasiJH1),lag=36,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data:  residuals(estimasiJH1)
X-squared = 43.7372, df = 33, p-value = 0.1001
```

d. Untuk lag=48

```
> Box.test(residuals(estimasiJH1),lag=48,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data:  residuals(estimasiJH1)
X-squared = 59.7, df = 45, p-value = 0.07001
```

D5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Tengah

```
> JemberTengah <- arima(JH,order=c(1,0,0),
  seasonal=list(order=c(2,0,0),period=12))
> summary(JemberTengah)
Series: JH
ARIMA(1,0,1)(2,0,0)[12] with non-zero mean
Coefficients:
      ar1      sar1      sar2  intercept
 0.5493  0.3047  0.2918  183.7171
s.e.  0.0934  0.0967  0.1117   44.6848

sigma^2 estimated as 9972:  log likelihood = -580.65,  aic = 1171.31

Training set error measures:
      ME      RMSE      MAE  MPE  MAPE      MASE      ACF1
Training set 1.6958 99.8583 72.92046 -Inf  Inf 0.8245055 0.02010199
> forecast(JemberTengah,h=(6))
      Point      Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Jan 2013  383.2651 255.29158 511.2387 187.546469 578.9838
Feb 2013  319.3169 173.30659 465.3272  96.013386 542.6204
Mar 2013  279.7971 128.76671 430.8275  48.816035 510.7782
Apr 2013  227.0288  74.51604 379.5416 -6.219345 460.2770
May 2013  163.0045 10.04731 315.9618 -70.923365 396.9325
Jun 2013   87.4241 -65.66701 240.5152 -146.708545 321.5567
> plot(forecast(JemberTengah,h=(6)),ylab="Curah Hujan (mm)
  JemberTengah", xlab="Waktu")
```

E. Program Analisis Data Curah Hujan Wilayah Jember Timur dengan Menggunakan ARIMA

E1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Wilayah Jember Timur

```
data4<-read.table("D:/r4JR.txt", header=TRUE, quote="\")
JR <- ts(data4,start=c(2005,1), freq=12)
print(JR)
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
2005	163.2500	280.0000	322.0625	118.6875	8.6875	93.0000	30.9375	30.3125
2006	577.7500	429.9375	411.5625	283.1875	230.8750	10.2500	0.0000	0.9375
2007	114.0000	309.1250	279.6875	299.6875	117.2500	64.0000	19.6875	3.6875
2008	360.3125	284.6250	419.0000	132.8125	71.8125	17.2500	0.0000	55.2500
2009	528.7500	397.6875	244.6250	84.4375	179.5000	112.9375	36.6250	3.5000
2010	488.6875	368.6250	216.2500	348.9375	239.7500	126.1250	95.6875	30.8750
2011	364.3125	275.0000	489.0000	284.2500	146.5625	17.5000	7.1250	0.0000
2012	479.7500	388.3125	323.2500	176.6250	85.7500	24.3125	47.8750	0.0000
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2005	6.4375	172.3750	141.0625	574.8750				
2006	7.6875	16.1250	101.8125	298.9375				
2007	0.6875	61.7500	298.2500	496.0000				
2008	0.1875	195.3125	357.5000	348.8750				
2009	8.7500	52.6875	165.0000	216.3750				
2010	218.5625	230.6250	292.0625	377.5000				
2011	14.7500	88.0625	301.9375	430.4375				
2012	0.4375	51.7500	156.5000	372.6875				

```
> plot(as.xts(JR), major.format = "%b-%y", type="o", ylab="Curah
Hujan (mm) Jember Timur", xlab="Waktu", main="")
```

E2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur

```
adf.test(JR)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JR
Dickey-Fuller = -8.0086, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

E3. Skrip Hasil Estimasi Parameter Untuk Model-Model Sementara Data Curah Hujan di Wilayah Jember Timur Tanpa Proses *Differencing*

1) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,0)(1,0,1)¹²

```
> estimasiJR1 = arima(JR,order=c(1,0,0),
seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coeftest(estimasiJR1)
z test of coefficients:
```

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
ar1	0.4414291	0.1034624	4.2666	1.985e-05	***
sar1	0.9987762	0.0066375	150.4757	< 2.2e-16	***

```

sma1      -0.9499762    0.1327574   -7.1557 8.323e-13 ***
intercept 187.8430117  48.0600414    3.9085 9.287e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

2) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,1)(1,0,1)¹²

```

> estimasiJR2 = arima(JR,order=c(1,0,1),
seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefptest(estimasiJR2)
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1      0.5355193  0.1857521   2.8830 0.0039393 **
ma1     -0.1187906  0.2228539  -0.5330 0.5940042
sar1     0.9994667  0.0032226 310.1431 < 2.2e-16 ***
sma1    -0.9659424  0.1011208  -9.5524 < 2.2e-16 ***
intercept 185.9666917  51.8793797    3.5846 0.0003376 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

3) Estimasi model sementara ARIMA (1,0,2)(1,0,1)¹²

```

> estimasiJR3 = arima(JR,order=c(1,0,2),
seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> coefptest(estimasiJR3)
z test of coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
ar1      0.49802    0.16017   3.1094 0.001875 **
ma1      0.21546    0.19893   1.0831 0.278764
ma2      0.14761    0.12159   1.2140 0.224759
sar1    -0.26916    0.58410  -0.4608 0.644934
sma1     0.60231    0.54722   1.1007 0.271039
intercept 187.43241  36.18485   5.1799 2.221e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

E4. Ljung-Box Test Sisaan Model ARIMA (1,0,0)(1,0,1)¹²

a. Untuk lag=12

```

Box.test(residuals(estimasiJR1),lag=12,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data:  residuals(estimasiJR1)
X-squared = 11.5501, df = 9, p-value = 0.2399

```

b. Untuk lag=24

```

Box.test(residuals(estimasiJR1),lag=24,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data:  residuals(estimasiJR1)
X-squared = 26.337, df = 21, p-value = 0.1939

