



TESIS-SS142501

# **MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI INPUT* UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA**

YONLIB W. A. NANLOHY  
NRP. 1315201021

DOSEN PEMBIMBING :  
Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si  
Santi Wulan P, M.Si, Ph.D

PROGRAM MAGISTER  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017





THESIS-SS142501

# **MULTI INPUT TRANSFER FUNCTION MODEL FOR FORECASTING RAINFALL IN SURABAYA**

YONLIB W. A. NANLOHY  
NRP. 1315201021

SUPERVISOR  
Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si  
Santi Wulan P, M.Si, Ph.D

MAGISTER PROGRAM  
DEPARTEMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017



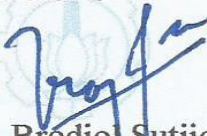
**MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI INPUT* UNTUK PERAMALAN  
CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA**

Disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Magister Sains (M.Si)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :  
**YONLIB W A NANLOHY**  
**NRP. 1315 2010 21**

Tanggal Ujian : 18 Juli 2017  
Periode Wisuda : September 2017


Disetujui Oleh :

  
1. Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si  
NIP. 19660125 199002 1 001


(Pembimbing I)

  
2. Santi Wulan P, M.Si, Ph.D  
NIP. 19720923 199803 2 001

(Pembimbing II)

  
3. Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si  
NIP. 19691212 199303 2 002

(Penguji I)

  
4. Dr. rer.pjl. Dedy Dwi Prastyo, M.Si  
NIP. 19831204 200812 1 002

(Penguji II)

Dekan  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

  
Prof. Dr. Basuki Widodo, M.Sc  
NIP. 19650605 198903 1 002





## MULTI INPUT TRANSFER FUNCTION MODEL FOR FORECASTING RAINFALL IN SURABAYA

Name : Yonlib W. A. Nanlohy  
NRP : 1315201021  
Supervisor : Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si  
Co-Supervisor : Santi Wulan P, M.Si, Ph.D

### ABSTRACT

Analysis data of a time series is basically used to perform analysis data which consider the influence of the prior period of observation. Analysis data of time series not only can used for a single variable (univariate) but also to many variables (multivariate). Recently, the role of forecasting has been exploring into a various fields including the field of meteorology that concern to weather forecasting and rainfall. The method is often used to predict rainfall in the city of Surabaya, it is Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). ARIMA models is forecasting model analysis data of single time series or univariate models. ARIMA models only look a dependence of rainfall on past data, without involving dependence on rainfall with other variables. There are several elements of weather (temperature, and humidity) that influenced a rainfall, so that needs to be done forecasting by using a multivariate model. In the multi input transfer function model there is an output series ( $y_t$ ) that expected to be influenced by the input series ( $x_t$ ) and the other inputs are combined into one group is called noise series ( $n_t$ ). The purpose of this study is to forecast the daily rainfall in the city of Surabaya with a multi-input transfer function model. The result of forecasting with multi input input transfer model will be compared with ARIMA model of daily rainfall in Surabaya city to assess its superiority. Data used in this research are rainfall data, temperature, humidity and daily wind speed in Surabaya city from 2008 until 2015. The level of forecasting accuracy produced by each forecasting model is measured by Root Mean Square Error (RMSE) criteria. The results showed that the model of multi input transfer function is the best forecasting model in daily rainfall forecasting in the city of Surabaya with RMSE value is 11.6052 smaller than the ARIMA model is 11.6056.

**Key words:** ARIMA, Multi Input Transfer Function, Rainfall.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# MODEL FUNGSI TRANSFER MULTI INPUT UNTUK PERAMALAN CURAH HUJAN DI KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Yonlib W. A. Nanlohy  
NRP : 1315201021  
Pembimbing : Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si  
Co-Pembimbing : Santi Wulan P, M.Si, Ph.D

## ABSTRAK

Analisis data deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh pengamatan periode sebelumnya. Analisis data deret waktu tidak hanya dapat dilakukan untuk satu variabel (univariate) tetapi juga dapat untuk banyak variabel (multivariat). Akhir-akhir ini peranan peramalan telah menjelajah ke berbagai bidang diantaranya bidang meteorologi yang menyangkut peramalan cuaca dan curah hujan. Metode yang sering kali digunakan untuk meramalkan curah hujan di kota Surabaya yaitu *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA merupakan model peramalan analisis data deret waktu tunggal atau model univariat. Model ARIMA hanya melihat ketergantungan curah hujan pada data masa lalu tanpa melibatkan ketergantungan curah hujan dengan variabel lain. Terdapat beberapa unsur cuaca (suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin) yang mempengaruhi curah hujan sehingga perlu dilakukan peramalan dengan menggunakan model multivariat. Model fungsi transfer *multi input* merupakan model peramalan analisis deret waktu berganda (multiple) untuk model multivariat. Pada model fungsi transfer *multi input* terdapat deret *output* ( $y_t$ ) yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret *input* ( $x_t$ ) dan *input-input* lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut deret *noise* ( $n_t$ ). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meramalkan curah hujan harian di kota Surabaya dengan model fungsi transfer *multi input*. Hasil peramalan dengan model fungsi transfer *multi input* akan dibandingkan dengan model ARIMA curah hujan harian di kota Surabaya untuk menilai keunggulannya. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan, suhu, kelembaban dan kecepatan angin harian di kota Surabaya dari tahun 2008 sampai tahun 2015. Tingkat akurasi peramalan yang dihasilkan oleh setiap model peramalan diukur dengan kriteria *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model fungsi transfer *multi input* merupakan model peramalan terbaik pada peramalan curah hujan harian di kota Surabaya dengan nilai RMSE sebesar 11,6052 lebih kecil dibandingkan dengan model ARIMA sebesar 11,6056.

**Kata kunci:** ARIMA, Curah Hujan, Fungsi Transfer *Multi Input*.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan tuntunan tangan kasih serta lindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Model Fungsi Transfer *Multi Input* untuk Peramalan Curah Hujan di Kota Surabaya**” dengan baik.

Penulis menyadari sungguh akan keterbatasan dan kekurangan yang penulis miliki, sehingga tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan partisipasi yang diberikan oleh berbagai pihak sebagai upaya untuk melengkapi penulisan tesis ini. Oleh karena itu, dengan tulus hati melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Brodjol Sutijo S.U, M.Si dan Ibu Santi Wulan P, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang ditengah kesibukan dapat meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, masukan serta motivasi selama penulisan tesis ini.
2. Ibu Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si dan Dr. rer pol. Dedy Dwi Prastyo, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan dan koreksi atas penulisan tesis ini.
3. Bapak Dr. Suhartono, M.Sc selaku Ketua Departemen Statistika dan Bapak Dr. rer pol. Heri Kuswanto, M.Si selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Departemen Statistika FMIPA ITS atas arahan dan bantuannya selama penulis menempuh pendidikan di Program Magister Departemen Statistika ITS.
4. Bapak Dr. Sutikno, M.Si selaku dosen wali penulis arahan dan bantuan serta motivasi selama menempuh pendidikan di Program Magister Departemen Statistika ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang bermanfaat bagi penulis, serta segenap karyawan dan keluarga besar Departemen Statistika FMIPA ITS atas segala dukungan dan bantuannya.

6. Seluruh anggota keluarga, spesial buat ke dua Orang Tua (Papa Hengky dan Mama Sanny), kakak (Usi Ulet) beserta suami (k'Oghe) dan Zaviel juga adik (Hendra) tersayang serta keluarga di Talake, Amahusu dan keluarga besar Nanlohy atas kasih sayang, doa, motivasi serta semua bantuan yang di berikan selama ini bagi penulis.
7. Seseorang yang penulis sayangi, Selvi P. Katipana (Sally) yang selalu memberikan semangat, dorongan, motivasi dan senantiasa ada serta setia mendampingi penulis sampai sekarang ini.
8. Teman-teman Program Studi Statistika Angkatan 2015 atas dukungan, pengalaman dan seluruh kebaikan yang di berikan bagi penulis.
9. Teman-teman seperjuangan K'Malik, K'Sam, Agus, Maman, Mba Dita, dan K'Agnes yang telah berjuang bersama penulis.
10. Teman-teman yang dengan tulus membantu penulis khususnya Mas Agung, Mba Aty, Mba Fastha, Ahsan, Brina, Alfi, atas saran dan masukan bagi penulis.
11. Teman-teman Tim Futsal Timur FC, Tim Futsal GKI Manyar, dan Tim Futsal Pasca Sarjana ITS atas dukungan bagi penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu, baik langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat peneliti sebutkan.

Kiranya Tuhan Yesus melimpahkan berkat-Nya dan melindungi kita sekalian. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga tesis ini bermanfaat bagi kita semuanya. Tuhan Yesus memberkati.

Surabaya, Juli 2017

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBARAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACK</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA) .....	7
2.2 Pemilihan Model Terbaik .....	8
2.3 Fungsi Transfer.....	9
2.3.1 Identifikasi Bentuk Model Input Tunggal.....	10
2.3.2 Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer.....	13
2.3.3 Uji Diagnosis Model Fungsi Transfer Tunggal .....	14
2.3.4 Peramalan dengan Model Fungsi Transfer .....	15
2.3.5 Model Fungsi Transfer <i>Multi Inputt</i> .....	15
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	17
3.1 Sumber Data .....	17
3.2 Variabel Penelitian .....	17

3.3	Langkah Analisis Penelitian .....	17
3.3.1	Peramalan dengan Metode Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	18
3.3.2	Peramalan dengan Metode ARIMA <i>Output</i> Curah Hujan .....	18
3.3.3	Analisis Kinerja Peramalan .....	19
3.4	Diagram Alir Metode Penelitian .....	19
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1	Karakteristik Data .....	23
4.2	Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	25
4.2.1	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret <i>Input</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya .....	27
4.2.2	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret <i>Input</i> Suhu Harian di Kota Surabaya .....	33
4.2.3	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret <i>Input</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	38
4.2.4	Mendeteksi <i>Crosscorrelation Function</i> (CCF) dan Autokorelasi untuk Deret <i>Input</i> dan Deret <i>Output</i> .....	44
4.2.4	Identifikasi Deret <i>Noise</i> dan Uji Diagnosis .....	47
4.3	Peramalan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan ARIMA ..	56
4.4	Perbandingan Peramalan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dan ARIMA .....	65
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
5.1	Kesimpulan .....	67
5.2	Saran .....	69
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>
	<b>SURAT PERNYATAAN LEGALITAS DATA</b>	
	<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Model Fungsi Transfer dengan $r = 0$ .....	12
Tabel 2.2 Model Fungsi Transfer dengan $r = 1$ .....	12
Tabel 2.3 Model Fungsi Transfer dengan $r = 2$ .....	12
Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Data Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin dan Curah Hujan di Kota Surabaya .....	23
Tabel 4.2 Uji Signifikansi Parameter Model Suhu Harian di Kota Surabaya .....	31
Tabel 4.3 Uji Residual Model Suhu Harian di Kota Surabaya.....	32
Tabel 4.4 Kriteria Model Terbaik.....	32
Tabel 4.5 Uji Signifikansi Parameter Model Kelembaban Harian di Kota Surabaya .....	37
Tabel 4.6 Uji Residual Model Kelembaban Harian di Kota Surabaya.....	38
Tabel 4.7 Uji Signifikansi Parameter Model Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya.....	42
Tabel 4.8 Uji Residual Model Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	43
Tabel 4.9 Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Suhu Harian dan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	45
Tabel 4.10 Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Kelembaban Harian dan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	46
Tabel 4.11 Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Kecepatan Angin Harian dan Curah Hujan di Kota Surabaya .....	47
Tabel 4.12 Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer <i>Multi</i> <i>Input</i> Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	47
Tabel 4.13 Uji Signifikansi Parameter Model Akhir Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan Parameter Tidak Signifikan .....	49

Tabel 4.14 Uji <i>White Noise</i> Residual Model Akhir Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	49
Tabel 4.15 Uji Signifikansi Parameter Model Akhir Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	50
Tabel 4.16 Uji <i>White Noise</i> Residual Model Akhir Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	53
Tabel 4.17 Hasil Peramalan Data <i>Out-sample</i> Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	55
Tabel 4.18 Uji Signifikansi Parameter Model Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	59
Tabel 4.19 Uji Residual Model Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	60
Tabel 4.20 Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	61
Tabel 4.21 Uji <i>White Noise</i> Residual Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) <i>Input</i> dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	63
Tabel 4.22 Hasil Peramalan Data <i>Out-sample</i> Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]).....	64
Tabel 4.23 Hasil Perbandingan Peramalan Data <i>Out-sample</i> Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dan ARIMA .....	65



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Alur Penelitian Metode Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	20
Gambar 3.2 Alur Penelitian Metode ARIMA <i>Output</i> Curah Hujan.....	21
Gambar 4.1 <i>Box-plot</i> Suhu (a), Kelembaban (b), Kecepatan Angin (c) dan Curah Hujan (d) Harian di Kota Surabaya.....	24
Gambar 4.2 <i>Time Series Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya.....	26
Gambar 4.3 <i>Time Series Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya.....	26
Gambar 4.4 <i>Time Series Plot</i> Kecepatan Angin di Kota Surabaya .....	26
Gambar 4.5 <i>Time Series Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	27
Gambar 4.6 <i>Box-Cox Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya.....	28
Gambar 4.7 <i>ACF Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya.....	28
Gambar 4.8 <i>PACF Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya.....	29
Gambar 4.9 <i>ACF Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag-1</i> .....	29
Gambar 4.10 <i>PACF Plot</i> Suhu Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag-1</i> .....	30
Gambar 4.11 <i>Box-Cox Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya.....	33
Gambar 4.12 <i>ACF Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya.....	34
Gambar 4.13 <i>PACF Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya.....	34
Gambar 4.14 <i>ACF Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag-1</i> .....	35
Gambar 4.15 <i>PACF Plot</i> Kelembaban Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag-1</i> .....	35
Gambar 4.16 <i>Box-Cox Plot</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	38
Gambar 4.17 <i>Box-Cox Plot</i> Data Hasil Transformasi Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya.....	39
Gambar 4.18 <i>ACF Plot</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	39
Gambar 4.19 <i>PACF Plot</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	40

Gambar 4.20 ACF <i>Plot</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag</i> -1 .....	40
Gambar 4.21 PACF <i>Plot</i> Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag</i> -1 .....	41
Gambar 4.22 <i>Plot</i> CCF antara Curah Hujan Harian dan Suhu Harian di Kota Surabaya .....	44
Gambar 4.23 <i>Plot</i> CCF antara Curah Hujan Harian dan Kelembaban Harian di Kota Surabaya .....	45
Gambar 4.24 <i>Plot</i> CCF antara Curah Hujan Harian dan Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	46
Gambar 4.25 <i>Plot</i> ACF dan PACF Deret <i>Noise</i> .....	48
Gambar 4.26 <i>Plot</i> Kenormalan Residual Model Fungsi Transfer <i>Multi</i> <i>Input Noise</i> .....	50
Gambar 4.27 <i>Graphical Summary</i> untuk Residual Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan deteksi <i>Outlier</i> .....	53
Gambar 4.28 <i>Box-Cox Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	56
Gambar 4.29 <i>Box-Cox Plot</i> Data Hasil Transformasi Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	57
Gambar 4.30 ACF <i>Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	57
Gambar 4.31 PACF <i>Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	58
Gambar 4.32 ACF <i>Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag</i> -1 .....	58
Gambar 4.33 PACF <i>Plot</i> Curah Hujan Harian di Kota Surabaya Setelah di <i>Differencing</i> pada <i>Lag</i> -1 .....	59
Gambar 4.34 <i>Plot</i> Kenormalan Residual Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]).....	61
Gambar 4.35 <i>Graphical Summary</i> untuk Residual Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan deteksi <i>Outlier</i> .....	63
Gambar 4.36 Perbandingan Hasil Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dan ARIMA dengan Data Aktual.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin dan Curah Hujan Harian di Stasiun Juanda Surabaya Tahun 2008 Sampai 2015 .....	73
Lampiran 2 <i>Syntax</i> Program SAS untuk Metode Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	74
Lampiran 3 <i>Syntax</i> Program SAS untuk Metode Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan Deteksi <i>Outlier</i> Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	75
Lampiran 4 <i>Syntax</i> Program SAS untuk Metode ARIMA Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	83
Lampiran 5 <i>Syntax</i> Program SAS untuk Metode ARIMA dengan Deteksi <i>Outlier</i> Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	84
Lampiran 6 <i>Output</i> SAS Model ARIMA Suhu Harian di Kota Surabaya .....	87
Lampiran 7 <i>Output</i> SAS Model ARIMA Kelembaban Harian di Kota Surabaya .....	88
Lampiran 8 <i>Output</i> SAS Model ARIMA Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya .....	89
Lampiran 9 <i>Output</i> SAS Model Fungsi Transfer Suhu Harian Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	90
Lampiran 10 <i>Output</i> SAS Model Fungsi Transfer Kelembaban Harian Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	91
Lampiran 11 <i>Output</i> SAS Model Fungsi Transfer Kecepatan Angin Harian Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya .....	92
Lampiran 12 <i>Output</i> SAS Model Awal Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	93
Lampiran 13 <i>Output</i> SAS Model Akhir Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	94
Lampiran 14 <i>Output</i> SAS Model Awal Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	95

Lampiran 15 <i>Output</i> SAS Model ARIMA Curah Hujan Harian di Kota Surabaya.....	99
Lampiran 16 <i>Output</i> SAS Model ARIMA Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan Deteksi <i>Outlier</i> .....	100

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peramalan merupakan teknik untuk memperkirakan keadaan dimasa depan, peramalan juga merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan (Aswi dan Sukarna, 2006). Peramalan dapat membantu manusia dalam merencanakan masa depan dan membuat keputusan yang rasional. Peramalan didasarkan pada data historis/deret waktu untuk memperoleh nilai dugaan dari suatu periode waktu tertentu. Deret waktu adalah seperangkat hasil pengamatan kontinyu yang disusun/diperoleh berdasarkan rentang waktu yang sama. Analisis deret waktu adalah peramalan yang didasarkan pada data kuantitatif masa lalu dimana hasil ramalan yang dibuat tergantung dengan metode yang digunakan. Tahapan yang harus dilalui dalam perancangan suatu metode peramalan adalah melakukan analisis pada data masa lampau agar mendapatkan gambaran pola dari data yang bersangkutan dengan tujuan memperoleh metode yang paling sesuai, sehingga dengan adanya peramalan tentu saja suatu perencanaan akan lebih efektif dan efisien.

Analisis data deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh pengamatan periode sebelumnya. Data-data yang dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, bisa dalam jam, hari, minggu, bulan, kuartal dan tahun, dapat dilakukan analisis menggunakan metode analisis data deret waktu. Analisis data deret waktu tidak hanya dapat dilakukan untuk satu variabel (univariat) tetapi juga dapat untuk banyak variabel (multivariat). Selain itu pada analisis data deret waktu dapat dilakukan peramalan data beberapa periode ke depan yang sangat membantu dalam menyusun perencanaan ke depan (Makridakis, Wheelwright, Hyndman, 1998).

Peramalan data deret waktu pada dasarnya adalah analisis univariat, sedangkan dalam kenyataan, sebagian besar pengamatan merupakan data

multivariat. Misal dalam bidang pemasaran, volume penjualan bergantung pada cara pemasaran, bentuk promosi, dan daerah pemasaran, yang masing-masing faktor tersebut lebih dari satu macam, sehingga jika analisis peramalan hanya didasarkan pada volume penjualan saja, tanpa memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, maka informasi tentang ukuran keberhasilan pemasaran menjadi tidak lengkap, sehingga tujuan peramalan tidak tercapai secara utuh.

Akhir-akhir ini peranan peramalan telah menjelajah ke berbagai bidang diantaranya bidang meteorologi yang menyangkut peramalan cuaca dan curah hujan. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam meramalkan cuaca dan curah hujan telah menggunakan berbagai macam metode statistik diantaranya dengan menggunakan analisis regresi dan analisis deret waktu. Dalam penelitian ini akan digunakan data curah hujan, karena data curah hujan berdasarkan waktu, maka peneliti akan mencoba menggunakan analisis *time series* dalam pemodelan curah hujan. Beberapa metode penelitian yang pernah dilakukan untuk meramalkan cuaca dan curah hujan antara lain oleh Permai, (2015) tentang bayesian *neural network* untuk peramalan temperatur di Surabaya. Machmudin dan Ulama (2012) tentang peramalan temperatur udara di kota Surabaya dengan menggunakan ARIMA dan *artificial neural network*. Susanto (2016) tentang pemodelan curah hujan dengan pendekatan model ARIMA, *feed forward neural network* dan *hybrid* (ARIMA-NN) di Banyuwangi. Huda, Achmad, Osaliana dan Sutikno (2012) tentang peramalan data curah hujan dengan *seasonal autoregressive integrated moving average* (SARIMA). Faulina (2013) tentang *hybrid* ARIMA-ANFIS untuk peramalan curah hujan di Indonesia.

Surabaya merupakan kota terbesar yang berada di provinsi Jawa Timur dan sekaligus menjadi menjadi pusat pemerintahan provinsi. Secara geografis Surabaya memiliki luas wilayah 326,81 km<sup>2</sup> dan rata-rata curah hujan berkisar 1,321 mm pertahun. Untuk karakteristik iklim di Surabaya umumnya suhu terendah pada bulan Februari sekitar 25,5 celcius dan suhu tertinggi sekitar 33,0 celcius pada bulan Oktober. Di Kota Surabaya musim kemarau pada umumnya berada pada bulan Mei sampai Oktober dan musim hujan dari bulan November hingga April. Hujan lebat biasanya terjadi antara bulan Desember dan Januari

(BPS Surabaya, 2014). Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan akibat intensitas curah hujan berlebih di Kota Surabaya adalah banjir. Hujan bukanlah faktor utama yang menyebabkan meluapnya air sungai, tetapi lebih disebabkan kondisi lingkungan yang kurang baik, banyaknya sampah yang menyumbat aliran air sehingga aliran air hujan tidak bisa mengalir dengan lancar, dan juga disebabkan system drainase yang kurang baik. Namun jika hujan dapat diprediksi hal ini akan dapat membantu pihak pemerintah dan masyarakat untuk mempersiapkan diri sebagai langkah mengantisipasi bila hujan dengan intensitas tinggi tiba di Kota Surabaya.

Metode yang sering kali digunakan untuk meramalkan curah hujan yaitu *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA merupakan model peramalan analisis data deret waktu tunggal atau model univariat. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk meramalkan curah hujan dengan menggunakan ARIMA di kota Surabaya antara lain oleh Mauludiyanto, Hendranto, Herry dan Suhartono (2009) tentang pemodelan ARIMA dengan deteksi *outlier* terhadap data curah hujan. Kalfarosi (2009) tentang pemodelan curah hujan dengan model ARIMA di Surabaya. Model ARIMA pada penelitian sebelumnya di kota Surabaya hanya melihat ketergantungan curah hujan pada data masa lalu tanpa melibatkan ketergantungan curah hujan dengan variabel lain. Menurut Wilson (1993:7) pada kasus curah hujan terdapat hubungan dari unsur-unsur cuaca lain seperti suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Keterkaitan curah hujan dengan unsur cuaca lain tercermin dari siklus hidrologi yang berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Kelembaban udara memiliki peranan penting pada siklus hidrologi yaitu dalam pembentukan dan pertumbuhan awan yang berkaitan dengan kejadian hujan. Suhu juga sangat berkaitan dengan kelembaban udara di suatu wilayah yang juga akan mempengaruhi curah hujan. Angin merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi curah hujan. Hal ini terlihat pada siklus air, dimana angin berperan membawa kumpulan awan, hingga pada akhirnya kumpulan awan tersebut mengeluarkan titik-titik air yang disebut hujan. Terdapat beberapa unsur cuaca (suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin) yang mempengaruhi curah hujan sehingga perlu dilakukan peramalan dengan menggunakan model multivariat. Model multivariate yang dapat

digunakan untuk meramalkan curah hujan dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya yaitu model fungsi transfer *multi input*.

Model fungsi transfer *multi input* merupakan model peramalan analisis deret waktu berganda (multiple) untuk model multivariat. Model multivariat dibagi kedalam dua bentuk yaitu model bivariat yang terdiri dari data yang mempunyai dua deret waktu, sedangkan model multivariat yang terdiri dari lebih dari dua deret waktu. Model fungsi transfer *multi input* menggabungkan beberapa karakteristik analisis regresi berganda dengan karakteristik deret waktu ARIMA, maka metode fungsi transfer *multi input* disebut sebagai metode yang menggabungkan pendekatan kausal dan deret waktu. Pada model fungsi transfer *multi input* terdapat deret *output* ( $y_t$ ) yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret *input* ( $x_t$ ) dan *input-input* lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut deret *noise* ( $n_t$ ) (Makridakis, Wheelwright, dan Victor, 1999). Beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan fungsi transfer ini antara lain oleh Mc Sweeny (1978) dalam Bowerman dan O' Connel. (1993) yaitu mengetahui pengaruh diberlakukannya suatu kebijakan baru dalam hal tarif telepon bantuan lokal terhadap jumlah telepon yang masuk. Nwobi-Okoye, Okiy dan Igboanugo (2016) melakukan evaluasi proses pembuatan bir dengan fungsi transfer dan logika *fuzzy*. Otok dan Suhartono (2001) melakukan kajian model intervensi dan model fungsi transfer mengenai peluang bisnis pada jasa kereta api Indonesia dalam menyikapi krisis ekonomi. Ma'rufah, Santi dan Suhartono (2013) untuk meramalkan pendapatan operasional bank. Resti, Abdul dan Rita (2015) untuk analisis hubungan antara luas panen dan luas tambah tanam dengan produksi bawang merah di Jawa Tengah.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diketahui ada hubungan antara curah hujan, suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin yaitu curah hujan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin sehingga perumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah :



1. Bagaimana mengidentifikasi model curah hujan harian di kota Surabaya berdasarkan *input* suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin dengan model fungsi transfer *multi input* ?
2. Bagaimana menentukan model terbaik dan nilai peramalan curah hujan harian berdasarkan model fungsi transfer *multi input* dan model ARIMA ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan model peramalan curah hujan harian di kota Surabaya berdasarkan *input* suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin dengan model fungsi transfer *multi input*.
2. Mendapatkan model terbaik dan nilai peramalan curah hujan harian berdasarkan model fungsi transfer *multi input* dan model ARIMA.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang model fungsi transfer *multi input*.
2. Diharapkan memperoleh ramalan yang tepat tentang curah hujan harian di kota Surabaya.

### **1.5 Batasan Masalah Penelitian**

Dalam penelitian ini, ruang lingkup permasalahan dibatasi pada model peramalan curah hujan harian berdasarkan suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin dengan menggunakan model fungsi transfer. Data yang digunakan yaitu data curah hujan harian periode Januari 2008 sampai dengan Desember 2015 di kota Surabaya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab 2 akan menjelaskan beberapa kajian pustaka yang mendukung penyelesaian permasalahan dalam penelitian ini. Beberapa hal yang akan dibahas pada Bab 2 adalah sebagai berikut :

#### 2.1 *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

Model ARIMA merupakan model kombinasi dari *autoregressive* (AR) berordo  $p$  dan proses *moving average* (MA) berordo  $q$ . Pembeda berordo  $d$  dilakukan jika data deret waktu tidak stasioner dalam rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran data dapat dilihat dari *Time Series Plot*, *Autocorrelation Function* (ACF) Plot dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) Plot. Model ARIMA ( $p, d, q$ ) dapat ditulis sebagai berikut (Wei, 2006) :

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

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

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

Model ARIMA yang mengakomodasi efek musiman pada pengamatan waktu ke- $t$  dinotasikan dengan  $ARIMA(P, D, Q)^s$ . Secara umum, model ARIMA musiman dapat ditulis dalam bentuk :

$$\Phi_P(B^s)(1 - B^s)^D Z_t = \Theta_Q(B^s)a_t \quad (2.2)$$

dengan,  $s$  adalah periode musiman

$$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_P B^{sP}$$

$$\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{sQ}$$

Jika terdapat efek non-musiman dan efek musiman, maka model yang terbentuk adalah model multiplikatif yaitu  $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)^s$ . Bentuk umum model  $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)^s$  dapat ditulis sebagai berikut :

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1 - B)^d(1 - B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \quad (2.3)$$

dengan  $(1 - B)^d = \text{differencing non musiman dengan orde } d$

$$(1 - B^s)^D = \text{differencing musiman dengan orde } D$$

$a_t$  = residual *white noise* dengan *mean* 0 dan varians  $\sigma_a^2$ .

## 2.2 Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik digunakan kriteria berdasarkan residual dan kesalahan peramalan (Wei, 2006). Adapun kriteria pemilihan model yang berdasarkan residual adalah :

### 1) AIC (*Akaike's Information Criterion*)

Diasumsikan bahwa model deret waktu mempunyai  $M$  parameter. Nilai AIC didefinisikan sebagai berikut :

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

dengan :

$n$  = banyaknya residual

$M$  = jumlah parameter di dalam model

$\hat{\sigma}_a^2$  = penduga dari  $\sigma_a^2$

### 2) SBC (*Schwartz's Bayesian Criterion*)

Schwartz (1978) menggunakan kriteria bayesian untuk pemilihan model terbaik (*Schwartz's Bayesian Criterion*) dan didefinisikan sebagai berikut :

$$SBC = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + M \ln n$$

Jika tujuan utama pembentukan model adalah untuk peramalan, maka alternatif kriteria pemilihan model adalah berdasarkan kesalahan peramalan. Anggap kesalahan peramalan untuk  $l$ -langkah ke depan adalah :

$$e_l = Z_{n+l} - \hat{Z}_n(l)$$

Terdapat 5 (lima) nilai statistik yang biasanya digunakan untuk menentukan kebaikan model yaitu :

### 1) MPE (*Mean Percentage Error*)

$$MPE = \left( \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{e_l}{Z_{n+l}} \right) 100\%$$

### 2) MSE (*Mean Square Error*)

$$MSE = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L e_l^2$$

3) MAE (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |e_l|$$

4) RMSE (*Root Mean Square Error*)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L e_l^2}$$

### 2.3 Fungsi Transfer

Metode fungsi transfer merupakan pengembangan dari metode *Box-Jenkins* yang modelnya terdiri dari dua variabel tetapi masing-masing variabel mempunyai model ARIMA tertentu. Model ini adalah suatu model yang menggambarkan bahwa ramalan masa depan dari suatu deret waktu (*output series* atau  $y_t$ ) adalah berdasarkan pada nilai-nilai masa lalu dari deret waktu itu sendiri dan berdasarkan pula pada satu atau lebih deret waktu yang lain (*input series* atau  $x_t$ ) yang berhubungan dengan *output series* tersebut.

Pembentukan model fungsi transfer didasarkan pada *autocorrelation function* (ACF) dan *cross correlation function* (CCF). Bentuk umum model fungsi transfer untuk *input* tunggal,  $x_t$ , dan *output* tunggal,  $y_t$ , adalah (Wei, 2006):

$$y_t = v_0 x_t + v_1 x_{t-1} + v_2 x_{t-2} + \dots + n_t \quad (2.4)$$

$$y_t = v(B)x_t + n_t \quad (2.5)$$

dengan:

$y_t$  = deret *output* yang stasioner

$x_t$  = deret *input* yang stasioner

$n_t$  = variabel *error* (deret *noise*) yang mengikuti suatu model ARMA tertentu.

$v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^2 + \dots$  merupakan koefisien model fungsi transfer atau bobot respon impuls. Bobot respon impuls dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$v(B) = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} \quad (2.6)$$

sehingga

$$y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (2.7)$$

dengan :

$b$  = banyaknya periode sebelum deret *input* mulai berpengaruh terhadap deret *output*.

$\omega_s(B) = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s)$  merupakan operator dengan orde  $s$ , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu  $x_t$  yang berpengaruh terhadap  $y_t$ .

