



**TUGAS AKHIR – SM141501**

**PENDEKATAN MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI INPUT* UNTUK ANALISIS HUBUNGAN ANTARA IKLIM DENGAN KASUS DEMAM BERDARAH *DENGUE* DI SURABAYA**

**RISKI NUR HIDAYANTI**  
NRP 061114 4000 0052

Dosen Pembimbing:  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
Drs. Iis Herisman, M.Sc

**DEPARTEMEN MATEMATIKA**  
Fakultas Matematika, Komputasi, Dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*



**FINAL PROJECT – SM141501**

**THE MULTI-INPUT TRANSFER FUNCTION  
MODEL APPROACH FOR ANALYSIS OF  
CORRELATION BETWEEN CLIMATE AND  
DENGUE HEMORRHAGIC FEVER IN  
SURABAYA**

**RISKI NUR HIDAYANTI**  
NRP 061114 4000 0052

Supervisor:  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
Drs. Iis Herisman, M.Sc

DEPARTEMENT OF MATHEMATICS  
Faculty of Mathematics, Computations, and Data  
Sciences Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENDEKATAN MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI***  
***INPUT* UNTUK ANALISIS HUBUNGAN ANTARA IKLIM**  
**DENGAN KASUS DEMAM BERDARAH *DENGUE* DI**  
**SURABAYA**

**THE MULTI INPUT TRANSFER FUCTION MODEL**  
**APPROACH FOR ANALYSIS OF CORRELATION**  
**BETWEEN CLIMATE AND DENGUE**  
**HEMORRHAGIC FEVER IN SURABAYA**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains, pada

Bidang Studi Matematika Terapan

Program Studi S-1 Departemen Matematika

Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

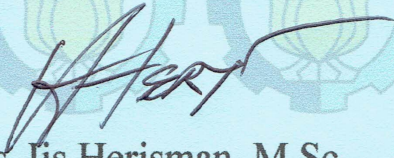
**RISKI NUR HIDAYANTI**

**NRP. 0611144000052**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,

  
Drs. Iis Herisman, M.Sc

NIP. 19601002 198903 1 002

  
Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes

NIP. 19650220 198903 2 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika

FMKSD ITS

  
Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT

NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, Juli 2018

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*

**PENDEKATAN MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI*  
INPUT UNTUK ANALISIS HUBUNGAN ANTARA IKLIM  
DENGAN KASUS DEMAM BERDARAH *DENGUE* DI  
SURABAYA**

Nama Mahasiswa : RISKI NUR HIDAYANTI  
NRP : 06111440000052  
Jurusan : Matematika FMKSD ITS  
Pembimbing : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Drs. Iis Herisman, M.Sc

**Abstrak**

Penyakit demam berdarah *dengue* (DBD) ialah penyakit yang disebabkan oleh virus *dengue* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Dinas Kesehatan Kota Surabaya menunjukkan bahwa jumlah penderita demam berdarah *dengue* selama dua tahun terakhir mengalami peningkatan yang disebabkan oleh faktor iklim, dikarenakan penyakit DBD cenderung lebih pesat kenaikannya dimusim penghujan. Penelitian ini menghasilkan model fungsi transfer *multi input* untuk menganalisa hubungan antara iklim dengan kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya, dimana dengan variabel *output*nya adalah kasus DBD dan variabel *input*nya meliputi curah hujan, kelembaban, kecepatan angin, dan suhu. Hasil menunjukkan bahwa model terbaik untuk peramalan kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya dengan *input* curah hujan, kelembaban, dan kecepatan angin adalah:

$$Y_t = 0,12845X_{1,t} + 0,04213X_{1,t-4} + 0,03683X_{1,t-10} - 1,05 \cdot 10^{-10}X_{2,t-9} - 3,4469 \cdot 10^{-11}X_{2,t-13} + 0,0572 X_{2,t-19} + 0,19951X_{3,t-10} + 0,06543X_{3,t-14} + 0,0572 X_{3,t-20} - 0,32797Y_{t-4} - 0,28673Y_{t-10} + e_t$$

Untuk hasil analisa hubungan antara keduanya, bahwa iklim berpengaruh terhadap jumlah kasus penderita demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya.

**Kata Kunci:** Demam Berdarah Dengue, Iklim, Fungsi Transfer.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*



**THE MULTI-INPUT TRANSFER FUNCTION MODEL  
APPROACH FOR ANALYSIS OF CORRELATION  
BETWEEN CLIMATE AND DENGUE  
HEMORRHAGIC FEVER IN SURABAYA**

Name : RISKI NUR HIDAYANTI  
NRP : 0611144000052  
Departmen : Matematika FMKSD ITS  
Supervisors : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Drs. Iis Herisman, M.Sc

**Abstract**

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is a disease caused by dengue virus transmitted through the bite of mosquito aedes aegypti and aedes albopictus. Surabaya Public Health Office shows that the amount of dengue fever sufferer increases in the past two years is caused by the climate because the dengue fever rapidly grows in rainy season. This research results multi input transfer function model to analyze correlation between climate and dengue fever in Surabaya. Which the output variable is dengue fever cases and the input variable are rainfall, humidity, wind velocity, and temperature. The result shows that the best model to forecast dengue fever in Surabaya with input variable rainfall, humidity, and wind velocity is:

$$Y_t = 0,12845X_{1,t} + 0,04213X_{1,t-4} + 0,03683X_{1,t-10} - 1,05 \cdot 10^{-10}X_{2,t-9} - 3,4469 \cdot 10^{-11}X_{2,t-13} + 0,0572 X_{2,t-19} + 0,19951X_{3,t-10} + 0,06543X_{3,t-14} + 0,0572 X_{3,t-20} - 0,32797Y_{t-4} - 0,28673Y_{t-10} + e_t$$

The results of the analysis of the correlation between both, that climate affects the number of cases of dengue hemorrhagic fever in Surabaya.

**Keywords:** *Dengue Hemorrhagic fever, Climate, Transfer Function.*

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik tugas akhir ini berjudul

### **“PENDEKATAN MODEL FUNGSI TRANSFER *MULTI INPUT* UNTUK ANALISIS HUBUNGAN ANTARA IKLIM DENGAN KASUS DEMAM BERDARAH *DENGUE* DI SURABAYA”**

Sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika FMKSD ITS Surabaya.

Tugas akhir ini terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, MT selaku Ketua Departemen Matematika FMKSD ITS.
2. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes dan Bapak Drs. Iis Herisman, M.Sc selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan serta motivasinya kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini sehingga terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Chairul Imron, MI.Komp selaku dosen wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika FMKSD ITS.
4. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Departemen Matematika FMKSD ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
5. Bapak Samud Hadi Rianto dan Ibu Cholifah selaku orangtua tercinta serta Ami saya, Miftahul Ulum yang selalu memberikan semangat dan juga keluarga besar yang selalu mendoakan, menguatkan, serta mendukung penulis sehingga bisa sampai saat ini.
6. Hani, Itsna, Adzra, Fisa, Zira dan seluruh teman-teman AKSIOM14 yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis.

7. Endah Setyowati dan Faizin Anshori yang memberikan semangat, dukungan, doa, serta bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terima kasih atas doa dan dukungan kepada penulis sampai dengan selesainya program ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Hal
<b>JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Analisis Deret Waktu (Time Series Analysis) .....	8
2.3 Metode ARIMA.....	8
2.4 Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA).....	9
2.4.1 Stasioneritas Model .....	9
2.4.2 Identifikasi Model .....	12
2.4.3 Estimasi Parameter .....	13
2.4.4 Uji Signifikansi Parameter .....	14
2.4.5 Uji Diagnostik .....	15
2.4.6 Overfitting.....	16
2.4.7 Pemilihan Model Terbaik .....	17
2.5 Model Fungsi Transfer .....	17

2.5.1	Identifikasi Model Fungsi Transfer .....	19
2.5.2	Penaksiran Parameter-parameter Model..	22
2.5.3	Pemeriksaan Diagnostik pada Model .....	24
2.5.4	Penggunaan Model Fungsi Transfer Untuk peramalan.....	26

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2	Langkah-Langkah Analisis Data .....	28

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1	Karakteristik Data Demam Berdarah Dengue, Curah Hujan, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Suhu di Kota Surabaya.....	31
4.2	Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Kasus Demam Berdarah Dengue di Surabaya.....	32
4.2.1	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret Input Curah Hujan di Kota Surabaya .....	34
4.2.2	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret Input Kelembaban di Kota Surabaya .....	45
4.2.3	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret Input Kecepatan Angin di Kota Surabaya. ....	52
4.2.4	Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret Input Suhu di Kota Surabaya. ....	61
4.3	Pre-whithening Deret Input Model Fungsi Transfer Multi Input.....	72
4.3.1	Pre-whithening Untuk Model Input Curah Hujan ( $X_1$ ) .....	72

4.3.2 Pre-whitening Untuk Model Input Kelembaban ( $X_2$ ) .....	73
4.3.3 Pre-whitening Untuk Model Input Kecepatan Angin ( $X_3$ ).....	73
4.3.4 Pre-whitening Untuk Model Input Suhu ( $X_4$ ).....	74
4.4 Mendeteksi Crosscorrelation Function (CCF) dan Autokolerasi untuk Deret Input Terhadap Deret Output .....	75
4.5 Pembentukan Model Awal Fungsi Transfer Multi Input.....	78
4.6 Pembentukan Deret Noise .....	79
4.7 Model Akhir Fungsi Transfer Multi Input.....	80
4.8 Hasil Prediksi Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Surabaya dengan Model Fungsi Transfer Multi Input.....	88
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	89
5.2 Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	91
<b>LAMPIRAN</b> .....	93
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	117