```

c. Untuk lag=36

```
Box.test(residuals(estimasiJR1),lag=36,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJR1)
X-squared = 42.2199, df = 33, p-value = 0.1305
```

d. Untuk lag=48

```
Box.test(residuals(estimasiJR1),lag=48,fitdf=3, type="Ljung")
      Box-Ljung test
data: residuals(estimasiJR1)
X-squared = 53.7202, df = 45, p-value = 0.1749
```

E5. Skrip Peramalan Curah Hujan di Wilayah Jember Timur

```
> JemberTimur <- arima(JR,order=c(1,0,0),
  seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))
> summary(JemberTimur)
Series: JR
ARIMA(1,0,0)(1,0,1)[12] with non-zero mean
Coefficients:
      ar1      sar1      sma1  intercept
      0.4414  0.9988 -0.9500   187.843
s.e.    0.1035  0.0066  0.1328    48.060

sigma^2 estimated as 7610: log likelihood = -576.62, aic = 1163.2525

Training set error measures:
      ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set 4.977639 87.23374 64.7015 -Inf   Inf 0.6642461 -0.01243124
> forecast(JemberTimur,h=(6))
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Jan 2013      372.28041 256.77803 487.7828 195.63476 548.9261
Feb 2013      328.61749 202.48284 454.7521 135.71119 521.5238
Mar 2013      323.67017 195.56641 451.7739 127.75237 519.5880
Apr 2013      213.94502  85.46107 342.4290  17.44578 410.4443
May 2013      141.08394  12.52604 269.6418 -55.52840 337.6963
Jun 2013       71.87403 -56.69828 200.4463 -124.76034 268.5084
> plot(forecast(JemberTimur,h=(6)),ylab="Curah Hujan (mm)
  JemberTimur", xlab="Waktu")
```


F. Program Analisis Data Curah Hujan di Kabupaten Jember dengan Menggunakan STAR

F1. Plot Data Curah Hujan (mm) di Kabupaten Jember

```
data1<-read.table("D:/r1JB.txt", header=TRUE, quote="\")
data2<-read.table("D:/r2JS.txt",header=TRUE,quote="\")
data3<-read.table("D:/r3JH.txt",header=TRUE, quote="\")
data4<-read.table("D:/r4JR.txt", header=TRUE, quote="\")
x <- c(1:96)
z1 <- data1
z2 <- data2
z3 <- data3
z4 <- data4
df <- data.frame(x, z1, z2, z3, z4)
df2 <- melt(dat=df, id.vars="x")
>ggplot(dat=df2, aes(x=x, y= value, colour =variable))+
  geom_line()+ylab("Curah Hujan (mm)") + xlab("Waktu")
```

F2. Uji Kehomogenan Nilai Tengah Data Curah Hujan

a. Lokasi Jember Barat

```
> adf.test(JB)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JB
Dickey-Fuller = -7.6688, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

b. Lokasi Jember Selatan

```
> adf.test(JS)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JS
Dickey-Fuller = -7.3489, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

c. Lokasi Jember Tengah

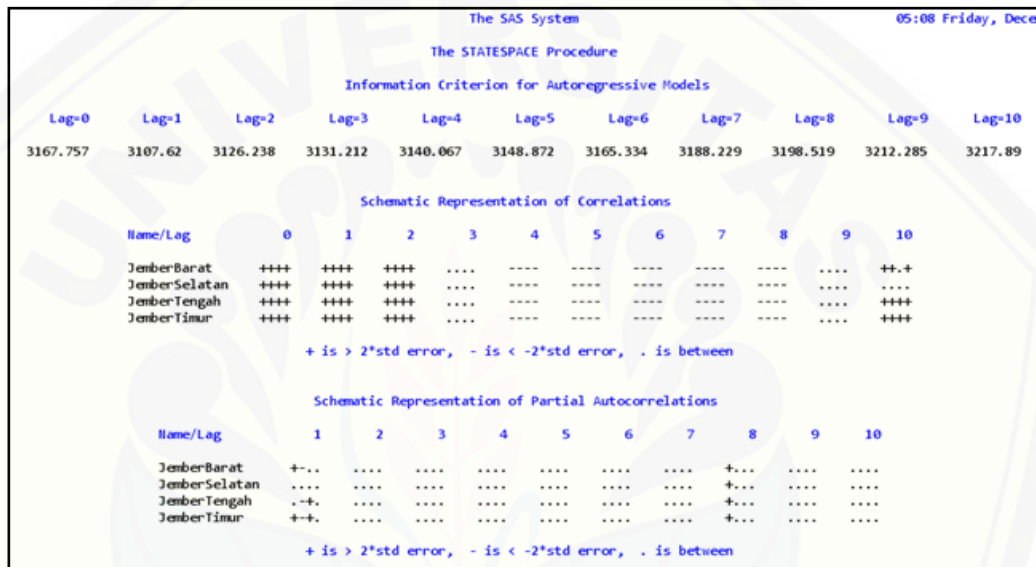
```
> adf.test(JH)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JH
Dickey-Fuller = -7.2546, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

d. Lokasi Jember Selatan

```
> adf.test(JR)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  JR
Dickey-Fuller = -8.0086, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

F3. Skrip dan Output Model STAR

```
libname CH1 "D:\SAS\CH1.xls";
data hujan;
set CH1."hujanall$"n;
run;
proc statespace data=CH1."hujanall$"n out=work.predhujanall
lead=5 cancorr;
var jemberbarat jember selatan jembertengah jembertimur;
run;
```