$\delta_r(B) = (1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r)$  merupakan operator dengan orde  $r$ , yang merepresentasikan jumlah pengamatan masa lalu dari deret *output* itu sendiri yang berpengaruh terhadap  $y_t$ .

### 2.3.1 Identifikasi Bentuk Model Fungsi Transfer

#### 1) *Pre-whitening* deret *input*

*Pre-whitening* deret *input* bertujuan untuk menjadikan deret *input* menjadi lebih sederhana dengan menghilangkan seluruh pola yang diketahui supaya tertinggal hanya *white noise*. *Pre-whitening* deret *input*  $x_t$  dengan proses ARIMA  $(p_x, 0, q_x)$  adalah :

$$\phi_x(B)x_t = \theta_x(B)\alpha_t \quad (2.8)$$

Mengubah deret *input*  $x_t$  menjadi deret  $\alpha_t$  sebagai berikut:

$$\frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)}x_t = \alpha_t \quad (2.9)$$

#### 2) *Pre-whitening* deret *output*

Apabila *pre-whitening* dilakukan untuk  $x_t$  maka *pre-whitening* juga diterapkan terhadap  $y_t$  supaya fungsi transfer dapat memetakan  $x_t$  kedalam  $y_t$ . Transformasi pada  $y_t$  tidak harus mengubah  $y_t$  menjadi *white noise*. Berikut merupakan *pre-whitening* deret  $y_t$  :

$$\frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)}y_t = \beta_t \quad (2.10)$$

#### 3) *Cross Correlation Function* (CCF)

Setelah diperoleh deret *input* dan deret *output* yang telah melalui proses *pre-whitening*, maka selanjutnya adalah menghitung *cross correlation* antara kedua deret tersebut. *Cross correlation function* (CCF) digunakan untuk mengukur

kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel *random* pada selisih waktu  $k$ .  
Bentuk fungsi kovarian antara  $x_t$  dan  $y_{t+k}$  (Wei, 2006)

$$\gamma_{xy}(k) = E\{(x_t - \mu_x)(y_{t+k} - \mu_y)\} \quad (2.11)$$

dengan  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm, \dots$ , dimana  $\mu_x = E(x_t)$  dan  $\mu_y = E(y_t)$ . Bentuk *cross correlation function* antara  $x_t$  dan  $y_t$ .

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.12)$$

Dengan  $\sigma_x$  dan  $\sigma_y$  adalah standar deviasi dari  $x_t$  dan  $y_t$ .

Fungsi sampel *cross correlation function* ditulis sebagai berikut :

$$\hat{\rho}_{xy}(k) = \frac{\hat{\gamma}_{xy}(k)}{S_x S_y} \quad (2.13)$$

dengan  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm, \dots$ , dimana :

$$\hat{\gamma}_{xy}(k) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y}) & k \geq 0 \\ \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y}) & k < 0 \end{cases}$$

$$S_x = \sqrt{\hat{\gamma}_{xx}(0)} \quad \text{dan} \quad S_y = \sqrt{\hat{\gamma}_{yy}(0)}$$

4) Penetapan  $(b, r, s)$  untuk model fungsi transfer yang menghubungkan deret *input* dan deret *output* (Makridakis dkk., 1999).

- a. Nilai  $b$  menyatakan bahwa  $y_t$  mulai dipengaruhi oleh  $x_t$  pada periode  $t + b$ .
- b. Nilai  $s$  menyatakan seberapa lama deret  $y_t$  terus dipengaruhi oleh nilai-nilai baru dari deret *input*  $x_t$  atau  $y_t$  dipengaruhi oleh  $x_{t-b-1}, x_{t-b-2}, \dots, x_{t-b-s}$ .
- c. Nilai  $r$  menyatakan bahwa  $y_t$  dipengaruhi oleh nilai masa lalunya  $y_{t-1}, \dots, y_{t-r}$ .

Setelah menetapkan  $(b, r, s)$  kemudian dilakukan penaksir parameter fungsi transfer sementara.

$$\hat{v}(B) = \frac{\hat{\omega}(B)}{\hat{\delta}(B)} \quad (2.14)$$

Beberapa bentuk fungsi transfer yang umum digunakan dalam peramalan :

**Tabel 2.1 Model Fungsi Transfer dengan  $r = 0$**

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

**Tabel 2.2 Model Fungsi Transfer dengan  $r = 1$**

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

**Tabel 2.2 Model Fungsi Transfer dengan  $r = 2$**

$(b, r, s)$	Fungsi Transfer
$(2,2,0)$	$v(B)x_t = \frac{\omega_0}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$
$(2,2,1)$	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B)}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$
$(2,2,2)$	$v(B)x_t = \frac{(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2)}{(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2)} x_{t-2}$

5) Penaksir awal deret *noise* ( $n_t$ )

Bobot respon impuls diukur secara langsung dan ini memungkinkan dilakukannya perhitungan nilai taksiran dari deret *noise*  $n_t$  dengan

$$\hat{n}_t = y_t - \hat{y}_t \quad (2.15)$$

$$\hat{n}_t = y_t - \frac{\hat{\omega}(B)}{\hat{\delta}(B)} x_t \quad (2.16)$$

$$\hat{n}_t = y_t - \hat{v}(B)x_t \quad (2.17)$$

$$\hat{n}_t = y_t - v_0 x_t - v_1 x_{t-1} - v_2 x_{t-2} - \dots - v_g x_{t-g} \quad (2.18)$$

6) Penetapan  $(p_n, q_n)$  untuk model ARIMA  $(p_n, 0, q_n)$  dari deret *noise* ( $n_t$ )

Setelah didapat persamaan (2.18) maka nilai-nilai  $n_t$  dimodelkan dengan pendekatan ARIMA sehingga diperoleh orde  $p_n$  dan  $q_n$ . Model deret *noise*  $n_t$  dapat dinyatakan dengan :

$$\phi_n(B)n_t = \theta_n(B)a_t \quad (2.19)$$



dimana:

$\phi(B)$  = Polinomial *autoregressive* orde ke- $p$  dari  $n_t$

$\theta(B)$  = Polinomial *moving average* orde ke- $q$  dari  $n_t$

$a_t$  = Residual dari deret  $n_t$

Setelah deret  $n_t$  diperoleh dari prosedur di atas, langkah selanjutnya adalah memperoleh nilai dari deret  $a_t$  dengan menggunakan persamaan (2.16) sehingga diperoleh nilai deret  $a_t$  sebagai berikut :

$$y_t = v(B)x_{t-b} + n_t \quad (2.20)$$

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (2.21)$$

### 2.3.2 Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer

Penaksiran parameter model fungsi transfer menggunakan metode *conditional least square* (CLS), dengan melibatkan parameter  $\omega$ ,  $\delta$ ,  $\phi$  dan  $\theta$ . Metode CLS merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mencari nilai parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan. Setelah mengidentifikasi model fungsi transfer pada persamaan (2.21), selanjutnya parameter  $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_r)'$ ,  $\omega = (\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_s)'$ ,  $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_p)'$ ,  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_q)'$ , dan  $\sigma_a^2$  akan diestimasi. Maka persamaan (2.21) dapat ditulis dalam bentuk berikut :

$$\delta_r(B)\phi(B)y_t = \phi(B)\omega_s(B)x_{t-b} + \delta_r(B)\theta(B)a_t \quad (2.22)$$

atau dapat ditulis dalam bentuk :

$$c(B)y_t = d(B)x_{t-b} + e(B)a_t \quad (2.23)$$

dengan

$$\begin{aligned} c(B) &= \delta(B)\phi(B) = (1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r)(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \\ &= (1 - c_1 B - c_2 B^2 - \dots - c_{p+r} B^{p+r}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d(B) &= \phi(B)\omega(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s) \\ &= (d_0 - d_1 B - d_2 B^2 - \dots - d_{p+s} B^{p+s}), \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} e(B) &= \delta(B)\theta(B) = (1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r)(1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \\ &= (1 - e_1 B - e_2 B^2 - \dots - c_{r+q} B^{r+q}), \end{aligned}$$

maka,

$$a_t = y_t - c_1 y_{t-1} - \dots - c_{p+r} y_{t-p-r} - d_0 x_{t-b} + d_1 x_{t-b-1} + \dots + d_{p+s} x_{t-b-p-s} + e_{r+q} a_{t-r-q} \quad (2.24)$$

dengan  $c_i$ ,  $d_j$ , dan  $e_k$  adalah fungsi dari  $\delta_i$ ,  $\omega_j$ ,  $\phi_k$ , dan  $\theta_l$ . Dengan asumsi bahwa  $a_t$  adalah *white noise*  $N(0, \sigma_a^2)$ , sehingga fungsi *conditional likelihood* :

$$L(\delta, \omega, \phi, \theta, \sigma_a^2 | b, x, y, x_0, y_0, a_0) = (2\pi\sigma_a^2)^{-n/2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_a^2} \sum_{t=1}^n a_t^2\right], \quad (2.25)$$

dengan  $x_0, y_0, a_0$  adalah beberapa nilai awal yang sesuai untuk menghitung  $a_t$  dari persamaan (2.24) sama dengan nilai awal yang diperlukan dalam pendugaan model ARIMA univariat.

Secara umum, metode penaksiran *maximum likelihood* juga dapat digunakan untuk menduga parameter  $\omega$ ,  $\delta$ ,  $\phi$ ,  $\theta$  dan  $\sigma_a^2$ . Sebagai contoh, dengan mengatur nilai  $a$  sama dengan 0 sebagai nilai ekspektasi kondisional, pendugaan kuadrat terkecil nonlinier parameter tersebut diperoleh dengan nilai SSE, yaitu :

$$S(\delta, \omega, \phi, \theta | b) = \sum_{t=t_0}^n a_t^2, \quad (2.26)$$

dengan  $t_0 = \max\{p + r + 1, b + p + s + 1\}$  (Wei, 2006:333).

Sejauh ini diasumsikan bahwa  $b$  diketahui. Nilai-nilai yang diberikan untuk  $r, s, p$ , dan  $q$ , jika penduga dari  $b$  juga dibutuhkan, maka persamaan (2.26) dapat dioptimisasi untuk nilai-nilai dari  $b$ . Maka dipilih  $b$  untuk nilai yang memberikan nilai jumlah kuadrat error minimum.

### 2.3.3 Uji Diagnosis Model Fungsi Transfer

Setelah model fungsi transfer telah diidentifikasi dan parameter diestimasi, harus dilakukan pengecekan kelayakan model sebelum model digunakan untuk peramalan, kontrol, maupun untuk tujuan lainnya. Asumsi yang harus dipenuhi dalam model fungsi transfer adalah residual  $a_t$  *white noise* dan independen pada deret *input*  $x_t$  juga independen pada deret *input* yang telah melalui proses *pre-whitening*  $\alpha_t$ . Dalam pemeriksaan diagnosa model fungsi transfer, residual  $\hat{a}_t$  diuji melalui :

#### 1) *Cross correlation*

*Cross correlation* digunakan untuk memeriksa apakah deret *noise*  $a_t$  dan deret *input*  $x_t$  telah independen. Untuk model yang baik, sampel CCF,  $\hat{\rho}_{\alpha\hat{a}}(k)$ , antara

$\alpha$  dan  $\hat{\alpha}$  harus menunjukkan tidak ada pola. Pendeteksian dapat dilakukan dengan menggunakan statistik *portmanteau test*, yaitu :

$$Q_0 = m(m+2) \sum_{j=0}^k (m-j) \hat{\rho}_{\alpha\hat{\alpha}}^2(j) \quad (2.27)$$

$Q_0 \sim \chi^2$  dengan derajat bebas  $(K+1) - M$  dimana  $m = n - t_0 + 1$  dan  $M$  adalah jumlah parameter  $\delta_i$  dan  $\omega_j$  yang diestimasi dalam fungsi transfer  $v(B) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)}$ . Jumlah derajat bebas untuk  $Q_0$  independent pada jumlah parameter yang diestimasi dalam model *noise*.

## 2) Cek *autocorrelation*

Untuk model yang baik, sampel ACF dan PACF dari  $\hat{a}_t$  harus menunjukkan tidak ada pola, statistik uji untuk *autocorrelation* adalah :

$$Q_1 = m(m+2) \sum_{j=1}^k (m-j) \hat{\rho}_{\alpha\hat{\alpha}}^2(j) \quad (2.28)$$

Aproksimasi statistik  $Q_1 \sim \chi^2$  dengan derajat bebas  $(K-p-q)$  hanya dependen pada jumlah parameter model *noise*.

### 2.3.4 Peramalan dengan Fungsi transfer

Setelah lolos pada tahap diagnosa, maka model fungsi transfer siap digunakan untuk peramalan. Peramalan dilakukan dengan menggunakan model yang telah dihasilkan melalui prosedur sebelumnya. Peramalan dengan model fungsi transfer juga mirip dengan peramalan pada model ARIMA.

### 2.3.5 Model Fungsi Transfer Multi Input

Secara umum, deret *output* mungkin dipengaruhi oleh beberapa deret *input*, sehingga model kausal untuk fungsi transfer multi *input* adalah :

$$y_t = v_1(B)x_{1t} + \dots + v_m(B)x_{mt} + n_t \quad (2.29)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m v_j(B)x_{jt} + n_t \quad (2.30)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj} x_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (2.31)$$

dimana  $v_j(B)$  adalah fungsi transfer untuk deret *input*  $x_{jt}$  ke- $j$  dan  $a_t$  diasumsikan independen untuk setiap deret *input*  $x_{it}$  dan  $x_{jt}$  tidak berkorelasi untuk  $i \neq j$ . Bobot

respon fungsi transfer  $\frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj}$  untuk masing-masing variabel *input* didefinisikan pada model fungsi transfer untuk *single input* (Otok dan Suhartono, 2009).

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini dijelaskan tahapan-tahapan analisis data yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada penelitian ini. Metode analisis statistik yang digunakan adalah Fungsi Transfer *Multi Input* dan ARIMA *output* curah hujan.

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan adalah data curah hujan, suhu, kelembaban dan kecepatan angin harian di kota Surabaya pada stasiun Juanda Surabaya. Data yang digunakan adalah data dari Januari tahun 2008 sampai dengan Desember 2015 yang di peroleh dari <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/dataproduct>. Data dibagi menjadi data *in-sample* sebagai data *training* dan data *out-sample* sebagai data *testing*. Data *in-sample* digunakan data dari Januari 2008 sampai November 2015 dan data *out-sample* yang digunakan data Desember tahun 2015.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Berdasar pada latar belakang dan tujuan penelitian, terdapat satu deret *output* dan tiga deret *input* yang digunakan sebagai berikut :

Deret *Output*  $Y$  : Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Deret *Input*

$X_1$  : Suhu Udara

$X_2$  : Kelembaban Udara

$X_3$  : Kecepatan Angin

#### **3.3 Langkah Analisis Penelitian**

Dalam tahapan penelitian ini, disusun langkah-langkah yang sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dicapai. Tahapan penelitian dibagi menjadi peramalan

dengan metode fungsi transfer multi *input*, metode ARIMA untuk *output* curah hujan dan analisis kinerja peramalan.

### 3.3.1 Peramalan dengan Metode Fungsi Transfer *Multi Input*

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam tahap peramalan dengan metode fungsi transfer *multi input* sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi bentuk model fungsi transfer melalui tahapan sebagai berikut:
  - a. *Pre-whitening* deret *input* : membentuk model ARIMA untuk masing-masing deret *input* melalui tahap identifikasi model, estimasi parameter model, pengujian model sehingga mendapatkan nilai *pre-whitening* deret *input*.
  - b. *Pre-whitening* deret *output*.
  - c. Perhitungan *cross correlation* setiap deret *input* dan deret *output* yang telah melalui proses *pre-whitening*.
  - d. Penetapan  $(b, r, s)$  model fungsi transfer untuk setiap deret *input*.
  - e. Estimasi parameter model fungsi transfer.
  - f. penghitungan deret *noise*  $(n_t)$  dari fungsi transfer *multi input*.
  - g. Penetapan  $(p_n, q_n)$  untuk model ARIMA  $(p_n, 0, q_n)$  dari deret *noise*  $(n_t)$ .
2. Uji diagnosis model fungsi transfer *multi input*.
3. Melakukan peramalan data curah hujan harian dengan menggunakan model fungsi transfer *multi input*.
4. Menghitung nilai RMSE dari data *testing*.

### 3.3.2 Peramalan dengan Metode ARIMA *Output Curah Hujan*

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam tahap peramalan dengan metode ARIMA sebagai berikut:

1. Melakukan plot data curah hujan harian di kota Surabaya.
2. Jika data belum stasioner pada variansnya maka perlu dilakukan transformasi Box-Cox dan jika data belum stasioner pada rata-rata maka perlu dilakukan *differencing*.

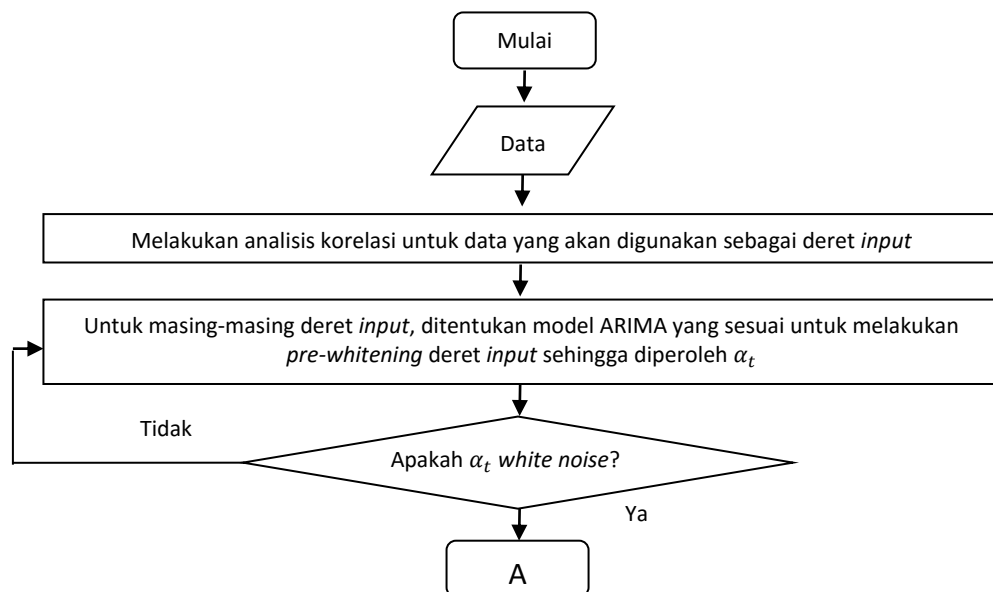
3. Jika data telah stasioner, dilihat pola ACF dan PACF nya untuk identifikasi orde model ARIMA.
4. Estimasi parameter dan pengujian signifikansi parameter berdasarkan model terpilih.
5. Melakukan uji diagnosis untuk *white noise* dan normalitas residual melalui uji Ljung-Box dan Kolmogorov-Smirnov.
6. Melakukan peramalan curah hujan harian di kota Surabaya dengan model ARIMA.
7. Menghitung nilai RMSE dari data *testing*.

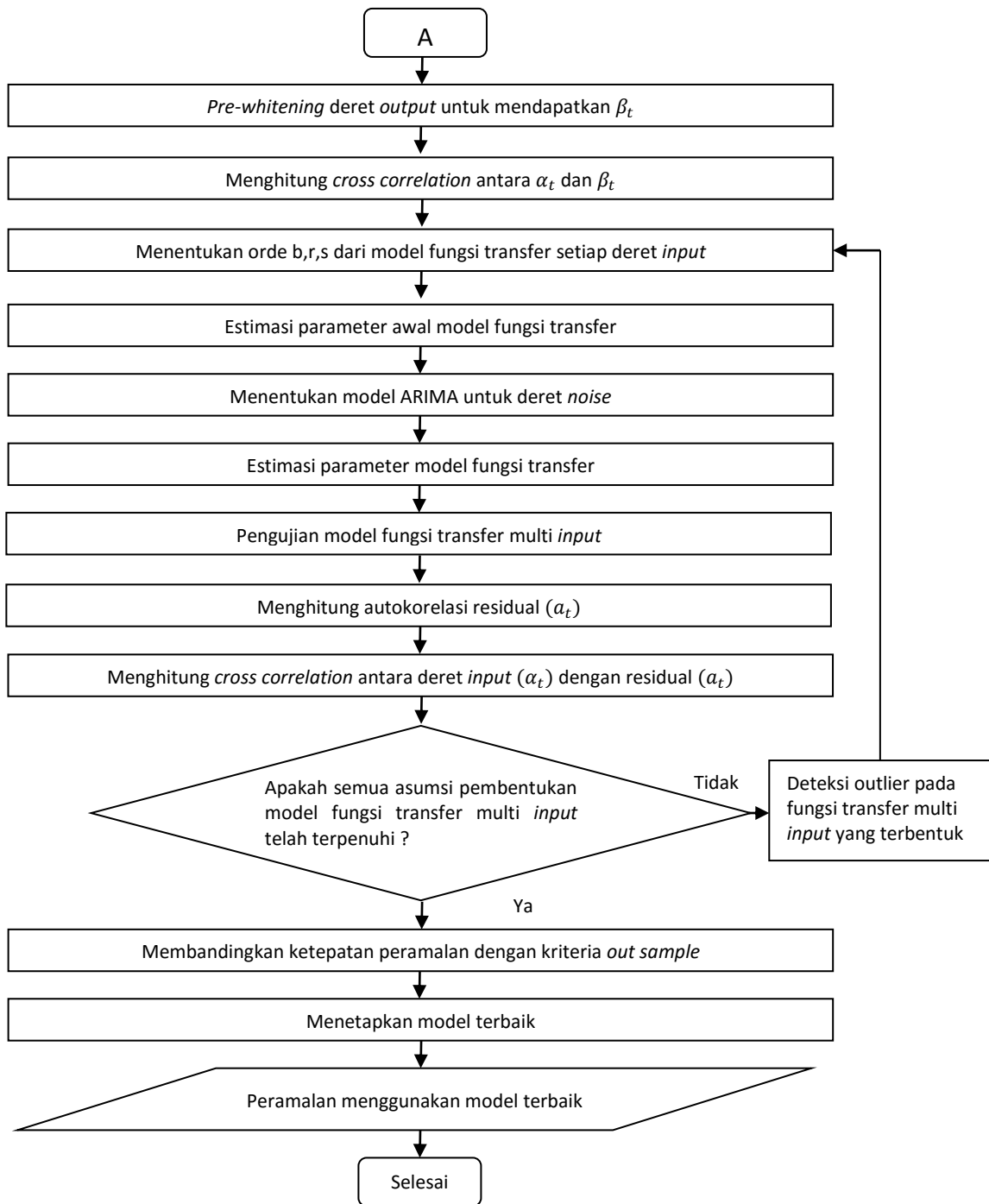
### 3.3.3 Analisis Kinerja Peramalan

Analisis kinerja peramalan dilakukan dengan membandingkan nilai RMSE dari pemodelan dengan metode fungsi transfer *multi input* dan metode ARIMA *output* curah hujan.

### 3.4 Diagram Alir Metode Penelitian

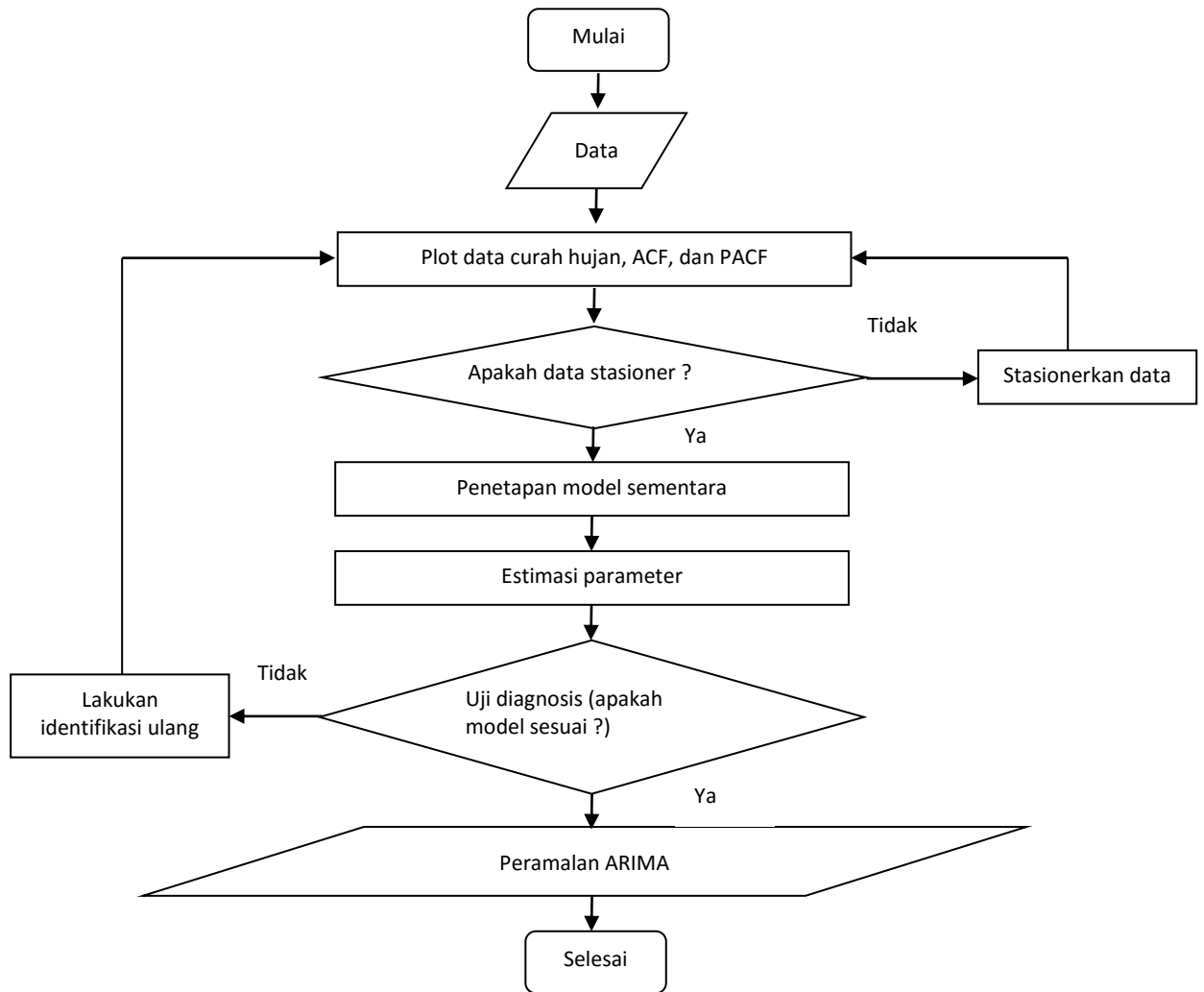
Metode analisis data yang dijelaskan di subbab sebelumnya, secara umum dapat diringkas dalam gambar 3.1 untuk metode fungsi transfer *multi input* dan gambar 3.2 untuk metode ARIMA *output* curah hujan berikut ini:





**Gambar 3.1 Alur Penelitian Metode Fungsi Transfer *Multi Input***





**Gambar 3.2 Metode ARIMA *Output* Curah Hujan**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab 4 akan dilakukan analisa dan pembahasan pembentukan model fungsi transfer multi input pada kasus curah hujan di kota Surabaya tahun 2008 sampai tahun 2015.

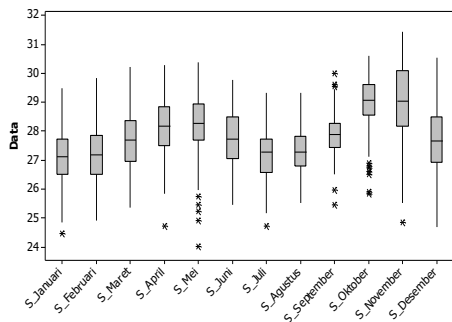
#### 4.1 Karakteristik Data Curah Hujan, Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Dalam penelitian ini menggunakan data suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan curah hujan, pada periode bulan Januari 2008 – Desember 2015. Pada periode Januari 2008 – November 2015 digunakan sebagai data *in-sample* sedangkan data pada periode Desember 2015 digunakan sebagai data *out-sample*.

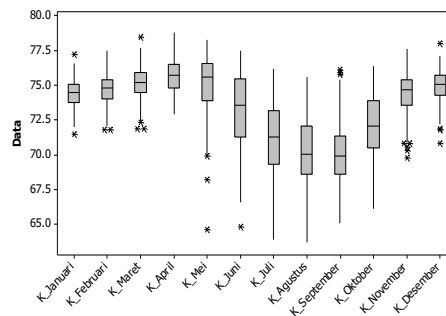
Tabel 4.1. Statistik Deskriptif Data Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Curah Hujan di Kota Surabaya

Variabel	<i>Mean</i>	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Suhu	27,8626	1,1423	24,00	31,44
Kelembaban	73,4407	2,6848	63,70	78,80
Kecepatan Angin	5,5002	2,0042	0,30	15,10
Curah Hujan	4,0536	11,7804	0,00	159,00

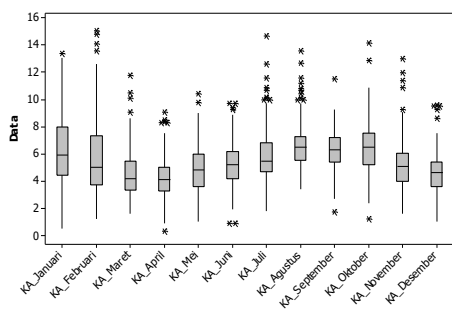
Berdasarkan Tabel 4.1, diketahui nilai minimum pada curah hujan di kota Surabaya adalah 0 mm. Hal ini dikarenakan terdapat hari dimana hujan tidak turun di kota Surabaya. Sedangkan nilai maksimum curah hujan di kota Surabaya mencapai 159 mm, yaitu pada tanggal 19 Januari 2010. Pada tanggal tersebut terjadi hujan lebat di kota Surabaya. Rata-rata curah hujan di kota Surabaya adalah 4,0536 mm dengan standar deviasi 11,7804 mm. Rata-rata suhu di kota Surabaya adalah 27,8626°C dengan standar deviasi 1,1423°C. Rata-rata kelembaban di kota Surabaya adalah 73,4407 persen dengan standar deviasi 2,6848 persen. Rata-rata kecepatan angin di kota Surabaya adalah 5,5002 knot dengan standar deviasi 2,0042 knot. Berikut *box-plot* suhu, kelembaban, kecepatan angin dan curah hujan harian di kota Surabaya



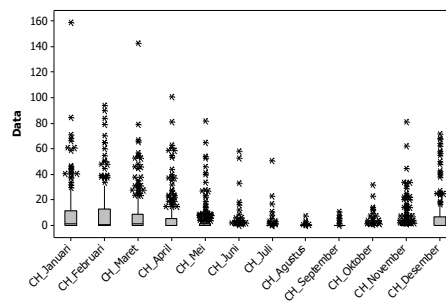
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 4.1** *Box-plot* Suhu (a), Kelembaban (b), Kecepatan Angin (c) dan Curah Hujan (d) Harian di Kota Surabaya

Gambar 4.1 menunjukkan kecenderungan pola persebaran data masing-masing deret *input* dan deret *output*. Persebaran data masing-masing deret *input* dan deret *output* cenderung memiliki sebaran data yang heterogen dengan adanya *outlier* sehingga *boxplot* yang terbentuk tidak simetris. Suhu pada bulan Januari sampai bulan Mei cenderung naik. Pada bulan Juni hingga bulan Agustus suhu cenderung turun dan suhu kembali naik pada bulan September hingga bulan November kemudian turun pada bulan Desember. Suhu pada bulan Februari, Maret, Juni, Agustus dan Desember tidak terdapat *outlier*. *Outlier* yang banyak berada pada bulan Oktober. Suhu tertinggi di kota Surabaya terjadi pada bulan November 2015 yaitu sebesar  $31,44^{\circ}\text{C}$  dan suhu terendah terjadi pada bulan Mei 2009 sebesar  $24^{\circ}\text{C}$ .