*"Halaman ini sengaja dikosongkan."*



## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 2.1</b>	Konsep Dasar Fungsi Transfer ..... 17
<b>Gambar 2.2</b>	Konsep Dasar Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> . 18
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alur Metodologi Penelitian ..... 27
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Time Series Plot</i> Curah Hujan ..... 32
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Time Series Plot</i> Kelembaban..... 33
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Time Series Plot</i> Kecepatan Angin..... 33
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Time Series Plot</i> Suhu..... 33
<b>Gambar 4.5</b>	Box Cox Plot Data Curah Hujan ..... 34
<b>Gambar 4.6</b>	Box Cox Plot Data Transformasi Curah Hujan ..... 35
<b>Gambar 4.7</b>	Plot ACF Data Transformasi Curah Hujan Kota Surabaya ..... 35
<b>Gambar 4.8</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 1..... 36
<b>Gambar 4.9</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 12..... 37
<b>Gambar 4.10</b>	Plot PACF <i>differencing</i> lag 12..... 37
<b>Gambar 4.11</b>	Uji Normalitas Curah Hujan..... 40
<b>Gambar 4.12</b>	Box Cox Plot Kelembaban Kota Surabaya.. 45
<b>Gambar 4.13</b>	Box Cox Plot Data Transformasi Kelembaban Kota Surabaya ..... 46
<b>Gambar 4.14</b>	Plot ACF untuk data Transformasi Kelembaban..... 46
<b>Gambar 4.15</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 1..... 47
<b>Gambar 4.16</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 12..... 47
<b>Gambar 4.17</b>	Plot PACF Data Kelembaban ..... 47
<b>Gambar 4.18</b>	Uji Normalitas Kelembaban Kota Surabaya 49
<b>Gambar 4.19</b>	Box Cox Plot Kecepatan Angin Kota Surabaya ..... 52

<b>Gambar 4.20</b>	Box Cox Plot Data Transformasi 1 Kecepatan Angin .....	53
<b>Gambar 4.21</b>	Box Cox Plot Data Transformasi 2 Kecepatan Angin .....	53
<b>Gambar 4.22</b>	Plot ACF untuk data Transformasi Kelembaban .....	54
<b>Gambar 4.23</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 1 .....	54
<b>Gambar 4.24</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 12.....	55
<b>Gambar 4.25</b>	Plot PACF Data Kecepatan Angin.....	55
<b>Gambar 4.26</b>	Uji Normalitas Kecepatan Angin Kota Surabaya .....	58
<b>Gambar 4.27</b>	Box Cox Plot Suhu Kota Surabaya.....	59
<b>Gambar 4.28</b>	Box Cox Plot Data Transformasi Suhu Kota Surabaya .....	61
<b>Gambar 4.29</b>	Plot ACF untuk data Transformasi Suhu.....	62
<b>Gambar 4.30</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 1 .....	62
<b>Gambar 4.31</b>	Plot ACF <i>differencing</i> lag 12.....	63
<b>Gambar 4.32</b>	Plot PACF Data Suhu .....	63
<b>Gambar 4.33</b>	Uji Normalitas Suhu Kota Surabaya.....	63
<b>Gambar 4.34</b>	Plot CCF antara Demam Berdarah <i>Dengue</i> dan Curah Hujan Kota Surabaya .....	73
<b>Gambar 4.35</b>	Plot CCF antara Demam Berdarah <i>Dengue</i> dan Kelembaban Kota Surabaya.....	74
<b>Gambar 4.36</b>	Plot CCF antara Demam Berdarah <i>Dengue</i> dan Kecepatan Angin Kota Surabaya .....	74
<b>Gambar 4.37</b>	Plot CCF antara Demam Berdarah <i>Dengue</i> dan Suhu Kota Surabaya .....	75
<b>Gambar 4.38</b>	Plot ACF Residual .....	77
<b>Gambar 4.39</b>	Plot PACF Residual.....	77
<b>Gambar 4.40</b>	Uji Normalitas Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> .....	83

## DAFTAR TABEL

	Hal
<b>Tabel 2.1</b>	Transformasi Box-Cox ..... 11
<b>Tabel 2.2</b>	Model Pola ACF dan PACF ..... 12
<b>Tabel 4.1</b>	Statistik Deskriptif Data Demam Berdarah Dengue, Curah Hujan, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Suhu di Kota Surabaya ..... 31
<b>Tabel 4.2</b>	Estimasi Parameter Curah Hujan..... 38
<b>Tabel 4.3</b>	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Curah Hujan di Kota Surabaya..... 42
<b>Tabel 4.4</b>	Uji White Noise Residual Curah Hujan Kota Surabaya ..... 43
<b>Tabel 4.5</b>	Nilai MAPE Curah Hujan Kota Surabaya... 44
<b>Tabel 4.6</b>	Estimasi Parameter Kelembaban ..... 48
<b>Tabel 4.7</b>	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Kelembaban di Kota Surabaya ..... 51
<b>Tabel 4.8</b>	Uji White Noise Residual Kelembaban Kota Surabaya ..... 51
<b>Tabel 4.9</b>	Estimasi Parameter Kecepatan Angin ..... 56
<b>Tabel 4.10</b>	Nilai MAPE Kecepatan Angin Kota Surabaya ..... 60
<b>Tabel 4.11</b>	Estimasi Parameter Suhu ..... 65
<b>Tabel 4.12</b>	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Suhu di Kota Surabaya. .... 69
<b>Tabel 4.13</b>	Uji White Noise Residual Suhu Kota Surabaya ..... 70

<b>Tabel 4.14</b>	Nilai MAPE Suhu Kota Surabaya .....	71
<b>Tabel 4.15</b>	Uji Signifikansi Parameter Fungsi Transfer	78
<b>Tabel 4.16</b>	Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer.	80
<b>Tabel 4.17</b>	Uji White Noise Residual Model Fungsi Transfer Multi Input .....	84
<b>Tabel 4.18</b>	Uji CCF Residual Model Curah Hujan.....	85
<b>Tabel 4.19</b>	Uji CCF Residual Model Kelembaban .....	86
<b>Tabel 4.20</b>	Uji CCF Residual Model Kecepatan Angin.	86
<b>Tabel 4.21</b>	Hasil Ramalan Kasus Demam Berdarah Dengue Kota Surabaya Tahun 2018 .....	88

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
<b>LAMPIRAN A</b>	<i>Output</i> Program Minitab 16 untuk Estimasi Parameter pada Masing-Masing Deret <i>Input</i> ..... 93
<b>LAMPIRAN B</b>	<i>Output</i> Program Minitab 16 untuk Uji <i>White Noise</i> pada Masing-Masing Deret <i>Input</i> ... 94
<b>LAMPIRAN C</b>	<i>Output</i> Program SAS untuk Estimasi Parameter dan Uji <i>White Noise</i> pada Model Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> ..... 95
<b>LAMPIRAN D</b>	<i>Output</i> Program SAS untuk Uji Crosscorrelation Model Residual pada Masing-Masing Deret <i>Input</i> ..... 96
<b>LAMPIRAN E</b>	<i>Listing Program</i> SAS untuk <i>Crosscorelation</i> (CCF) antara DBD dengan Curah Hujan Kota Surabaya..... 97
<b>LAMPIRAN F</b>	<i>Listing Program</i> SAS untuk <i>Crosscorelation</i> (CCF) antara DBD dengan Kelembaban Kota Surabaya..... 99
<b>LAMPIRAN G</b>	<i>Listing Program</i> SAS untuk <i>Crosscorelation</i> (CCF) antara DBD dengan Kecepatan Angin Kota Surabaya..... 101
<b>LAMPIRAN H</b>	<i>Listing Program</i> SAS untuk <i>Crosscorelation</i> (CCF) antara DBD dengan Suhu Kota Surabaya..... 103
<b>LAMPIRAN I</b>	<i>Listing Program</i> SAS Fungsi Transfer <i>Multi Input</i> ..... 105
<b>LAMPIRAN J</b>	Tabel Estimasi Pengujian dan Penaksiran Kecepatan Angin Kota Surabaya ..... 107

<b>LAMPIRAN K</b>	Tabel Uji <i>White Noise</i> Kecepatan Angin Kota Surabaya.....	109
<b>LAMPIRAN L</b>	<i>Output</i> Program SAS Hasil Prediksi Kasus Demam Berdarah <i>Dengue</i> Kota Surabaya Tahun 2018.....	111
<b>LAMPIRAN M</b>	Hasil Peramalan Kasus DBD Kota Surabaya Tahun 2018.....	112
<b>LAMPIRAN N</b>	Identifikasi Model SARIMA Curah Hujan Kota Surabaya .....	113

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan hal-hal yang melatarbelakangi munculnya permasalahan pada Tugas Akhir ini yang selanjutnya dituliskan dalam suatu rumusan masalah. Dalam bab ini juga dijabarkan mengenai batasan masalah, tujuan, dan manfaat yang akan diperoleh.

### 1.1 Latar Belakang

Penyakit demam berdarah *dengue* (DBD) atau *dengue hemorrhagic fever* (DHF) ialah penyakit yang disebabkan oleh virus *dengue* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Penyakit demam berdarah *dengue* sering salah diagnosa dengan penyakit lain seperti flu atau tipus. Hal ini disebabkan karena infeksi virus *dengue* yang menyebabkan demam berdarah *dengue* bisa bersifat asimtomatik atau tidak jelas gejalanya[1]. Badan Kesehatan Dunia, *World Health Organization* (WHO) mengatakan wabah DBD sekarang telah menjadi ancaman utama bagi kesehatan masyarakat global. Lebih dari 2,5 miliar penduduk dunia berisiko terkena penyakit demam berdarah, dengan mayoritas atau 70% populasi hidup di kawasan Asia Pasifik. Dibandingkan wilayah lain, negara-negara Asia Tenggara paling serius terkena dampak demam berdarah *dengue*[2].