F4. Skrip dan Output Estimasi Parameter Model STAR (Data Lampiran F6)

```
> lm(Zt ~ -1 + X.t.1. + FX.t.1., data=rhujan)
Call:
lm(formula = Zt ~ -1 + X.t.1. + FX.t.1., data = rhujan)
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-236.78  -67.50  -20.47   52.10  456.14
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
X.t.1.         0.3631     0.1040   3.493 0.000534 ***
FX.t.1.         0.3394     0.1076   3.153 0.001749 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 104.6 on 373 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4607,    Adjusted R-squared:  0.4578
F-statistic: 159.3 on 2 and 373 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

F5. Pengolahan Model STAR(1₁) Untuk Pembentukan Matriks.

Keterangan Notasi

$Z_1(t)$ = data curah hujan di Jember Barat yang stasioner;

$Z_2(t)$ = data curah hujan di Jember Selatan yang stasioner;

$Z_3(t)$ = data curah hujan di Jember Tengah yang stasioner;

$Z_4(t)$ = data curah hujan di Jember Timur yang stasioner;

$Z_1(t-1)$ = $Z_1(t)$ setelah dikurangi mean;

$Z_2(t-1)$ = $Z_2(t)$ setelah dikurangi mean;

$Z_3(t-1)$ = $Z_3(t)$ setelah dikurangi mean;

$Z_4(t-1)$ = $Z_4(t)$ setelah dikurangi mean.

t	$Z_1(t)$	$Z_2(t)$	$Z_3(t)$	$Z_4(t)$	$Z_1^*(t)$	$Z_2^*(t)$	$Z_3^*(t)$	$Z_4^*(t)$	$Z_1(t-1)$	$Z_2(t-1)$	$Z_3(t-1)$	$Z_4(t-1)$
1	177,4545455	121,3478261	159,125	163,25	80,22	38,92	42,51	90,33	25,041645	-2,5552739	-25,795	-26,419
2	232,6363636	162,826087	227,4375	280	50,9	84,83	98,01	132,39	80,223463	38,922987	42,5169	90,3307
3	203,3181818	208,7391304	282,9375	322,0625	100,4	58,01	-3,79	-70,98	50,90528	84,83603	98,0169	132,39
4	252,8181818	181,9130435	181,125	118,6875	-151,04	-119,12	-159,54	-180,9	100,4052	58,0099	-3,7956	-70,98
5	1,363636364	4,782608696	25,375	8,6875	-130,4	-80,7	-113,1	-96,66	-151,049	-119,1204	-159,54	-180,98
6	21,95454545	43,13043478	71,75	93	-119,731	-60,7292	-117,358	-158,732	-130,458355	-80,7726652	-113,17	-96,66
7	32,68181818	63,17391304	67,5625	30,9375	-151,686	-120,12	-157,483	-159,357	-119,731082	-60,729187	-117,351	-158,738
8	0,727272727	3,782608696	27,4375	30,3125	-146,367	-117,294	-153,796	-183,232	-151,685627	-120,120491	-157,4831	-159,3568
9	6,045454545	6,608695652	31,125	6,4375	-60,5947	-37,3814	-70,0456	-17,2943	-146,367445	-117,294404	-153,7956	-183,2318
10	91,81818182	86,52173913	114,875	172,375	12,81437	-46,0335	18,0794	-48,6068	-60,5947182	-37,3813609	-70,0456	-17,2943
11	165,2272727	77,86956522	203	141,0625	365,9962	320,7056	452,8919	385,2057	12,8143727	-46,0335348	18,0794	-48,6068
12	518,4090909	444,6086957	637,8125	574,875	116,8598	91,4882	334,8294	388,0807	365,9961909	320,7055957	452,8919	385,2057

13	269,2727273	215,3913043	519,75	577,75	86,90528	105,3143	197,5794	240,2682	116,8598273	91,4882043	334,8294	388,0807
14	239,3181818	229,2173913	382,5	429,9375	117,4507	148,9665	174,3919	221,8932	86,9052818	105,3142913	197,5794	240,2682
15	269,8636364	272,8695652	359,3125	411,5625	119,2235	71,44473	128,4544	93,5182	117,4507364	148,9664652	174,3919	221,8932
16	271,6363636	195,3478261	313,375	283,1875	-31,822	-37,7727	43,1419	41,2057	119,2234636	71,4447261	128,4544	93,5182
17	120,5909091	86,13043478	228,0625	230,875	-140,686	-117,86	-177,233	-179,419	-31,8219909	-37,7726652	43,1419	41,2057
18	11,72727273	6,043478261	7,6875	10,25	-152,004	-121,207	-183,733	-189,669	-140,685627	-117,859622	-177,2331	-179,4193
19	0,409090909	2,695652174	1,1875	0	-152,413	-123,903	-184,921	-188,732	-152,003809	-121,207448	-183,7331	-189,6693
20	0	0	0	0,9375	-152,413	-123,686	-184,733	-181,982	-152,4129	-123,9031	-184,9206	-188,7318
21	0	0,217391304	0,1875	7,6875	-152,231	-122,903	-184,921	-173,544	-152,4129	-123,685709	-184,7331	-181,9818
22	0,181818182	1	0	16,125	-77,3674	-80,7727	-24,4206	-87,8568	-152,231082	-122,9031	-184,9206	-173,5443
23	75,04545455	43,13043478	160,5	101,8125	75,17801	70,18386	98,3294	109,2682	-77,3674455	-80,7726652	-24,4206	-87,8568
24	227,5909091	194,0869565	283,25	298,9375	3,859827	-37,3814	-89,0456	-75,6693	75,1780091	70,1838565	98,3294	109,2682
25	156,2727273	86,52173913	95,875	114	163,9962	54,05342	128,6419	119,4557	3,8598273	-37,3813609	-89,0456	-75,6693
26	316,4090909	177,9565217	313,5625	309,125	115,4053	23,27081	-18,5456	90,0182	163,9961909	54,0534217	128,6419	119,4557