Pada bulan Januari sampai bulan April, kelembaban di kota Surabaya cenderung naik dan kelembaban pada bulan Mei hingga bulan September

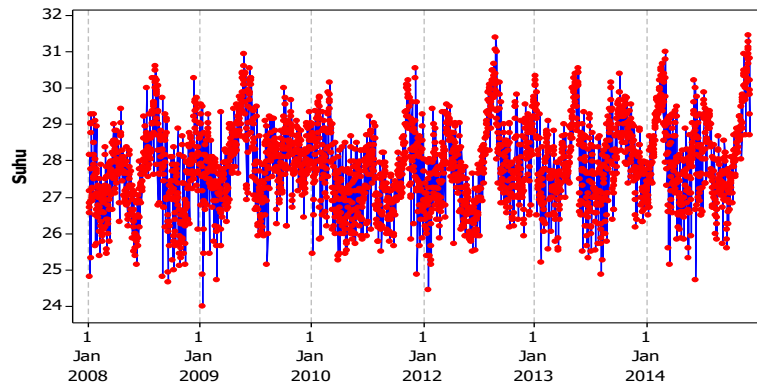
cenderung turun. Pada bulan Oktober dan bulan November kelembaban kembali naik kemudian turun pada bulan Desember. Pada bulan April, Juli, September dan Desember tidak terdapat *outlier* pada *input* kelembaban. *Outlier* yang banyak berada pada bulan November. Kelembaban tertinggi di kota Surabaya terjadi pada bulan April 2013 yaitu sebesar 78,8 persen dan kelembaban terendah terjadi pada bulan Agustus 2011 sebesar 63,7.

*Input* kecepatan angin menunjukkan pada bulan Januari hingga bulan April memiliki kecenderungan turun. Kecepatan angin cenderung naik pada bulan Mei sampai bulan Agustus dan turun pada bulan September. Pola persebaran data kecepatan angin dari bulan Oktober hingga bulan Desember kembali cenderung turun. Pada bulan Januari hingga bulan Desember terdapat *outlier*. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Februari 2008 sebesar 15,1 knot sedangkan kecepatan angin terendah terjadi pada bulan April 2009 sebesar 0,3 knot.

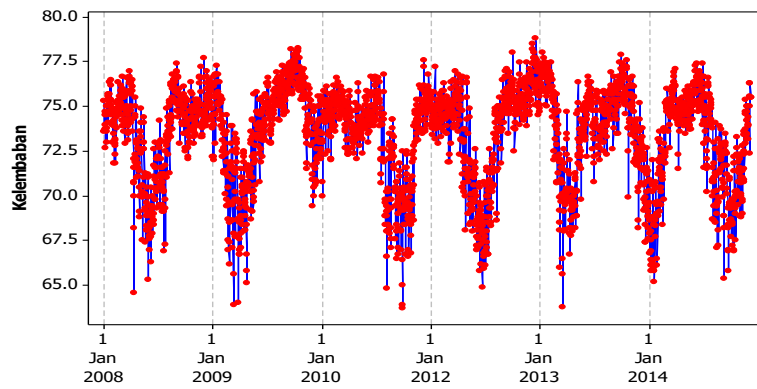
Pada *output* curah hujan di kota Surabaya terdapat banyak *outlier* pada setiap bulan sehingga pola persebaran data tidak simetris. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari 2010 sebesar 159 mm dan curah hujan terendah terjadi pada setiap bulan sepanjang tahun yaitu sebesar 0 mm. hal ini disebabkan karena pada setiap bulan terdapat satu atau beberapa hari yang tidak terjadi hujan.

#### **4.2 Peramalan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan Model Fungsi Transfer *Multi Input***

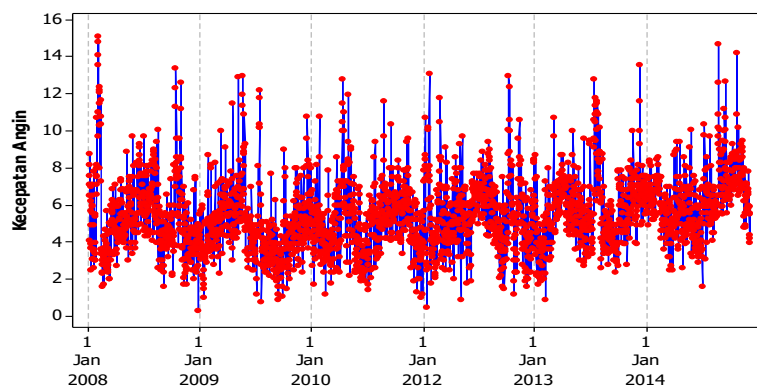
Pada tahap awal pemodelan fungsi transfer adalah pemodelan ARIMA pada deret *input* yang biasa disebut dengan *pre-whitening* kemudian dimodelkan dengan model Fungsi Transfer. Berikut *Time Series Plot* deret *input* dan deret *output*.



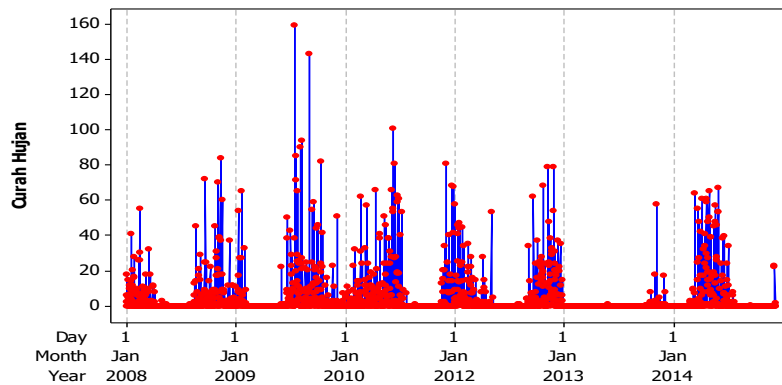
**Gambar 4.2** *Time Series Plot* Suhu Harian di Kota Surabaya



**Gambar 4.3** *Time Series Plot* Kelembaban Harian di kota Surabaya



**Gambar 4.4** *Time Series Plot* Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

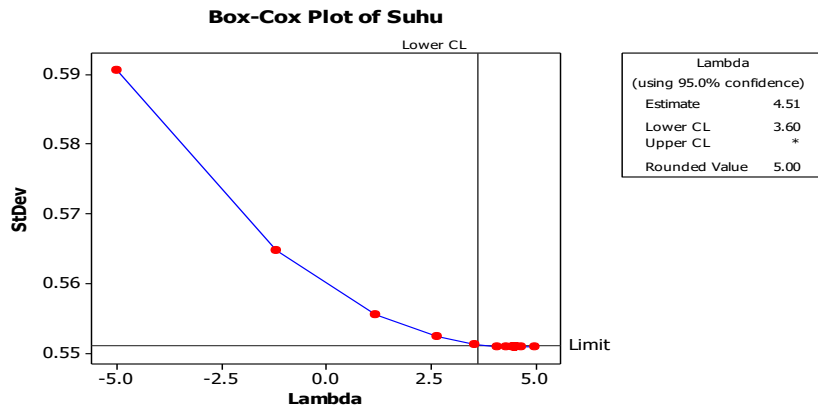


**Gambar 4.5** *Time Series Plot* Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.4, suhu harian dan kecepatan angin harian di kota Surabaya cenderung stasioner sedangkan pada Gambar 4.3, kelembaban harian di kota Surabaya tidak stasioner dan cenderung membentuk pola musiman . sedangkan Gambar 4.5, curah hujan harian di kota Surabaya cenderung tidak stasioner dan banyak *outlier*.

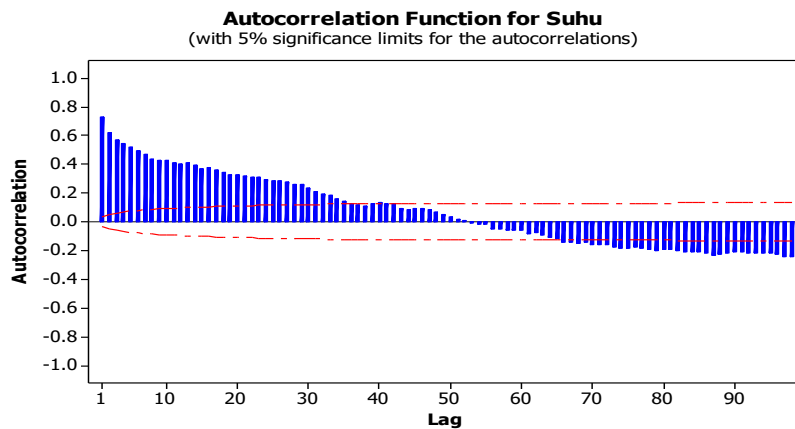
#### **4.2.1 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input* Suhu Harian di Kota Surabaya**

Asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis *time series* dan pembentukan model fungsi transfer adalah stasioneritas data baik dalam varians maupun dalam rata-rata. Pemeriksaan stasioneritas data dalam varians dapat dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox plot*. Gambar 4.6 berikut menampilkan *Box-Cox plot* dari data suhu harian di kota Surabaya untuk periode Januari 2008 sampai dengan November 2015.



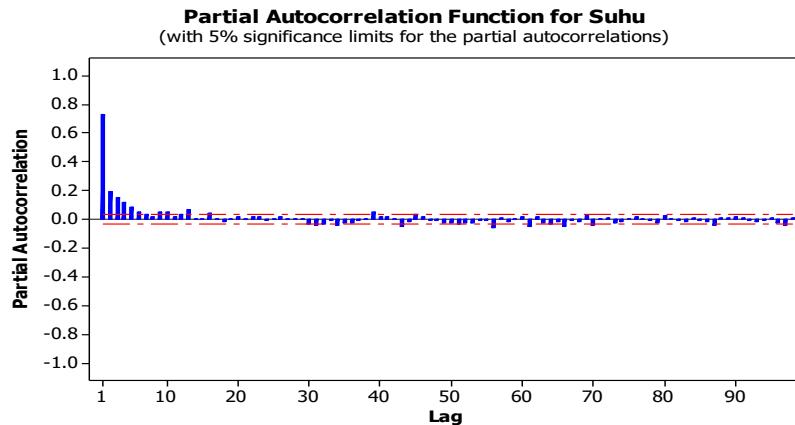
**Gambar 4.6** *Box-Cox plot* Suhu Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah 4.51, maka diasumsikan data stasioner dalam varians sehingga tidak perlu dilakukan transformasi pada data suhu harian di kota Surabaya. Langkah selanjutnya adalah memeriksa kestasioneran data dalam rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran data dalam rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan plot ACF dan PACF. Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menampilkan plot ACF dan PACF dari data suhu harian di kota Surabaya.



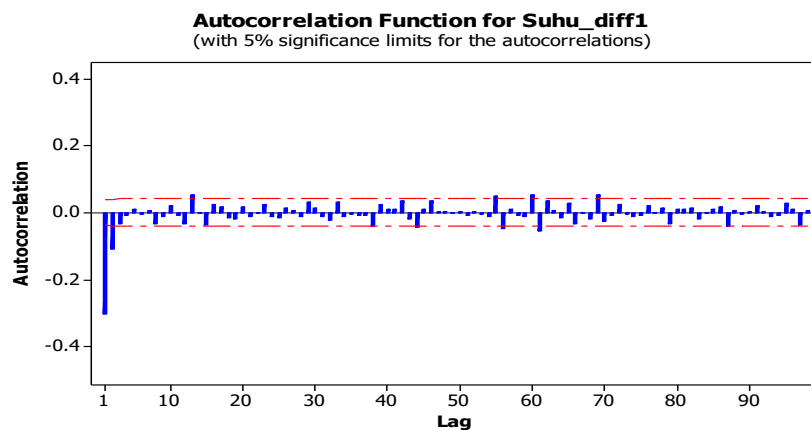
**Gambar 4.7** ACF Plot Suhu Harian di Kota Surabaya



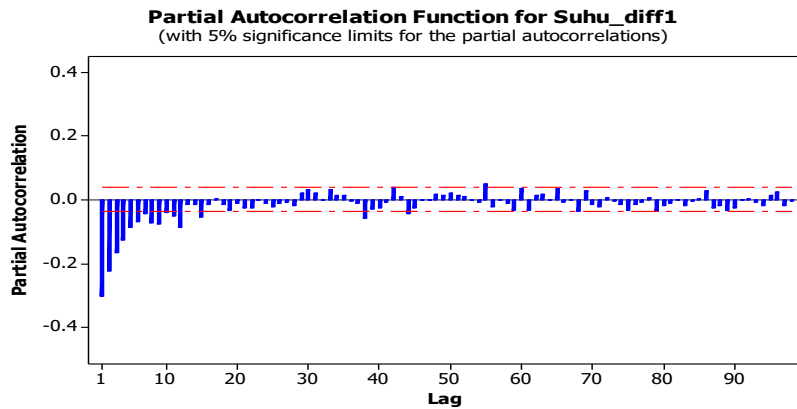


**Gambar 4.8** PACF Plot Suhu Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Gambar 4.8, diketahui bahwa data belum stasioner dalam rata-rata karena pada Gambar 4.6 nilai autokorelasinya cenderung turun secara lambat. Nilai autokorelasi pada suatu *lag* relatif tidak jauh berbeda dengan *lag* sebelumnya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menstasionerkan data dalam rata-rata adalah dengan menggunakan proses *differencing*. Pola ACF dan PACF dari data setelah dilakukan proses *differencing* disajikan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



**Gambar 4.9** ACF Plot Suhu Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*



**Gambar 4.10** PACF Plot Suhu Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*

Berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.10, diketahui data sudah stasioner dalam rata-rata. Langkah selanjutnya adalah menentukan model ARIMA sementara berdasarkan *lag-lag* yang signifikan pada plot ACF dan PACF. Berdasarkan hasil identifikasi dari *lag* yang signifikan pada diagram ACF dan PACF, maka model ARIMA sementara suhu harian di kota Surabaya, yaitu ARIMA (1,1,1), ARIMA (1,1,2), ARIMA ([1,8],1,1) dan ARIMA ([1,8],1,[1,33]). Uji signifikansi parameter model ARIMA untuk suhu harian di kota Surabaya sebagaimana disajikan dalam tabel 4.2 diketahui bahwa model dengan parameter signifikan (nilai *p-value* <0,05) adalah model ARIMA (1,1,1), ARIMA ([1,8],1,1) dan ARIMA ([1,8],1,[1,33]).

**Tabel 4.2** Uji Signifikansi Parameter Model Suhu Harian di Kota Surabaya

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
ARIMA (1,1,1)	$\phi_1$	0,39229	0,02412	<,0001	Signifikan
	$\theta_1$	0,86083	0,01328	<,0001	Signifikan
ARIMA (1,1,2)	$\phi_1$	0,48751	0,05712	<,0001	Signifikan
	$\theta_1$	0,96626	0,06127	<,0001	Signifikan
	$\theta_2$	-0,07825	0,05712	0,0919	Tidak Signifikan
ARIMA ([1,8],1,1)	$\phi_1$	0,36998	0,02534	<,0001	Signifikan
	$\phi_8$	-0,05389	0,01843	0,0035	Signifikan
	$\theta_1$	0,84429	0,01496	<.0001	Signifikan
ARIMA ([1,8],1,[1,33])	$\phi_1$	0,36673	0,02517	<,0001	Signifikan
	$\phi_8$	-0,05154	0,01844	0,0052	Signifikan
	$\theta_1$	0,84504	0,01474	<,0001	Signifikan
	$\theta_{33}$	0,02894	0,01005	0,0040	Signifikan

Untuk menentukan kelayakan model ARIMA dilakukan cek diagnosa residual untuk menguji residual bersifat *white noise* atau tidak. Berdasarkan tabel 4.3, uji residual untuk model ARIMA (1,1,1) tidak memenuhi asumsi *white noise* karena terdapat beberapa lag yang memiliki nilai *p-value* < 0,05 sedangkan uji residual untuk model ARIMA ([1,8],1,1), dan ARIMA ([1,8],1,[1,33]) telah memenuhi asumsi *white noise* karena nilai *p-value* > 0,05 untuk semua *lag*. Karena terdapat lebih dari satu model ARIMA yang *white noise* maka model yang dipilih sebagai model terbaik dilihat berdasarkan nilai AIC paling kecil.

**Tabel 4.3** Uji Residual Model Suhu Harian di Kota Surabaya

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
ARIMA (1,1,1)	6	3,39	4	0,4946	Tidak <i>white noise</i>
	12	15,63	10	0,1108	
	18	23,68	16	0,0967	
	24	26,71	22	0,2225	
	30	34,15	28	0,1961	
	36	44,22	34	0,1127	
	42	60,29	40	0,0206	
	48	71,89	46	0,0086	
ARIMA ([1,8]1,1)	6	1,38	3	0,7109	<i>White noise</i>
	12	7,40	9	0,5958	
	18	14,97	15	0,4537	
	24	17,66	21	0,6703	
	30	23,74	27	0,6447	
	36	33,73	33	0,4319	
	42	48,46	39	0,1424	
	48	60,02	45	0,0664	
ARIMA ([1,8],1,[1,33])	6	1,28	2	0,5276	<i>White noise</i>
	12	6,72	8	0,5674	
	18	14,99	14	0,3785	
	24	18,08	20	0,5822	
	30	23,25	26	0,6189	
	36	31,18	32	0,5081	
	42	45,09	38	0,1996	
	48	56,28	44	0,1014	

Tabel 4.4 menunjukkan model ARIMA ([1,8],1,[1,33]) sebagai model terbaik dengan nilai AIC 6562,453. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai *p-value* < 0,05.

**Tabel 4.4** Kriteria Model Terbaik

Model ARIMA	AIC
ARIMA ([1,8],1,1)	6565,609
ARIMA ([1,8],1,[1,33])	6562,453

Berdasarkan nilai estimasi parameter pada tabel 4.2, model yang terbentuk untuk suhu harian di kota Surabaya adalah :

$$X_{1t} = 1,36673X_{1t-1} - 0,36673X_{1t-2} - 0,05154X_{1t-8} + 0,05154X_{1t-9} + a_t - 0,84504a_{t-1} - 0,02894a_{t-33}$$

Model ARIMA deret *input* suhu harian di kota Surabaya adalah ARIMA ([1,8],1,[1,33]). Proses *pre-whitening* untuk deret *input* suhu adalah :

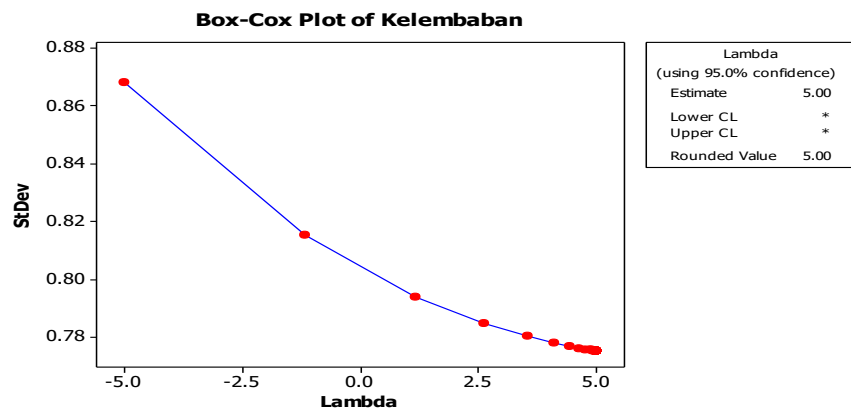
$$\alpha_{1t} = X_{1t} - 1,36673X_{1t-1} + 0,36673X_{1t-2} + 0,05154X_{1t-8} - 0,05154X_{1t-9} + 0,84504\alpha_{1t-1} + 0,02894\alpha_{1t-33}$$

*Pre-whitening* deret *output* (curah hujan harian di kota Surabaya) berdasarkan *pre-whitening* deret *input* suhu adalah :

$$\beta_{1t} = Y_{1t} - 1,36673Y_{1t-1} + 0,36673Y_{1t-2} + 0,05154Y_{1t-8} - 0,05154Y_{1t-9} + 0,84504\beta_{1t-1} + 0,02894\beta_{1t-33}$$

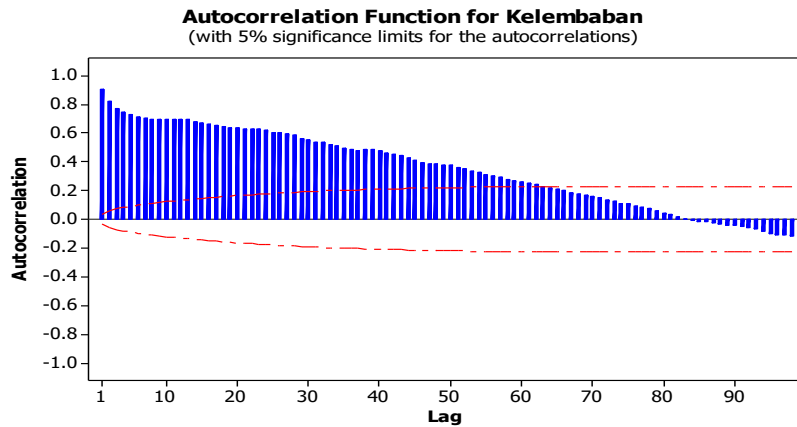
#### 4.2.2 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input* Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Untuk membentuk model *time series*, syarat utama yang harus dipenuhi adalah kestasioneran data baik stasioner dalam rata-rata maupun stasioner dalam varians.

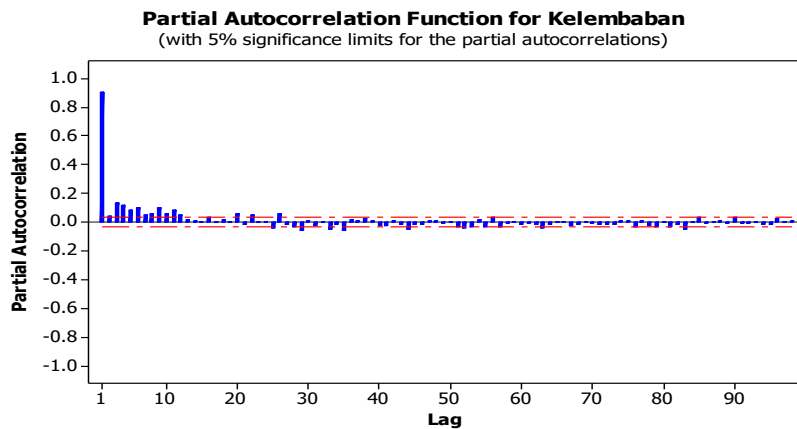


**Gambar 4.11** *Box-Cox plot* Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah 5, maka data diasumsikan sudah stasioner dalam varians. Selanjutnya adalah memeriksa kestasioneran data dalam rata-rata dengan menggunakan plot ACF dan PACF. Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menampilkan plot ACF dan PACF dari data kelembaban harian di kota Surabaya.

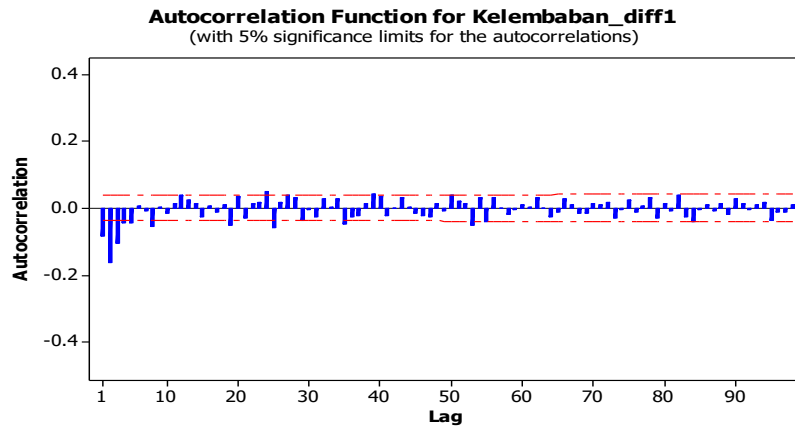


**Gambar 4.12** ACF Plot Kelembaban Harian di Kota Surabaya

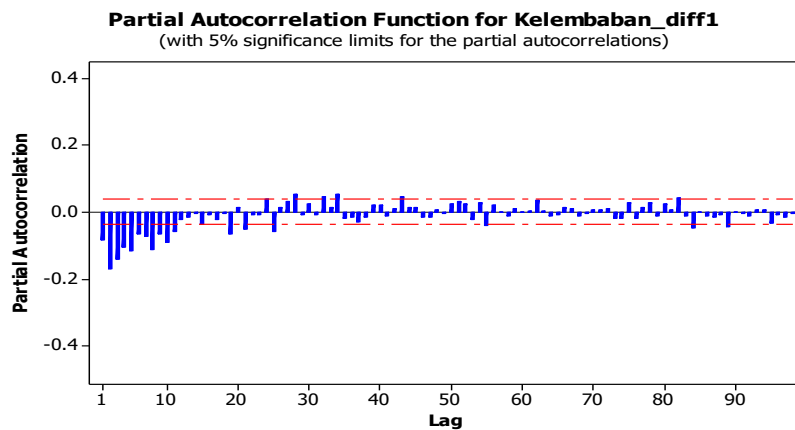


**Gambar 4.13** PACF Plot Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata. Untuk menstasionerkan data dalam rata-rata digunakan proses *differencing*. Karena nilai autokorelasi cenderung turun secara lambat, maka dilakukan *differencing* satu terhadap data kelembaban harian di kota Surabaya.



**Gambar 4.14** ACF Plot Kelembaban Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*



**Gambar 4.15** PACF Plot Kelembaban Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*

*Plot* ACF dan PACF dari data kelembaban harian di kota Surabaya setelah dilakukan proses *differencing* disajikan pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15. Berdasarkan Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, diketahui data sudah stasioner dalam rata-rata. Langkah selanjutnya adalah menentukan model ARIMA sementara berdasarkan *lag-lag* yang signifikan pada plot ACF dan PACF. Berdasarkan hasil identifikasi dari *lag* yang signifikan pada diagram ACF dan PACF, maka model ARIMA sementara kelembaban harian di kota Surabaya, yaitu ARIMA (0,1,3), ARIMA (1,1,3) dan ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25]). Uji signifikansi

parameter model ARIMA untuk kelembaban harian di kota Surabaya sebagaimana disajikan dalam tabel 4.5 diketahui bahwa dugaan model yang memenuhi uji signifikansi parameter (nilai *p-value* <0,05) adalah model ARIMA (0,1,3) dan ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25]).

**Tabel 4.5** Uji Signifikansi Parameter Model Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,3)	$\theta_1$	0,20331	0,01826	<.0001	Signifikan
	$\theta_2$	0,28007	0,01798	<.0001	Signifikan
	$\theta_3$	0,19376	0,01826	<.0001	Signifikan
ARIMA (1,1,3)	$\phi_1$	0,47375	0,06909	<.0001	Signifikan
	$\theta_1$	0,66624	0,07093	<.0001	Signifikan
	$\theta_2$	0,14841	0,02744	<.0001	Signifikan
	$\theta_3$	0,03980	0,03431	0,2461	Tidak signifikan
ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25])	$\phi_2$	0,23148	0,04577	<.0001	Signifikan
	$\phi_8$	-0,05979	0,01931	0,0020	Signifikan
	$\phi_{19}$	0,05011	0,01828	0,0062	Signifikan
	$\theta_1$	0,18905	0,01854	<.0001	Signifikan
	$\theta_2$	0,48247	0,04095	<.0001	Signifikan
	$\theta_3$	0,10826	0,02424	<.0001	Signifikan
	$\theta_{20}$	-0,04514	0,01578	0,0043	Signifikan
	$\theta_{24}$	-0,05447	0,01704	0,0014	Signifikan
	$\theta_{25}$	0,04267	0,01634	0,0090	Signifikan

Untuk menentukan kelayakan model ARIMA dilakukan cek diagnosa residual untuk menguji residual bersifat *white noise* atau tidak dan residual berdistribusi normal. Berdasarkan tabel 4.6, uji residual untuk model ARIMA (0,1,3) tidak memenuhi asumsi *white noise* nilai *p-value* < 0,05 sedangkan uji residual untuk model ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25]) telah memenuhi asumsi



*white noise* karena nilai *p-value* > 0,05 untuk semua *lag*. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai *p-value* < 0,05.

**Tabel 4.6** Uji Residual Model Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,3)	6	29,11	3	<.0001	Tidak <i>white noise</i>
	12	55,86	9	<.0001	
	18	59,73	15	<.0001	
	24	87,10	21	<.0001	
	30	104,85	27	<.0001	
	36	116,95	33	<.0001	
	42	128,04	39	<.0001	
	48	134,67	45	<.0001	
ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25])	6	.	0	.	<i>white noise</i>
	12	6,92	3	0,0744	
	18	12,33	9	0,1955	
	24	13,51	15	0,5629	
	30	21,74	21	0,4147	
	36	33,50	27	0,1809	
	42	43,56	33	0,1034	
	48	50,54	39	0,1020	

Berdasarkan nilai estimasi parameter pada tabel 4.5, model yang terbentuk untuk kelembaban harian di kota Surabaya adalah :

$$\begin{aligned}
 X_{2t} = & X_{2t-1} + 0,23148X_{2t-2} - 0,23148X_{2t-3} - 0,05979X_{2t-8} + \\
 & 0,05979X_{2t-9} + 0,05011X_{2t-19} - 0,05011X_{2t-20} + a_{2t} - \\
 & 0,18905a_{2t-1} - 0,48247a_{2t-2} - 0,10826a_{2t-3} + 0,04514a_{2t-20} + \\
 & 0,05447a_{2t-24} - 0,04367a_{2t-25}
 \end{aligned}$$

Sehingga deret *input* kelembaban harian di kota Surabaya yang telah melalui proses *pre-whitening* adalah :

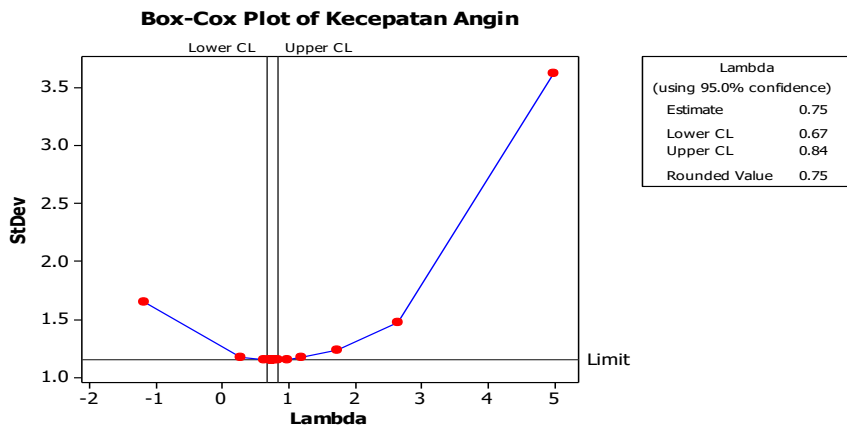
$$\begin{aligned}
 \alpha_{2t} = & X_{2t} - X_{2t-1} - 0,23148X_{2t-2} + 0,23148X_{2t-3} + 0,05979X_{2t-8} - \\
 & 0,05979X_{2t-9} - 0,05011X_{2t-19} + 0,05011X_{2t-20} + 0,18905a_{2t-1} + \\
 & 0,48247a_{2t-2} + 0,10826a_{2t-3} - 0,04514a_{2t-20} - 0,05447a_{2t-24} + \\
 & 0,04367a_{2t-25}
 \end{aligned}$$

*Pre-whitening* deret *output* (curah hujan harian di kota Surabaya) mengikuti *pre-whitening* deret *input*. Sehingga deret *output* curah hujan harian di kota Surabaya yang telah melalui proses *pre-whitening* adalah :

$$\beta_{2t} = Y_{2t} - Y_{2t-1} - 0,23148Y_{2t-2} + 0,23148Y_{2t-3} + 0,05979Y_{2t-8} - 0,05979Y_{2t-9} - 0,05011Y_{2t-19} + 0,05011Y_{2t-20} + 0,18905\beta_{2t-1} + 0,48247\beta_{2t-2} + 0,10826\beta_{2t-3} - 0,04514\beta_{2t-20} - 0,05447\beta_{2t-24} + 0,04367\beta_{2t-25}$$

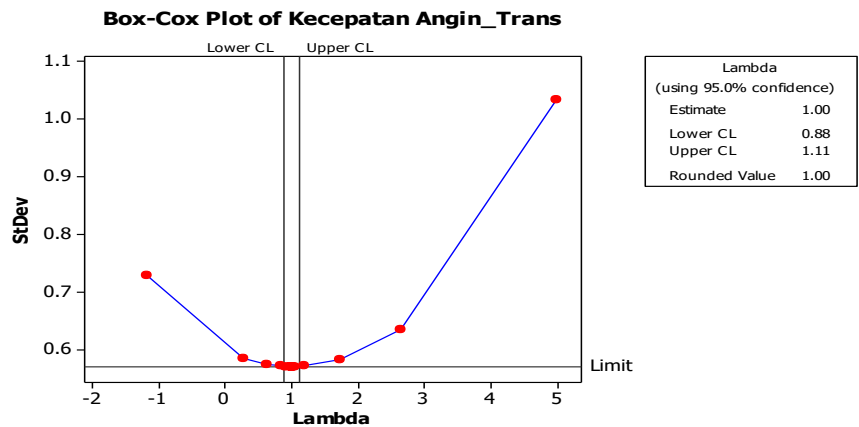
### 4.2.3 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input* Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Dalam analisis *time series* terdapat asumsi dasar yang harus terpenuhi yaitu stasioneritas data baik dalam varians maupun dalam rata-rata. Untuk mengecek stasioneritas data dalam varians dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox plot*. Gambar 4.16 berikut menampilkan *Box-Cox plot* dari data kecepatan angin harian di kota Surabaya untuk periode Januari 2008 sampai dengan November 2015.