Penyakit DBD masih merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang utama di Indonesia. Menurut Kemenkes RI, Indonesia menempati peringkat pertama dalam jumlah kasus DBD di Asia Tenggara dengan lebih dari 90.000 kasus pada tahun 2013. Di Indonesia, DBD pertama kali ditemukan di kota Surabaya pada tahun 1968 dan sejak saat itu penyakit ini menyebar luas di seluruh Indonesia. Jumlah penderita dan luas daerah penyebarannya semakin bertambah

seiring dengan meningkatnya mobilitas dan kepadatan penduduk[3]. Peningkatan kasus DBD terjadi setiap tahun dan seringkali berulang di wilayah yang sama serta secara nasional berulang setiap 5 tahun[4]. Demam berdarah *dengue* merupakan penyakit infeksi menular vektor yang sering kali ditemukan di daerah tropis-Subtropis. Beberapa studi yang menunjukkan bahwa iklim mempengaruhi kejadian kasus demam berdarah *dengue*[5]-[6].

Secara Umum, iklim didefinisikan sebagai kondisi rata-rata suhu, curah hujan, tekanan udara, dan angin dalam jangka waktu yang panjang, antara 30 sampai 100 tahun. Pada intinya iklim adalah pola cuaca yang terjadi selama bertahun-tahun. Sementara cuaca itu sendiri adalah kondisi harian suhu, curah hujan, tekanan udara, dan angin. Jadi iklim adalah perubahan pada pola variabel iklim yang telah terjadi dalam jangka waktu lama, setidaknya puluhan tahun[7]. Penyakit yang dibawa oleh vektor nyamuk sangat sensitif terhadap kondisi iklim. Suhu telah membatasi rentang geografis nyamuk. Panas yang ekstrim dapat membunuh nyamuk, tetapi suhu yang hangat dapat meningkatkan kelangsungan hidup, aktivitas menggigit, dan masa inkubasi ekstrinsik yaitu tingkat dimana patogen matang didalam diri nyamuk[8]. Beberapa variabel iklim dapat mempengaruhi transmisi penyakit. Namun, terdapat empat variabel utama yang dianggap paling signifikan dalam mempengaruhi penyakit dengan lingkungannya. Keempat variabel tersebut adalah suhu, curah hujan, kelembaban, dan angin[9].

Data Dinas Kesehatan Kota Surabaya menunjukkan bahwa jumlah penderita demam berdarah *dengue* selama dua tahun terakhir mengalami peningkatan. Pada 2015, jumlah pasien demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya sebanyak 640 orang dengan rincian penderita laki-laki 263 orang dan perempuan 377 orang[10]. Pada tahun 2016 jumlah kasus



demam berdarah *dengue* meningkat sebanyak 938 orang dengan rincian penderita laki-laki 503 orang dan perempuan 435 orang[11]. Peningkatan ini terjadi pada musim hujan akhir 2016. Di tahun yang sama angka kematian akibat demam berdarah *dengue* menurun, dari 13 orang meninggal pada tahun 2015 menjadi 7 orang saja pada tahun 2016. Mengingat angka peningkatan penderita demam berdarah *dengue* dan kondisi pada awal tahun 2017 masih masuk hujan, Pemerintah Kota Surabaya menghimbau warga lebih peduli dilingkungan masing-masing[12].

Oleh karena itu, dalam penelitian pada tugas akhir ini dilakukan analisis pengaruh iklim terhadap kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya dengan menggunakan pendekatan model fungsi transfer *multi input*. Penelitian ini sebagai gambaran pemerintah kota Surabaya dalam upaya meminimalisir kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan pokok yang akan dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir ini dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana model terbaik pada kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya menggunakan metode fungsi transfer *multi-input*?
2. Bagaimana analisis pengaruh iklim terhadap kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya?
3. Bagaimana prediksi kasus demam berdarah *dengue* pada periode tahun 2018 di Surabaya?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan dalam penelitian Tugas Akhir ini tidak menyimpang dari apa yang telah dirumuskan serta untuk

menyederhanakan masalah yang dihadapi, maka diperlukan batasan. Batasan-batasan dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data bulanan dari kasus demam berdarah *dengue* dari Januari 2010 sampai Desember 2017 dan data iklim dari bulan Januari 2010 sampai Desember 2017.
2. Parameter iklim yang digunakan meliputi suhu, curah hujan, kelembaban dan angin.
3. Iklim sebagai faktor yang mempengaruhi banyaknya kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

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

1. Memperoleh model terbaik pada kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya.
2. Menganalisis pengaruh iklim terhadap kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya.
3. Memperoleh hasil prediksi kasus demam berdarah *dengue* pada periode tahun 2018 di Surabaya.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini bagi Departemen Matematika FMKSD ITS adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian tugas akhir ini diharapkan mampu menjadi referensi bacaan serta bahan masukan yang bermanfaat untuk melakukan penelitian selanjutnya.
2. Sebagai bahan referensi bagi pihak ruang baca matematika (RBM) sebagai bahan bacaan yang dapat menambah ilmu

pengetahuan bagi pembaca dalam hal ini yang dimaksud adalah mahasiswa yang lainnya.

Selain manfaat bagi Departemen Matematika FMKSD ITS, manfaat yang diperoleh dari penelitian ini bagi penulis adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pelajaran secara nyata dalam menyelesaikan permasalahan dalam bidang matematika.
2. Menguji kemampuan pribadi yang diperoleh selama perkuliahan mampu digunakan dalam berhubungan dengan masyarakat di dunia kerja.

Manfaat selain uraian diatas yaitu sebagai salah satu alternatif untuk mendapatkan gambaran tentang kasus demam berdarah *dengue* pada periode atau tahun selanjutnya, yang dapat digunakan pemerintah Kota Surabaya untuk meminimalisir kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini secara keseluruhan terdiri dari lima bab dan lampiran, secara garis besar dalam masing-masing bab dibahas hal-hal sebagai berikut:

### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab I dijelaskan gambaran umum dari penulisan tugas akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

### **2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab II diuraikan tentang teori-teori utama maupun materi penunjang yang terkait dengan permasalahan dalam tugas akhir, antara lain yaitu penelitian terdahulu, Metode Arima, dan Metode Fungsi Transfer. Teori-teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab III dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Tahapan tersebut adalah Pengumpulan Data; Studi Literatur; Pembentukan Model Fungsi Transfer; Penarikan Kesimpulan; Penulisan Laporan Tugas Akhir.

### 4. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV dibahas secara detail mengenai proses pemodelan Fungsi Transfer, Analisisnya, dan Nilai peramalannya.

### 5. BAB V PENUTUP

Pada bab V berisi kesimpulan akhir yang diperoleh dari analisis dan pembahasan tugas akhir serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, mencakup dasar teori dan metode yang digunakan.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam proposal Tugas Akhir ini adalah beberapa penelitian yang relevan dengan tema yang diambil. Pada penelitian terdahulu oleh Taqdir Al-faritsi dan Asrirawan pada tahun 2016 dengan judul “Pemodelan Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) Kota Palopo Menggunakan Model Fungsi Transfer” dimana peneliti menggunakan perbandingan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) dan Fungsi Transfer *single input* yaitu curah hujan dan menghasilkan model terbaik menggunakan model Fungsi Transfer untuk meramalkan jumlah penderita DBD Kota Palopo tahun 2015 dibandingkan dengan model SARIMA sebab memiliki nilai MSE yang lebih kecil[13].

Penelitian selanjutnya oleh Fachrul Ulum Febriansyah dan Abadyo dengan judul “Analisis Deret Berkala Multivariat dengan Menggunakan Model Fungsi Transfer : Studi Kasus Curah Hujan di Kota Malang” dimana peneliti menggunakan curah hujan sebagai deret *output* dan temperatur udara, kelembaban, kecepatan angin sebagai deret *input*. Dan didapatkan hasil peramalan curah hujan minimum pada tahun 2012 dan 2013 terjadi pada bulan Agustus yaitu 23,186 dan 41,416[14].

## 2.2 Analisis Deret Waktu (*Time Series Analysis*)

Data deret waktu (*time series*) adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk memberikan gambaran tentang perkembangan suatu kegiatan dari waktu ke waktu. Analisis deret waktu memungkinkan untuk mengetahui perkembangan suatu atau beberapa kejadian serta hubungan dengan kejadian lainnya. Metode *time series* adalah peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Peramalan suatu data *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola data. Secara umum terdapat empat macam pola data *time series*, yaitu horizontal, trend, musiman, dan siklis [15]. Pola horizontal merupakan kejadian yang tidak terduga dan bersifat acak, tetapi kemunculannya dapat mempengaruhi fluktuasi data *time series*. Pola trend merupakan kecenderungan arah data dalam jangka panjang, dapat berupa kenaikan maupun penurunan. Pola musiman merupakan fluktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun. Sedangkan pola siklis merupakan fluktuasi dari data waktu yang lebih dari satu tujuan. Tujuan analisis deret waktu ini adalah menemukan pola deret historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan sehingga hasilnya dapat dijadikan acuan untuk peramalan nilai di masa yang akan datang.

## 2.3 Metode ARIMA

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan model lanjutan dari ARMA dengan data runtun waktu yang digunakan adalah tidak stasioner sehingga perlu dilakukan *differencing*. Model umum ARIMA ( $p, d, q$ ) adalah sebagai berikut.

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

dengan:

$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$ ,  $p$  merupakan orde untuk AR

$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ ,  $q$  merupakan orde untuk MA

$(1 - B)^d$  : operator *differencing* untuk orde  $d$ ,

$\alpha_t$  : *error* pada waktu ke- $t$ .