27	267,8181818	147,173913	166,375	279,6875	103,8598	-2,12049	22,3919	110,0182	115,4052818	23,270813	-18,5456	90,0182
28	256,2727273	121,7826087	207,3125	299,6875	-46,822	-51,4683	-61,1706	-72,4193	103,8598273	-2,1204913	22,3919	110,0182
29	105,5909091	72,43478261	123,75	117,25	-85,1856	-72,8596	-118,358	-125,669	-46,8219909	-51,4683174	-61,1706	-72,4193
30	67,22727273	51,04347826	66,5625	64	-139,004	-117,947	-152,796	-169,982	-85,1856273	-72,8596217	-118,3581	-125,6693
31	13,40909091	5,956521739	32,125	19,6875	-151,004	-119,425	-163,296	-185,982	-139,003809	-117,946578	-152,7956	-169,9818

32	1,409090909	4,47826087	21,625	3,6875	-152,413	-123,903	-184,921	-188,982	-151,003809	-119,424839	-163,2956	-185,9818
33	0	0	0	0,6875	-97,5493	-92,077	-97,2331	-127,919	-152,4129	-123,9031	-184,9206	-188,9818
34	54,86363636	31,82608696	87,6875	61,75	-4,86745	-15,5553	84,3919	108,5807	-97,5492636	-92,077013	-97,2331	-127,9193
35	147,5454545	108,3478261	269,3125	298,25	383,9962	250,2708	305,7044	306,3307	-4,8674455	-15,5552739	84,3919	108,5807
36	536,4090909	374,173913	490,625	496	92,22346	63,0969	95,8294	170,6432	383,9961909	250,270813	305,7044	306,3307
37	244,6363636	187	280,75	360,3125	169,2235	158,3578	124,8294	94,9557	92,2234636	63,0969	95,8294	170,6432
38	321,6363636	282,2608696	309,75	284,625	184,4962	285,0969	344,1419	229,3307	169,2234636	158,3577696	124,8294	94,9557
39	336,9090909	409	529,0625	419	-39,7765	-31,6422	-33,2956	-56,8568	184,4961909	285,0969	344,1419	229,3307
40	112,6363636	92,26086957	151,625	132,8125	-78,2311	-72,0335	-92,4206	-117,857	-39,7765364	-31,6422304	-33,2956	-56,8568
41	74,18181818	51,86956522	92,5	71,8125	-145,049	-122,947	-177,483	-172,419	-78,2310818	-72,0335348	-92,4206	-117,8568
42	7,363636364	0,956521739	7,4375	17,25	-152,413	-123,903	-184,921	-189,669	-145,049264	-122,946578	-177,4831	-172,4193
43	0	0	0	0	-150,549	-118,816	-167,233	-134,419	-152,4129	-123,9031	-184,9206	-189,6693
44	1,863636364	5,086956522	17,6875	55,25	-152,049	-123,425	-184,921	-189,482	-150,549264	-118,816143	-167,2331	-134,4193
45	0,363636364	0,47826087	0	0,1875	15,85983	0,966465	76,4544	5,6432	-152,049264	-123,424839	-184,9206	-189,4818
46	168,2727273	124,8695652	261,375	195,3125	156,3144	129,9665	232,3919	167,8307	15,8598273	0,9664652	76,4544	5,6432
47	308,7272727	253,8695652	417,3125	357,5	248,9507	352,4012	304,3919	159,2057	156,3143727	129,9664652	232,3919	167,8307
48	401,3636364	476,3043478	489,3125	348,875	32,81437	86,14038	136,5794	339,0807	248,9507364	352,4012478	304,3919	159,2057
49	185,2272727	210,0434783	321,5	528,75	61,31437	105,923	91,5169	208,0182	32,8143727	86,1403783	136,5794	339,0807
50	213,7272727	229,826087	276,4375	397,6875	-32,9584	-8,94658	30,0794	54,9557	61,3143727	105,922987	91,5169	208,0182

51	119,4545455	114,9565217	215	244,625	-56,2311	-47,2944	-41,4206	-105,232	-32,9583545	-8,9465783	30,0794	54,9557
52	96,18181818	76,60869565	143,5	84,4375	-23,1402	-25,5118	-5,6706	-10,1693	-56,2310818	-47,2944044	-41,4206	-105,2318
53	129,2727273	98,39130435	179,25	179,5	-141,64	-94,2509	-141,358	-76,7318	-23,1401727	-25,5117957	-5,6706	-10,1693
54	10,77272727	29,65217391	43,5625	112,9375	-132,64	-93,8596	-164,421	-153,044	-141,640173	-94,2509261	-141,3581	-76,7318
55	19,77272727	30,04347826	20,5	36,625	-152,367	-123,903	-184,608	-186,169	-132,640173	-93,8596217	-164,4206	-153,0443
56	0,045454545	0	0,3125	3,5	-134,64	-122,512	-167,171	-180,919	-152,367445	-123,9031	-184,6081	-186,1693
57	17,77272727	1,391304348	17,75	8,75	-115,867	-108,338	-125,608	-136,982	-134,640173	-122,511796	-167,1706	-180,9193
58	36,54545455	15,56521739	59,3125	52,6875	26,0871	-19,2944	-27,9206	-24,6693	-115,867445	-108,337883	-125,6081	-136,9818
59	178,5	104,6086957	157	165	18,04165	-2,33788	-51,5456	26,7057	26,0871	-19,2944043	-27,9206	-24,6693
60	170,4545455	121,5652174	133,375	216,375	167,9962	208,8795	215,0794	299,0182	18,0416455	-2,3378826	-51,5456	26,7057
61	320,4090909	332,7826087	400	488,6875	114,8598	115,923	118,0169	178,9557	167,9961909	208,8795087	215,0794	299,0182
62	267,2727273	239,826087	302,9375	368,625	151,6326	124,6186	187,2669	26,5807	114,8598273	115,922987	118,0169	178,9557