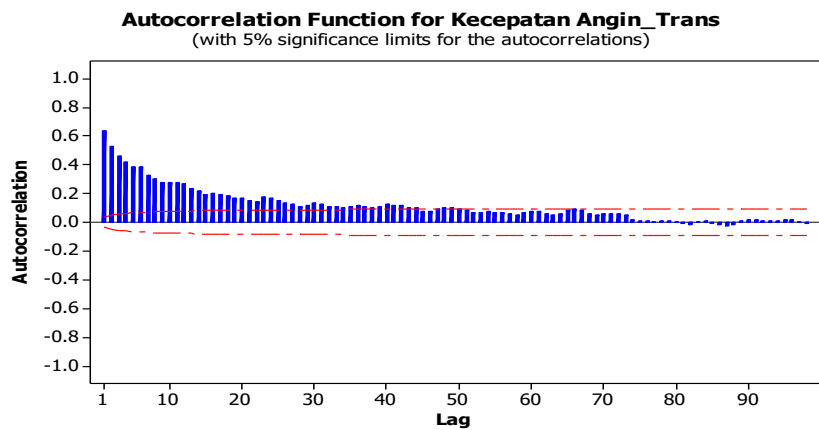
**Gambar 4.16** *Box-Cox plot* Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.16, diketahui bahwa data belum stasioner dalam varians karena nilai taksiran  $\lambda$  adalah 0,75 sehingga perlu dilakukan transformasi.

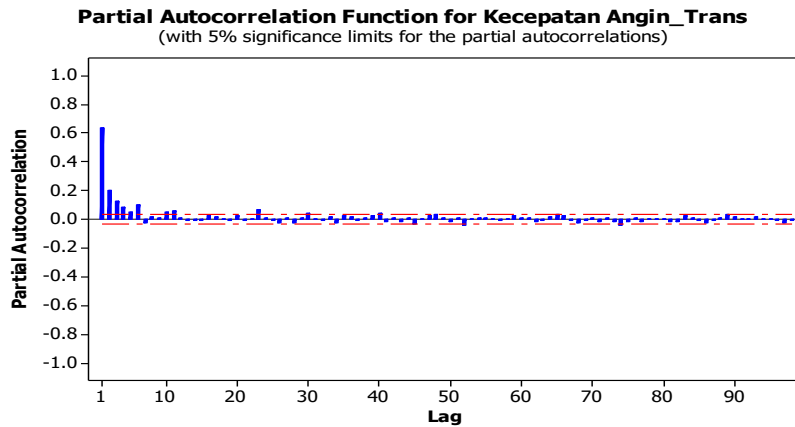


**Gambar 4.17** *Box-Cox plot* Data Hasil Transformasi Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa data sudah stasioner dalam varians karena nilai taksiran  $\lambda$  adalah 1. Langkah selanjutnya adalah memeriksa kestasioneran data dalam rata-rata. Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 menampilkan plot ACF dan PACF dari data hasil transformasi kecepatan angin harian di kota Surabaya.

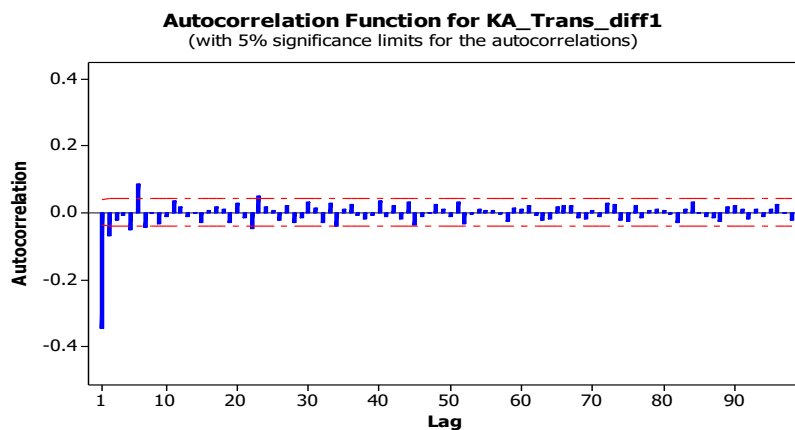


**Gambar 4.18** ACF Plot Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

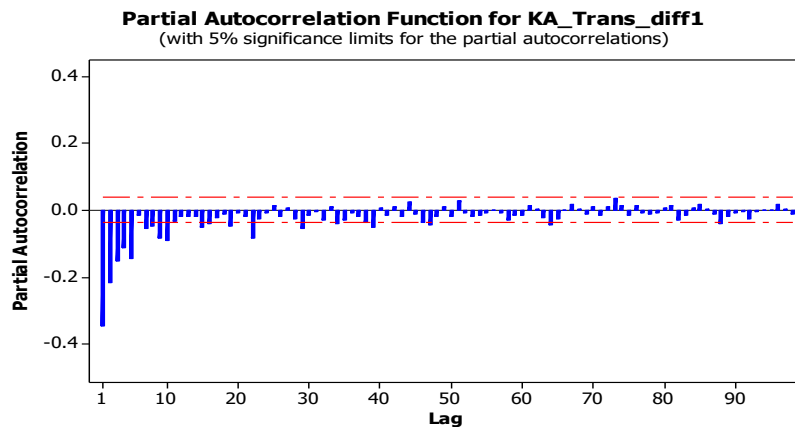


**Gambar 4.19** PACF Plot Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.18 dan Gambar 4.19, diketahui bahwa data belum stasioner dalam rata-rata karena nilai autokorelasinya mendekati satu dan cenderung turun secara lambat. Nilai autokorelasi pada suatu *lag* relatif tidak jauh berbeda dengan *lag* sebelumnya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menstasionerkan data dalam rata-rata adalah dengan menggunakan operasi *differencing*. Karena nilai autokorelasi cenderung turun secara lambat, maka dilakukan *differencing* satu terhadap data hasil transformasi.



**Gambar 4.20** ACF Plot Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag*-1



**Gambar 4.21** PACF Plot Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*

Berdasarkan Gambar 4.20 dan Gambar 4.21, diketahui data hasil transformasi sudah stasioner dalam rata-rata. Langkah selanjutnya adalah menentukan model ARIMA sementara berdasarkan *lag-lag* yang signifikan pada plot ACF dan PACF. Berdasarkan hasil identifikasi dari *lag* yang signifikan pada diagram ACF dan PACF, maka model ARIMA sementara kecepatan angin harian di kota Surabaya, yaitu ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,1,[1,2,5,6]) dan ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6]). Uji signifikansi parameter model ARIMA untuk kecepatan angin harian di kota Surabaya sebagaimana disajikan dalam tabel 4.7 diketahui bahwa dugaan model yang memenuhi uji signifikansi parameter (nilai *p-value* <0,05) adalah model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6]).

**Tabel 4.7** Uji Signifikansi Parameter Model Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,1)	$\theta_1$	0,58497	0,01508	<.0001	Signifikan
ARIMA (1,1,[1,2,5,6])	$\phi_1$	0,92135	0,01765	<.0001	Signifikan
	$\theta_1$	1,47497	0,02533	<.0001	Signifikan
	$\theta_2$	-0,42849	0,02479	<.0001	Signifikan
	$\theta_5$	-0,04888	0,02226	0,0282	Signifikan
	$\theta_6$	0,00067	0,01922	0,9721	Tidak Signifikan
ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6])	$\phi_1$	0,58790	0,11957	<.0001	Signifikan
	$\phi_5$	0,33046	0,05660	<.0001	Signifikan
	$\phi_7$	-0,08355	0,03118	0,0074	Signifikan
	$\theta_1$	1,12817	0,12312	<.0001	Signifikan
	$\theta_2$	-0,19869	0,08207	0,0155	Signifikan
	$\theta_5$	0,35003	0,07543	<.0001	Signifikan
	$\theta_6$	-0,28300	0,04527	<.0001	Signifikan

Setelah mendapatkan model ARIMA yang telah signifikan, dilakukan cek diagnosa residual untuk menguji residual bersifat *white noise* atau tidak dan residual berdistribusi normal. Berdasarkan tabel 4.8, uji residual untuk model ARIMA (0,1,1) tidak memenuhi asumsi *white noise* karena nilai *p-value* < 0,05 sedangkan uji residual untuk model ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6]) telah memenuhi sifat *white noise* karena nilai *p-value* > 0,05 untuk semua *lag*. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai *p-value* < 0,05.

**Tabel 4.8** Uji Residual Model Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,1)	6	84,75	5	<.0001	Tidak <i>white noise</i>
	12	123,26	11	<.0001	
	18	130,99	17	<.0001	
	24	152,32	23	<.0001	
	30	162,51	29	<.0001	
	36	169,20	35	<.0001	
	42	177,77	41	<.0001	
ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6])	6	.	0	.	<i>White noise</i>
	12	6,48	5	0,2624	
	18	7,88	11	0,7236	
	24	25,41	17	0,0860	
	30	32,16	23	0,0970	
	36	38,50	29	0,1115	
	42	46,78	35	0,0880	
	48	56,31	41	0,0561	

Berdasarkan nilai estimasi parameter pada tabel 4.7, model yang terbentuk untuk kecepatan harian di kota Surabaya adalah :

$$X_{3t} = 1,58790X_{3t-1} - 0,58790X_{3t-2} + 0,33046X_{3t-5} - 0,33046X_{3t-6} - 0,08355X_{3t-7} + 0,08355X_{3t-8} + a_{3t} - 1,12817a_{3t-1} + 0,19869a_{3t-2} - 0,35003a_{3t-5} + 0,28300a_{3t-6}$$

Sehingga deret *input* kecepatan angin harian di kota Surabaya yang telah melalui proses *pre-whitening* adalah :

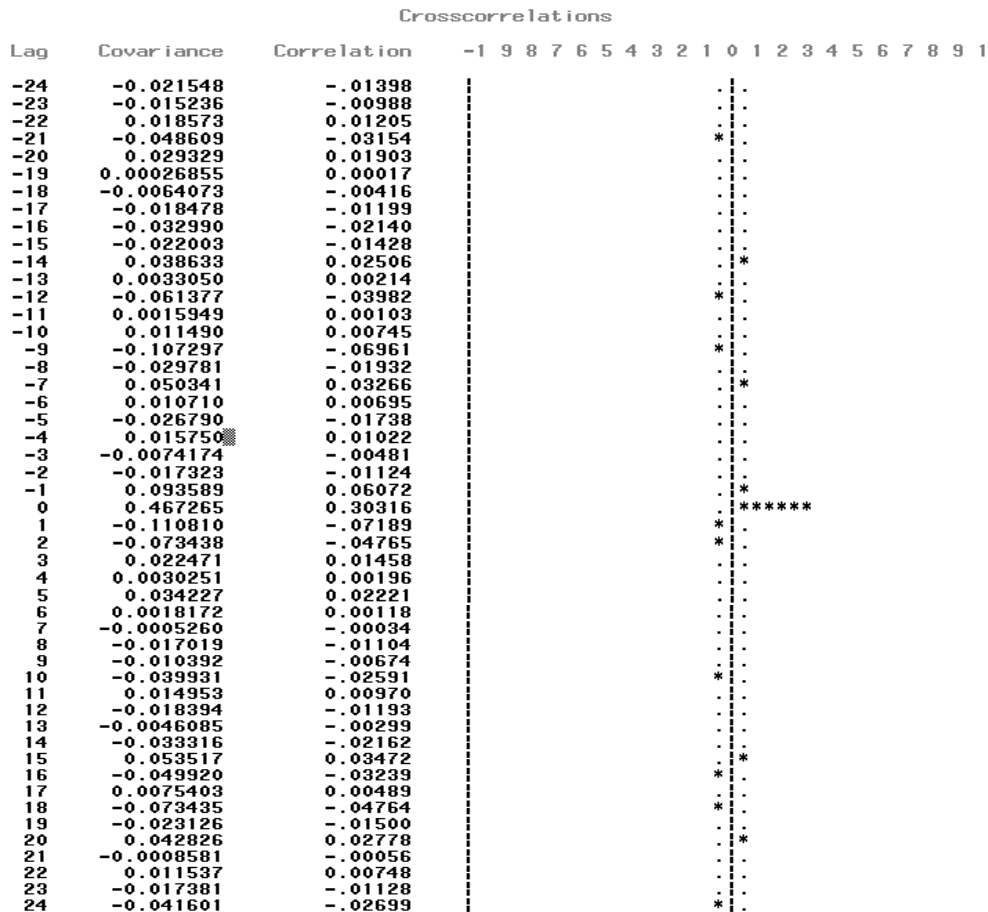
$$\alpha_{3t} = X_{3t} - 1,58790X_{3t-1} + 0,58790X_{3t-2} - 0,33046X_{3t-5} + 0,33046X_{3t-6} + 0,08355X_{3t-7} - 0,08355X_{3t-8} + 1,12817a_{3t-1} - 0,19869a_{3t-2} + 0,35003a_{3t-5} - 0,28300a_{3t-6}$$

*Pre-whitening* deret *output* (curah hujan harian di kota Surabaya) mengikuti *pre-whitening* deret *input*. Sehingga deret *output* curah hujan harian di kota Surabaya yang telah melalui proses *pre-whitening* adalah :

$$\beta_{3t} = Y_{3t} - 1,58790Y_{3t-1} + 0,58790X_{3t-2} - 0,33046Y_{3t-5} + 0,33046Y_{3t-6} + 0,08355Y_{3t-7} - 0,08355Y_{3t-8} + 1,12817\beta_{3t-1} - 0,19869\beta_{3t-2} + 0,35003\beta_{3t-5} - 0,28300\beta_{3t-6}$$

#### 4.2.4 Mendeteksi *Crosscorrelation Function* (CCF) dan Autokorelasi untuk Deret *Input* dan Deret *Output*

Pembentukan model awal fungsi transfer ialah dengan cara mendapatkan *Crosscorrelation Function* (CCF) antara deret *input* dan deret *output* yang telah mengalami proses *pre-whitening*. CCF digunakan untuk menentukan nilai orde  $(b,r,s)$ . Plot CCF masing-masing deret *input* dan deret *output* yang diperoleh adalah seperti Gambar 4.22, Gambar 4.23 dan Gambar 4.24.



**Gambar 4.22** Plot CCF antara Curah Hujan Harian dan Suhu Harian di kota Surabaya

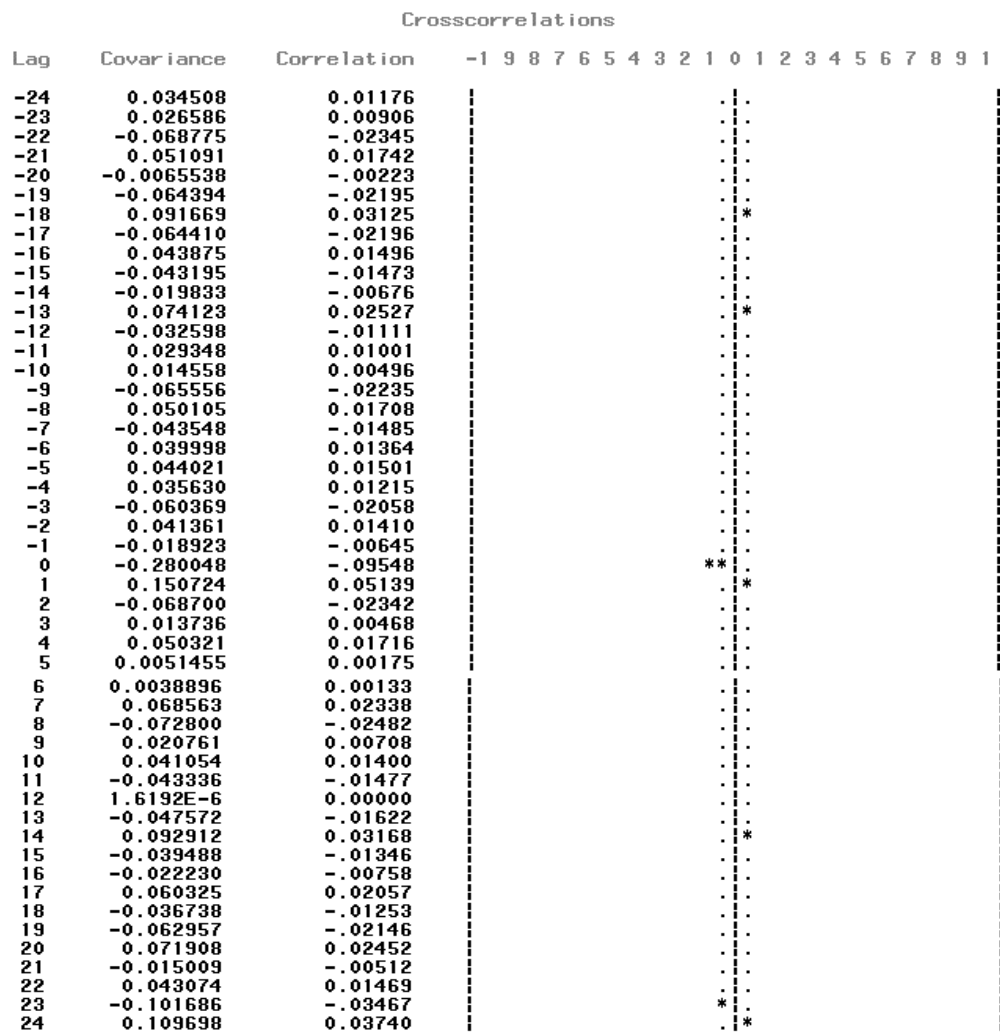
Berdasarkan hasil CCF seperti Gambar 4.22, diperoleh kemungkinan nilai orde  $(b,r,s)$  yaitu  $(b=0,r=0,s=2)$ . Hasil estimasi parameter model awal fungsi transfer suhu harian di kota Surabaya disajikan pada Tabel 4.9.



**Tabel 4.9** Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Suhu Harian dan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Orde ( $b, r, s$ )	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
$(b=0, r=0, s=2)$	$\omega_0$	0,76053	0,05660	<,0001	Signifikan
	$\omega_1$	0,25126	0,05908	<,0001	Signifikan
	$\omega_2$	0,17158	0,05662	0,0025	Signifikan

Model awal fungsi transfer suhu terhadap curah hujan orde  $(b=0, r=0, s=2)$  sebagaimana disajikan pada Tabel 4.9 memiliki nilai  $p\text{-value} < 0,05$  sehingga model tersebut memenuhi uji signifikansi parameter. Orde  $b=0$  dan  $s=2$  menunjukkan bahwa suhu pada hari ke- $t$  mempengaruhi curah hujan secara langsung pada hari ke- $t$  juga.



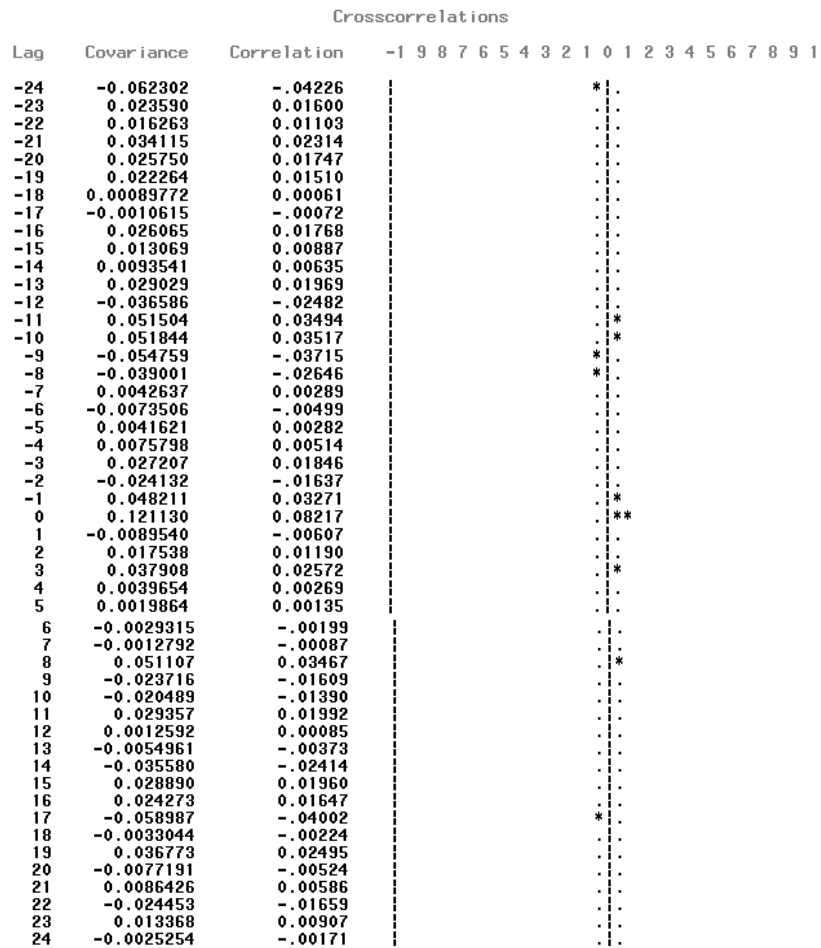
**Gambar 4.23** Plot CCF antara Curah Hujan Harian dan Kelembaban Harian di kota Surabaya

Korelasi silang antara curah hujan harian dan kelembaban harian di kota Surabaya seperti Gambar 4.23 menunjukkan kemungkinan nilai orde  $(b,r,s)$  yaitu  $(b=0,r=0,s=0)$ .

**Tabel 4.10** Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Kelembaban Harian dan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Orde $(b, r, s)$	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
$(b=0,r=0,s=0)$	$\omega_0$	-0,18624	0,03922	<,0001	Signifikan

Uji signifikansi parameter model awal fungsi transfer kelembaban terhadap curah hujan orde  $(b=0,r=0,s=0)$  sebagaimana disajikan pada Tabel 4.10 memiliki nilai  $p\text{-value} < 0,05$  sehingga model tersebut memenuhi uji signifikansi parameter.



**Gambar 4.24** Plot CCF antara Curah Hujan Harian dan Kecepatan Angin Harian di kota Surabaya

Hasil CCF seperti Gambar 4.24 menunjukkan kemungkinan nilai orde  $(b,r,s)$  yaitu  $(b=0,r=0,s=0)$ . Hasil estimasi parameter model awal fungsi transfer kecepatan angin harian di kota Surabaya disajikan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer Kecepatan Angin Harian dan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Orde $(b, r, s)$	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
$(b=0,r=0,s=0)$	$\omega_0$	0,20179	0,05607	0,0003	Signifikan

Estimasi parameter model awal fungsi transfer kecepatan angin terhadap curah hujan orde  $(b=0,r=0,s=0)$  pada Tabel 4.11 telah memenuhi uji signifikansi parameter dengan nilai  $p\text{-value} < 0,05$ .

#### 4.2.5 Identifikasi Deret *Noise* dan Uji Diagnosis

Dari plot CCF antara masing-masing deret *input* dan deret *output* didapatkan orde  $(b, r, s)$  untuk *input* suhu orde  $(b=0,r=0,s=2)$ , kelembaban orde  $(b=0,r=0,s=0)$ , dan kecepatan angin orde  $(b=0,r=0,s=0)$ . Sehingga dapat dibentuk model awal fungsi transfer *multi input* sebagai berikut :

$$Y_t = (\omega_{01} - \omega_{11}B - \omega_{21}B^2)X_{1t} + \omega_{02}X_{2t} + \omega_{03}X_{3t} + n_t$$

Hasil estimasi dan pengujian parameter model awal fungsi transfer *multi input* disajikan pada Tabel 4.12 berikut :

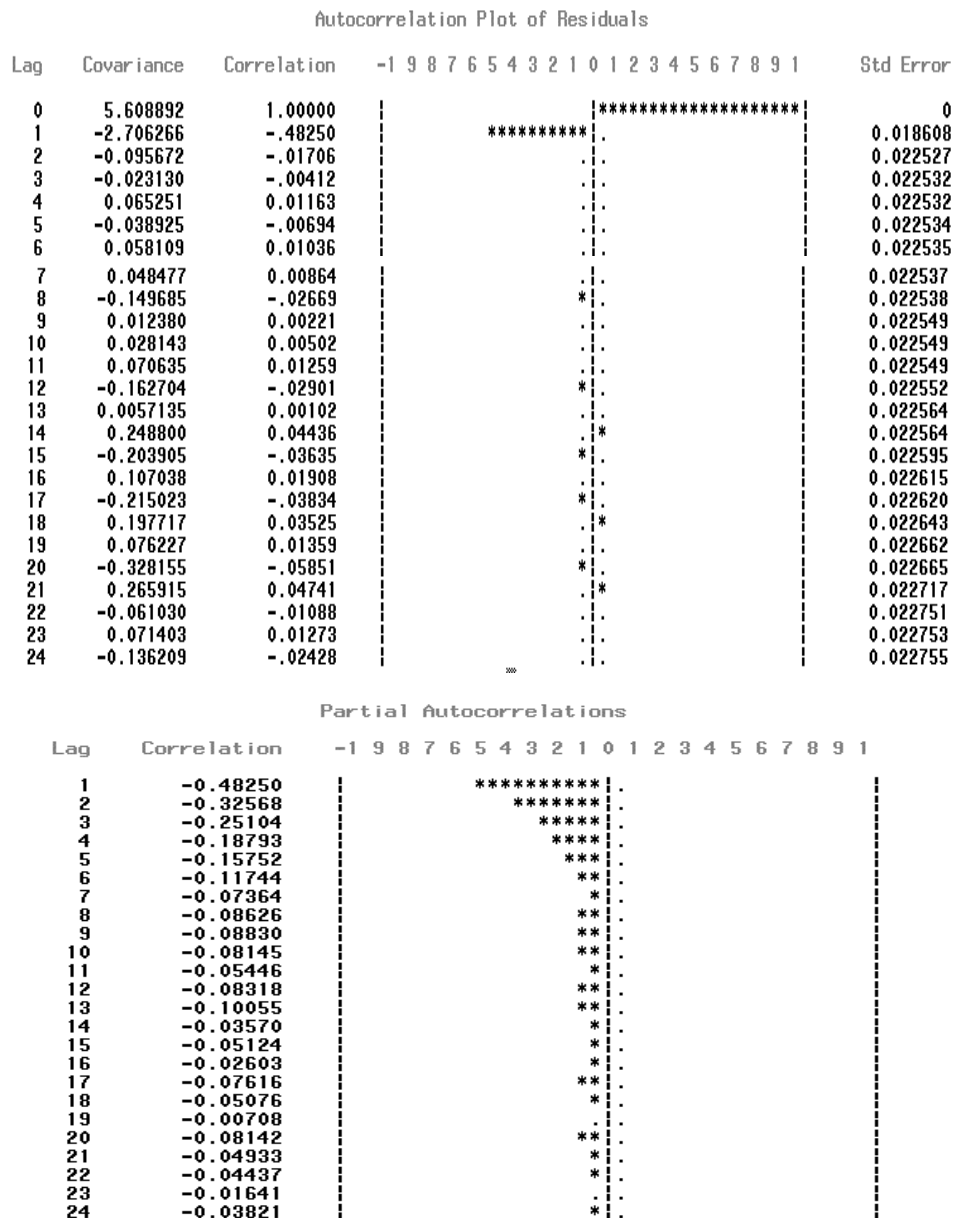
**Tabel 4.12** Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer *Multi Input* Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

<i>Input</i>	Orde $(b, r, s)$	Parameter	Estimasi	P-value	Keputusan
Suhu	$(b=0,r=0,s=2)$	$\omega_{01}$	0,85855	<,0001	Signifikan
		$\omega_{11}$	0,19066	0,0013	Signifikan
		$\omega_{21}$	0,16067	0,0043	Signifikan
Kelembaban	$(b=0,r=0,s=0)$	$\omega_{02}$	-0,27581	<,0001	Signifikan
Kecepatan Angin	$(b=0,r=0,s=0)$	$\omega_{03}$	-0,07032	0,2036	Tidak Signifikan

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa *input* kecepatan angin tidak signifikan karena nilai *p-value* > 0,05, sedangkan *input* suhu dan kelembaban sudah signifikan dengan nilai *p-value* < 0,05. Dapat disimpulkan bahwa orde (*b*, *r*, *s*) untuk model fungsi transfer *multi input* orde (*b*=0,*r*=0,*s*=2).

$$Y_t = (\omega_{01} - \omega_{11}B - \omega_{21}B^2)X_{1t} + \omega_{02}X_{2t} + n_t$$

Selanjutnya akan dilakukan pemodelan ARMA terhadap deret *noise* ( $n_t$ ) sehingga mendapatkan residual yang *white noise*.