## 2.4 Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)

Time Series seasonal mempunyai karakteristik yang ditunjukkan oleh adanya korelasi beruntun yang kuat pada jarak semusim, yakni waktu yang berkaitan dengan observasi pada tiap periode musim. Model berikut ini merupakan model untuk data yang mengandung pola seasonal. Secara umum bentuk model ARIMA Box Jenkins pola seasonal atau SARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)^S$  sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B)^S(1-B)^d(1-B^S)^D Z_t = \phi_0 + \theta_q(B)\Theta_Q(B)^S \alpha_t \quad (2.1)$$

dengan:

$p,d,q$  : tingkat AR, *differencing* dan MA *nonseasonal*

$P,D,Q$  : tingkat AR, *differencing* dan MA *seasonal*

$(1 - B)^d$  : tingkat *differencing nonseasonal*

$(1 - B^S)^D$  : tingkat *differencing seasonal*

$Z_t$  : data pada periode  $t$ ,  $t = 1,2,3,\dots,n$

$\alpha_t$  : *error* pada periode  $t$

$\phi_0$  : suatu konstanta

$B$  : operator mundur (*backward*).

### 2.4.1 Stasioneritas Model

Suatu deret waktu dikatakan stasioner apabila proses tidak berubah seiring dengan perubahan waktu, rata-rata deret

pengamatan disepanjang waktu selalu konstan. Dengan memandang suatu pengamatan  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  sebagai suatu proses stokastik, maka variabel random  $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$  dikatakan stasioner apabila [16]:

$$F(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) = F(Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k}, \dots, Z_{t_n+k})$$

Untuk sebarang nilai  $t, k,$  dan  $n.$  Data yang dapat diolah dengan menggunakan model ARIMA adalah data yang stasioner baik dalam *mean* maupun varian.

### 1. Kestasioneran Terhadap Varian

Suatu deret waktu dikatakan stasioner dalam varians jika deret tersebut berfluktuasi dalam varians yang konstan atau simpangan data tidak terlalu besar. Dilihat dari plot Box-Cox, jika  $\lambda$  (*rounded value*) mendekati 1 maka data dikatakan stasioner dalam varian.. untuk mengatasi ketidakstasioneran dalam varian perlu dilakukan transformasi *Box-Cox*. Transformasi pada Tabel 2.1 merupakan transformasi khusus yang terlebih dahulu didiskusikan oleh Box-Cox pada tahun 1964. Tabel 2.1 menunjukkan nilai  $\lambda$  yang umum digunakan dan transformasinya.

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

Estimasi $\lambda$	Transformasi
-1.0	$\frac{1}{Z_t}$
-0.5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln(Z_t)$
0.5	$\sqrt{Z_t}$
1	$Z_t$ (tidak ada transformasi)

Secara umum, dapat digunakan transformasi *Box-Cox* sebagai berikut:



$$T(\lambda) = \begin{cases} \frac{(Z_t^\lambda) - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ \ln(Z_t), & \lambda = 0 \end{cases}$$

Dengan :

$\lambda$  : parameter transformasi

$Z_t$  : data *time series* pada waktu ke-t

Transformasi Box-Cox adalah transformasi pangkat variabel tak bebas dimana variabel tak bebasnya bernilai positif. Box dan Cox mempertimbangkan kelas transformasi berparameter tunggal, yaitu  $\lambda$  yang dipangkatkan dengan variabel tak bebas  $Y$ , sehingga transformasinya menjadi  $Y^\lambda$ , dimana  $\lambda$  adalah parameter yang perlu diduga.

Hasil transformasi Box-Cox dari  $\lambda$  bernilai konstan yang tidak dipengaruhi oleh penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Sebagai contoh pada Tabel 2.1 dengan estimasi  $\lambda$  bernilai 0,5 dengan transformasi  $\sqrt{Z_t}$  dapat dibuktikan seperti berikut:

$$\begin{aligned} T(\lambda) &= \frac{(Z_t^\lambda) - 1}{\lambda} \\ T(0,5) &= \frac{Z_t^{0,5} - 1}{0,5} \\ &= \frac{\frac{1}{\sqrt{Z_t}} - 1}{0,5} \\ &= (2) \left( \frac{1}{\sqrt{Z_t}} - 1 \right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{Z_t}} \end{aligned}$$

## 2. Kestasioneran Terhadap Mean

Suatu deret waktu dikatakan stasioner dalam *mean* jika deret tersebut berfluktuasi di sekitar nilai tengah. Dilihat dari plot ACF, data dikatakan stasioner dalam *mean* jika nilai-nilai autokorelasinya akan turun secara cepat menuju nol. Untuk mengatasi ketidakstasioneran dalam *mean* perlu dilakukan

pembedaan (*differencing*). Secara umum proses pembedaan orde ke- $d$  adalah :

$$B^d(Z_t) = Z_{t-d}$$

dengan :

$B$  : operator shift mundur (*backward shift*)

$d$  : orde pembedaan

### 2.4.2 Identifikasi Model

Fungsi autokorelasi atau Autocorrelation Function (ACF) merupakan suatu hubungan linier antara pengamatan  $Y_t$  dengan pengamatan  $Y_{t-k}$  [16].

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

dengan :

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

$Y_t$  : data ke  $t$

$\bar{Y}$  : nilai rata-rata  $Y_t$

$n$  : jumlah data

Fungsi autokorelasi parsial atau *partial autocorrelation function* (PACF) digunakan untuk menunjukkan besarnya hubungan antar nilai variabel yang sama dengan menganggap pengaruh dari semua kelembatan waktu yang lain adalah konstan [16].

$$\bar{\phi}_k = \frac{(\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \bar{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j})}{1 - \sum_{j=1}^k \bar{\phi}_{kj} \hat{\rho}_j}$$

dengan :

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

$\bar{\phi}_k$  : autokorelasi parsial pada *lag* ke  $k$

Dalam memilih dan menetapkan orde dari AR(p) dan orde dari MA(q) dapat ditetapkan dengan mengamati pola ACF dan PACF dengan acuan seperti pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Model Pola ACF dan PACF

Model	Pola ACF	Pola PACF
AR (p) atau ARIMA (p,q,0)	Menyusut secara eksponensial atau pola gelombang sinusoidal yang tidak begitu jelas	Ada bar sampai lag p
MA (q) atau ARIMA (0,d,q)	Ada bar yang jelas sampai lag q	Menyusut secara eksponensial
ARIMA (p,d,q)	Menyusut secara eksponensial	Menyusut secara eksponensial

### 2.4.3 Estimasi Parameter

Pada tahap penaksiran dan pengujian parameter, akan ditentukan parameter model AR dan MA. Untuk penaksiran parameter model SARIMA dapat dilakukan dengan *Maximum Likelihood* (MLE). Metode *Maximum Likelihood* adalah metode yang digunakan untuk menduga parameter dengan memaksimalkan yang dibentuk dari fungsi peluang bersama peubah acak. Fungsi kemungkinan (*likelihood*) dilambangkan dengan  $L(\theta)$ . Jika  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  merupakan peubah acak dan  $f(X_i, \theta)$ , maka:

$$L(\theta) = f(X_1, \theta), f(X_2, \theta), \dots, f(X_n, \theta)$$

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(X_i, \theta)$$

dengan:

$L(\theta)$  : fungsi *likelihood*

$f(X_n, \theta)$  : fungsi kepadatan peluang

Dalam penelitian ini metode MLE digunakan untuk mengestimasi parameter model ARIMA. Contoh pada model ARIMA (1,0,0) dinotasikan sebagai berikut:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + e_t ; \text{dimana } e_t \overset{IID}{\sim} N(0, \sigma_e^2)$$

Sehingga diperoleh fungsi *likelihood* untuk model ARIMA (1,0,0) yaitu:

$$L(\phi_1, \sigma_e^2) = (2\pi\sigma_e^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_e^2} \sum_{t=1}^n (Y_t - \phi_1 Y_{t-1})^2\right)$$

Selanjutnya untuk memperoleh penduga kemungkinan maksimum dilakukan dengan menurunkan fungsi *likelihood* terhadap parameter  $\phi_1$  dan  $\sigma_e^2$  dimana  $\frac{\partial L}{\partial \phi_1} = 0$  dan  $\frac{\partial L}{\partial \sigma_e^2} = 0$

Fungsi *likelihood*  $L(\theta)$  dikatakan maksimum jika  $\frac{\partial^2 L(\theta)}{\partial \theta^2} < 0$ .

Umumnya untuk mempermudah perhitungan secara matematis akan digunakan fungsi log-likelihood :

$$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n \ln f(X_i, \theta)$$

#### 2.4.4 Uji Signifikansi Parameter

Setelah melakukan perhitungan estimasi parameter dilakukan uji signifikansi parameter. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah parameter tersebut AR( $p$ ) dan MA( $q$ ) signifikan atau tidak. Jika parameter tersebut signifikan maka model layak digunakan.

Pengujian Signifikansi parameter  $\phi$  meliputi [17]:

Hipotesa:

$H_0 : \phi_p = 0$  (parameter  $\phi$  tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \phi_p \neq 0$  (parameter  $\phi$  signifikan dalam model)

Statistika Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}_p}{SE(\hat{\phi}_p)} \quad (2.2)$$

Kriteria Pengujian :

Jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya parameter  $\phi$  signifikan dalam model, dengan  $n$  adalah jumlah data dan  $\alpha$  adalah taraf signifikan.

### 2.4.5 Uji Diagnostik

Dalam menentukan model ARIMA yang terbaik, harus dipilih mode yang seluruh parameternya signifikan, kemudian memenuhi dua asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan *white noise*.

#### 1. Normalitas Residual

Pengujian kenormalan dapat dihitung dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* yang meliputi:

Hipotesa :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  Residual berdistribusi normal.

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  Residual tidak berdistribusi normal.