63	304,0454545	248,5217391	372,1875	216,25	154,4962	167,3143	172,5794	159,2682	151,6325545	124,6186391	187,2669	26,5807
64	306,9090909	291,2173913	357,5	348,9375	109,3598	75,7056	107,8919	50,0807	154,4961909	167,3142913	172,5794	159,2682
65	261,7727273	199,6086957	292,8125	239,75	-70,1856	-44,6857	-96,5456	-63,5443	109,3598273	75,7055957	107,8919	50,0807
66	82,22727273	79,2173913	88,375	126,125	-47,0493	-50,9466	-47,2956	-93,9818	-70,1856273	-44,6857087	-96,5456	-63,5443
67	105,3636364	72,95652174	137,625	95,6875	-96,1402	-99,9466	-91,9831	-158,794	-47,0492636	-50,9465783	-47,2956	-93,9818
68	56,27272727	23,95652174	92,9375	30,875	56,13255	33,00994	107,4544	28,8932	-96,1401727	-99,9465783	-91,9831	-158,7943
69	208,5454545	156,9130435	292,375	218,5625	79,90528	30,83603	25,4544	40,9557	56,1325545	33,0099435	107,4544	28,8932

70	232,3181818	154,7391304	210,375	230,625	150,4507	42,18386	108,2669	102,3932	79,9052818	30,8360304	25,4544	40,9557
71	302,8636364	166,0869565	293,1875	292,0625	93,31437	51,7056	124,7669	187,8307	150,4507364	42,1838565	108,2669	102,3932
72	245,7272727	175,6086957	309,6875	377,5	149,7235	140,836	131,7669	174,6432	93,3143727	51,7055957	124,7669	187,8307
73	302,1363636	264,7391304	316,6875	364,3125	50,26892	20,22733	134,2044	85,3307	149,7234636	140,8360304	131,7669	174,6432
74	202,6818182	144,1304348	319,125	275	15,63255	-25,3379	114,7669	299,3307	50,2689182	20,2273348	134,2044	85,3307
75	168,0454545	98,56521739	299,6875	489	92,49619	146,1404	124,3919	94,5807	15,6325545	-25,3378826	114,7669	299,3307
76	244,9090909	270,0434783	309,3125	284,25	7,041645	-29,4248	-50,6706	-43,1068	92,4961909	146,1403783	124,3919	94,5807
77	159,4545455	94,47826087	134,25	146,5625	-147,64	-121,555	-177,858	-172,169	7,0416455	-29,4248391	-50,6706	-43,1068
78	4,772727273	2,347826087	7,0625	17,5	-151,731	-123,512	-175,483	-182,544	-147,640173	-121,555274	-177,8581	-172,1693
79	0,681818182	0,391304348	9,4375	7,125	-152,413	-123,903	-184,921	-189,669	-151,731082	-123,511796	-175,4831	-182,5443
80	0	0	0	0	-152,413	-123,903	-180,921	-174,919	-152,4129	-123,9031	-184,9206	-189,6693
81	0	0	4	14,75	-98,7311	-91,7292	-66,9831	-101,607	-152,4129	-123,9031	-180,9206	-174,9193
82	53,68181818	32,17391304	117,9375	88,0625	128,9962	51,4882	125,5169	112,2682	-98,7310818	-91,729187	-66,9831	-101,6068
83	281,4090909	175,3913043	310,4375	301,9375	190,8598	254,0099	219,7044	240,7682	128,9961909	51,4882043	125,5169	112,2682
84	343,2727273	377,9130435	404,625	430,4375	277,178	193,3143	186,7044	290,0807	190,8598273	254,0099435	219,7044	240,7682
85	429,5909091	317,2173913	371,625	479,75	135,7689	112,4447	127,5794	198,6432	277,1780091	193,3142913	186,7044	290,0807
86	288,1818182	236,3478261	312,5	388,3125	106,178	169,3578	100,5794	133,5807	135,7689182	112,4447261	127,5794	198,6432
87	258,5909091	293,2608696	285,5	323,25	69,63255	-1,16397	-35,6081	-13,0443	106,1780091	169,3577696	100,5794	133,5807
88	222,0454545	122,7391304	149,3125	176,625	-74,5493	-9,85962	-52,7331	-103,919	69,6325545	-1,1639696	-35,6081	-13,0443

89	77,86363636	114,0434783	132,1875	85,75	-150,367	-109,599	-165,046	-165,357	-74,5492636	-9,8596217	-52,7331	-103,9193
90	2,045454545	14,30434783	19,875	24,3125	-75,0038	-50,7727	-152,671	-141,794	-150,367445	-109,598752	-165,0456	-165,3568
91	77,40909091	73,13043478	32,25	47,875	-152,413	-123,903	-184,921	-189,669	-75,0038091	-50,7726652	-152,6706	-141,7943
92	0	0	0	0	-152,186	-122,077	-184,921	-189,232	-152,4129	-123,9031	-184,9206	-189,6693
93	0,227272727	1,826086957	0	0,4375	-97,7765	-87,0335	-85,2331	-137,919	-152,185627	-122,077013	-184,9206	-189,2318
94	54,63636364	36,86956522	99,6875	51,75	22,13255	-29,164	21,2669	-33,1693	-97,7765364	-87,0335348	-85,2331	-137,9193

F6. Tabel Matriks Untuk Pembentukan model STAR(1₁) dengan Bobot Seragam dengan

$$Z(t) = \begin{bmatrix} Z_1^*(t) \\ Z_2^*(t) \\ Z_3^*(t) \\ Z_4^*(t) \end{bmatrix}; X(t-1) = \begin{bmatrix} Z_1(t-1) \\ Z_2(t-1) \\ Z_3(t-1) \\ Z_4(t-1) \end{bmatrix}; \text{ dan}$$

$$FX(t-1) = \begin{bmatrix} W_{12}Z_2(t-1) + W_{13}Z_3(t-1) + W_{14}Z_4(t-1) \\ W_{21}Z_1(t-1) + W_{23}Z_3(t-1) + W_{24}Z_4(t-1) \\ W_{31}Z_1(t-1) + W_{32}Z_2(t-1) + W_{34}Z_4(t-1) \\ W_{41}Z_1(t-1) + W_{42}Z_2(t-1) + W_{43}Z_3(t-1) \end{bmatrix}$$