Gambar 4.25 Plot ACF dan PACF Deret  $n_t$

Untuk membentuk model *noise* ( $n_t$ ) perlu dilakukan identifikasi dari plot ACF dan PACF pada Gambar 4.25. Berdasarkan Gambar 4.25 maka model ARMA untuk deret *noise* ( $n_t$ ) adalah ARMA ([8],[1,21]). Hasil estimasi parameter model fungsi transfer *multi input* ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut :

**Tabel 4.13** Uji Signifikansi Parameter Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input*

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
FTMI ( $b=0,r=0,s=2$ ) ( $b=0,r=0,s=0$ ) ARMA([8],[1,21])	$\phi_8$	-0,03833	0,01919	0,0458	Signifikan
	$\theta_1$	0,92177	0,00748	<,0001	Signifikan
	$\theta_{21}$	-0,01734	0,00734	0,0182	Signifikan
	$\omega_{01}$	1,01041	0,04412	<,0001	Signifikan
	$\omega_{11}$	0,10714	0,04776	0,0250	Signifikan
	$\omega_{12}$	0,10268	0,04331	0,0178	Signifikan
	$\omega_{02}$	-0,33725	0,02320	<,0001	Signifikan

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa semua parameter signifikan karena nilai *p-value* > 0,05. Sehingga model deret *noise* yang terbentuk adalah :

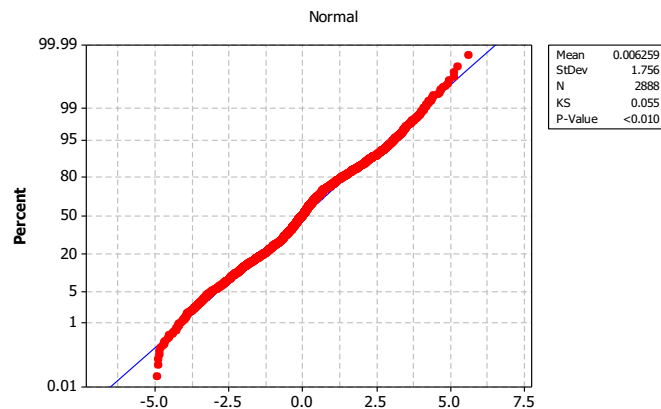
$$n_t = \frac{(1 - 0.92177B^1 + 0.01734B^{21})a_t}{(1 + 0.03833B^8)}$$

Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan model dengan menguji asumsi *white noise* dan normalitas dari residual model yang dihasilkan. Hasil uji *white noise* disajikan pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14** Uji *White Noise* Residual Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input*

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
FTMI ( $b=0,r=0,s=2$ ) ( $b=0,r=0,s=0$ ) ARMA([8],[1,21])	6	1,85	3	0,6038	<i>White noise</i>
	12	5,23	9	0,8138	
	18	15,18	15	0,4382	
	24	21,67	21	0,4188	
	30	28,32	27	0,3947	
	36	38,49	33	0,2350	
	42	48,00	39	0,1529	
	48	55,53	45	0,1351	

Berdasarkan Tabel 4.14, model fungsi transfer *multi input* sudah memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai *p-value* >0,05 pada semua lag. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai *p-value* < 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa residual model fungsi transfer *multi input* belum berdistribusi normal. Hal ini disebabkan karena adanya *outlier* seperti pada Gambar 4.26.



**Gambar 4.26** Plot Kenormalan Residual Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Oleh karena itu estimasi parameter model fungsi transfer *multi input* dilanjutkan dengan menambahkan deteksi *outlier*. Hasil estimasi parameter model dengan melibatkan deteksi *outlier* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15** Uji Signifikansi Parameter Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Deteksi *Outlier*

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
FTMI ( $b=0, r=0, s=2$ ) ( $b=0, r=0, s=0$ ) ARMA([8],[1,21]) Dengan Deteksi <i>Outlier</i>	$\phi_8$	-0.07062	0.01951	0.0003	Signifikan
	$\theta_1$	0.97808	0.0039743	<.0001	Signifikan
	$\theta_{21}$	-0.08653	0.0041082	<.0001	Signifikan
	$\omega_{01}$	1.08721	0.03749	<.0001	Signifikan
	$\omega_{11}$	0.14210	0.04267	0.0009	Signifikan
	$\omega_{12}$	0.10603	0.03732	0.0045	Signifikan
	$\omega_{02}$	-0.29477	0.01592	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1914}$	2.58556	0.47729	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1955}$	3.76015	0.38108	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1500}$	2.36799	0.37997	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS521}$	2.88466	0.37006	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS2315}$	-2.74858	0.25836	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS495}$	-1.93683	0.38170	<.0001	Signifikan	

$\omega_{LS438}$	4.16608	0.44450	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO738}$	6.71760	1.46573	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS712}$	-2.33770	0.32115	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS2150}$	2.43305	0.26590	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1232}$	1.59742	0.31797	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO374}$	6.59345	1.46921	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO1247}$	-6.19631	1.51078	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1460}$	-2.13487	0.36431	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1881}$	-2.25840	0.48806	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO1427}$	-4.48040	1.39438	0.0013	Signifikan
$\omega_{LS415}$	-1.73977	0.40172	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO433}$	6.67208	1.54863	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO421}$	5.29031	1.54662	0.0006	Signifikan
$\omega_{AO532}$	-5.45649	1.50228	0.0003	Signifikan
$\omega_{AO533}$	-5.39245	1.50442	0.0003	Signifikan
$\omega_{AO1417}$	-4.59500	1.41409	0.0012	Signifikan
$\omega_{AO468}$	-6.00653	1.51365	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO923}$	-5.01276	1.44005	0.0005	Signifikan
$\omega_{AO1549}$	-5.43762	1.47184	0.0002	Signifikan
$\omega_{LS1861}$	2.12818	0.33309	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1844}$	-1.81929	0.39900	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS23}$	1.00674	0.28015	0.0003	Signifikan
$\omega_{AO782}$	5.10401	1.44872	0.0004	Signifikan
$\omega_{AO1599}$	-5.31512	1.42640	0.0002	Signifikan
$\omega_{AO703}$	-5.41551	1.47247	0.0002	Signifikan
$\omega_{AO2397}$	-5.39788	1.43415	0.0002	Signifikan
$\omega_{AO2379}$	-4.86378	1.43157	0.0007	Signifikan
$\omega_{LS1108}$	1.85665	0.31633	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO911}$	-4.92795	1.45605	0.0007	Signifikan
$\omega_{LS1006}$	-1.74271	0.33229	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1930}$	-1.86401	0.36570	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO2352}$	-5.11286	1.45440	0.0004	Signifikan
$\omega_{AO979}$	-4.67505	1.46565	0.0014	Signifikan
$\omega_{AO2376}$	-4.74608	1.45186	0.0011	Signifikan
$\omega_{AO693}$	-4.79929	1.52001	0.0016	Signifikan
$\omega_{AO2514}$	-4.09626	1.36245	0.0027	Signifikan
$\omega_{LS1169}$	1.28100	0.32327	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS2265}$	-1.56394	0.28727	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO794}$	5.19926	1.46275	0.0004	Signifikan
$\omega_{AO1598}$	-4.59685	1.43403	0.0014	Signifikan
$\omega_{AO2630}$	3.10007	1.36291	0.0230	Signifikan
$\omega_{AO2386}$	-4.41435	1.42128	0.0019	Signifikan
$\omega_{AO2502}$	-3.80685	1.41302	0.0071	Signifikan
$\omega_{AO955}$	-5.18179	1.47551	0.0005	Signifikan
$\omega_{AO912}$	-4.29806	1.45704	0.0032	Signifikan
$\omega_{AO85}$	6.73449	1.43880	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO2708}$	-5.89364	1.44115	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO1595}$	-4.50637	1.43928	0.0018	Signifikan
$\omega_{AO1633}$	-4.94593	1.42416	0.0005	Signifikan
$\omega_{AO40}$	3.70062	1.51843	0.0149	Signifikan
$\omega_{AO2889}$	-3.92313	1.53695	0.0107	Signifikan
$\omega_{AO2398}$	-4.39482	1.43520	0.0022	Signifikan
$\omega_{AO1746}$	-4.35199	1.40862	0.0020	Signifikan

$\omega_{AO435}$	5.24381	1.54619	0.0007	Signifikan
$\omega_{AO1536}$	-4.61700	1.40708	0.0010	Signifikan
$\omega_{AO1585}$	-4.47069	1.43765	0.0019	Signifikan
$\omega_{AO1477}$	4.86377	1.53092	0.0015	Signifikan
$\omega_{AO1622}$	-4.73966	1.43221	0.0009	Signifikan
$\omega_{AO1580}$	-4.20524	1.42390	0.0032	Signifikan
$\omega_{AO2887}$	-3.59615	1.53723	0.0194	Signifikan
$\omega_{AO967}$	-4.04400	1.41987	0.0044	Signifikan
$\omega_{AO1042}$	5.25892	1.44951	0.0003	Signifikan
$\omega_{AO1066}$	4.48708	1.46726	0.0022	Signifikan
$\omega_{AO1100}$	5.16692	1.48871	0.0005	Signifikan
$\omega_{AO1922}$	-4.86169	1.55430	0.0018	Signifikan
$\omega_{AO1226}$	-4.42838	1.45948	0.0024	Signifikan
$\omega_{AO471}$	-4.95615	1.52001	0.0011	Signifikan
$\omega_{AO337}$	3.56600	1.43557	0.0130	Signifikan
$\omega_{AO450}$	-4.74704	1.53410	0.0020	Signifikan
$\omega_{AO444}$	-4.28900	1.52927	0.0051	Signifikan
$\omega_{AO447}$	-3.93278	1.53682	0.0105	Signifikan
$\omega_{AO981}$	-4.25688	1.48830	0.0043	Signifikan
$\omega_{AO407}$	3.72845	1.50674	0.0134	Signifikan
$\omega_{AO455}$	-4.20499	1.53045	0.0060	Signifikan
$\omega_{AO441}$	-3.60598	1.53571	0.0189	Signifikan
$\omega_{AO805}$	4.70632	1.46895	0.0014	Signifikan
$\omega_{AO457}$	-4.09623	1.53115	0.0075	Signifikan
$\omega_{AO689}$	-4.39851	1.49918	0.0034	Signifikan
$\omega_{AO395}$	3.93453	1.52716	0.0100	Signifikan
$\omega_{AO313}$	3.99341	1.43249	0.0053	Signifikan
$\omega_{AO413}$	3.12706	1.52585	0.0405	Signifikan
$\omega_{AO1017}$	3.94002	1.50857	0.0091	Signifikan
$\omega_{AO825}$	3.68895	1.44430	0.0107	Signifikan
$\omega_{AO870}$	4.42787	1.44726	0.0022	Signifikan
$\omega_{AO1288}$	-4.17053	1.45715	0.0042	Signifikan
$\omega_{AO2529}$	3.95821	1.40807	0.0050	Signifikan
$\omega_{AO837}$	4.38754	1.45858	0.0027	Signifikan
$\omega_{AO839}$	4.63772	1.46504	0.0016	Signifikan
$\omega_{AO1221}$	4.29853	1.50775	0.0044	Signifikan
$\omega_{AO851}$	3.98436	1.45385	0.0062	Signifikan
$\omega_{AO876}$	4.02647	1.46140	0.0059	Signifikan
$\omega_{AO1933}$	3.87489	1.53876	0.0119	Signifikan
$\omega_{AO816}$	4.11275	1.45585	0.0048	Signifikan
$\omega_{AO1850}$	4.28394	1.55152	0.0058	Signifikan
$\omega_{AO1076}$	3.85235	1.45003	0.0079	Signifikan
$\omega_{LS2736}$	-0.70910	0.24998	0.0046	Signifikan
$\omega_{AO514}$	3.36783	1.53362	0.0282	Signifikan
$\omega_{AO745}$	3.29610	1.43336	0.0215	Signifikan
$\omega_{AO778}$	3.50318	1.45452	0.0161	Signifikan
$\omega_{AO817}$	3.09803	1.45978	0.0339	Signifikan
$\omega_{AO411}$	-3.40290	1.51641	0.0249	Signifikan

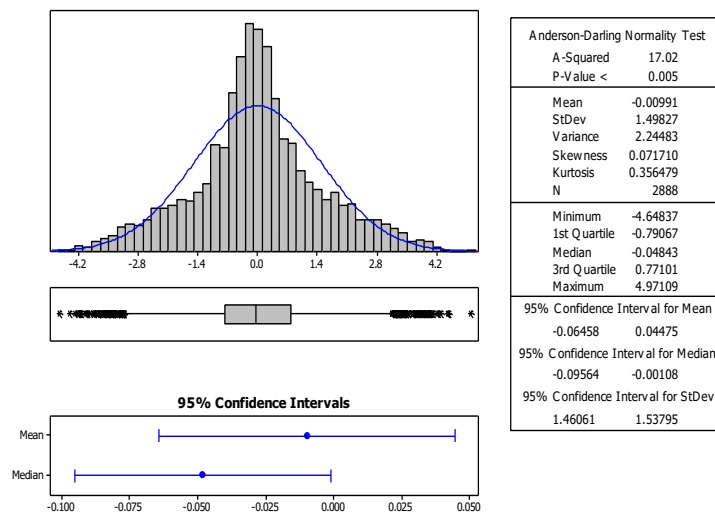


Tabel 4.15 menunjukkan bahwa semua parameter signifikan karena nilai  $p\text{-value} > 0,05$ . Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan model dengan menguji asumsi *white noise* dan normalitas dari residual model yang dihasilkan. Hasil uji asumsi seperti pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Uji *White Noise* Residual Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Deteksi *Outlier*

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
FTMI ( $b=0, r=0, s=2$ ) ( $b=0, r=0, s=0$ ) ARMA([8],[1,21]) Dengan Deteksi <i>Outlier</i>	6	3.02	3	0.3890	<i>White noise</i>
	12	12.10	9	0.2076	
	18	19.81	15	0.1794	
	24	22.69	21	0.3605	
	30	28.98	27	0.3620	
	36	32.34	33	0.4998	
	42	43.61	39	0.2817	
	48	46.77	45	0.3997	

Berdasarkan Tabel 4.16, model fungsi transfer *multi input* dengan deteksi *outlier* sudah memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai  $p\text{-value} > 0,05$  pada semua lag. Uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* belum berdistribusi normal.



**Gambar 4.27** *Graphical Summary* untuk Residual Model Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Deteksi *Outlier*

Gambar 4.27 menunjukkan bahwa uji normalitas den metode Anderson-Darling menunjukkan bahwa  $p\text{-value} < 0,05$  yang berarti belum berdistribusi normal. Nilai kurtosis dari histogram data residual sebesar 0,356479 maka dapat dikatakan kurva berbentuk mesokurtik sehingga sulit dibentuk berdistribusi normal.

Model akhir fungsi transfer *multi input* dengan deteksi *outlier* yang terbentuk adalah :

$$\begin{aligned}
Y_t = & 1.08721X_{1,t} - 0.94511X_{1,t-1} - 0.03607X_{1,t-2} - 0.29477X_{2,t} + \\
& 0.29477X_{2,t-1} + \frac{2.58556}{1-B}I_t^{T=1914} + \frac{3.76015}{1-B}I_t^{T=1955} + \frac{2.36799}{1-B}I_t^{T=1500} + \\
& \frac{2.88466}{1-B}I_t^{T=521} - \frac{2.74858}{1-B}I_t^{T=2315} - \frac{1.93683}{1-B}I_t^{T=495} + \frac{4.16608}{1-B}I_t^{T=438} + \\
& 6.71760I_t^{T=738} - \frac{2.33770}{1-B}I_t^{T=712} + \frac{2.43305}{1-B}I_t^{T=2150} + \frac{1.59742}{1-B}I_t^{T=1232} + \\
& 6.59345I_t^{T=374} - 6.19631I_t^{T=1247} - \frac{2.13487}{1-B}I_t^{T=1460} - \frac{2.25840}{1-B}I_t^{T=1881} - \\
& 4.48040I_t^{T=1427} - \frac{1.73977}{1-B}I_t^{T=415} + 6.67208I_t^{T=433} + 5.29031I_t^{T=421} - \\
& 5.45649I_t^{T=532} - 5.39245I_t^{T=533} - 4.5950I_t^{T=1417} - 6.00653I_t^{T=468} - \\
& 5.01276I_t^{T=923} - 5.43762I_t^{T=1549} + \frac{2.12818}{1-B}I_t^{T=1861} - \frac{1.81929}{1-B}I_t^{T=1844} + \\
& \frac{1.00674}{1-B}I_t^{T=23} + 5.10401I_t^{T=782} - 5.31512I_t^{T=1599} - 5.41551I_t^{T=703} - \\
& 5.39788I_t^{T=2397} - 4.86378I_t^{T=2379} + \frac{1.85665}{1-B}I_t^{T=1108} - 5.11286I_t^{T=2352} - \\
& 4.92795I_t^{T=911} - \frac{1.74271}{1-B}I_t^{T=1006} - \frac{1.86401}{1-B}I_t^{T=1930} - 4.67505I_t^{T=979} - \\
& 4.74608I_t^{T=2376} - 4.79929I_t^{T=693} - 4.09626I_t^{T=2514} + \frac{1.28100}{1-B}I_t^{T=1169} - \\
& \frac{1.56394}{1-B}I_t^{T=2265} + 5.19926I_t^{T=794} - 4.59685I_t^{T=1598} + 3.10007I_t^{T=2630} - \\
& 4.41435I_t^{T=2386} - 3.80685I_t^{T=2502} - 5.18179I_t^{T=955} - 4.29806I_t^{T=912} + \\
& 6.73449I_t^{T=85} - 5.89364I_t^{T=2708} - 4.50637I_t^{T=1595} - 4.94593I_t^{T=1633} + \\
& 3.70062I_t^{T=40} - 3.92313I_t^{T=2889} - 4.39482I_t^{T=2398} - 4.35199I_t^{T=1746} + \\
& 5.24381I_t^{T=435} - 4.61700I_t^{T=1536} - 4.47069I_t^{T=1585} + 4.86377I_t^{T=1477} - \\
& 4.73966I_t^{T=1622} - 4.20524I_t^{T=1580} - 3.59615I_t^{T=2887} - 4.04400I_t^{T=967} + \\
& 5.25892I_t^{T=1042} + 4.48708I_t^{T=1066} + 5.16692I_t^{T=1100} - \\
& 4.86169I_t^{T=1922} - 4.42838I_t^{T=1226} - 4.95615I_t^{T=471} + 3.56600I_t^{T=337} - \\
& 4.74704I_t^{T=450} - 4.28900I_t^{T=444} - 3.93278I_t^{T=447} - 4.25688I_t^{T=981} + \\
& 3.72845I_t^{T=407} - 4.20499I_t^{T=455} - 3.60598I_t^{T=441} + 4.70632I_t^{T=805} - \\
& 4.09623I_t^{T=457} - 4.39851I_t^{T=689} + 3.93453I_t^{T=395} + 3.99341I_t^{T=313} + \\
& 3.12706I_t^{T=413} + 3.94002I_t^{T=1017} + 3.68895I_t^{T=825} + 4.42787I_t^{T=870} - \\
& 4.17053I_t^{T=1288} + 3.95821I_t^{T=2529} + 4.38754I_t^{T=837} + 4.63772I_t^{T=839} + \\
& 4.29853I_t^{T=1221} + 3.98436I_t^{T=851} + 4.02647I_t^{T=876} + 3.87489I_t^{T=1933} + \\
& 4.11275I_t^{T=816} + 4.28394I_t^{T=1850} + 3.85235I_t^{T=1076} - \frac{0.70910}{1-B}I_t^{T=2736} + \\
& 3.36783I_t^{T=514} + 3.29610I_t^{T=745} + 3.50318I_t^{T=778} + 3.09803I_t^{T=817} - \\
& 3.40290I_t^{T=411} + \frac{(1-0.97808B^1+0.08653B^{21})a_t}{(1+0.07062B^8)} + Y_{t-1}
\end{aligned}$$

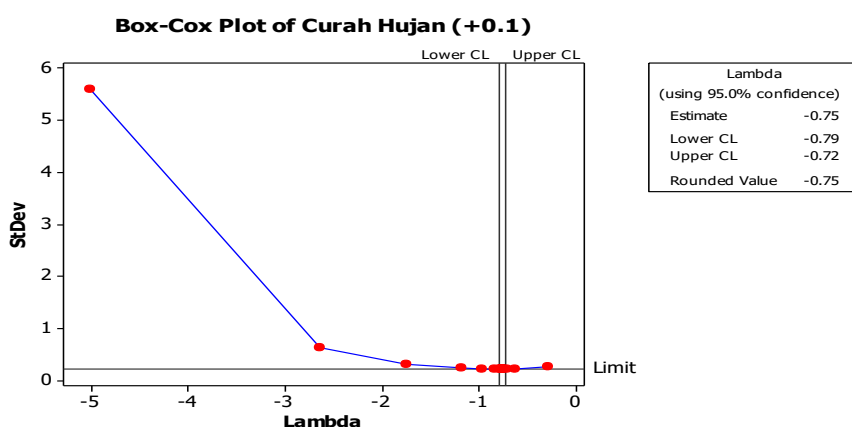
Hasil Peramalan data *outsample* untuk 31 hari ke depan menggunakan model fungsi transfer *multi input* disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Peramalan Data *Out-Sample* menggunakan Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Hari	Bulan	Ramalan data <i>Out-Sample</i>	Data Aktual
1	Desember	0.0079	0.25
2	Desember	0.0133	0.00
3	Desember	0.0034	0.00
4	Desember	0.0071	7.87
5	Desember	0.0119	8.89
6	Desember	0.0095	57.15
7	Desember	0.0122	0.00
8	Desember	0.0124	0.00
9	Desember	0.0129	0.00
10	Desember	0.0128	0.00
11	Desember	0.0129	0.00
12	Desember	0.0146	0.00
13	Desember	0.0104	0.00
14	Desember	0.0153	9.91
15	Desember	0.0138	0.00
16	Desember	0.0223	0.00
17	Desember	0.0216	0.00
18	Desember	0.0210	7.87
19	Desember	0.0197	0.00
20	Desember	0.0179	0.25
21	Desember	0.0189	7.87
22	Desember	0.0187	0.51
23	Desember	0.0189	1.02
24	Desember	0.0186	2.03
25	Desember	0.0190	0.00
26	Desember	0.0199	0.25
27	Desember	0.0202	23.11
28	Desember	0.0181	0.25
29	Desember	0.0172	3.05
30	Desember	0.0172	0.00
31	Desember	0.0173	0.51

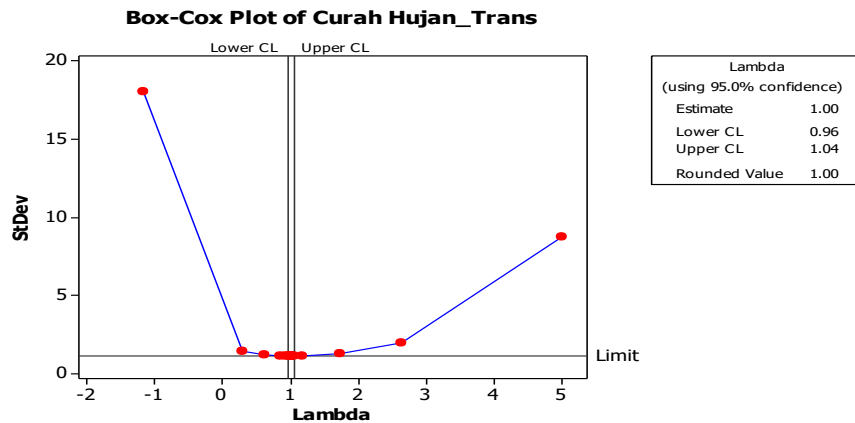
### 4.3 Peramalan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan ARIMA

Asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis *time series* adalah stasioneritas data baik dalam varians maupun dalam rata-rata. Pemeriksaan stasioneritas data dalam varians dapat dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox plot*. Pada data curah hujan harian di kota Surabaya terdapat beberapa pengamatan yang memiliki nilai nol sehingga perlu ditambahkan konstanta yang lebih dari nol agar pemeriksaan stasioneritas data dalam varians dapat dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox plot*. Gambar 4.28 berikut menampilkan *Box-Cox plot* dari data curah hujan harian di kota Surabaya untuk periode Januari 2008 sampai dengan November 2015.



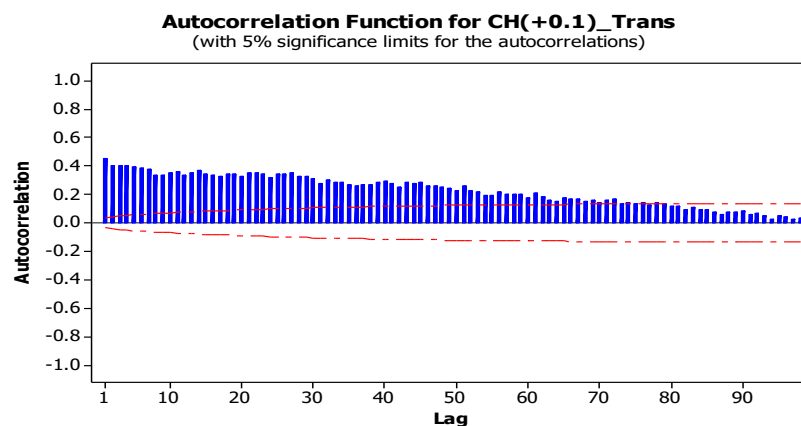
**Gambar 4.28** *Box-Cox plot* Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.28, diketahui bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah -0,75 dengan batas bawah kepercayaan (*lower CL*) sebesar -0,79 dan batas atas kepercayaan (*upper CL*) -0,72. Data belum stasioner dalam varians karena nilai *rounded value* lambda tidak memuat nilai satu sehingga perlu dilakukan transformasi. Gambar 4.29 menunjukkan *Box-Cox plot* dari hasil transformasi pada data curah hujan harian di kota Surabaya.

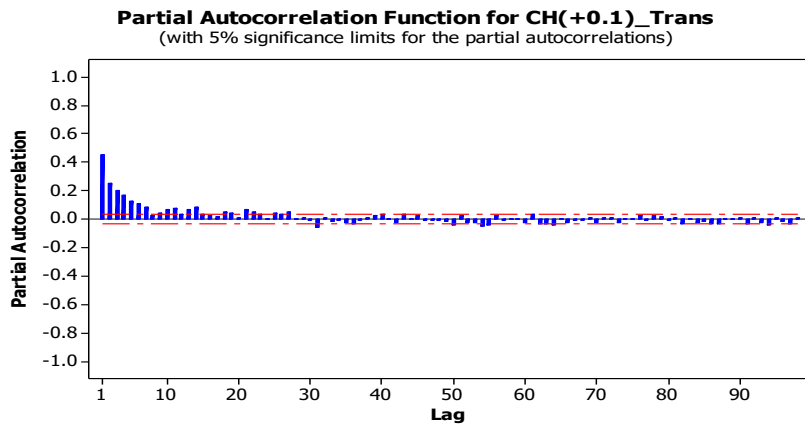


**Gambar 4.29** *Box-Cox plot* Data Hasil Transformasi Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.29, diketahui bahwa data sudah stasioner dalam varians karena nilai *rounded value* lambda sudah memuat nilai satu. Langkah selanjutnya adalah memeriksa kestasioneran data dalam rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran data dalam rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan plot ACF dan PACF. Gambar 4.30 dan Gambar 4.31 menampilkan plot ACF dan PACF dari data hasil transformasi curah hujan harian di kota Surabaya.

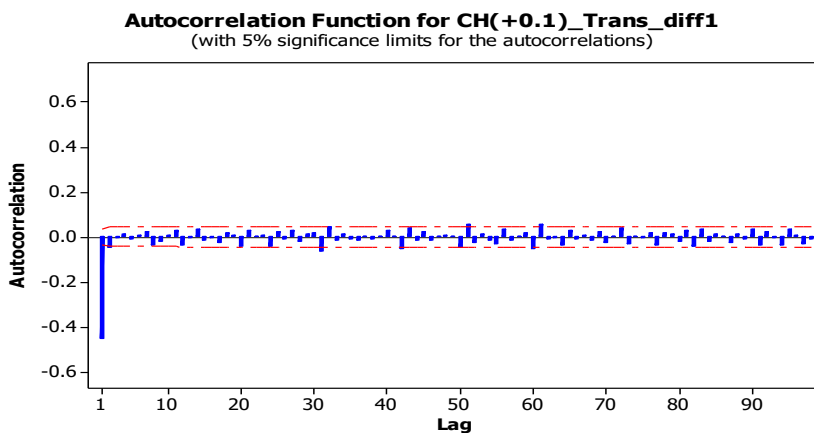


**Gambar 4.30** ACF Plot Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

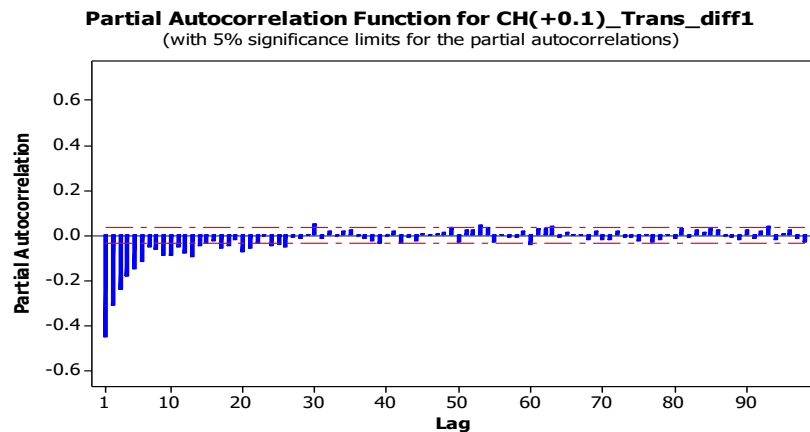


**Gambar 4.31** PACF Plot Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Gambar 4.30 dan Gambar 4.31 menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam rata-rata karena nilai autokorelasinya cenderung turun secara lambat. Nilai autokorelasi pada suatu *lag* relatif tidak jauh berbeda dengan *lag* sebelumnya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menstasionerkan data dalam rata-rata adalah dengan menggunakan proses *differencing*. Karena nilai autokorelasi cenderung turun secara lambat, maka dilakukan *differencing* satu terhadap data hasil transformasi.



**Gambar 4.32** ACF Plot Curah Hujan Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada *lag-1*



**Gambar 4.33** PACF Plot Curah Hujan Harian di Kota Surabaya setelah di *differencing* pada lag-1

Berdasarkan Gambar 4.32 dan Gambar 4.33, diketahui data hasil transformasi sudah stasioner dalam rata-rata. Langkah selanjutnya adalah menentukan model ARIMA sementara berdasarkan *lag-lag* yang signifikan pada plot ACF dan PACF. Berdasarkan hasil identifikasi dari *lag* yang signifikan pada diagram ACF dan PACF, maka model ARIMA sementara curah hujan harian di kota Surabaya, yaitu ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,1,[1,2,21]) dan ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]). Uji signifikansi parameter model ARIMA untuk curah hujan harian di kota Surabaya disajikan dalam Tabel 4.18.

**Tabel 4.18** Uji Signifikansi Parameter Model Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,1)	$\theta_1$	0,88980	0,00847	<,0001	Signifikan
ARIMA (1,1,[1,2,21])	$\phi_1$	0,34182	0,16810	0,0421	Signifikan
	$\theta_1$	1,15857	0,17262	<,0001	Signifikan
	$\theta_2$	-0,21709	0,15678	0,1662	Tidak Signifikan
	$\theta_{21}$	-0,01842	0,00675	0,0064	Signifikan
ARIMA ([1,8],1,[1,21,31])	$\phi_1$	0,09026	0,02078	<,0001	Signifikan
	$\phi_8$	-0,05587	0,01930	0,0038	Signifikan
	$\theta_1$	0,90635	0,00902	<,0001	Signifikan
	$\theta_{21}$	-0,02509	0,00827	0,0024	Signifikan
	$\theta_{31}$	0,02097	0,00842	0,0128	Signifikan
	$\theta_{43}$	-0,02326	0,00808	0,0040	Signifikan

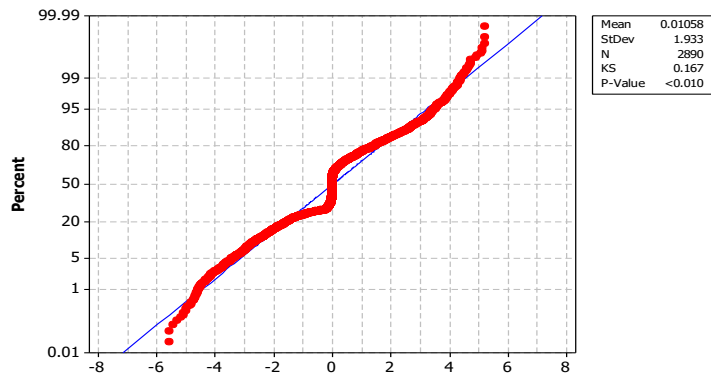
Tabel 4.18 menunjukkan bahwa model yang memenuhi uji signifikansi parameter (nilai *p-value* <0,05) adalah model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]). Untuk menentukan kelayakan model ARIMA dilakukan cek diagnosa residual untuk menguji residual bersifat *white noise* atau tidak. Hasil dari pengujian *white noise* residual disajikan dalam Tabel 4.19.