Statistika Uji :

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)|, \quad (2.3)$$

dengan :

$F_0(x)$  : Fungsi peluang berdistribusi normal

$S(x)$  : Fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

$n$  : banyaknya residual

Kriteria Pengujian :

Jika  $D_{hitung} > D_{1-\alpha,n}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya residual berdistribusi normal, dengan  $\alpha$  adalah taraf signifikan dan  $n$  adalah jumlah data.

## 2. White Noise

Pada model ARIMA residual yang diperoleh harus memenuhi asumsi yaitu *white noise*. Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi [16]:

Hipotesa :

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$  : minimal ada satu  $\rho_i$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Statistika Uji :

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_{\hat{x}y}^2(k)}{n-k}, \quad n > k \quad (2.4)$$

dengan :

K : lag maksimum

n : jumlah data

k : lag ke-k

$\hat{\rho}_k$  : autokorelasi residual untuk lag ke-k

Kriteria Pengujian:

Jika  $Q > \chi^2(\alpha; K - p - q)$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya residual *white noise*, dengan  $\alpha$  adalah taraf signifikan, K adalah lag maksimum, p adalah orde dari AR, dan q adalah orde dari MA.

### 2.4.6 Overfitting

Salah satu prosedur pemeriksaan diagnosis yang dikemukakan Box Jenkins adalah *overfitting*, yakni dengan menambah satu atau lebih parameter dalam model yang dihasilkan pada tahap identifikasi. Model yang dihasilkan dari proses *overfitting* dijadikan sebagai model alternatif yang kemudian dicari model yang terbaik diantara model-model yang signifikan.

### 2.4.7 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik membutuhkan kriteria untuk dapat menentukan model terbaik dan akurat. Pemilihan model yang terbaik dapat menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE), jika nilai MAPE semakin kecil maka model tersebut akan semakin baik untuk digunakan. Berikut ini merupakan rumus memperoleh MAPE:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan :

$n$  : banyaknya data

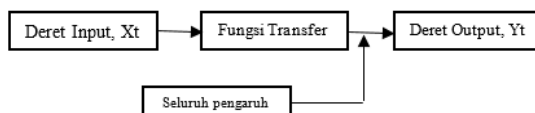
$Y_t$  : data pada waktu ke  $t$

$\hat{Y}_t$  : data ramalan pada waktu ke  $t$ .

Semakin kecil nilai MAPE, maka semakin baik dan model tersebut layak untuk digunakan.

### 2.5 Model Fungsi Transfer

Model fungsi transfer (adakalanya disebut multivariat ARIMA atau MARIMA) merupakan suatu model untuk memprediksi nilai masa depan dari suatu deret waktu (disebut output atau  $Y_t$ ) didasarkan pada nilai-nilai masa lalu dari deret itu sendiri dan berdasarkan pula pada satu atau lebih deret waktu yang mempunyai hubungan (disebut deret input atau  $X_t$ ) dengan deret output tersebut[16]. Secara sistem, konsep fungsi transfer dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Konsep Dasar Fungsi Transfer

Bentuk umum model fungsi transfer *single input* sebagai berikut:

$Y_t$  : Deret output

$X_t$  : Deret input

$N_t$  : Nilai gangguan random

$v(B) = (v_0 + v_1 + v_2B_2 + \dots + v_kB_k)$ ,  $k$  adalah orde fungsi transfer

$B$  : operator shift mundur (*backward shift*)

$B^d(X_t) = X_{t-d}$

Orde dari fungsi transfer  $k$  menjadi orde tertinggi untuk proses pembedaan dan kadang-kadang nilainya dapat lebih besar sehingga model fungsi juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} B^b X_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} e_t \quad (2.6)$$

dengan:

$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s$

$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r$

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

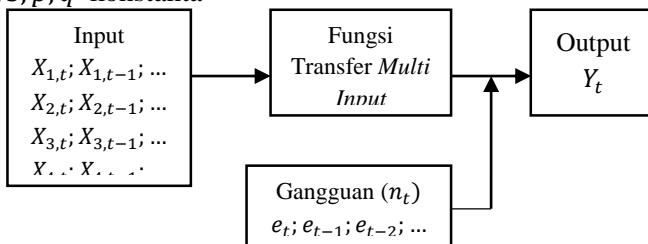
$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$

$Y_t$  : Deret output  $Y_t$  yang telah ditransformasikan

$X_t$  : Deret input  $X_t$  yang telah ditransformasikan

$e_t$  : nilai gangguan acak

$r, s, p, q$  konstanta



**Gambar 2.2** Konsep Dasar Fungsi Transfer *Multi Input*



Pada fungsi transfer multi input terdapat beberapa variabel input yang dimasukkan pada suatu pemodelan, sehingga bentuk model fungsi transfer multi input adalah [16]

$$y_t = \sum_{j=1}^k \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{b_j} X_{jt} + n_t \quad (2.7)$$

dengan:

$$n_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} e_t$$

$y_t$  : deret *output* yang telah stasioner

$x_{jt}$  : deret *input* untuk variabel ke- $j$  yang telah stasioner

$\omega_j(B)$  : operator *moving average* orde  $s_j$  untuk variabel ke- $j$

$\delta_j(B)$  : operator *autoregressive* orde  $r_j$  untuk variabel ke- $j$

$\theta(B)$  : operator *moving average* orde  $q$

$\phi(B)$  : operator *autoregressive* orde  $p$

$e_t$  : nilai residual random

$k$  : banyaknya variabel *input*

Dalam pembentukan model fungsi transfer terdapat empat tahap utama dan beberapa sub-tahap di dalam proses yang lengkap adalah sebagai berikut:

### 2.5.1 Identifikasi Model Fungsi Transfer

Dalam tahap identifikasi model fungsi transfer terdapat beberapa sub-tahap yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1. Mempersiapkan deret *input* dan deret *output*

Dalam mempersiapkan deret *input* dan deret *output* ditentukan dengan menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

#### 2. Prewhitening deret input ( $x_t$ )

Dengan pemutihan (*prewhitening*), sistem input dapat dibuat sederhana mungkin untuk mempermudah memahami fungsi transfer dari suatu sistem yang mengubah deret input ( $X_t$ ) menjadi deret output ( $Y_t$ ). Tujuannya untuk mendapatkan model yang sesuai untuk deret input ( $X_t$ ) sehingga diperoleh deret input yang sudah *white noise*.

Jika diasumsikan bahwa input ( $X_t$ ) mengikuti persamaan model ARIMA, maka *prewhitening* deret input ( $X_t$ ) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)X_t = \theta_q(B)\alpha_t$$

Deret  $X_t$  dapat diubah ke dalam bentuk  $\alpha_t$  menjadi:

$$\alpha_t = \frac{\phi_p(B)}{\theta_q(B)} X_t, \theta_q(B) \neq 0 \quad (2.8)$$

dengan:

$\phi_p(B)$  : operator *autoregressive*

$\theta_q(B)$  : operator *moving average*

$X_t$  : deret input yang telah stasioner

$\alpha_t$  : deret *white noise* dengan mean 0 dan varian  $\sigma_a^2$

### 3. Prewhitening deret output ( $Y_t$ )

Fungsi transfer yang ditetapkan adalah memetakan  $X_t$  ke dalam  $Y_t$ . Apabila transformasi *prewhitening* diterapkan pada deret *input* ( $X_t$ ) sebagaimana persamaan (2.7), maka transformasi yang sama juga dilakukan pada deret output ( $Y_t$ ). Hal ini dilakukan untuk menjaga integritas hubungan fungsional. Apabila pada *prewhitening* deret input dihasilkan suatu deret yang *white noise*, maka pada “*prewhitening*” deret output ini belum tentu menghasilkan deret yang *white noise*. Hal ini disebabkan deret output dimodelkan secara paksa dengan menggunakan model deret inputnya. *Prewhitening* pada

deret output ini dilakukan dengan cara yang sama sebagaimana *prewhitening* deret input yaitu:

$$\beta_t = \frac{\phi_p(B)}{\theta_q(B)} Y_t \quad , \theta_q(B) \neq 0$$

dengan:

$\phi_p(B)$  : operator *autoregressive*

$\theta_q(B)$  : operator *moving average*

$Y_t$  : deret output yang telah ditransformasi dan dibedakan

#### 4. Perhitungan Fungsi Korelasi Silang (*Cross-Correlation Function/CCF*)

Fungsi korelasi silang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan diantara dua variabel random. Menghitung sampel CCF antara  $\alpha_t$  dengan  $\beta_{t+k}$  sebagai berikut:

$$\hat{\rho}_{\alpha\beta}(k) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\alpha_t - \bar{\alpha})(\beta_{t+k} - \bar{\beta})}{S_X S_Y} \quad (2.9)$$

dengan:

$$k = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$S_X = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\alpha_t - \bar{\alpha})^2}$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\beta_t - \bar{\beta})^2}$$

$\bar{\alpha}$  : rata-rata dari deret *input* yang sudah *prewhitening* ( $\alpha$ )

$\bar{\beta}$  : rata-rata dari deret *output* yang sudah *prewhitening* ( $\beta$ )

#### 5. Penetapan ( $b, r, s$ ) untuk Model Fungsi Transfer

Tiga parameter kunci di dalam model fungsi transfer adalah  $b, r,$  dan  $s$  dimana  $r$  menunjukkan derajat fungsi  $\delta(B), s$

menunjukkan derajat fungsi  $\omega(B)$ , dan  $b$  menunjukkan keterlambatan derajat yang ditunjukkan dalam  $X_{t-b}$ . Setelah memperoleh hasil dari nilai *cross-correlation* maka dapat ditentukan nilai  $b, r$ , dan  $s$  sebagai dugaan awal. Berikut ini adalah beberapa aturan yang dapat digunakan untuk menduga nilai  $b, r$ , dan  $s$  dari suatu fungsi transfer[16]:

- a. Nilai  $b$  menyatakan bahwa  $Y_t$  tidak dipengaruhi oleh  $X_t$  sampai periode  $t+b$ . Nilai  $b$  dapat dilihat dari lag positif pertama yang keluar dari signifikansi limit.
- b. Nilai  $r$  dapat dilihat dari pola plot CCF, nilai  $r=0$  jika plot CCF tidak memiliki pola tertentu, nilai  $r=1$  jika berpola turun secara ekponensial,  $r=2$  jika berpola sinus teredam.
- c. Nilai  $s$  menyatakan untuk seberama lama deret  $Y_t$  terus dipengaruhi oleh  $X_{t-b-1}, X_{t-b-2}, X_{t-b-3}, \dots, X_{t-b-s}$ .