Sehingga diperoleh tabel matriks sebagai berikut.

Z(t)	X(t-1)	FX(t-1)
80,2234636	25,0416455	-18,25672463
50,9052818	80,2234636	57,25686233
100,4052818	50,9052818	105,0820435
-151,0492636	100,4052818	-5,589152167
-130,4583546	-151,0492636	-153,2159638
-119,7310818	-130,4583546	-96,87085507
-151,6856273	-119,7310818	-112,273029
-146,3674455	-151,6856273	-145,6534638
-60,59471818	-146,3674455	-151,4406014
12,8143727	-60,59471818	-41,57375362
365,9961909	12,8143727	-25,52031159
116,8598273	365,9961909	386,2677319
86,9052818	116,8598273	271,4661014
117,4507364	86,9052818	181,0539638
119,2234636	117,4507364	181,7505217
-31,8219909	119,2234636	97,80577537

-140,6856273	-31,8219909	15,52497826
-152,0038091	-140,6856273	-158,1706739
-152,4129	-152,0038091	-164,8699493
-152,4129	-152,4129	-165,8518333
-152,2310818	-152,4129	-163,4668696
-77,36744545	-152,2310818	-160,456
75,1780091	-77,36744545	-64,35002174
3,8598273	75,1780091	92,59381883
163,9961909	3,8598273	-67,36542029
115,4052818	163,9961909	100,7170072
103,8598273	115,4052818	31,58113767
-46,8219909	103,8598273	43,42986957
-85,18562727	-46,8219909	-61,68607246
-139,0038091	-85,18562727	-105,6290072
-151,0038091	-139,0038091	-146,9079928
-152,4129	-151,0038091	-156,2340797
-97,54926364	-152,4129	-165,9351667
-4,8674455	-97,54926364	-105,7431377
383,9961909	-4,8674455	59,1391087
92,2234636	383,9961909	287,4353043
169,2234636	92,2234636	109,8565
184,4961909	169,2234636	126,0476232
-39,7765364	184,4961909	286,1898333
-78,23108182	-39,7765364	-40,59821014
-145,0492636	-78,23108182	-94,10364493
-152,4129	-145,0492636	-157,6163261

-150,5492636	-152,4129	-166,1643333
-152,0492636	-150,5492636	-140,1561812
15,8598273	-152,0492636	-165,942413
156,3143727	15,8598273	27,68802173
248,9507364	156,3143727	176,7296884
32,8143727	248,9507364	271,9996159
61,3143727	32,8143727	187,2668261
-32,9583545	61,3143727	135,1526957
-56,23108182	-32,9583545	25,36284057
-23,1401727	-56,23108182	-64,64893478
-141,6401727	-23,1401727	-13,78389855
-132,6401727	-141,6401727	-104,1136087
-152,3674455	-132,6401727	-137,1081739
-134,6401727	-152,3674455	-164,8935
-115,8674455	-134,6401727	-156,8672319
26,0871	-115,8674455	-123,6425942
18,0416455	26,0871	-23,96143477
167,9961909	18,0416455	-9,059260867
114,8598273	167,9961909	240,9923696
151,6325545	114,8598273	137,6318623
154,4961909	151,6325545	112,8220797
109,3598273	154,4961909	166,3872971
-70,18562727	109,3598273	77,8927319
-47,0492636	-70,18562727	-68,25853623
-96,14017273	-47,0492636	-64,07465942
56,1325545	-96,14017273	-116,9079928

79,9052818	56,1325545	56,4525145
150,4507364	79,9052818	32,4153768
93,3143727	150,4507364	84,28131883
149,7234636	93,3143727	121,4343986
50,2689182	149,7234636	149,0820435
15,6325545	50,2689182	79,9208116
92,4961909	15,6325545	129,5865725
7,0416455	92,4961909	121,7043261
-147,6401727	7,0416455	-41,06741304
-151,7310818	-147,6401727	-157,1942246
-152,4129	-151,7310818	-160,5130652
-152,4129	-152,4129	-166,1643333
-98,73108182	-152,4129	-159,9143333
128,9961909	-98,73108182	-86,77302899
190,8598273	128,9961909	96,42443477
277,1780091	190,8598273	238,1608478
135,7689182	277,1780091	223,3664638
106,1780091	135,7689182	146,222442
69,6325545	106,1780091	134,5059565
-74,54926364	69,6325545	-16,60545653
-150,3674455	-74,54926364	-55,50400723
-75,00380909	-150,3674455	-146,6670507
-152,4129	-75,00380909	-115,0791884
-152,1856273	-152,4129	-166,1643333
-97,77653636	-152,1856273	-165,4098043
22,1325545	-97,77653636	-103,3953116

38,922987	-2,5552739	-9,0577515
84,8360304	38,922987	71,02368787
58,0099435	84,8360304	93,77179393
-119,1204913	58,0099435	8,542627267
-80,77266522	-119,1204913	-163,8588879
-60,72918696	-80,77266522	-113,4327515
-120,1204913	-60,72918696	-131,9403273
-117,2944043	-120,1204913	-156,1751758
-37,38136087	-117,2944043	-161,1316152
-46,03353478	-37,38136087	-49,31153939
320,7055957	-46,03353478	-5,904342433
91,4882043	320,7055957	401,364597
105,3142913	91,4882043	279,9233091
148,9664652	105,3142913	174,9176273
71,4447261	148,9664652	171,2452788
-37,77266522	71,4447261	113,7320212
-117,8596217	-37,77266522	17,50853637
-121,2074478	-117,8596217	-165,7793424
-123,9031	-121,2074478	-175,135403
-123,6857087	-123,9031	-175,3551