**Tabel 4.19** Uji Residual Model Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
ARIMA (0,1,1)	6	18,23	5	0,0027	Tidak <i>white noise</i>
	12	51,65	11	<,0001	
	18	58,52	17	<,0001	
	24	66,06	23	<,0001	
	30	85,55	29	<,0001	
	36	104,11	35	<,0001	
	42	113,19	41	<,0001	
	48	128,94	47	<,0001	
ARIMA ([1,8,],1,[1,21,31,43])	6	.	0	.	<i>White noise</i>
	12	10,58	6	0,1022	
	18	18,54	12	0,1002	
	24	24,48	18	0,1399	
	30	29,80	24	0,1915	
	36	39,10	30	0,1236	
	42	48,93	36	0,07,37	
	48	52,91	42	0,1205	

Berdasarkan tabel 4.19, uji residual untuk model ARIMA (0,1,1) tidak memenuhi asumsi *white noise* karena nilai *p-value* < 0,05 sedangkan uji residual untuk model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) telah memenuhi sifat *white noise* karena nilai *p-value* > 0,05 untuk semua *lag*. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai *p-value* < 0,05 sehingga residual model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) tidak berdistribusi normal. Hal ini disebabkan karena adanya *outlier* seperti disajikan pada Gambar 4.34.





**Gambar 4.34** Plot Kenormalan Residual Model ARIMA  $([1,8],1,[1,21,31,43])$

Gambar 4.34 menunjukkan bahwa adanya *outlier*. Oleh karena itu estimasi parameter model ARIMA  $([1,8],1,[1,21,31,43])$  dilanjutkan dengan menambahkan deteksi *outlier*. Hasil estimasi parameter model dengan melibatkan deteksi *outlier* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4.20** Uji Signifikansi Parameter Model ARIMA  $([1,8],1,[1,21,31,43])$  dengan Deteksi *Outlier*

Model	Parameter	Estimasi	S.E	P-value	Keputusan
ARIMA $([1,8],1,[1,21,31])$ Dengan Deteksi <i>Outlier</i>	$\phi_1$	0.06848	0.01983	0.0006	Signifikan
	$\phi_8$	-0.05916	0.01940	0.0023	Signifikan
	$\theta_1$	0.96016	0.00661	<.0001	Signifikan
	$\theta_{21}$	-0.05755	0.00754	<.0001	Signifikan
	$\theta_{31}$	0.05049	0.00804	<.0001	Signifikan
	$\theta_{43}$	-0.02721	0.00706	0.0001	Signifikan
	$\omega_{LS495}$	-3.5699	0.57912	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1500}$	3.43978	0.56897	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS521}$	3.96046	0.57828	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1232}$	3.00759	0.57114	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS438}$	2.77369	0.57335	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1945}$	3.06386	0.56684	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS712}$	-3.09949	0.57174	<.0001	Signifikan
	$\omega_{LS1403}$	-2.38085	0.56506	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS300}$	-2.71608	0.56539	<.0001	Signifikan	
$\omega_{LS1060}$	-2.75711	0.60738	<.0001	Signifikan	

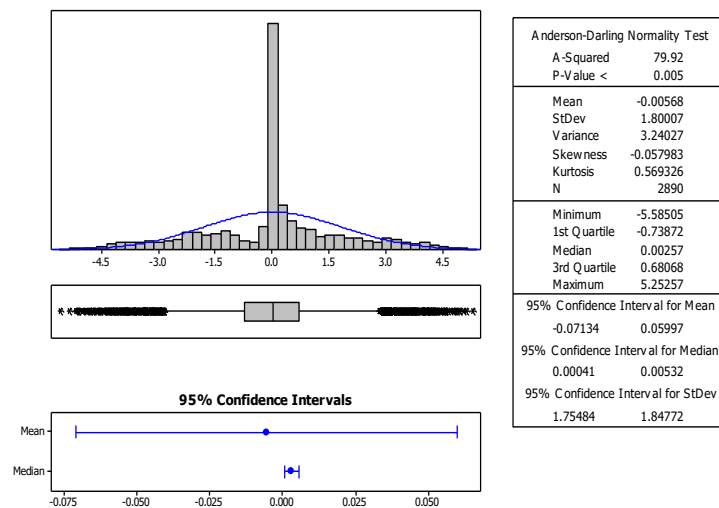
$\omega_{LS1045}$	2.13577	0.60534	0.0004	Signifikan
$\omega_{LS1881}$	-3.2088	0.58221	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS771}$	1.90248	0.57257	0.0009	Signifikan
$\omega_{LS2659}$	-1.95784	0.56862	0.0006	Signifikan
$\omega_{LS1906}$	2.69655	0.5701	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS1861}$	2.56116	0.57886	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO1247}$	-5.83365	1.77765	0.0010	Signifikan
$\omega_{AO2394}$	-5.53531	1.7643	0.0017	Signifikan
$\omega_{AO689}$	-5.64247	1.76817	0.0014	Signifikan
$\omega_{LS2639}$	2.29481	0.57316	<.0001	Signifikan
$\omega_{LS2683}$	2.64769	0.56305	<.0001	Signifikan
$\omega_{AO1887}$	5.90714	1.793	0.0010	Signifikan
$\omega_{AO1633}$	-5.34462	1.76424	0.0025	Signifikan
$\omega_{LS1841}$	-1.71085	0.59802	0.0043	Signifikan
$\omega_{AO2708}$	-4.92942	1.76836	0.0053	Signifikan
$\omega_{AO1185}$	4.91497	1.76511	0.0054	Signifikan
$\omega_{AO282}$	-4.88782	1.77502	0.0059	Signifikan
$\omega_{AO506}$	5.44553	1.79735	0.0025	Signifikan
$\omega_{AO526}$	-4.96412	1.78249	0.0054	Signifikan
$\omega_{AO1746}$	-4.68312	1.76215	0.0079	Signifikan
$\omega_{AO1477}$	5.71383	1.78736	0.0014	Signifikan
$\omega_{AO1460}$	-1.98261	0.57196	0.0005	Signifikan
$\omega_{LS2543}$	-1.40058	0.58194	0.0162	Signifikan
$\omega_{LS2573}$	-1.55258	0.58368	0.0079	Signifikan
$\omega_{LS899}$	1.23072	0.57504	0.0324	Signifikan
$\omega_{AO499}$	4.73927	1.7908	0.0082	Signifikan

Tabel 4.20 menunjukkan bahwa semua parameter signifikan karena nilai *p-value* > 0,05. Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan model dengan menguji asumsi *white noise* dan normalitas dari residual model yang dihasilkan. Hasil uji asumsi seperti pada Tabel 4.21 berikut.

**Tabel 4.21** Uji *White Noise* Residual Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan Deteksi *Outlier*

Model	Lag	Chi-Square	DF	P-value	Keputusan
ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) Dengan Deteksi <i>Outlier</i>	6	.	0	.	<i>White noise</i>
	12	8.85	6	0.1820	
	18	16.73	12	0.1602	
	24	22.68	18	0.2031	
	30	25.91	24	0.3579	
	36	38.04	30	0.1487	
	42	49.84	36	0.0623	
	48	53.24	42	0.1146	

Berdasarkan Tabel 4.21, model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan deteksi *outlier* sudah memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai *p-value* >0,05 pada semua lag. Uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* belum berdistribusi normal.



**Gambar 4.35** *Graphical Summary* untuk Residual Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan Deteksi *Outlier*

Gambar 4.35 menunjukkan bahwa nilai kurtosis sebesar 0,569326 dan *p-value* < 0,05 maka dapat dikatakan kurva berbentuk platikurtik sehingga sulit dibentuk berdistribusi normal.

Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) dengan deteksi *outlier* yang terbentuk adalah :

$$\begin{aligned}
 Y_t = & 1.06848Y_{t-1} - 0.06848Y_{t-2} - 0.05916Y_{t-8} + 0.05916Y_{t-9} + a_t + \\
 & 0.96016a_{t-1} - 0.05755a_{t-21} + 0.05049a_{t-31} - 0.02721a_{t-43} - \\
 & \frac{3.56990}{1-B} I_t^{T=495} + \frac{3.43978}{1-B} I_t^{T=1500} + \frac{3.96046}{1-B} I_t^{T=521} + \frac{3.00759}{1-B} I_t^{T=1232} + \\
 & \frac{2.77369}{1-B} I_t^{T=438} + \frac{3.06386}{1-B} I_t^{T=1945} - \frac{3.09949}{1-B} I_t^{T=712} - \frac{2.38085}{1-B} I_t^{T=1403} - \\
 & \frac{2.71608}{1-B} I_t^{T=300} - \frac{2.75711}{1-B} I_t^{T=1060} + \frac{2.13577}{1-B} I_t^{T=1045} - \frac{3.20880}{1-B} I_t^{T=1881} + \\
 & \frac{1.90248}{1-B} I_t^{T=771} - \frac{1.95784}{1-B} I_t^{T=2659} + \frac{2.69655}{1-B} I_t^{T=1906} + \frac{2.56116}{1-B} I_t^{T=1861} - \\
 & 5.83365I_t^{T=1247} - 5.53531I_t^{T=2394} - 5.64247I_t^{T=689} + \frac{2.29481}{1-B} I_t^{T=2639} + \\
 & \frac{2.64769}{1-B} I_t^{T=2683} + 5.90714I_t^{T=1887} - 5.34462I_t^{T=1633} - \frac{1.71085}{1-B} I_t^{T=1841} - \\
 & 4.92942I_t^{T=2708} + 4.91497I_t^{T=1185} - 4.88782I_t^{T=282} + 5.44553I_t^{T=502} - \\
 & 4.96412I_t^{T=526} - 4.68312I_t^{T=1746} + 5.71383I_t^{T=1477} - \frac{1.98261}{1-B} I_t^{T=1460} - \\
 & \frac{1.40058}{1-B} I_t^{T=2543} - \frac{1.55258}{1-B} I_t^{T=2573} + \frac{1.23072}{1-B} I_t^{T=899} + 4.73927I_t^{T=499}
 \end{aligned}$$

Hasil Peramalan data *outsample* untuk 31 hari ke depan menggunakan model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43]) disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Peramalan Data *Out-Sample* menggunakan Model ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43])

Hari	Bulan	Ramalan data <i>Out-Sample</i>	Data Aktual
1	Desember	0.0119	0.25
2	Desember	0.0129	0.00
3	Desember	0.0039	0.00
4	Desember	0.0033	7.87
5	Desember	0.0120	8.89
6	Desember	0.0046	57.15
7	Desember	0.0121	0.00
8	Desember	0.0126	0.00
9	Desember	0.0117	0.00
10	Desember	0.0116	0.00
11	Desember	0.0122	0.00
12	Desember	0.0123	0.00
13	Desember	0.0118	0.00
14	Desember	0.0123	9.91
15	Desember	0.0119	0.00
16	Desember	0.0218	0.00
17	Desember	0.0331	0.00
18	Desember	0.0322	7.87
19	Desember	0.0431	0.00
20	Desember	0.0416	0.25
21	Desember	0.0402	7.87
22	Desember	0.0401	0.51
23	Desember	0.0401	1.02

24	Desember	0.0393	2.03
25	Desember	0.0385	0.00
26	Desember	0.0275	0.25
27	Desember	0.0178	23.11
28	Desember	0.0185	0.25
29	Desember	0.0116	3.05
30	Desember	0.0125	0.00
31	Desember	0.0133	0.51

#### 4.4 Perbandingan Peramalan Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan Model Fungsi Transfer *Multi Input* dan ARIMA

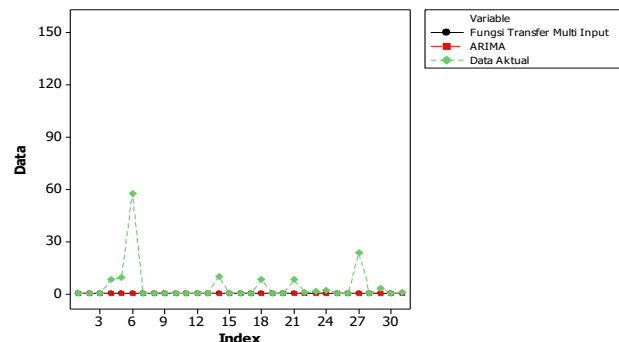
Metode peramalan terbaik merupakan metode yang menghasilkan nilai RMSE paling kecil dibandingkan dengan nilai RMSE yang dihasilkan dari metode peramalan yang lainnya. Semakin kecil nilai RMSE yang diperoleh dari hasil peramalan, maka semakin akurat hasil peramalan yang dihasilkan oleh metode tersebut. Hasil Peramalan data *outsample* untuk 31 hari ke depan menggunakan model fungsi transfer *multi input* dan ARIMA disajikan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil Peramalan Data *Out-Sample* menggunakan Model Fungsi Transfer *Multi Input* dan ARIMA ([1,8],1,[1,21,31,43])

Hari	Bulan	Fungsi Transfer <i>Multi Input</i>	ARIMA
1	Desember	0.0079	0.0119
2	Desember	0.0133	0.0129
3	Desember	0.0034	0.0039
4	Desember	0.0071	0.0033
5	Desember	0.0119	0.0120
6	Desember	0.0095	0.0046
7	Desember	0.0122	0.0121
8	Desember	0.0124	0.0126
9	Desember	0.0129	0.0117
10	Desember	0.0128	0.0116
11	Desember	0.0129	0.0122
12	Desember	0.0146	0.0123
13	Desember	0.0104	0.0118
14	Desember	0.0153	0.0123
15	Desember	0.0138	0.0119
16	Desember	0.0223	0.0218
17	Desember	0.0216	0.0331
18	Desember	0.0210	0.0322
19	Desember	0.0197	0.0431
20	Desember	0.0179	0.0416
21	Desember	0.0189	0.0402
22	Desember	0.0187	0.0401
23	Desember	0.0189	0.0401

24	Desember	0.0186	0.0393
25	Desember	0.0190	0.0385
26	Desember	0.0199	0.0275
27	Desember	0.0202	0.0178
28	Desember	0.0181	0.0185
29	Desember	0.0172	0.0116
30	Desember	0.0172	0.0125
31	Desember	0.0173	0.0133
RMSE		11.6052	11.6056

Berdasarkan Tabel 4.24 diketahui nilai RMSE yang diperoleh dari hasil peramalan data *out-sample* untuk jangka waktu 31 hari ke depan menggunakan model fungsi transfer *multi input* adalah 11,6052 Sedangkan nilai RMSE yang diperoleh dari hasil peramalan data *out-sample* menggunakan model ARIMA untuk jangka waktu 31 hari ke depan adalah 11,6056. Dengan demikian model fungsi transfer *multi input* merupakan model terbaik pada peramalan curah hujan harian di kota Surabaya untuk jangka waktu 31 hari ke depan karena model fungsi transfer *multi input* menghasilkan nilai RMSE yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai RMSE yang dihasilkan dari model ARIMA. Secara visual, perbandingan hasil peramalan dengan model fungsi transfer *multi input*, ARIMA dan data aktual curah hujan harian di kota Surabaya disajikan pada Gambar 36



**Gambar 36** Perbandingan Hasil Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer *Multi Input* dan ARIMA dengan Data Aktual

Berdasarkan Gambar 36 diketahui bahwa hasil peramalan dengan model fungsi transfer *multi input* dan model ARIMA hampir sama. Kedua model tersebut menghasilkan peramalan yang kurang tepat pada beberapa observasi dimana pada observasi tersebut merupakan *outlier* dalam data aktual.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari analisis dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Model peramalan untuk suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin yaitu:

- Model ARIMA untuk suhu harian di kota Surabaya

$$X_{1t} = 1,36673X_{1t-1} - 0,36673X_{1t-2} - 0,05154X_{1t-8} + \\ 0,05154X_{1t-9} + a_t - 0,84504a_{t-1} - 0,02894a_{t-33}$$

- Model ARIMA untuk kelembaban harian di kota Surabaya

$$X_{2t} = X_{2t-1} + 0,23148X_{2t-2} - 0,23148X_{2t-3} - 0,05979X_{2t-8} + \\ 0,05979X_{2t-9} + 0,05011X_{2t-19} - 0,05011X_{2t-20} + a_{2t} - \\ 0,18905a_{2t-1} - 0,48247a_{2t-2} - 0,10826a_{2t-3} + \\ 0,04514a_{2t-20} + 0,05447a_{2t-24} - 0,04367a_{2t-25}$$

- Model ARIMA untuk kecepatan angin harian di kota Surabaya

$$X_{3t} = 1,58790X_{3t-1} - 0,58790X_{3t-2} + 0,33046X_{3t-5} - \\ 0,33046X_{3t-6} - 0,08355X_{3t-7} + 0,08355X_{3t-8} + a_{3t} - \\ 1,12817a_{3t-1} + 0,19869a_{3t-2} - 0,35003a_{3t-5} + 0,28300a_{3t-6}$$

2. Model peramalan curah hujan harian di Kota Surabaya

- Model peramalan curah hujan harian di kota Surabaya dengan fungsi transfer *multi input* :

$$Y_t = 1.08721X_{1,t} - 0.94511X_{1,t-1} - 0.03607X_{1,t-2} - 0.29477X_{2,t} + \\ 0.29477X_{2,t-1} + \frac{2.58556}{1-B}I_t^{T=1914} + \frac{3.76015}{1-B}I_t^{T=1955} + \\ \frac{2.36799}{1-B}I_t^{T=1500} + \frac{2.88466}{1-B}I_t^{T=521} - \frac{2.74858}{1-B}I_t^{T=2315} - \frac{1.93683}{1-B}I_t^{T=495} + \\ \frac{4.16608}{1-B}I_t^{T=438} + 6.71760I_t^{T=738} - \frac{2.33770}{1-B}I_t^{T=712} + \frac{2.43305}{1-B}I_t^{T=2150} +$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1.59742}{1-B} I_t^{T=1232} + 6.59345 I_t^{T=374} - 6.19631 I_t^{T=1247} - \\
& \frac{2.13487}{1-B} I_t^{T=1460} - \frac{2.25840}{1-B} I_t^{T=1881} - 4.48040 I_t^{T=1427} - \\
& \frac{1.73977}{1-B} I_t^{T=415} + 6.67208 I_t^{T=433} + 5.29031 I_t^{T=421} - \\
& 5.45649 I_t^{T=532} - 5.39245 I_t^{T=533} - 4.5950 I_t^{T=1417} - \\
& 6.00653 I_t^{T=468} - 5.01276 I_t^{T=923} - 5.43762 I_t^{T=1549} + \\
& \frac{2.12818}{1-B} I_t^{T=1861} - \frac{1.81929}{1-B} I_t^{T=1844} + \frac{1.00674}{1-B} I_t^{T=23} + 5.10401 I_t^{T=782} - \\
& 5.31512 I_t^{T=1599} - 5.41551 I_t^{T=703} - 5.39788 I_t^{T=2397} - \\
& 4.86378 I_t^{T=2379} + \frac{1.85665}{1-B} I_t^{T=1108} - 5.11286 I_t^{T=2352} - \\
& 4.92795 I_t^{T=911} - \frac{1.74271}{1-B} I_t^{T=1006} - \frac{1.86401}{1-B} I_t^{T=1930} - \\
& 4.67505 I_t^{T=979} - 4.74608 I_t^{T=2376} - 4.79929 I_t^{T=693} - \\
& 4.09626 I_t^{T=2514} + \frac{1.28100}{1-B} I_t^{T=1169} - \frac{1.56394}{1-B} I_t^{T=2265} + \\
& 5.19926 I_t^{T=794} - 4.59685 I_t^{T=1598} + 3.10007 I_t^{T=2630} - \\
& 4.41435 I_t^{T=2386} - 3.80685 I_t^{T=2502} - 5.18179 I_t^{T=955} - \\
& 4.29806 I_t^{T=912} + 6.73449 I_t^{T=85} - 5.89364 I_t^{T=2708} - \\
& 4.50637 I_t^{T=1595} - 4.94593 I_t^{T=1633} + 3.70062 I_t^{T=40} - \\
& 3.92313 I_t^{T=2889} - 4.39482 I_t^{T=2398} - 4.35199 I_t^{T=1746} + \\
& 5.24381 I_t^{T=435} - 4.61700 I_t^{T=1536} - 4.47069 I_t^{T=1585} + \\
& 4.86377 I_t^{T=1477} - 4.73966 I_t^{T=1622} - 4.20524 I_t^{T=1580} - \\
& 3.59615 I_t^{T=2887} - 4.04400 I_t^{T=967} + 5.25892 I_t^{T=1042} + \\
& 4.48708 I_t^{T=1066} + 5.16692 I_t^{T=1100} - 4.86169 I_t^{T=1922} - \\
& 4.42838 I_t^{T=1226} - 4.95615 I_t^{T=471} + 3.56600 I_t^{T=337} - \\
& 4.74704 I_t^{T=450} - 4.28900 I_t^{T=444} - 3.93278 I_t^{T=447} - \\
& 4.25688 I_t^{T=981} + 3.72845 I_t^{T=407} - 4.20499 I_t^{T=455} - \\
& 3.60598 I_t^{T=441} + 4.70632 I_t^{T=805} - 4.09623 I_t^{T=457} - \\
& 4.39851 I_t^{T=689} + 3.93453 I_t^{T=395} + 3.99341 I_t^{T=313} + \\
& 3.12706 I_t^{T=413} + 3.94002 I_t^{T=1017} + 3.68895 I_t^{T=825} + \\
& 4.42787 I_t^{T=870} - 4.17053 I_t^{T=1288} + 3.95821 I_t^{T=2529} + \\
& 4.38754 I_t^{T=837} + 4.63772 I_t^{T=839} + 4.29853 I_t^{T=1221} + \\
& 3.98436 I_t^{T=851} + 4.02647 I_t^{T=876} + 3.87489 I_t^{T=1933} + \\
& 4.11275 I_t^{T=816} + 4.28394 I_t^{T=1850} + 3.85235 I_t^{T=1076} - \\
& \frac{0.70910}{1-B} I_t^{T=2736} + 3.36783 I_t^{T=514} + 3.29610 I_t^{T=745} + \\
& 3.50318 I_t^{T=778} + 3.09803 I_t^{T=817} - 3.40290 I_t^{T=411} + \\
& \frac{(1-0.97808B^1+0.08653B^{21})a_t}{(1+0.07062B^8)} + Y_{t-1}
\end{aligned}$$



- Model peramalan curah hujan harian di kota Surabaya dengan ARIMA

$$\begin{aligned}
Y_t = & 1.06848Y_{t-1} - 0.06848Y_{t-2} - 0.05916Y_{t-8} + 0.05916Y_{t-9} + a_t + \\
& 0.96016a_{t-1} - 0.05755a_{t-21} + 0.05049a_{t-31} - 0.02721a_{t-43} - \\
& \frac{3.56990}{1-B} I_t^{T=495} + \frac{3.43978}{1-B} I_t^{T=1500} + \frac{3.96046}{1-B} I_t^{T=521} + \frac{3.00759}{1-B} I_t^{T=1232} + \\
& \frac{2.77369}{1-B} I_t^{T=438} + \frac{3.06386}{1-B} I_t^{T=1945} - \frac{3.09949}{1-B} I_t^{T=712} - \frac{2.38085}{1-B} I_t^{T=1403} - \\
& \frac{2.71608}{1-B} I_t^{T=300} - \frac{2.75711}{1-B} I_t^{T=1060} + \frac{2.13577}{1-B} I_t^{T=1045} - \frac{3.20880}{1-B} I_t^{T=1881} + \\
& \frac{1.90248}{1-B} I_t^{T=771} - \frac{1.95784}{1-B} I_t^{T=2659} + \frac{2.69655}{1-B} I_t^{T=1906} + \frac{2.56116}{1-B} I_t^{T=1861} - \\
& 5.83365 I_t^{T=1247} - 5.53531 I_t^{T=2394} - 5.64247 I_t^{T=689} + \\
& \frac{2.29481}{1-B} I_t^{T=2639} + \frac{2.64769}{1-B} I_t^{T=2683} + 5.90714 I_t^{T=1887} - \\
& 5.34462 I_t^{T=1633} - \frac{1.71085}{1-B} I_t^{T=1841} - 4.92942 I_t^{T=2708} + \\
& 4.91497 I_t^{T=1185} - 4.88782 I_t^{T=282} + 5.44553 I_t^{T=502} - \\
& 4.96412 I_t^{T=526} - 4.68312 I_t^{T=1746} + 5.71383 I_t^{T=1477} - \\
& \frac{1.98261}{1-B} I_t^{T=1460} - \frac{1.40058}{1-B} I_t^{T=2543} - \frac{1.55258}{1-B} I_t^{T=2573} + 1.23072 I_t^{T=899} + \\
& 4.73927 I_t^{T=499}
\end{aligned}$$

3. Nilai RMSE hasil peramalan data *out-sample* untuk jangka waktu 31 hari ke depan menggunakan model fungsi transfer *multi input* sebesar 11,6052 sedangkan model ARIMA adalah 11,6056. Nilai RMSE kedua model hampir sama. Kedua model tersebut menghasilkan peramalan yang kurang tepat pada beberapa observasi dimana pada observasi tersebut merupakan *outlier* pada data aktual. Model fungsi transfer *multi input* merupakan model terbaik pada peramalan curah hujan harian di kota Surabaya untuk jangka waktu 31 hari ke depan karena model fungsi transfer *multi input* menghasilkan nilai RMSE yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai RMSE dari model ARIMA.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini adalah untuk mengatasi banyaknya data yang *outlier*, maka model fungsi transfer *multi input* dapat dikombinasikan dengan metode lain agar residual dapat memenuhi asumsi normalitas sehingga menghasilkan nilai RMSE yang lebih kecil.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Aswi dan Sukarna. 2006. “*Analisis Deret Waktu*”. Makassar: Andira Publisher.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2014. *Kota Surabaya dalam Angka*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Bowerman, B.L. dan O’connell, R.T. 1993. *Forecasting and Time Series And Applied Approach*. Third edition. Miami University, Ohio, DuxburgPress.
- Box, G.E.P. dan Jenkins, G.M. 1976, *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Revised Edition, Holdenday, San Fransisco.
- Faulina, R. 2013. *Hybrid ARIMA-ANFIS untuk peramalan curah hujan di Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Huda, A.M., Achmad C., Osaliana, B. dan Sutikno. 2012. Peramalan Data Curah Hujan Dengan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), *Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi*, Madura: Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo.
- Kalfarosi, D. 2009. Pemodelan Curah Hujan dan Redaman Hujan dengan Model ARIMA di Surabaya. Tesis Magister. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Machmudin, A. dan Ulama, B.S.S. 2012. Peramalan Temperatur Udara di Kota Surabaya Dengan Menggunakan ARIMA Dan Artificial Neural Network, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol.1, No.1: pp.D118-D123.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C. dan Hyndman, R.J. 1998. *Forecasting: Method and Application*. Wiley: New York.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C. dan Victor, E. M. 1999. *Metode Dan Aplikasi Peramalan*. Edisi kedua. Bina Rupa Aksara : Jakarta.
- Mauludiyanto, A., Hendranto, G., Hery, P.M. dan Suhartono, 2009. Pemodelan Varima dengan Efek Deteksi Outlier Terhadap Data Curah Hujan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. Vol 7, No 3, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- Ma'rufah, N., Santi, P.R. dan Suhartono, 2013. Peramalan Operasional Bank Menggunakan Metode Fungsi Transfer dan Neural Network, *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, Vol. 2, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Nwobi-Okoye, C.C., Okiy, S. dan Igboanugo, A.C. Performance Evaluation of Multi-Input-Single-Output (MISO) Production Process Using Transfer Function and Logic Fuzzy (Case Study Of A Brewery), *Ain Shams Engineering Journal*, Vol 7, Ain Shams University, Kairo.
- Otok, B.W. dan Suhartono, 2001. Peluang Bisnis Pada Jasa Kereta Api Indonesia Dalam Menyikapi Krisis Ekonomi (Kajian Analisis Intervensi dan Fungsi Transfer), *Natural Jurnal*, Vol. 6 (Edisi Khusus), FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- Permai, S. D. 2015. *Bayesian Neural Network Untuk Peramalan Temperatur di Surabaya*. Tesis Magister. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Resti, Y.R., Abdul, H. dan Rita, R. 2015. Pendekatan Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Analisis Hubungan Antara Luas Panen dan Luas Tambah Tanam dengan Produksi Bawang Merah di Jawa Tengah, *Jurnal Gaussian*, Vol 4, No 3, Halaman 705-714.
- Schwartz, G. 1978. "Estimating the Dimension of A Model", *Ann. Statist.*, 6, 461-464.
- Susianto, Y. 2016. Peramalan Curah Hujan dengan Pendekatan Model ARIMA, Feed Forward Neural Network dan Hybrid (ARIMA-NN) di Banyuwangi, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, Addison-Wesley Company Inc., New York.
- Wilson, E.M. 1993. *Hidrologi Teknik*, Edisi ke-4, Erlangga : Jakarta.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin dan Curah Hujan Harian di Stasiun Juanda Surabaya Tahun 2008 sampai Tahun 2015

Periode	Suhu	Kelembaban	Kecepatan Angin	Curah Hujan
20080101	26.83	75.3	6.5	2.03
20080102	26.72	73.6	8.2	0.00
20080103	26.56	74	8.8	17.78
20080104	24.83	73.7	7.1	6.10
20080105	27.17	73.7	7.6	14.99
20080106	28.17	74.5	4.1	5.08
20080107	25.33	72.7	3.7	2.03
20080108	26.89	74.7	2.5	2.03
20080109	27.78	73.8	4.9	0.00
20080110	29.00	73.6	5.7	0.00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20151220	28.67	75.2	6.8	0.25
20151221	27.39	75	6.8	7.87
20151222	28.33	75.1	9.7	0.51
20151223	28.78	74.9	4.7	1.02
20151224	28.44	75.1	7.2	2.03
20151225	29.28	74.8	5.4	0.00
20151226	29.22	74.8	5.7	0.25
20151227	27.83	76.3	3.7	23.11
20151228	28.00	75.6	3.9	0.25
20151229	28.33	76.2	5	3.05
20151230	28.89	74.9	4.8	0.00