Setelah menetapkan orde  $b, r, s$  kemudian dilakukan penaksiran model fungsi transfer sementara

$$v(B) = \frac{w(B)}{\delta(B)} B^b \quad (2.10)$$

## 6. Identifikasi model ARMA dari deret noise $(p_n, q_n)$

Penetapan model ARMA dari deret noise  $(n_t)$  dilakukan dengan penaksiran dengan model *time series univariate* yaitu:

$$\phi_n(B)n_t = \theta_n(B)e_t \quad (2.11)$$

Dengan diperolehnya model ARMA untuk deret noise, maka diperoleh model sementara dari fungsi transfer.

### 2.5.2 Penaksiran Parameter-parameter Model

Setelah mengidentifikasi model fungsi transfer dan mendapatkan model sementara, tahap selanjutnya adalah mengestimasi parameter-parameter  $\delta, \omega, \phi$ , dan  $\theta$ . Karena melibatkan sejumlah besar perhitungan, maka dikerjakan

dengan menggunakan program komputer. Metode estimasi yang cukup sederhana dengan taksiran yang lebih baik yaitu dengan iterasi menggunakan algoritma *Conditional Least Squares Estimation* (CLS). Cara kerja metode ini adalah dengan meminimalkan nilai jumlah kuadrat dari selisih antara nilai aktual dan ramalan.

Estimasi parameter dapat dihitung berdasarkan bentuk umum dari model fungsi transfer *single input* seperti pada persamaan (2.6) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\delta(B)\phi(B)Y_t = \phi(B)\omega(B)X_{t-b} + \delta(B)\theta(B)e_t$$

Misal :

$$c(B) = \delta(B)\phi(B) \quad (2.12)$$

$$d(B) = \phi(B)\omega(B) \quad (2.13)$$

$$e(B) = \delta(B)\theta(B) \quad (2.14)$$

Sehingga dapat ditulis :

$$c(B)Y_t = d(B)X_{t-b} + e(B)e_t$$

$$e(B)e_t = c(B)Y_t - d(B)X_{t-b}$$

$$e_t = \frac{c(B)Y_t - d(B)X_{t-b}}{e(B)}$$

Dari persamaan (2.12) (2.13) dan (2.14) akan diperoleh hasil taksiran  $\hat{c}$ ,  $\hat{d}$  dan  $\hat{e}$  dimana diasumsikan bahwa parameter model fungsi transfer diperoleh dengan meminimumkan  $e_t$  sehingga:

$$S(\delta, \omega, \phi, \theta|b) = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

Parameter-parameter yang telah diestimasi kemudian di uji apakah parameter-parameter tersebut signifikan atau tidak sebagai berikut:

Hipotesis:

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

$H_1 : \omega \neq 0$  (parameter signifikan)

Statistik Uji :

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter}}{\text{st.error estimasi parameter}} \quad (2.15)$$

Kriteria Pengujian :

Jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

### 2.5.3 Pemeriksaan Diagnostik pada Model

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada model awal fungsi transfer telah terbentuk memenuhi asumsi atau tidak. Ada dua asumsi yang harus dipenuhi dalam menentukan model yang sesuai,  $n_t$  residual bersifat *white noise* dan residual berdistribusi normal. Adapun langkah-langkah dalam uji diagnostik model adalah:

#### 1. Pengujian Residual Bersifat *White Noise*

Dalam pengujian residual yang bersifat *white noise* diperiksa autokorelasi untuk residual model *crosscorelation* antara residual dengan deret input yang telah diputihkan.

##### a. Pemeriksaan Autokorelasi untuk Residual Model

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui apa pemodelan deret noise telah sesuai atau tidak. Indikator menunjukkan bahwa model yang dipilih telah sesuai adalah ACF dan PACF dari residual model fungsi transfer tidak menunjukkan pola tertentu. Selain itu juga digunakan statistik uji Ljung Box sebagai berikut:

Hipotesis:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_j \neq 0, \text{ dimana } j = 1, 2, \dots, K$$

Statistik uji Ljung Box:

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

dengan :

$K$  : lag maksimum

$n$  : jumlah data

$k$  : lag ke- $k$

$\hat{\rho}_k$  : autokorelasi residual untuk lag ke- $k$

Kriteria Pengujian:

Jika  $Q < \chi_{\alpha, K-r-s}^2$  maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*.

b. Pemeriksaan *Crosscorrelation* Antara Residual Deret *Noise* dengan Deret *Input* yang Telah Diputihkan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual deret noise dan deret input yang diputihkan saling independen. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung *crosscorrelation* (CCF) antara residual deret noise ( $e_t$ ) dengan deret input yang telah diputihkan ( $\alpha_t$ ). Model yang sesuai adalah model yang CCF antara  $e_t$  dan  $\alpha_t$  tidak menunjukkan pola tertentu. Selain itu, juga bisa digunakan statistik uji Ljung Box sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0$

$H_1$  : minimal ada satu  $\rho_j \neq 0$ , dimana  $j = 1, 2, \dots, K$

Statistik uji Ljung-Box:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_{xy}^2(k)}{n-k}, \quad n > k \quad (2.17)$$

dengan

$K$  : lag maksimum

$N$  : Jumlah data

$k$  : lag ke- $k$

$\hat{\rho}_{xy}(k)$  : *crosscorrelation* antara  $e_t$  dan  $\alpha_t$  untuk lag ke- $t$

Kriteria Pengujian:

Jika  $Q < \chi_{\alpha, K-r-s}^2$  maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*.

## 2. Pengujian Residual Berdistribusi Normal

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal dapat dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov sebagai berikut:

Hipotesis:

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

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

Statistik Uji :

$$D = \text{Sup}|S(x) - F_0(x)| \quad (2.18)$$

dengan :

$S(x)$  : Fungsi distribusi kumulatif data sampel

$F_0(x)$  : Fungsi peluang distribusi normal

Kriteria Pengujian:

Jika  $D_{hitung} < D_{1-\alpha, n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual model berdistribusi normal.

### 2.5.4 Penggunaan Model Fungsi Transfer Untuk Peramalan

Setelah model akhir fungsi transfer dihasilkan, maka selanjutnya menggunakan model tersebut untuk meramalkan variabel *output* pada masa mendatang.



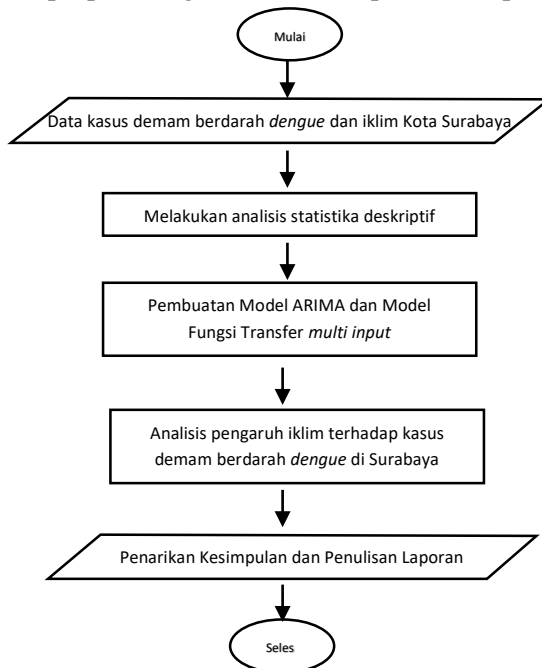


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara yang digunakan dalam rangka kegiatan penelitian, sehingga pelaksanaan penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dengan metode penelitian, data yang diperoleh semakin lengkap untuk memecahkan masalah yang dihadapi.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pengerjaan yang digunakan dalam penelitian proposal tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Langkah Analisis Secara Umum

### 3.2 Langkah-langkah Analisis Data

Tahapan dalam melakukan penelitian pada proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan penelaahan sumber pustaka yang relevan yang meliputi buku-buku kuliah, skripsi, jurnal, prosiding dan sebagainya yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam penelitian. Setelah sumber pustaka terkumpul dilanjutkan dengan penelaahan isi sumber pustaka tersebut. Dari penelaahan yang dilakukan muncul ide dan dijadikan landasan untuk melakukan penelitian.

#### 2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data kasus demam berdarah *dengue* pada Januari 2010 sampai Desember 2017 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan data iklim meliputi suhu, curah hujan, kelembaban, dan angin pada Januari 2010 sampai Desember 2017 yang diperoleh dari BMKG Surabaya.

#### 3. Pembentukan Model dan Analisis data

Pada tahap ini akan dilakukan proses pembentukan model peramalan dengan menggunakan metode ARIMA, langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Memeriksa kestasioneran data kasus demam berdarah *dengue*.
- b. Menetapkan model ARIMA sementara.
- c. Pendugaan nilai awal parameter model ARIMA
- d. Uji kesesuaian terhadap model ARIMA.
- e. Penentuan model ARIMA terbaik.