-122,9031	-123,6857087	-173,0426
-80,77266522	-122,9031	-170,2319939
70,1838565	-80,77266522	-63,21494848
-37,38136087	70,1838565	94,25853637
54,0534217	-37,38136087	-53,61835757
23,270813	54,0534217	137,364597

-2,1204913	23,270813	62,29262727
-51,46831739	-2,1204913	78,75664243
-72,85962174	-51,46831739	-60,13729697
-117,9465783	-72,85962174	-109,7376758
-119,4248391	-117,9465783	-153,9270697
-123,9031	-119,4248391	-166,760403
-92,07701304	-123,9031	-175,4384333
-15,5552739	-92,07701304	-107,5672212
250,270813	-15,5552739	62,70171817
63,0969	250,270813	332,0104303
158,3577696	63,0969	119,5653545
285,0969	158,3577696	129,6695212
-31,64223043	285,0969	252,6562636
-72,03353478	-31,64223043	-43,30964547
-122,9465783	-72,03353478	-96,16949394
-123,9031	-122,9465783	-164,9838879
-118,8161435	-123,9031	-175,6676
-123,4248391	-118,8161435	-150,7338879
0,9664652	-123,4248391	-175,4838879
129,9664652	0,9664652	32,65247577
352,4012478	129,9664652	185,5123242
86,1403783	352,4012478	237,5161121
105,922987	86,1403783	169,4914909
-8,9465783	105,922987	120,2831576
-47,29440435	-8,9465783	17,35891517
-25,51179565	-47,29440435	-67,62782727

-94,25092609	-25,51179565	-12,99335757
-93,85962174	-94,25092609	-119,9100242
-123,9031	-93,85962174	-150,0350242
-122,5117957	-123,9031	-174,3816152
-108,3378826	-122,5117957	-160,9100242
-19,2944043	-108,3378826	-126,1524485
-2,3378826	-19,2944043	-8,834266667
208,8795087	-2,3378826	-2,266084833
115,922987	208,8795087	227,364597
124,6186391	115,922987	137,2774758
167,3142913	124,6186391	121,8267182
75,7055957	167,3142913	162,114597
-44,6857087	75,7055957	89,1108091
-50,94657826	-44,6857087	-76,75850909
-99,94657826	-50,94657826	-62,77555453
33,0099435	-99,94657826	-115,6391909
30,8360304	33,0099435	64,1600515
42,1838565	30,8360304	48,77179393
51,7055957	42,1838565	120,3702788
140,8360304	51,7055957	135,3039909
20,2273348	140,8360304	152,0445212
-25,33788261	20,2273348	89,93467273
146,1403783	-25,33788261	143,2433848
-29,42483913	146,1403783	103,8229303
-121,5552739	-29,42483913	-28,91191817
-123,5117957	-121,5552739	-165,8891909

-123,9031	-123,5117957	-169,9194939
-123,9031	-123,9031	-175,6676
-91,72918696	-123,9031	-169,4176
51,4882043	-91,72918696	-89,10699394
254,0099435	51,4882043	122,2604303
193,3142913	254,0099435	217,1108091
112,4447261	193,3142913	251,3210364
169,3577696	112,4447261	153,9971727
-1,1639696	169,3577696	113,4460364
-9,8596217	-1,1639696	6,993384833
-109,5987522	-9,8596217	-77,06722121
-50,77266522	-109,5987522	-160,2566152
-123,9031	-50,77266522	-123,1562364
-122,077013	-123,9031	-175,6676
-87,03353478	-122,077013	-175,4460091
-29,16396957	-87,03353478	-106,9763121
42,5169	-25,7956	-1,310976133
98,0169	42,5169	69,82571687
-3,7956	98,0169	89,37817073
-159,5456	-3,7956	29,1444751
-113,1706	-159,5456	-150,3838516
-117,3581	-113,1706	-102,6334399
-157,4831	-117,3581	-113,0640229
-153,7956	-157,4831	-143,7209729
-70,0456	-153,7956	-148,9645499
18,0794	-70,0456	-38,42345968

452,8919	18,0794	-27,27532069
334,8294	452,8919	357,3024955
197,5794	334,8294	198,8095772
174,3919	197,5794	144,162591
128,4544	174,3919	162,7701339
43,1419	128,4544	94,72879657
-177,2331	43,1419	-9,462985373
-183,7331	-177,2331	-145,988183
-184,9206	-183,7331	-154,293519
-184,7331	-184,9206	-155,0159333
-184,9206	-184,7331	-152,6934696
-24,4206	-184,9206	-149,5594939
98,3294	-24,4206	-81,99897022
-89,0456	98,3294	84,87668853
128,6419	-89,0456	-36,39694452
-18,5456	128,6419	112,5017709
22,3919	-18,5456	76,2314316
-61,1706	22,3919	70,58584533
-118,3581	-61,1706	-56,90320276
-152,7956	-118,3581	-94,57151634
-163,2956	-152,7956	-142,3107291
-184,9206	-163,2956	-152,1368161
-97,2331	-184,9206	-155,0992667
84,3919	-97,2331	-105,8485256
305,7044	84,3919	29,38599353
95,8294	305,7044	313,532568

124,8294	95,8294	108,6545212
344,1419	124,8294	140,8456444
-33,2956	344,1419	232,974597
-92,4206	-33,2956	-42,75852228
-177,4831	-92,4206	-89,37380553
-184,9206	-177,4831	-146,8050473
-167,2331	-184,9206	-155,3284333
-184,9206	-167,2331	-134,5949024
76,4544	-184,9206	-154,9853009
232,3919	76,4544	7,489830833
304,3919	232,3919	151,3705126
136,5794	304,3919	253,5192281
91,5169	136,5794	152,6784837
30,0794	91,5169	125,0851866
-41,4206	30,0794	4,350255733