**Lampiran 2.** *Syntax* Program SAS untuk Metode Fungsi Transfer Multi Input Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

```

data FTMI;
input X1 X2 X3 Y;
datalines;
26.83    75.3    4.06    0.57
26.72    73.6    4.84    5.68
26.56    74.0    5.10    0.11
24.83    73.7    4.34    0.25
27.17    73.7    4.57    0.13
28.17    74.5    2.88    0.29
25.33    72.7    2.66    0.57
.
.
.
30.83    75.5    2.93    5.68
;
proc arima data=FTMI;
/*--- Pemodelan ARIMA X1 SUHU -----*/
identify var=X1(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(1,8) q=(1,33) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X2 KELEMBABAN -----*/
identify var=X2(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(2,8,19) q=(1,2,3,20,24,25) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X3 KA -----*/
identify var=X3(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(2,5,23) q=(1,2,5,6) noconstant plot;
run;
/*--- Fungsi Transfer Multi Input -----*/
identify var=Y(1) crosscorr=(X1(1) X2(1) X3(1)) nlag=24;
run;
estimate p=(8)q=(1,21) input=( 0 $ (0) / (0) X1 0 $ (0) / (0) X2 0 $ (0) / (0) X3 ) noconstant plot;
run;
forecast out=ramalan lead=31 printall;
run;
/*-----mengecek asumsi normalitas residual-----*/
proc univariate data=ramalan normal plot;
var residual;
run;
proc export data=work.ramalan
/*-----memindahkan file-----*/
outfile='D:\FTMi.xls'
dbms=excel replace;
sheet="FTMI";
run;

```

**Lampiran 3. Syntax Program SAS untuk Metode Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Deteksi *Outlier* Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya**

```

data FTMI;
input X1 X2 X3 Y;
datalines;
26.83 75.3 4.06 0.57
26.72 73.6 4.84 5.68
26.56 74.0 5.10 0.11
24.83 73.7 4.34 0.25
27.17 73.7 4.57 0.13
28.17 74.5 2.88 0.29
25.33 72.7 2.66 0.57
.
.
.
30.83 75.5 2.93 5.68
;
proc arima data=FTMI;
/*--- Pemodelan ARIMA X1 SUHU -----*/
identify var=X1(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(1,8) q=(1,33) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X2 KELEMBABAN -----*/
identify var=X2(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(2,8,19) q=(1,2,3,20,24,25) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X3 KA -----*/
identify var=X3(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(2,5,23) q=(1,2,5,6) noconstant plot;
run;
forecast out=ramalan lead=31;
run;
outlier maxnum=125 alpha=0.05;
run;
data FTMI;
set FTMI;
if _n_>=1914 then s1914=1;
else s1914=0;
if _n_>=1955 then s1955=1;
else s1955=0;
if _n_>=1500 then s1500=1;
else s1500=0;
if _n_>=521 then s521=1;

```

```
else s521=0;
if _n_>=2315 then s2315=1;
else s2315=0;
if _n_>=495 then s495=1;
else s495=0;
if _n_>=438 then s438=1;
else s438=0;
if _n_=738 then a738=1;
else a738=0;
if _n_>=712 then s712=1;
else s712=0;
if _n_>=2150 then s2150=1;
else s2150=0;
if _n_>=1232 then s1232=1;
else s1232=0;
if _n_=374 then a374=1;
else a374=0;
if _n_=1247 then a1247=1;
else a1247=0;
if _n_>=1460 then s1460=1;
else s1460=0;
if _n_>=1881 then s1881=1;
else s1881=0;
if _n_=1427 then a1427=1;
else a1427=0;
if _n_>=415 then s415=1;
else s415=0;
if _n_=433 then a433=1;
else a433=0;
if _n_=421 then a421=1;
else a421=0;
if _n_=532 then a532=1;
else a532=0;
if _n_=533 then a533=1;
else a533=0;
if _n_>=2709 then s2709=1;
else s2709=0;
if _n_=1417 then a1417=1;
else a1417=0;
```



```
if _n_=468 then a468=1;
else a468=0;
if _n_=923 then a923=1;
else a923=0;
if _n_=1549 then a1549=1;
else a1549=0;
if _n_>=1861 then s1861=1;
else s1861=0;
if _n_>=1844 then s1844=1;
else s1844=0;
if _n_>=23 then s23=1;
else s23=0;
if _n_=782 then a782=1;
else a782=0;
if _n_=1599 then a1599=1;
else a1599=0;
if _n_=703 then a703=1;
else a703=0;
if _n_=2397 then a2397=1;
else a2397=0;
if _n_=2379 then a2379=1;
else a2379=0;
if _n_>=1108 then s1108=1;
else s1108=0;
if _n_=911 then a911=1;
else a911=0;
if _n_>=1006 then s1006=1;
else s1006=0;
if _n_>=1930 then s1930=1;
else s1930=0;
if _n_=2352 then a2352=1;
else a2352=0;
if _n_=979 then a979=1;
else a979=0;
if _n_=2376 then a2376=1;
else a2376=0;
if _n_=693 then a693=1;
else a693=0;
if _n_=2514 then a2514=1;
```

```
else a2514=0;
if _n_>=1169 then s1169=1;
else s1169=0;
if _n_>=2265 then s2265=1;
else s2265=0;
if _n_=794 then a794=1;
else a794=0;
if _n_=1598 then a1598=1;
else a1598=0;
if _n_=2630 then a2630=1;
else a2630=0;
if _n_=2386 then a2386=1;
else a2386=0;
if _n_=2502 then a2502=1;
else a2502=0;
if _n_=955 then a955=1;
else a955=0;
if _n_=912 then a912=1;
else a912=0;
if _n_=85 then a85=1;
else a85=0;
if _n_=2708 then a2708=1;
else a2708=0;
if _n_=411 then a411=1;
else a411=0;
if _n_=1595 then a1595=1;
else a1595=0;
if _n_=1633 then a1633=1;
else a1633=0;
if _n_=40 then a40=1;
else a40=0;
if _n_=2889 then a2889=1;
else a2889=0;
if _n_=2398 then a2398=1;
else a2398=0;
if _n_=1746 then a1746=1;
else a1746=0;
if _n_=435 then a435=1;
else a435=0;
```

```
if _n_=1536 then a1536=1;
else a1536=0;
if _n_=1585 then a1585=1;
else a1585=0;
if _n_=1477 then a1477=1;
else a1477=0;
if _n_=1622 then a1622=1;
else a1622=0;
if _n_=1580 then a1580=1;
else a1580=0;
if _n_=2887 then a2887=1;
else a2887=0;
if _n_=967 then a967=1;
else a967=0;
if _n_=1042 then a1042=1;
else a1042=0;
if _n_=1066 then a1066=1;
else a1066=0;
if _n_=1100 then a1100=1;
else a1100=0;
if _n_=1922 then a1922=1;
else a1922=0;
if _n_=1226 then a1226=1;
else a1226=0;
if _n_=471 then a471=1;
else a471=0;
if _n_=337 then a337=1;
else a337=0;
if _n_=450 then a450=1;
else a450=0;
if _n_=444 then a444=1;
else a444=0;
if _n_=447 then a447=1;
else a447=0;
if _n_=981 then a981=1;
else a981=0;
if _n_=407 then a407=1;
else a407=0;
if _n_=455 then a455=1;
```

```
else a455=0;
if _n_=441 then a441=1;
else a441=0;
if _n_=805 then a805=1;
else a805=0;
if _n_=457 then a457=1;
else a457=0;
if _n_=689 then a689=1;
else a689=0;
if _n_=395 then a395=1;
else a395=0;
if _n_=161 then a161=1;
else a161=0;
if _n_=60 then a60=1;
else a60=0;
if _n_=313 then a313=1;
else a313=0;
if _n_=413 then a413=1;
else a413=0;
if _n_=1017 then a1017=1;
else a1017=0;
if _n_=825 then a825=1;
else a825=0;
if _n_=870 then a870=1;
else a870=0;
if _n_=1288 then a1288=1;
else a1288=0;
if _n_=2529 then a2529=1;
else a2529=0;
if _n_=837 then a837=1;
else a837=0;
if _n_=839 then a839=1;
else a839=0;
if _n_=1221 then a1221=1;
else a1221=0;
if _n_=851 then a851=1;
else a851=0;
if _n_=876 then a876=1;
else a876=0;
```

```

if _n_=1933 then a1933=1;
else a1933=0;
if _n_=816 then a816=1;
else a816=0;
if _n_=1850 then a1850=1;
else a1850=0;
if _n_=1076 then a1076=1;
else a1076=0;
if _n_>=2736 then s2736=1;
else s2736=0;
if _n_>=1091 then s1091=1;
else s1091=0;
if _n_=817 then a817=1;
else a817=0;
if _n_=514 then a514=1;
else a514=0;
if _n_=745 then a745=1;
else a745=0;
if _n_=778 then a778=1;
else a778=0;
if _n_=817 then a817=1;
else a817=0;
if _n_=411 then a411=1;
else a411=0;
run;
proc arima data=FTMI;
/*--- Pemodelan ARIMA X1 SUHU -----*/
identify var=X1(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(1,8) q=(1,33) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X2 KELEMBABAN -----*/
identify var=X2(1) nlag=24 noprint;
run;
estimate p=(2,8,19) q=(1,2,3,20,24,25) noconstant plot;
run;
/*--- Pemodelan ARIMA X3 KA -----*/
identify var=X3(1) nlag=24 noprint;
run;

```

```

estimate p=(1,5,7) q=(1,2,5,6) noconstant plot;
run;
/*--- Fungsi Transfer Multi Input -----*/
identify var=Y(1) crosscorr=(X1(1) X2(1) X3(1) s1914(1) s1955(1) s1500(1) s521(1) s2315(1) s495(1) s438(1)
a738(1) s712(1) s2150(1) s1232(1) a374(1) a1247(1) s1460(1) s1881(1) a1427(1) s415(1)
a433(1) a421(1) a532(1) a533(1) a1417(1) a468(1) a923(1) a1549(1) s1861(1) s1844(1) s23(1)
a782(1) a1599(1) a703(1) a2397(1) a2379(1) s1108(1) a911(1) s1006(1) s1930(1) a2352(1)
a979(1) a2376(1) a693(1) a2514(1) s1169(1) s2265(1) a794(1) a1598(1) a2630(1) a2386(1)
a2502(1) a955(1) a912(1) a85(1) a2708(1) a1595(1) a1633(1) a40(1) a2889(1) a2398(1)
a1746(1) a435(1) a1536(1) a1585(1) a1477(1) a1622(1) a1580(1) a2887(1) a967(1) a1042(1)
a1066(1) a1100(1) a1922(1) a1226(1) a471(1) a337(1) a450(1) a444(1) a447(1) a981(1)
a407(1) a455(1) a441(1) a805(1)
a457(1) a689(1) a395(1) a313(1) a413(1) a1017(1) a825(1) a870(1) a1288(1) a2529(1) a837(1)
a839(1) a1221(1) a851(1) a876(1) a1933(1) a816(1) a1850(1) a1076(1) s2736(1) a514(1) a745(1)
a778(1) a817(1) a411(1)) nlag=24;
run;
estimate p=(8) q=(1,21) input=( 0 $ (1,2) / (0) X1 0 $ (0) / (0) X2 s1914 s1955 s1500 s521 s2315 s495 s438 a738
s712 s2150 s1232 a374 a1247 s1460 s1881 a1427 s415 a433 a421 a532 a533 a1417 a468 a923
a1549 s1861 s1844 s23 a782 a1599 a703 a2397 a2379 s1108 a911 s1006 s1930 a2352 a979
a2376 a693 a2514 s1169 s2265 a794 a1598 a2630 a2386 a2502 a955 a912 a85 a2708 a1595
a1633
a40 a2889 a2398 a1746 a435 a1536 a1585 a1477 a1622 a1580 a2887 a967 a1042 a1066 a1100
a1922 a1226 a471 a337 a450 a444 a447 a981 a407 a455 a441 a805 a457 a689 a395 a313 a413
a1017 a825 a870 a1288 a2529 a837 a839 a1221 a851 a876 a1933 a816 a1850 a1076 s2736 a514
a745 a778 a817 a411 ) noconstant plot;
run;
forecast out=ramalan lead=31;
run;
outlier maxnum=125 alpha=0.05;
run;
proc univariate data=ramalan normal plot;
var residual;
run;
proc export data=work.ramalan
/*-----memindahkan file-----*/
outfile='D:\FTMIx_Siap.xls'
dbms=excel replace;
sheet="FTMIx_Siap";
run;

```

#### Lampiran 4. *Syntax* Program SAS untuk Metode ARIMA Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

```
data ARIMA;
input X1 X2 X3 Y;
datalines;
26.83 75.3 4.06 0.57
26.72 73.6 4.84 5.68
26.56 74.0 5.10 0.11
24.83 73.7 4.34 0.25
27.17 73.7 4.57 0.13
28.17 74.5 2.88 0.29
25.33 72.7 2.66 0.57
.
.
.
30.83 75.5 2.93 5.68
;
proc arima data=ARIMA;
/*Tahap Identifikasi*/
identify var=Y(1) nlag=24 ;
run;
/*Tahap Estimasi Model Akhir*/
estimate p=(1,8) q=(1,21,31,43) noconstant plot;
run;
/*Tahap Forecast 31 Tahap ke depan*/
forecast out=ramalan lead=31 ;
run;
/*Tahap Uji Residual Berdistribusi Normal*/
proc univariate data=ramalan normal plot;
var residual;
run;
proc export data=work.ramalan
/*-----memindahkan file-----*/
outfile='D:\CH_TanpaOutlier.xls'
dbms=excel replace;
sheet="CH_TanpaOutlier";
run;
```

**Lampiran 5.** *Syntax* Program SAS untuk Metode ARIMA dengan Deteksi *Outlier*  
Pada Kasus Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

```
data cuaca;
input X1 X2 X3 Y;
datalines;
26.83 75.3 4.06 0.57
26.72 73.6 4.84 5.68
26.56 74.0 5.10 0.11
24.83 73.7 4.34 0.25
27.17 73.7 4.57 0.13
28.17 74.5 2.88 0.29
25.33 72.7 2.66 0.57
.
.
.
30.83 75.5 2.93 5.68
;

proc arima data=cuaca;
identify var=Y(1) nlag=24 noprint;
run;

estimate p=(1,8) q=(1,21,31,43) noconstant;
run;

data cuaca;
set cuaca;
if _n_>=495 then s495=1;
else s495=0.0;
if _n_>=1500 then s1500=1;
else s1500=0.0;
if _n_>=521 then s521=1;
else s521=0.0;
if _n_>=1232 then s1232=1;
else s1232=0.0;
if _n_>=438 then s438=1;
else s438=0.0;
if _n_>=1945 then s1945=1;
else s1945=0.0;
if _n_>=1914 then s1914=1;
else s1914=0.0;
if _n_>=712 then s712=1;
else s712=0.0;
if _n_>=438 then s438=1;
else s438=0.0;
if _n_>=2683 then s2683=1;
```



```
else s2683=0.0;
if _n_>=1403 then s1403=1;
else s1403=0.0;
if _n_>=300 then s300=1;
else s300=0.0;
if _n_>=1060 then s1060=1;
else s1060=0.0;
if _n_>=1045 then s1045=1;
else s1045=0.0;
if _n_>=1881 then s1881=1;
else s1881=0.0;
if _n_>=771 then s771=1;
else s771=0.0;
if _n_>=2659 then s2659=1;
else s2659=0.0;
if _n_>=1906 then s1906=1;
else s1906=0.0;
if _n_>=1861 then s1861=1;
else s1861=0.0;
if _n_=1247 then a1247=1;
else a1247=0.0;
if _n_=2394 then a2394=1;
else a2394=0.0;
if _n_=689 then a689=1;
else a689=0.0;
if _n_>=2639 then s2639=1;
else s2639=0.0;
if _n_>=2683 then s2683=1;
else s2683=0.0;
if _n_=1887 then a1887=1;
else a1887=0.0;
if _n_=1048 then a1048=1;
else a1048=0.0;
if _n_=1633 then a1633=1;
else a1633=0.0;
if _n_>=1841 then s1841=1;
else s1841=0.0;
if _n_=2708 then a2708=1;
else a2708=0.0;
if _n_=1185 then a1185=1;
else a1185=0.0;
if _n_=282 then a282=1;
else a282=0.0;
if _n_=506 then a506=1;
```

```

else a506=0.0;
if _n_=526 then a526=1;
else a526=0.0;
if _n_=1746 then a1746=1;
else a1746=0.0;
if _n_=1477 then a1477=1;
else a1477=0.0;
if _n_>=1460 then s1460=1;
else s1460=0.0;
if _n_>=2543 then s2543=1;
else s2543=0.0;
if _n_>=2573 then s2573=1;
else s2573=0.0;
if _n_>=899 then s899=1;
else s899=0.0;
if _n_=499 then a499=1;
else a499=0.0;
run;
proc arima data=cuaca;
identify var=Y(1) crosscorr=( s495(1) s1500(1) s521(1) s1232(1) s438(1) s1945(1) s712(1) s1403(1) s300(1)
s1060(1) s1045(1) s1881(1) s771(1) s2659(1) s1906(1) s1861(1) a1247(1) a2394(1) a689(1)
s2639(1) s2683(1) a1887(1) a1633(1) s1841(1) a2708(1) a1185(1) a282(1) a506(1) a526(1)
a1746(1) a1477(1) s1460(1) s2543(1) s2573(1) s899(1) a499(1) ) nlag=24;
estimate p=(1,8) q=(1,21,31,43) noconstant input=( s495 s1500 s521 s1232 s438 s1945 s712 s1403 s300 s1060
s1045 s1881 s771 s2659 s1906 s1861 a1247 a2394 a689 s2639 s2683 a1887 a1633 s1841 a2708
a1185 a282 a506 a526 a1746 a1477 s1460 s2543 s2573 s899 a499 ) noconstant plot;
run;
forecast out=ramalan lead=31 ;
run;
outlier maxnum=50 alpha=0.05;
run;
proc univariate data=ramalan normal plot;
var residual;
run;
proc export data=work.ramalan
/*-----memindahkan file-----*/
outfile='D:\CH_Outlier.xls'
dbms=excel replace;
sheet="CH_Outlier";
run;

```

Lampiran 6. Output SAS Model ARIMA Suhu Harian di Kota Surabaya

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag
MA1,1	0.84504	0.01474	57.31	<.0001	1
MA1,2	0.02894	0.01005	2.88	0.0040	33
AR1,1	0.36673	0.02517	14.57	<.0001	1
AR1,2	-0.05154	0.01844	-2.79	0.0052	8

Variance Estimate 0.566366  
 Std Error Estimate 0.752573  
 AIC 6562.453  
 SBC 6586.329  
 Number of Residuals 2890

\* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	1.28	2	0.5276	-0.004	0.001	0.009	0.010	0.015	-0.005
12	6.72	8	0.5674	-0.011	0.006	-0.012	0.002	-0.022	-0.033
18	14.99	14	0.3785	0.035	-0.004	-0.032	0.011	0.005	-0.021
24	18.08	20	0.5822	-0.026	0.002	-0.012	-0.004	0.013	-0.009
30	23.25	26	0.6189	-0.010	0.013	0.012	0.002	0.033	0.016
36	31.18	32	0.5081	-0.012	-0.025	0.037	-0.003	-0.011	-0.021
42	45.09	38	0.1996	-0.019	-0.035	0.022	0.022	0.025	0.040
48	56.28	44	0.1014	-0.013	-0.035	0.012	0.039	0.022	0.016

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.046703	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 2.035567	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 12.12805	Pr > A-Sq <0.0050

Lampiran 7. Output SAS Model ARIMA Kelembaban Harian di Kota Surabaya

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag
MA1,1	0.18905	0.01854	10.19	<.0001	1
MA1,2	0.48247	0.04095	11.78	<.0001	2
MA1,3	0.10826	0.02424	4.47	<.0001	3
MA1,4	-0.04514	0.01578	-2.86	0.0043	20
MA1,5	-0.05447	0.01704	-3.20	0.0014	24
MA1,6	0.04267	0.01634	2.61	0.0090	25
AR1,1	0.23148	0.04577	5.06	<.0001	2
AR1,2	-0.05979	0.01931	-3.10	0.0020	8
AR1,3	-0.05011	0.01828	-2.74	0.0062	19

Variance Estimate 1.231765  
 Std Error Estimate 1.109849  
 AIC 8812.866  
 SBC 8866.588  
 Number of Residuals 2890

\* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	.	0	.	0.000	0.004	0.003	-0.015	-0.018	-0.001
12	6.92	3	0.0744	-0.010	0.001	0.008	-0.008	0.014	0.037
18	12.33	9	0.1955	0.027	0.020	-0.018	0.005	-0.014	0.012
24	13.51	15	0.5629	0.005	0.000	-0.014	0.005	0.012	-0.002
30	21.74	21	0.4147	-0.012	0.005	0.035	0.024	-0.029	-0.001
36	33.50	27	0.1809	-0.019	0.024	-0.011	0.016	-0.045	-0.027
42	43.56	33	0.1034	-0.021	0.005	0.037	0.038	-0.005	0.011
48	50.54	39	0.1020	0.034	0.004	-0.013	-0.014	-0.022	0.020

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.036654	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 1.121075	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 6.747113	Pr > A-Sq <0.0050

**Lampiran 8. Output SAS Model ARIMA Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya**

**Conditional Least Squares Estimation**

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag
MA1,1	1.12817	0.12312	9.16	<.0001	1
MA1,2	-0.19869	0.08207	-2.42	0.0155	2
MA1,3	0.35003	0.07543	4.64	<.0001	5
MA1,4	-0.28300	0.04527	-6.25	<.0001	6
AR1,1	0.58790	0.11957	4.92	<.0001	1
AR1,2	0.33046	0.05660	5.84	<.0001	5
AR1,3	-0.08355	0.03118	-2.68	0.0074	7

Variance Estimate 0.521413  
 Std Error Estimate 0.722089  
 AIC 6326.452  
 SBC 6368.236  
 Number of Residuals 2890

\* AIC and SBC do not include log determinant.

**Autocorrelation Check of Residuals**

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	.	0	.	0.004	-0.011	0.011	0.010	-0.002	-0.016
12	6.48	5	0.2624	-0.007	-0.005	-0.027	0.005	0.019	0.020
18	7.88	11	0.7236	0.007	-0.004	-0.017	0.003	0.009	0.006
24	25.41	17	0.0860	-0.021	0.021	-0.017	-0.035	0.051	0.032
30	32.16	23	0.0970	0.018	-0.013	0.006	-0.025	-0.020	0.027
36	38.50	29	0.1115	0.014	-0.016	0.012	-0.033	0.010	0.021
42	46.78	35	0.0880	-0.004	-0.017	0.002	0.045	0.010	0.019
48	56.31	41	0.0561	-0.005	0.021	-0.038	-0.021	0.004	0.030

**Tests for Normality**

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.030311	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.710233	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 4.226976	Pr > A-Sq <0.0050

Lampiran 9. Output SAS Model Fungsi Transfer Suhu Harian terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
NUM1	0.76053	0.05660	13.44	<.0001	0	X1	0
NUM1,1	0.25126	0.05908	4.25	<.0001	1	X1	0
NUM1,2	0.17158	0.05662	3.03	0.0025	2	X1	0

Variance Estimate      5.706467  
 Std Error Estimate    2.388821  
 AIC                      13228.53  
 SBC                      13246.43  
 Number of Residuals    2888  
 \* AIC and SBC do not include log determinant.

Correlations of Parameter Estimates

Variable Parameter		X1 NUM1	X1 NUM1,1	X1 NUM1,2
X1	NUM1	1.000	-0.358	-0.225
X1	NUM1,1	-0.358	1.000	0.358
X1	NUM1,2	-0.225	0.358	1.000

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	652.46	6	<.0001	-0.474	-0.019	-0.005	0.010	-0.007	0.008
12	657.17	12	<.0001	0.008	-0.026	0.003	0.001	0.015	-0.026
18	672.22	18	<.0001	-0.002	0.042	-0.030	0.015	-0.036	0.032
24	690.95	24	<.0001	0.015	-0.056	0.044	-0.008	0.015	-0.029
30	700.54	30	<.0001	0.007	-0.001	0.038	-0.038	0.019	0.004
36	718.78	36	<.0001	-0.037	0.043	-0.035	0.035	-0.023	-0.001
42	727.24	42	<.0001	-0.004	-0.011	0.010	0.031	-0.009	-0.040
48	731.61	48	<.0001	0.028	-0.008	0.021	-0.014	0.003	0.001

Crosscorrelation Check of Residuals with Input X1

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	0.76	3	0.8590	-0.003	-0.003	-0.003	-0.001	-0.009	0.012
11	4.71	9	0.8589	-0.005	-0.006	-0.017	0.002	-0.020	0.025
17	19.68	15	0.1846	-0.005	-0.014	-0.009	0.050	-0.047	0.014
23	26.64	21	0.1831	-0.031	0.008	0.031	-0.003	0.005	-0.020
29	33.00	27	0.1971	-0.012	0.037	-0.016	0.020	0.004	-0.003
35	42.64	33	0.1214	-0.018	-0.028	0.042	-0.004	-0.022	-0.001
41	51.48	39	0.0870	-0.030	0.033	-0.007	-0.000	-0.006	0.032
47	61.25	45	0.0537	-0.030	0.032	-0.027	0.019	-0.005	-0.018

**Lampiran 10.** *Output* SAS Model Fungsi Transfer Kelembaban Harian terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
NUM1	-0.18624	0.03922	-4.75	<.0001	0	X2	0

Variance Estimate      6.235368  
 Std Error Estimate    2.497072  
 AIC                        13491.85  
 SBC                        13497.82  
 Number of Residuals    2890  
 \* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	601.16	6	<.0001	-0.453	-0.046	-0.006	0.013	-0.006	0.011
12	613.89	12	<.0001	0.024	-0.035	-0.018	0.011	0.028	-0.037
18	621.94	18	<.0001	-0.001	0.040	-0.015	-0.002	-0.022	0.021
24	632.52	24	<.0001	0.007	-0.038	0.031	0.003	0.007	-0.034
30	638.62	30	<.0001	0.022	-0.012	0.026	-0.017	0.017	0.014
36	655.90	36	<.0001	-0.060	0.043	-0.012	0.011	-0.009	-0.012
42	665.65	42	<.0001	0.002	-0.009	0.002	0.028	0.000	-0.050
48	674.08	48	<.0001	0.043	-0.018	0.022	-0.012	0.001	0.009

Crosscorrelation Check of Residuals with Input X2

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	6.43	5	0.2664	-0.010	0.040	-0.022	-0.002	0.007	-0.001
11	10.01	11	0.5298	-0.001	0.019	-0.023	-0.001	0.015	-0.010
17	15.93	17	0.5288	-0.005	-0.013	0.037	-0.016	-0.007	0.014
23	24.03	23	0.4022	-0.007	-0.023	0.020	0.001	0.015	-0.040
29	32.63	29	0.2928	0.038	0.001	-0.022	-0.002	-0.000	0.033
35	42.56	35	0.1776	-0.029	0.012	-0.027	0.027	-0.017	0.027
41	45.12	41	0.3036	-0.013	0.004	-0.016	-0.003	0.017	-0.012
47	49.31	47	0.3810	-0.004	0.021	-0.027	-0.011	0.013	0.002

**Lampiran 11. Output SAS Model Fungsi Transfer Kecepatan Angin Harian terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya**

**Conditional Least Squares Estimation**

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
NUM1	0.20179	0.05607	3.60	0.0003	0	X3	0

Variance Estimate      6.255993  
 Std Error Estimate    2.501198  
 AIC                        13501.39  
 SBC                        13507.36  
 Number of Residuals    2890  
 \* AIC and SBC do not include log determinant.