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut Analisis Data Menggunakan Model Fungsi Transfer:

- a. Mempersiapkan deret *input* dan deret *output*. Tahap ini bertujuan untuk mestasionerkan deret *input* dan deret *output* baik dalam rata-rata atau variansinya.
  - b. Identifikasi model ARIMA yang cocok untuk masing-masing deret *input* dan *outputnya*.
  - c. Pemutihan deret *input* dan deret *output* (white noise).
  - d. Menghitung kolerasi silang antara deret *input* dan deret *output*. Tahap ini maksudnya adalah untuk mencari hubungan antara deret *input* dan deret *output*.
  - e. Identifikasi model fungsi transfer deret *input*. Identifikasi awal model dilakukan dengan melihat pola kolerasi silang antara pemutihan deret *input* dan deret *output*.
  - f. Identifikasi akhir parameter model fungsi transfer deret *input*.
  - g. Penaksiran akhir model fungsi transfer.
4. Simulasi dan Pembahasan  
Pada tahap ini, akan dilakukan simulasi dari model fungsi transfer terbaik. Simulasi dilakukan dengan software Minitab dan SAS.
  5. Penulisan Laporan  
Pada tahap ini merupakan proses untuk menarik kesimpulan dan penulisan laporan atas apa yang dilakukan selama pengerjaan tugas akhir ini.

*“halaman ini sengaja dikosongkan.”*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada Bab 4 akan dilakukan analisa dan pembahasan pembentukan model fungsi transfer *multi input* pada kasus demam berdarah *dengue* di Surabaya.

### 4.1 Karakteristik Data Demam Berdarah Dengue, Curah Hujan, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Suhu di Kota Surabaya.

Dalam penelitian ini menggunakan data demam berdarah *dengue*, dan data iklim yang meliputi curah hujan, kelembaban, kecepatan angin, dan suhu pada periode Januari 2010 sampai Desember 2017. Pada periode Januari 2010 sampai Desember 2016 digunakan sebagai data *in-sample* sedangkan data pada periode Januari 2017 sampai Desember 2017 digunakan sebagai data *out-sample*.

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

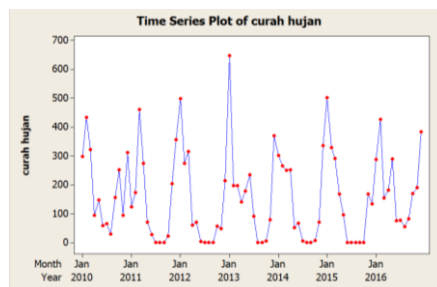
Variabel	Mean	Standar Deviasi	Min	Maks
Demam Berdarah	108,2917	109,9591	5,0000	515,000
Curah Hujan	160,7188	146,9494	0,00001	648,700
Kelembaban	75,07479	7,018345	40,000	83,0000
Kecepatan Angin	3,245092	1,652883	1,0000	8,00111
Suhu	28,62292	0,775069	27,400	30,9000

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui nilai minimum pada kasus demam berdarah *dengue* yaitu sebanyak 5 Kasus hal itu terjadi pada tahun 2017 dan Kasus terbanyak yang ditemui pada kasus demam berdarah *dengue* yaitu sebanyak 515 Kasus. Dengan standart deviasi 109,9591 dan dengan rata-rata kasus

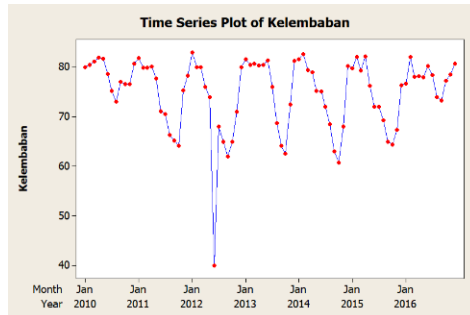
demam berdarah dari Januari 2010 sampai Desember 2017 adalah sebanyak sekitar 108 Kasus. Sedangkan untuk data deret *input* yaitu curah hujan tertinggi dengan 648,7 mm dan curah hujan terendah dengan 0,000 mm atau tidak terjadi hujan sama sekali dengan rata-rata 160,7188 mm curah hujan dari Januari 2010 sampai Desember 2017 dengan standart deviasi sebesar 146,9494. Untuk deret *input* kelembaban maksimum pada 83% sedangkan kelembaban minimum mencapai 40% dengan rata-rata kelembaban sekitar 75% dengan nilai standart deviasi 7,018345. Untuk kecepatan angin dengan rata-rata 3,245092 knot dengan standart deviasi 1,652883 knot, untuk kecepatan angin maksimum mencapai angka 8,00111knot dengan nilai minimum 1 knot. Dan untuk suhu rata-rata Kota Surabaya yakni 28,6 Celcius dengan standart deviasi 0,775069 dengan nilai maksimum suhu Kota Surabaya mencapai 30,9 celcius dan suhu minimum yaitu 27,4 derajat celcius.

#### 4.2 Model Fungsi Transfer Multi Input untuk Kasus Demam Berdarah Dengue di Surabaya

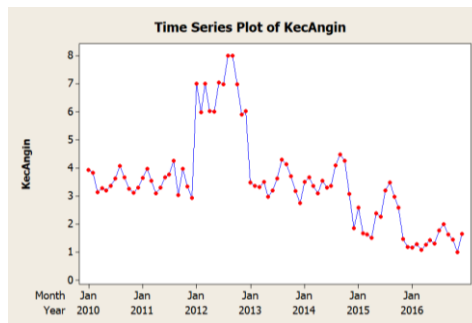
Pada tahap awal pemodelan fungsi transfer adalah pemodelan ARIMA pada deret *input* yang biasa disebut dengan *pre-whitening* kemudian dimodelkan dengan model Fungsi Transfer. Berikut Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.4 menunjukkan *Time Series Plot* deret *input*.



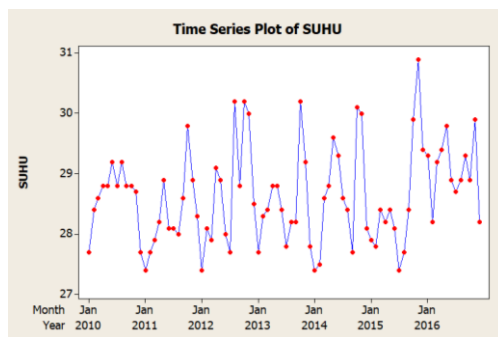
Gambar 4.1 *Time Series Plot* Curah Hujan



**Gambar 4.2** *Time Series Plot* Kelembaban



**Gambar 4.3** *Time Series Plot* Kecepatan Angin



**Gambar 4.4** *Time Series Plot* Suhu

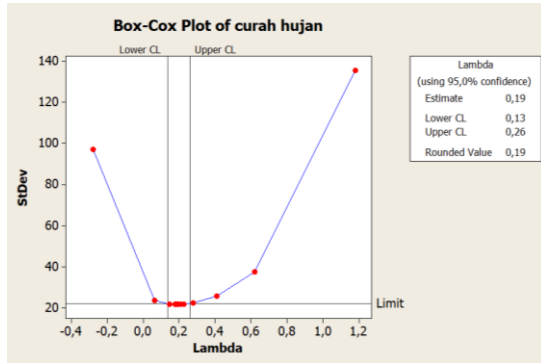


Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 yaitu *Time Series Plot* pada Curah hujan dan Kelembaban di Surabaya hampir menyerupai kurva U, dimana tipe pola curah hujan dan kelembaban ini disebut pola region monsoon yang artinya Kota Surabaya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau. Plot curah hujan dan kelembaban Kota Surabaya membentuk pola musiman. Untuk plot data kecepatan angin pada tahun 2012 mengalami kenaikan yang cukup signifikan dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya. Plot untuk data Suhu Kota Surabaya tidak membentuk pola musiman tiap bulannya, perubahan suhu Kota Surabaya pada periode Januari 2010 sampai Desember 2017 cenderung berubah tiap bulannya.

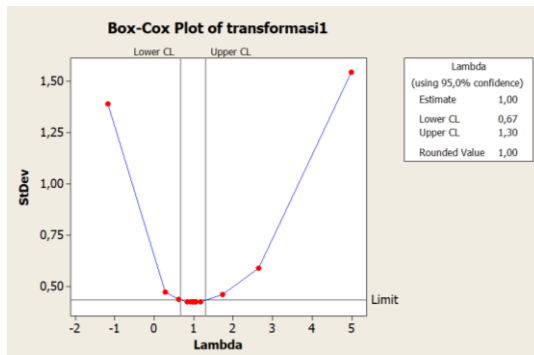
#### **4.2.1 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input Curah Hujan di Kota Surabaya***

Asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis *time series* dan pembentukan model fungsi transfer adalah stasioneritas data baik dalam varians maupun dalam mean. Pemeriksaan stasioneritas data dalam varians dapat dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox Plot*.

Data dikatakan stasioner terhadap varians apabila *rounded Value* ( $\lambda$ ) bernilai 1. Namun pada Gambar 4.5 didapatkan nilai *rounded value* dari data curah hujan 0,19, sehingga data curah hujan belum stasioner terhadap varians sehingga dilakukan Transformasi Box Cox Plot pada data curah hujan, dimana rumusnya adalah  $Y_t = (Z_t)^\lambda$  dengan  $Z_t$  nilai data curah hujan yang aktual,  $\lambda$  adalah nilai *rounded value* dan  $Y_t$  adalah nilai hasil transformasi Box-Cox. Gambar 4.5 menampilkan *Box-Cox Plot* data curah hujan Kota Surabaya dan Gambar 4.6 berikut menampilkan *Box-Cox Plot* dari data transformasi curah hujan di Kota Surabaya.