-5,6706	-41,4206	-69,58576206
-141,3581	-5,6706	-19,60708945
-164,4206	-141,3581	-104,2076329
-184,6081	-164,4206	-126,5146982
-167,1706	-184,6081	-154,1466152
-125,6081	-167,1706	-146,0237561
-27,9206	-125,6081	-120,3957094
-51,5456	-27,9206	-5,9588681
215,0794	-51,5456	14,13648763
118,0169	215,0794	225,2979665
187,2669	118,0169	136,5795048

172,5794	187,2669	100,9439645
107,8919	172,5794	160,3595607
-96,5456	107,8919	78,382041
-47,2956	-96,5456	-59,47187866
-91,9831	-47,2956	-63,99254729
107,4544	-91,9831	-118,2936837
25,4544	107,4544	39,34523267
108,2669	25,4544	50,56567073
124,7669	108,2669	98,34259763
131,7669	124,7669	110,9502228
134,2044	131,7669	155,0675647
114,7669	134,2044	51,94231767
124,3919	114,7669	96,54179063
-50,6706	124,3919	111,0724231
-177,8581	-50,6706	-21,82999788
-175,4831	-177,8581	-147,1215822
-184,9206	-175,4831	-152,5957258
-180,9206	-184,9206	-155,3284333
-66,9831	-180,9206	-150,4117667
125,5169	-66,9831	-97,35568959
219,7044	125,5169	97,5841984
186,7044	219,7044	228,5459903
127,5794	186,7044	253,5243335
100,5794	127,5794	148,9522814
-35,6081	100,5794	136,3721596
-52,7331	-35,6081	18,47476163

-165,0456	-52,7331	-62,77606178
-152,6706	-165,0456	-141,7743325
-184,9206	-152,6706	-89,1902581
-184,9206	-184,9206	-155,3284333
-85,2331	-184,9206	-154,4981468
21,2669	-85,2331	-107,576457
90,3307	-26,4193	-1,103076133
132,3932	90,3307	53,88778353
-70,9818	132,3932	77,91940407
-180,9818	-70,9818	51,5398751
-96,6693	-180,9818	-143,2384516
-158,7318	-96,6693	-108,1338733
-159,3568	-158,7318	-99,27278959
-183,2318	-159,3568	-143,0964062
-17,2943	-183,2318	-139,1524833
-48,6068	-17,2943	-56,00722635
385,2057	-48,6068	-5,04658736
388,0807	385,2057	379,8645622
240,2682	388,0807	181,0591439
221,8932	240,2682	129,932991
93,5182	221,8932	146,9363672
41,2057	93,5182	106,3741966
-179,4193	41,2057	-8,817585373
-189,6693	-179,4193	-145,2594497
-188,7318	-189,6693	-152,3147856
-181,9818	-188,7318	-153,7455333

-173,5443	-181,9818	-153,6105696
-87,8568	-173,5443	-153,3515939
109,2682	-87,8568	-60,85357022
-75,6693	109,2682	81,23042187
119,4557	-75,6693	-40,85571119
90,0182	119,4557	115,5638375
110,0182	90,0182	40,04349827
-72,4193	110,0182	41,37707867
-125,6693	-72,4193	-53,1536361
-169,9818	-125,6693	-92,13444967
-185,9818	-169,9818	-136,5819958
-188,9818	-185,9818	-144,5747494
-127,9193	-188,9818	-153,7455333
108,5807	-127,9193	-95,61979223
306,3307	108,5807	21,3230602
170,6432	306,3307	313,3238013
94,9557	170,6432	83,71658787
229,3307	94,9557	150,8035444
-56,8568	229,3307	271,244997
-117,8568	-56,8568	-34,90478894
-172,4193	-117,8568	-80,8950722
-189,6693	-172,4193	-148,4929806
-134,4193	-189,6693	-153,7455333
-189,4818	-134,4193	-145,5328357
5,6432	-189,4818	-153,4649009
167,8307	5,6432	31,09356417

159,2057	167,8307	172,8909126
339,0807	159,2057	301,9146281
208,0182	339,0807	85,17805033
54,9557	208,0182	86,2514199
-105,2318	54,9557	-3,941844267
-10,1693	-105,2318	-48,31536206
-76,7318	-10,1693	-18,10752278
-153,0443	-76,7318	-125,7497329
-186,1693	-153,0443	-130,3067982
-180,9193	-186,1693	-153,6262152
-136,9818	-180,9193	-141,4408561
-24,6693	-136,9818	-116,604476
26,7057	-24,6693	-7,042634767
299,0182	26,7057	-11,94727903
178,9557	299,0182	197,3183665
26,5807	178,9557	116,2665714
159,2682	26,5807	154,5060312
50,0807	159,2682	164,7966274
-63,5443	50,0807	97,652441
-93,9818	-63,5443	-70,47231199
-158,7943	-93,9818	-48,43048062
28,8932	-158,7943	-96,02328366
40,9557	28,8932	65,53229933
102,3932	40,9557	45,39857073
187,8307	102,3932	100,3004976
174,6432	187,8307	89,92895613

85,3307	174,6432	140,7754647
299,3307	85,3307	68,233551
94,5807	299,3307	35,02052396
-43,1068	94,5807	121,0094897
-172,1693	-43,1068	-24,35126454
-182,5443	-172,1693	-149,0178489
-189,6693	-182,5443	-150,2419925
-174,9193	-189,6693	-153,7455333
-101,6068	-174,9193	-152,4122
112,2682	-101,6068	-85,81445626
240,7682	112,2682	102,0004317
290,0807	240,7682	221,5247236
198,6432	290,0807	219,0655668
133,5807	198,6432	125,2643481
-13,0443	133,5807	125,3717262
-103,9193	-13,0443	10,95349497
-165,3568	-103,9193	-45,71399511
-141,7943	-165,3568	-141,6705992
-189,6693	-141,7943	-92,81569144
-189,2318	-189,6693	-153,7455333
-137,9193	-189,2318	-153,0610801
-33,1693	-137,9193	-90,01439038