**Autocorrelation Check of Residuals**

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	600.42	6	<.0001	-0.453	-0.043	-0.007	0.012	-0.007	0.010
12	610.92	12	<.0001	0.023	-0.035	-0.013	0.008	0.024	-0.032
18	618.59	18	<.0001	-0.004	0.040	-0.014	-0.005	-0.020	0.022
24	628.87	24	<.0001	0.007	-0.038	0.028	0.005	0.008	-0.034
30	635.47	30	<.0001	0.019	-0.011	0.031	-0.021	0.014	0.013
36	654.69	36	<.0001	-0.057	0.047	-0.020	0.018	-0.007	-0.017
42	664.64	42	<.0001	0.002	-0.006	0.000	0.028	0.004	-0.051
48	672.06	48	<.0001	0.040	-0.015	0.022	-0.015	0.003	0.005

**Crosscorrelation Check of Residuals with Input X3**

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	1.86	5	0.8676	-0.005	-0.012	0.009	0.014	-0.014	-0.000
11	7.96	11	0.7173	-0.004	-0.004	0.028	-0.028	-0.010	0.020
17	15.37	17	0.5691	-0.009	-0.006	-0.016	0.024	0.005	-0.040
23	19.48	23	0.6728	0.012	0.026	-0.018	0.009	-0.014	0.005
29	23.44	29	0.7560	-0.004	0.021	0.003	-0.011	0.028	0.005
35	31.76	35	0.6254	-0.002	-0.042	0.014	0.009	-0.022	-0.018
41	39.52	41	0.5364	0.038	-0.002	-0.005	0.028	-0.005	-0.020
47	43.29	47	0.6268	0.005	-0.011	-0.016	0.015	0.009	-0.024



## Lampiran 12. Output SAS Model Awal Fungsi Transfer Multi Input

### Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
MA1,1	0.92196	0.0074787	123.28	<.0001	1	Y	0
MA1,2	-0.01809	0.0073356	-2.47	0.0137	21	Y	0
AR1,1	-0.03821	0.01919	-1.99	0.0465	8	Y	0
NUM1	1.02452	0.04544	22.55	<.0001	0	X1	0
NUM1,1	0.10735	0.04776	2.25	0.0247	1	X1	0
NUM1,2	0.10242	0.04331	2.36	0.0181	2	X1	0
NUM2	-0.34091	0.02320	-14.70	<.0001	0	X2	0
NUM3	-0.05283	0.04067	-1.30	0.1940	0	X3	0

### Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	1.83	3	0.6081	0.016	-0.010	-0.004	0.011	0.004	0.011
12	5.28	9	0.8096	-0.007	-0.000	-0.016	-0.004	-0.007	-0.029
18	15.20	15	0.4373	0.007	0.036	-0.023	-0.002	-0.022	0.032
24	21.74	21	0.4146	0.011	-0.038	0.022	0.003	0.006	-0.013
30	28.28	27	0.3969	0.005	0.017	0.027	-0.028	0.004	-0.020
36	38.33	33	0.2405	-0.034	0.004	-0.023	0.005	-0.033	-0.025
42	47.88	39	0.1558	-0.020	-0.014	0.023	0.037	-0.009	-0.026
48	55.24	45	0.1409	0.033	0.016	0.030	0.007	0.009	0.012

### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X1

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	2.14	3	0.5437	-0.001	-0.002	-0.006	0.007	0.003	0.025
11	7.40	9	0.5959	0.016	0.007	-0.016	-0.010	-0.030	0.015
17	18.03	15	0.2610	0.009	-0.009	-0.025	0.048	-0.023	0.002
23	27.51	21	0.1546	-0.040	-0.029	0.017	0.014	0.015	-0.010
29	37.91	27	0.0793	-0.026	0.022	-0.003	0.023	0.034	0.027
35	46.18	33	0.0635	-0.001	-0.038	0.029	0.018	-0.012	-0.010
41	54.96	39	0.0465	-0.043	-0.000	-0.008	-0.004	-0.005	0.033
47	60.16	45	0.0648	-0.015	0.028	-0.007	0.020	0.006	-0.018

### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X2

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	8.54	5	0.1288	-0.035	0.037	0.016	-0.000	0.001	-0.010
11	10.71	11	0.4678	-0.005	0.018	-0.007	-0.009	0.014	-0.009
17	15.14	17	0.5851	-0.012	-0.027	0.024	0.003	-0.004	0.008
23	22.46	23	0.4929	0.006	-0.020	0.000	0.011	0.009	-0.044
29	28.28	29	0.5027	0.020	0.009	-0.003	-0.008	0.003	0.038
35	31.49	35	0.6383	-0.007	0.013	-0.023	0.007	-0.008	0.016
41	34.64	41	0.7479	0.002	-0.006	-0.020	-0.016	0.014	-0.014
47	42.16	47	0.6731	-0.023	0.030	-0.007	-0.030	-0.014	0.003

### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X3

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	2.57	5	0.7664	-0.012	-0.008	0.018	0.018	0.003	0.002
11	5.23	11	0.9197	0.004	-0.009	0.016	-0.014	-0.019	-0.001
17	15.55	17	0.5559	-0.004	-0.020	-0.039	-0.003	0.005	-0.040
23	21.79	23	0.5330	-0.025	0.009	-0.015	-0.000	-0.033	-0.011
29	26.89	29	0.5774	-0.016	-0.003	-0.002	0.005	0.031	0.022
35	35.32	35	0.4531	0.006	-0.038	0.000	0.009	-0.013	-0.034
41	40.21	41	0.5055	0.016	0.003	0.010	0.029	0.022	0.004
47	44.12	47	0.5926	0.020	-0.002	-0.023	-0.008	0.004	-0.018

### Tests for Normality

Test	Statistic	p Value
Kolmogorov-Smirnov	D 0.051351	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 1.925435	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 9.668378	Pr > A-Sq <0.0050

### Lampiran 13. Output SAS Model Akhir Fungsi Transfer Multi Input

#### Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
MA1,1	0.92177	0.0074834	123.18	<.0001	1	Y	0
MA1,2	-0.01734	0.0073385	-2.36	0.0182	21	Y	0
AR1,1	-0.03833	0.01919	-2.00	0.0458	8	Y	0
NUM1	1.01041	0.04412	22.90	<.0001	0	X1	0
NUM1,1	0.10714	0.04776	2.24	0.0250	1	X1	0
NUM1,2	0.10268	0.04331	2.37	0.0178	2	X1	0
NUM2	-0.33725	0.02302	-14.65	<.0001	0	X2	0

#### Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	1.85	3	0.6038	0.016	-0.010	-0.004	0.012	0.004	0.011
12	5.23	9	0.8138	-0.007	-0.000	-0.016	-0.005	-0.007	-0.028
18	15.18	15	0.4382	0.007	0.037	-0.023	-0.003	-0.022	0.032
24	21.67	21	0.4188	0.010	-0.038	0.023	0.004	0.006	-0.012
30	28.32	27	0.3947	0.005	0.017	0.026	-0.029	0.003	-0.020
36	38.49	33	0.2350	-0.034	0.004	-0.024	0.006	-0.032	-0.027
42	48.00	39	0.1529	-0.021	-0.015	0.022	0.037	-0.009	-0.026
48	55.53	45	0.1351	0.032	0.016	0.030	0.007	0.010	0.013

#### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X1

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	2.15	3	0.5423	-0.001	-0.002	-0.006	0.007	0.003	0.025
11	7.28	9	0.6080	0.017	0.009	-0.014	-0.009	-0.030	0.016
17	17.83	15	0.2715	0.009	-0.009	-0.025	0.048	-0.023	0.002
23	27.25	21	0.1626	-0.040	-0.029	0.018	0.014	0.014	-0.010
29	37.81	27	0.0808	-0.026	0.022	-0.003	0.023	0.035	0.028
35	45.90	33	0.0671	-0.001	-0.037	0.029	0.018	-0.012	-0.010
41	54.53	39	0.0504	-0.043	0.001	-0.008	-0.003	-0.005	0.033
47	59.74	45	0.0696	-0.015	0.028	-0.008	0.020	0.006	-0.018

#### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X2

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----					
5	8.10	5	0.1506	-0.035	0.035	0.016	0.000	0.002	-0.009
11	10.26	11	0.5067	-0.004	0.018	-0.006	-0.009	0.014	-0.009
17	14.61	17	0.6236	-0.012	-0.027	0.023	0.003	-0.005	0.008
23	21.90	23	0.5260	0.006	-0.020	0.001	0.012	0.009	-0.043
29	27.73	29	0.5326	0.019	0.009	-0.002	-0.007	0.003	0.039
35	31.02	35	0.6606	-0.006	0.013	-0.023	0.006	-0.009	0.016
41	34.04	41	0.7711	0.004	-0.005	-0.020	-0.015	0.013	-0.014
47	41.41	47	0.7027	-0.023	0.031	-0.007	-0.029	-0.014	0.003

#### Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.05536	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 2.023298	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 10.09936	Pr > A-Sq <0.0050

**Lampiran 14. Output SAS Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Deteksi  
Outlier**

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
MA1,1	0.97808	0.0039743	246.10	<.0001	1	Y	0
MA1,2	-0.08653	0.0041082	-21.06	<.0001	21	Y	0
AR1,1	-0.07062	0.01951	-3.62	0.0003	8	Y	0
NUM1	1.08721	0.03749	29.00	<.0001	0	X1	0
NUM1,1	0.14210	0.04267	3.33	0.0009	1	X1	0
NUM1,2	0.10603	0.03732	2.84	0.0045	2	X1	0
NUM2	-0.29477	0.01592	-18.52	<.0001	0	X2	0
NUM3	2.58556	0.47729	5.42	<.0001	0	s1914	0
NUM4	3.76015	0.38108	9.87	<.0001	0	s1955	0
NUM5	2.36799	0.37997	6.23	<.0001	0	s1500	0
NUM6	2.88466	0.37006	7.80	<.0001	0	s521	0
NUM7	-2.74858	0.25836	-10.64	<.0001	0	s2315	0
NUM8	-1.93683	0.38170	-5.07	<.0001	0	s495	0
NUM9	4.16608	0.44450	9.37	<.0001	0	s438	0
NUM10	6.71760	1.46573	4.58	<.0001	0	a738	0
NUM11	-2.33770	0.32115	-7.28	<.0001	0	s712	0
NUM12	2.43305	0.26590	9.15	<.0001	0	s2150	0
NUM13	1.59742	0.31797	5.02	<.0001	0	s1232	0
NUM14	6.59345	1.46921	4.49	<.0001	0	a374	0
NUM15	-6.19631	1.51078	-4.10	<.0001	0	a1247	0
NUM16	-2.13487	0.36431	-5.86	<.0001	0	s1460	0
NUM17	-2.25840	0.48806	-4.63	<.0001	0	s1881	0
NUM18	-4.48040	1.39438	-3.21	0.0013	0	a1427	0
NUM19	-1.73977	0.40172	-4.33	<.0001	0	s415	0
NUM20	6.67208	1.54863	4.31	<.0001	0	a433	0
NUM21	5.29031	1.54662	3.42	0.0006	0	a421	0
NUM22	-5.45649	1.50228	-3.63	0.0003	0	a532	0
NUM23	-5.39245	1.50442	-3.58	0.0003	0	a533	0
NUM24	-4.59500	1.41409	-3.25	0.0012	0	a1417	0
NUM25	-6.00653	1.51365	-3.97	<.0001	0	a468	0
NUM26	-5.01276	1.44005	-3.48	0.0005	0	a923	0
NUM27	-5.43762	1.47184	-3.69	0.0002	0	a1549	0
NUM28	2.12818	0.33309	6.39	<.0001	0	s1861	0
NUM29	-1.81929	0.39900	-4.56	<.0001	0	s1844	0
NUM30	1.00674	0.28015	3.59	0.0003	0	s23	0
NUM31	5.10401	1.44872	3.52	0.0004	0	a782	0
NUM32	-5.31512	1.42640	-3.73	0.0002	0	a1599	0
NUM33	-5.41551	1.47247	-3.68	0.0002	0	a703	0
NUM34	-5.39788	1.43415	-3.76	0.0002	0	a2397	0
NUM35	-4.86378	1.43157	-3.40	0.0007	0	a2379	0
NUM36	1.85665	0.31633	5.87	<.0001	0	s1108	0
NUM37	-4.92795	1.45605	-3.38	0.0007	0	a911	0
NUM38	-1.74271	0.33229	-5.24	<.0001	0	s1006	0
NUM39	-1.86401	0.36570	-5.10	<.0001	0	s1930	0
NUM40	-5.11286	1.45440	-3.52	0.0004	0	a2352	0
NUM41	-4.67505	1.46565	-3.19	0.0014	0	a979	0
NUM42	-4.74608	1.45186	-3.27	0.0011	0	a2376	0
NUM43	-4.79929	1.52001	-3.16	0.0016	0	a693	0
NUM44	-4.09626	1.36245	-3.01	0.0027	0	a2514	0
NUM45	1.28100	0.32327	3.96	<.0001	0	s1169	0
NUM46	-1.56394	0.28727	-5.44	<.0001	0	s2265	0
NUM47	5.19926	1.46275	3.55	0.0004	0	a794	0
NUM48	-4.59685	1.43403	-3.21	0.0014	0	a1598	0
NUM49	3.10007	1.36291	2.27	0.0230	0	a2630	0
NUM50	-4.41435	1.42128	-3.11	0.0019	0	a2386	0
NUM51	-3.80685	1.41302	-2.69	0.0071	0	a2502	0
NUM52	-5.18179	1.47551	-3.51	0.0005	0	a955	0
NUM53	-4.29806	1.45704	-2.95	0.0032	0	a912	0
NUM54	6.73449	1.43880	4.68	<.0001	0	a85	0
NUM55	-5.89364	1.44115	-4.09	<.0001	0	a2708	0
NUM56	-4.50637	1.43928	-3.13	0.0018	0	a1595	0
NUM57	-4.94593	1.42416	-3.47	0.0005	0	a1633	0
NUM58	3.70062	1.51843	2.44	0.0149	0	a40	0
NUM59	-3.92313	1.53695	-2.55	0.0107	0	a2889	0
NUM60	-4.39482	1.43520	-3.06	0.0022	0	a2398	0
NUM61	-4.35199	1.40862	-3.09	0.0020	0	a1746	0
NUM62	5.24381	1.54619	3.39	0.0007	0	a435	0

NUM63	-4.61700	1.40708	-3.28	0.0010	0	a1536	0
NUM64	-4.47069	1.43765	-3.11	0.0019	0	a1585	0
NUM65	4.86377	1.53092	3.18	0.0015	0	a1477	0
NUM66	-4.73966	1.43221	-3.31	0.0009	0	a1622	0
NUM67	-4.20524	1.42390	-2.95	0.0032	0	a1580	0
NUM68	-3.59615	1.53723	-2.34	0.0194	0	a2887	0
NUM69	-4.04400	1.41987	-2.85	0.0044	0	a967	0
NUM70	5.25892	1.44951	3.63	0.0003	0	a1042	0
NUM71	4.48708	1.46726	3.06	0.0022	0	a1066	0
NUM72	5.16692	1.48871	3.47	0.0005	0	a1100	0
NUM73	-4.86169	1.55430	-3.13	0.0018	0	a1922	0
NUM74	-4.42838	1.45948	-3.03	0.0024	0	a1226	0
NUM75	-4.95615	1.52001	-3.26	0.0011	0	a471	0
NUM76	3.56600	1.43557	2.48	0.0130	0	a337	0
NUM77	-4.74704	1.53410	-3.09	0.0020	0	a450	0
NUM78	-4.28900	1.52927	-2.80	0.0051	0	a444	0
NUM79	-3.93278	1.53682	-2.56	0.0105	0	a447	0
NUM80	-4.25688	1.48830	-2.86	0.0043	0	a981	0
NUM81	3.72845	1.50674	2.47	0.0134	0	a407	0
NUM82	-4.20499	1.53045	-2.75	0.0060	0	a455	0
NUM83	-3.60598	1.53571	-2.35	0.0189	0	a441	0
NUM84	4.70632	1.46895	3.20	0.0014	0	a805	0
NUM85	-4.09623	1.53115	-2.68	0.0075	0	a457	0
NUM86	-4.39851	1.49918	-2.93	0.0034	0	a689	0
NUM87	3.93453	1.52716	2.58	0.0100	0	a395	0
NUM88	3.99341	1.43249	2.79	0.0053	0	a313	0
NUM89	3.12706	1.52585	2.05	0.0405	0	a413	0
NUM90	3.94002	1.50857	2.61	0.0091	0	a1017	0
NUM91	3.68895	1.44430	2.55	0.0107	0	a825	0
NUM92	4.42787	1.44726	3.06	0.0022	0	a870	0
NUM93	-4.17053	1.45715	-2.86	0.0042	0	a1288	0
NUM94	3.95821	1.40807	2.81	0.0050	0	a2529	0
NUM95	4.38754	1.45858	3.01	0.0027	0	a837	0
NUM96	4.63772	1.46504	3.17	0.0016	0	a839	0
NUM97	4.29853	1.50775	2.85	0.0044	0	a1221	0
NUM98	3.98436	1.45385	2.74	0.0062	0	a851	0
NUM99	4.02647	1.46140	2.76	0.0059	0	a876	0
NUM99	4.02647	1.46140	2.76	0.0059	0	a876	0
NUM100	3.87489	1.53876	2.52	0.0119	0	a1933	0
NUM101	4.11275	1.45585	2.82	0.0048	0	a816	0
NUM102	4.28394	1.55152	2.76	0.0058	0	a1850	0
NUM103	3.85235	1.45003	2.66	0.0079	0	a1076	0
NUM104	-0.70910	0.24998	-2.84	0.0046	0	s2736	0
NUM105	3.36783	1.53362	2.20	0.0282	0	a514	0
NUM106	3.29610	1.43336	2.30	0.0215	0	a745	0
NUM107	3.50318	1.45452	2.41	0.0161	0	a778	0
NUM108	3.09803	1.45978	2.12	0.0339	0	a817	0
NUM109	-3.40290	1.51641	-2.24	0.0249	0	a411	0

Variance Estimate 2.336373  
Std Error Estimate 1.52852  
AIC 10758.23  
SBC 11438.62  
Number of Residuals 2888

\* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	3.02	3	0.3890	0.004	-0.017	-0.008	0.011	-0.017	0.016
12	12.10	9	0.2076	-0.019	0.000	-0.035	-0.014	-0.016	-0.033
18	19.81	15	0.1794	0.000	0.025	0.009	0.001	0.004	0.044
24	22.69	21	0.3605	0.003	-0.012	0.013	0.014	-0.001	-0.022
30	28.98	27	0.3620	-0.007	0.029	0.026	-0.019	0.014	-0.002
36	32.34	33	0.4998	-0.017	-0.008	-0.012	0.010	-0.006	-0.023
42	43.61	39	0.2817	-0.020	-0.020	0.008	0.038	0.001	-0.040
48	46.77	45	0.3997	0.002	0.018	0.024	0.006	0.004	0.010

The ARIMA Procedure  
 Outlier Detection Summary

Maximum number searched	125
Number found	125
Significance used	0.05

Outlier Details

Obs	Type	Estimate	Chi-Square	Approx Prob> ChiSq
2725	Additive	-4.63591	23.05	<.0001
89	Additive	5.15628	22.80	<.0001
337	Additive	-3.53353	15.82	<.0001
48	Additive	4.20709	13.83	0.0002
2549	Additive	-3.14036	13.09	0.0003
2731	Additive	-3.91873	17.14	<.0001
2713	Additive	-3.02712	10.70	0.0011
2403	Additive	-2.85516	11.70	0.0006
2735	Additive	-3.08683	10.89	0.0010
108	Additive	-3.33357	10.61	0.0011
209	Additive	-3.42863	13.36	0.0003
122	Additive	3.36613	11.07	0.0009
91	Additive	3.55987	11.52	0.0007
76	Additive	3.47712	10.88	0.0010
2670	Additive	2.76171	9.67	0.0019
2678	Additive	-3.06658	11.77	0.0006
2363	Additive	-2.72482	11.28	0.0008
2390	Additive	-2.70323	11.18	0.0008
2608	Additive	2.67167	9.69	0.0019
2643	Additive	2.79890	10.33	0.0013
2674	Additive	2.78559	9.98	0.0016
115	Additive	3.10261	9.71	0.0018
192	Additive	-3.02510	10.25	0.0014
411	Additive	2.79384	11.09	0.0009
816	Additive	2.48910	10.00	0.0016
854	Additive	2.86536	13.40	0.0003
817	Additive	2.62854	11.19	0.0008
745	Additive	-2.84473	13.11	0.0003
823	Additive	2.47359	9.93	0.0016
1259	Additive	-2.75790	12.93	0.0003
1184	Additive	2.96723	15.17	<.0001
968	Additive	-3.03793	15.45	<.0001
831	Additive	2.43215	9.86	0.0017
805	Additive	2.65933	11.65	0.0006
842	Additive	2.88855	13.82	0.0002
333	Additive	-2.85255	11.09	0.0009
156	Additive	-3.00395	9.88	0.0017
126	Additive	-3.20119	10.44	0.0012
73	Additive	3.27655	10.06	0.0015
2642	Additive	2.67899	9.79	0.0018
2360	Additive	-2.48702	9.79	0.0018
1898	Additive	-2.41875	10.14	0.0015
1541	Additive	2.62899	12.24	0.0005
1538	Additive	-2.62366	12.49	0.0004
1640	Additive	-2.76801	13.49	0.0002
1597	Additive	-2.63662	12.67	0.0004
1561	Additive	-2.59246	12.29	0.0005
1610	Additive	-2.50744	11.49	0.0007
1654	Additive	-2.84973	14.68	0.0001
1619	Additive	-2.53385	11.79	0.0006
1434	Additive	-2.47192	11.16	0.0008
1258	Additive	-2.53914	11.88	0.0006
119	Additive	3.12894	10.75	0.0010
1834	Additive	2.37509	10.27	0.0013
2591	Additive	2.56139	9.74	0.0018
2629	Additive	3.09271	14.03	0.0002
2659	Additive	2.78782	11.02	0.0009
2732	Additive	-3.06643	12.34	0.0004
2671	Additive	2.85978	11.63	0.0006
2637	Additive	2.72242	10.88	0.0010
2675	Additive	2.79641	11.06	0.0009
70	Additive	3.07231	9.51	0.0020
97	Additive	3.16953	10.70	0.0011

97	Additive	3.16953	10.70	0.0011
68	Additive	3.09714	9.66	0.0019
40	Additive	3.31265	10.15	0.0014
2658	Additive	2.49573	9.11	0.0025
2734	Additive	-3.23281	14.12	0.0002
62	Additive	2.94939	8.69	0.0032
98	Additive	2.88118	9.09	0.0026
157	Additive	-2.72598	9.17	0.0025
83	Additive	3.03538	9.69	0.0019
105	Additive	2.78083	8.85	0.0029
121	Shift	0.57330	12.05	0.0005
130	Additive	-3.28469	12.63	0.0004
113	Additive	3.11899	11.38	0.0007
1547	Additive	-2.11906	8.72	0.0031
1439	Additive	-2.61504	13.33	0.0003
1498	Additive	2.33028	10.64	0.0011
1816	Additive	2.55376	12.88	0.0003
1918	Additive	2.60389	13.45	0.0002
1845	Additive	-2.53339	12.49	0.0004
1823	Additive	-2.33193	10.85	0.0010
1543	Additive	2.51994	12.65	0.0004
1548	Additive	-2.32830	10.83	0.0010
1833	Additive	2.28874	10.30	0.0013
1975	Additive	-2.19058	9.25	0.0024
2614	Additive	2.51650	10.08	0.0015
2578	Additive	2.64785	11.36	0.0008
2552	Additive	2.55685	10.95	0.0009
2694	Additive	-2.91163	12.50	0.0004
1182	Additive	2.22108	9.89	0.0017
1114	Additive	-2.64845	14.03	0.0002
1126	Additive	2.29164	10.47	0.0012
996	Additive	-2.57202	13.22	0.0003
721	Additive	2.49293	12.01	0.0005
838	Additive	2.41073	11.54	0.0007
874	Additive	2.64998	13.88	0.0002
514	Additive	-2.51990	11.47	0.0007
476	Additive	-2.53450	11.56	0.0007
476	Additive	-2.53450	11.56	0.0007
401	Additive	2.55533	11.26	0.0008
435	Additive	2.45969	10.71	0.0011
508	Additive	-2.42823	10.83	0.0010
547	Additive	-2.47747	11.52	0.0007
1057	Additive	2.22481	10.01	0.0016
820	Additive	2.47986	12.27	0.0005
1226	Additive	2.48844	12.72	0.0004
778	Additive	2.44037	11.71	0.0006
530	Additive	2.45369	11.07	0.0009
420	Additive	2.56699	11.67	0.0006
491	Additive	-2.42175	10.63	0.0011
2689	Additive	2.53201	9.91	0.0016
2586	Additive	2.49226	10.36	0.0013
2626	Additive	2.60418	11.17	0.0008
2692	Additive	-2.48689	9.49	0.0021
1948	Additive	-2.18317	9.84	0.0017
1846	Additive	-2.42139	12.00	0.0005
414	Additive	2.35474	9.66	0.0019
509	Additive	2.39807	10.32	0.0013
399	Additive	2.58246	11.28	0.0008
125	Additive	-2.89797	10.30	0.0013
103	Additive	-2.83685	9.77	0.0018
131	Additive	-2.82139	10.02	0.0015
56	Additive	3.06981	9.80	0.0017
54	Additive	3.00077	9.26	0.0023
1840	Additive	2.10050	9.15	0.0025

#### Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.06252	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 3.356797	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 17.01771	Pr > A-Sq <0.0050

Lampiran 15. Output SAS Model ARIMA Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag
MA1,1	0.90635	0.0090202	100.48	<.0001	1
MA1,2	-0.02509	0.0082677	-3.03	0.0024	21
MA1,3	0.02097	0.0084164	2.49	0.0128	31
MA1,4	-0.02326	0.0080758	-2.88	0.0040	43
AR1,1	0.09026	0.02078	4.34	<.0001	1
AR1,2	-0.05587	0.01930	-2.89	0.0038	8

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	.	0	.	-0.002	-0.001	0.007	0.017	0.008	0.016
12	10.58	6	0.1022	0.005	0.002	-0.041	-0.012	0.003	-0.034
18	18.54	12	0.1002	-0.003	0.030	-0.010	-0.025	-0.032	0.003
24	24.48	18	0.1399	0.003	-0.025	0.005	-0.002	-0.010	-0.036
30	29.80	24	0.1915	0.010	0.012	0.037	0.003	0.014	-0.002
36	39.10	30	0.1236	-0.037	0.029	-0.001	0.006	-0.016	-0.026
42	48.93	36	0.0737	-0.008	0.002	0.022	0.046	0.018	-0.018
48	52.91	42	0.1205	0.025	0.003	0.026	0.000	0.003	0.006

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.166839	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 14.61468	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 63.7194	Pr > A-Sq <0.0050

Lampiran 16. Output SAS Model ARIMA Curah Hujan Harian di Kota Surabaya dengan Deteksi *Outlier*

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
MA1,1	0.96016	0.0066098	145.26	<.0001	1	Y	0
MA1,2	-0.05755	0.0075396	-7.63	<.0001	21	Y	0
MA1,3	0.05049	0.0080413	6.28	<.0001	31	Y	0
MA1,4	-0.02721	0.0070590	-3.85	0.0001	43	Y	0
AR1,1	0.06848	0.01983	3.45	0.0006	1	Y	0
AR1,2	-0.05916	0.01940	-3.05	0.0023	8	Y	0
NUM1	-3.56990	0.57912	-6.16	<.0001	0	s495	0
NUM2	3.43978	0.56897	6.05	<.0001	0	s1500	0
NUM3	3.96046	0.57828	6.85	<.0001	0	s521	0
NUM4	3.00759	0.57114	5.27	<.0001	0	s1232	0
NUM5	2.77369	0.57335	4.84	<.0001	0	s438	0
NUM6	3.06386	0.56684	5.41	<.0001	0	s1945	0
NUM7	-3.09949	0.57174	-5.42	<.0001	0	s712	0
NUM8	-2.38085	0.56506	-4.21	<.0001	0	s1403	0
NUM9	-2.71608	0.56539	-4.80	<.0001	0	s300	0
NUM10	-2.75711	0.60738	-4.54	<.0001	0	s1060	0
NUM11	2.13577	0.60534	3.53	0.0004	0	s1045	0
NUM12	-3.20880	0.58221	-5.51	<.0001	0	s1881	0
NUM13	1.90248	0.57257	3.32	0.0009	0	s771	0
NUM14	-1.95784	0.56862	-3.44	0.0006	0	s2659	0
NUM15	2.69655	0.57010	4.73	<.0001	0	s1906	0
NUM16	2.56116	0.57886	4.42	<.0001	0	s1861	0
NUM17	-5.83365	1.77765	-3.28	0.0010	0	a1247	0
NUM18	-5.53531	1.76430	-3.14	0.0017	0	a2394	0
NUM19	-5.64247	1.76817	-3.19	0.0014	0	a689	0
NUM20	2.29481	0.57316	4.00	<.0001	0	s2639	0
NUM21	2.64769	0.56305	4.70	<.0001	0	s2683	0
NUM22	5.90714	1.79300	3.29	0.0010	0	a1887	0
NUM23	-5.34462	1.76424	-3.03	0.0025	0	a1633	0
NUM24	-1.71085	0.59802	-2.86	0.0043	0	s1841	0
NUM25	-4.92942	1.76836	-2.79	0.0053	0	a2708	0
NUM26	4.91497	1.76511	2.78	0.0054	0	a1185	0
NUM27	-4.88782	1.77502	-2.75	0.0059	0	a282	0
NUM28	5.44553	1.79735	3.03	0.0025	0	a506	0
NUM29	-4.96412	1.78249	-2.78	0.0054	0	a526	0
NUM30	-4.68312	1.76215	-2.66	0.0079	0	a1746	0
NUM31	5.71383	1.78736	3.20	0.0014	0	a1477	0
NUM32	-1.98261	0.57196	-3.47	0.0005	0	s1460	0
NUM33	-1.40058	0.58194	-2.41	0.0162	0	s2543	0
NUM34	-1.55258	0.58368	-2.66	0.0079	0	s2573	0
NUM35	1.23072	0.57504	2.14	0.0324	0	s899	0
NUM36	4.73927	1.79080	2.65	0.0082	0	a499	0

Variance Estimate      3.28695  
 Std Error Estimate    1.812995  
 AIC                      11682.14  
 SBC                      11932.84  
 Number of Residuals    2890  
 \* AIC and SBC do not include log determinant.

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	.	0	.	-0.001	-0.018	-0.015	0.001	0.000	0.016
12	8.85	6	0.1820	0.003	0.003	-0.033	-0.010	0.017	-0.028
18	16.73	12	0.1602	0.002	0.045	0.000	0.001	-0.003	0.025
24	22.68	18	0.2031	0.027	-0.006	0.003	0.004	-0.010	-0.034
30	25.91	24	0.3579	0.009	0.012	0.027	-0.011	-0.002	-0.005
36	38.04	30	0.1487	-0.027	0.042	0.006	0.002	-0.020	-0.035
42	49.84	36	0.0623	-0.021	-0.009	0.029	0.041	0.007	-0.031
48	53.24	42	0.1146	0.016	-0.019	0.022	0.003	0.007	0.002



The ARIMA Procedure  
 Outlier Detection Summary  
 Maximum number searched 50  
 Number found 50  
 Significance used 0.05

Outlier Details

Obs	Type	Estimate	Chi-Square	Approx Prob> ChiSq
1813	Shift	-2.26715	48.76	<.0001
1042	Shift	-1.94662	34.73	<.0001
2543	Shift	-1.88691	32.63	<.0001
2917	Shift	-2.72103	27.10	<.0001
158	Shift	1.71197	25.29	<.0001
781	Shift	-1.67273	27.54	<.0001
775	Shift	1.75525	32.97	<.0001
192	Additive	-5.24566	27.02	<.0001
1631	Shift	1.62804	26.60	<.0001
1581	Shift	1.70863	32.73	<.0001
115	Shift	1.62846	29.83	<.0001
1079	Additive	-5.09242	29.61	<.0001
1547	Shift	-1.59864	28.79	<.0001
1881	Additive	4.97710	28.17	<.0001
899	Shift	1.58035	28.35	<.0001
2732	Additive	-4.90909	27.40	<.0001
954	Additive	-4.88228	27.87	<.0001
2731	Additive	-4.86820	28.32	<.0001
1654	Additive	-4.82260	29.45	<.0001
563	Additive	-4.79974	30.42	<.0001
1500	Additive	4.77919	31.08	<.0001
452	Additive	4.75481	31.15	<.0001
427	Shift	-1.55487	32.86	<.0001
2725	Additive	-4.74145	31.05	<.0001
1498	Additive	4.72191	32.57	<.0001
1653	Additive	-4.68522	33.27	<.0001
1319	Additive	-4.68521	33.84	<.0001
564	Additive	-4.66141	34.47	<.0001
499	Additive	-4.68253	35.25	<.0001
856	Additive	4.65229	34.99	<.0001
2637	Additive	4.63555	34.78	<.0001
2608	Additive	4.69781	35.92	<.0001
209	Additive	-4.63239	35.38	<.0001
769	Additive	4.61407	35.84	<.0001
727	Additive	-4.62390	36.00	<.0001
371	Shift	-1.46355	36.78	<.0001
2734	Additive	-4.58814	37.23	<.0001
2346	Shift	-1.45885	38.46	<.0001
2174	Additive	-4.56559	35.87	<.0001
874	Additive	4.56296	38.59	<.0001
1874	Additive	4.55786	38.59	<.0001
1131	Additive	4.53343	38.36	<.0001
488	Additive	-4.53056	38.32	<.0001
1532	Additive	-4.50949	38.70	<.0001
2383	Additive	-4.50182	38.57	<.0001
2735	Additive	-4.49647	39.53	<.0001
2428	Additive	-4.49455	40.04	<.0001
2407	Additive	-4.66326	46.03	<.0001
1012	Additive	-4.49445	43.38	<.0001
1037	Additive	-4.58648	45.42	<.0001

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.178308	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 18.05527	Pr > W-Sq <0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 79.91968	Pr > A-Sq <0.0050

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMIPA ITS:

Nama : Yonlib W.A. Nantohy

NRP : 1315201021

Program Studi : Magister Statistika / ~~Doktor Ilmu Statistik~~

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tesis / Disertasi ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ Disertasi/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/Dataproduct>.

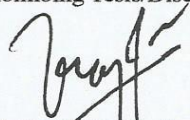
Keterangan : Data Curah Hujan, Suhu, Kelembaban, dan Kecepatan Angin di kota Surabaya pada Stasiun Juanda Tahun 2008-2015

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

Surabaya, 24-07-2017

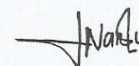
Mengetahui

Pembimbing Tesis/Disertasi



(Dr. Brodjol Sukho S.H., M.Si )  
NIP. 19660125 199002 1 001

Mahasiswa



(Yonlib W.A. Nantohy )  
NRP. 1315 201021

\*(coret yang tidak perlu)

\*\* Mohon dituliskan data primer apabila datanya dikumpulkan sendiri



## BIOGRAFI PENULIS



Yonlib Weldri Arnold Nanlohy, lahir di Ambon, Maluku pada 10 Desember 1993. Putra kedua dari Hendrik D. Nanlohy dan Sandra C. A. Nanlohy. Penulis menempuh studi dengan jenjang sebagai berikut : Pada tahun 1999 masuk SD Negeri 7 Ambon dan tahun 2005 masuk SMP Negeri 4 Ambon dan lulus pada tahun 2008. Pada tahun yang sama masuk SMA Negeri 2 Ambon. Kemudian pada tahun 2011 melanjutkan studi pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura Ambon, dan memperoleh gelar sarjana sains (S.Si) tahun 2015 pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura Ambon. Penulis mendaftar program magister pada Jurusan Statistika FMIPA ITS Surabaya pada tahun ajaran ganjil 2015 dan diterima pada Agustus 2015. Pembaca yang ingin memberikan kritik, saran, dan pertanyaan mengenai penelitian ini dapat menghubungi penulis melalui email [ywa.nanlohy@gmail.com](mailto:ywa.nanlohy@gmail.com).