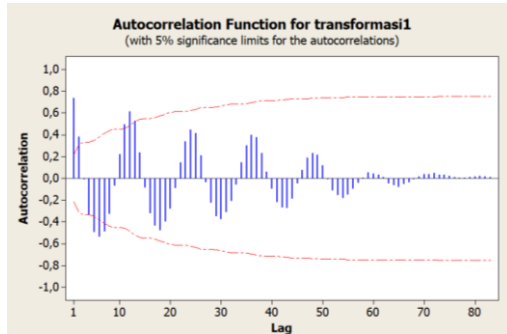


**Gambar 4.5** Box Cox Plot Data Curah Hujan



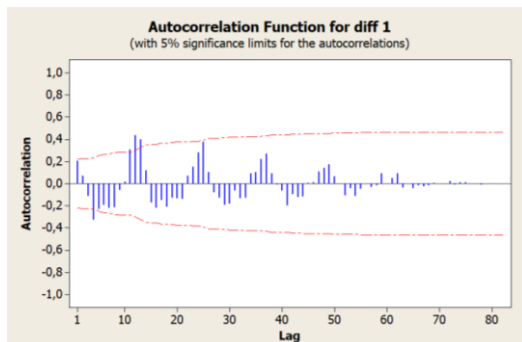
**Gambar 4.6** Box Cox Plot Data Transformasi Curah Hujan

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa nilai *rounded value* untuk data curah hujan yang telah ditransformasi Box-Cox adalah 1, hal itu berarti data yang telah ditransformasikan tersebut sudah bersifat stasioner terhadap varians. Setelah data dinyatakan stasioner pada varians, maka selanjutnya pengecekan stasioneritas pada mean dengan melihat plot ACF dari hasil transformasi Box-Cox Plot terhadap curah hujan kota Surabaya.



**Gambar 4.7** Plot ACF Data Transformasi Curah Hujan Kota Surabaya

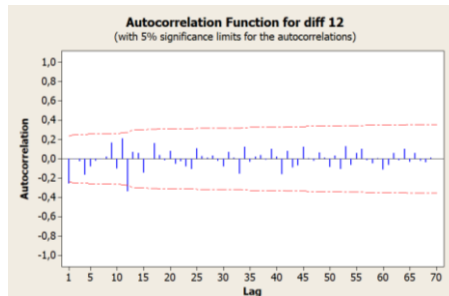
Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa plot ACF memiliki pola *dies down* atau bisa dikatakan mengikuti pola gelombang sinus. Namun diketahui juga bahwa masih banyak lag yang keluar dari *significant limit* yang menunjukkan bahwa lag tersebut signifikan dan masih diduga bahwa data tersebut belum stasioner pada mean dan juga masih sulit menentuka modelnya, sehingga perlu dilakukan proses *differencing* sebanyak satu kali dalam data tersebut.



**Gambar 4.8** Plot ACF *differencing* lag 1

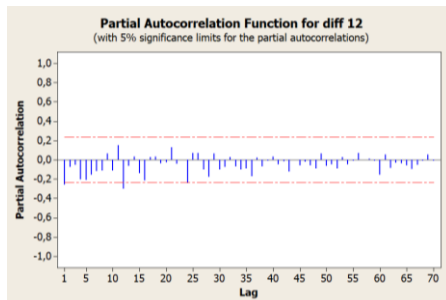
Hasil *differencing* pada data transformasi curah hujan yang

ditunjukkan pada Gambar 4.8 dimana sudah tidak banyak lag yang keluar dan dapat dilihat bahwa pada lag 12, 24, 36, dan lag 48 tersebut turun secara lambat, hal ini diidentifikasi terjadinya pola musiman dalam data tersebut sepanjang 12 bulan. Sehingga diperlukannya *differencing* 12 lag untuk dapat melihat pola ACF musiman dan menentukan model peramalan untuk data curah hujan.



**Gambar 4.9** Plot ACF *differencing* lag 12

Pada Gambar 4.9 dilihat bahwa lag yang sangat terlihat keluar dari *significant limit* yaitu lag 1 dan lag 12 (musiman), yang artinya lag tersebut signifikan. Selanjutnya, menentukan model peramalan curah hujan maka dilihat juga pola PACF *differencing* pada lag 12 dari data tersebut.



**Gambar 4.10** Plot PACF *differencing* lag 12

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa lag yang keluar dari *significant limit* adalah lag 1 dan 12 (musiman) maka dapat dibuat model sementara untuk Curah Hujan Kota Surabaya yaitu SARIMA (1,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup>.

### 1. Tahap Penaksiran dan Pengujian

Penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) dengan menggunakan software minitab. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Estimasi Parameter

Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value
(1,1,1)(0,1,0) <sup>12</sup>	$\phi_1$	0,5933	0,1349	0,000
	$\theta_1$	0,9735	0,0656	0,000

Pengujian signifikansi parameter model dengan  $\alpha = 5\%$  dan menggunakan uji-t dan model peramalan yang diperoleh dari SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup>. Kemudian, diuji signifikansi parameter sebagai berikut :

a. Uji Signifikansi Parameter  $\phi_1$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_1 = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_1 \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
 t_{hitung} &= \frac{\phi_1 - 0}{SE(\phi_1)} \\
 &= \frac{0,5933 - 0}{0,1349} \\
 &= 4,398
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\
 &= t_{0,025; 83} \\
 &= 1,960
 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_1$  signifikan.

b. Uji Signifikansi Parameter  $\theta_1$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\theta_1 = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\theta_1 \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh :

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\theta_1 - 0}{SE(\theta_1)} \\ &= \frac{0,9735 - 0}{0,0656} \\ &= 14,839 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\theta_1$  signifikan.

## 2. Uji Diagnostik

Pada penentuan model SARIMA yang terbaik, harus dipilih model yang seluruh parameter-parameternya signifikan, kemudian memenuhi asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan residualnya saling tidak berkorelasi atau residual independen yang disebut *white noise*.

a. Uji Distribusi Normal

Pengujian kenormalan terhadap residual dapat dihitung dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap residualnya yang meliputi:

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh

$$D_{hitung} = \sup|S(x) - F_o(X)| = 0,06639$$

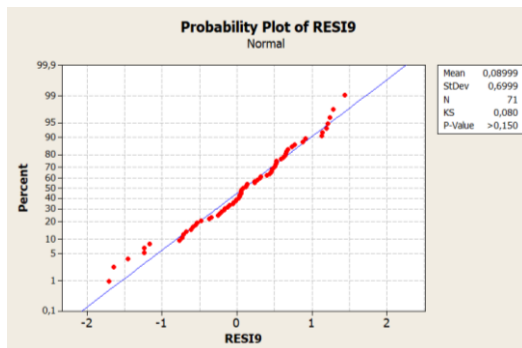
$$D_{tabel} = D_{1-\alpha, n}$$

$$= D_{0,95;71}$$

$$= 0,1612$$

Kriteria pengujian:

Karena  $D_{hitung} < D_{1-\alpha, n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.



**Gambar 4.11** Uji Normalitas Curah Hujan

b. Uji White Noise

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi:

Hipotesa:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.4 dan dengan  $K=12$  diperoleh:

$$Q = 84(84 + 2) \sum_{k=1}^{12} \frac{(\hat{\rho}_k)^2}{n-k}, n > k$$

$$Q = 84(86) \left( \frac{(-0,05658)^2}{84-1} + \frac{(0,092758)^2}{84-2} + \frac{(0,02296)^2}{84-3} \right. \\ \left. + \frac{(-0,1321)^2}{84-4} + \frac{(-0,07515)^2}{84-5} \right. \\ \left. + \frac{(-0,03539)^2}{84-6} + \frac{(-0,01207)^2}{84-7} \right. \\ \left. + \frac{(0,010756)^2}{84-8} + \frac{(0,13210)^2}{84-9} \right. \\ \left. + \frac{(-0,09112)^2}{84-10} + \frac{(0,14158)^2}{84-11} \right. \\ \left. + \frac{(-0,31569)^2}{84-12} \right)$$

$$Q = 17,553$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - p - q) = \chi^2(0,05; 12 - 1 - 1) = \chi^2(0,05; 10) = 18,31$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - p - q)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

Dari hasil *overfitting* model SARIMA sementara yang terbentuk yaitu berupa beberapa kemungkinan-kemungkinan model seperti pada Tabel 4.3.



**Tabel 4.3** Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Curah Hujan di Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value	Keputusan
(1,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	0,5247	0,1594	0,002	Tidak Signifikan
	$\phi_{12}$	-0,1814	0,1684	0,285	
	$\theta_1$	0,8943	0,0864	0,000	
	$\theta_{12}$	0,7368	0,1728	0,000	
(0,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	-0,1446	0,1460	0,325	Tidak Signifikan
	$\theta_1$	0,2883	0,1236	0,023	
	$\theta_{12}$	0,8043	0,1336	0,000	
(1,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	-0,2105	0,1206	0,085	Tidak Signifikan
	$\phi_{12}$	-0,1437	0,1467	0,331	
	$\theta_{12}$	0,8110	0,1313	0,000	
(0,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_{12}$	-0,1537	0,1485	0,304	Tidak Signifikan
	$\theta_{12}$	0,7908	0,1350	0,000	
<b>(0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_{12}$	<b>-0,5638</b>	<b>0,1136</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,2694</b>	<b>0,1180</b>	<b>0,026</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,5216</b>	<b>0,1641</b>	<b>0,002</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,8812</b>	<b>0,0939</b>	<b>0,000</b>	
	$\theta_{12}$	<b>0,7513</b>	<b>0,1229</b>	<b>0,000</b>	
(1,1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	-0,2127	0,1180	0,076	Tidak signifikan
	$\theta_{12}$	0,8018	0,1079	0,000	
<b>(1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,6106</b>	<b>0,0981</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\phi_{12}$	<b>-0,5883</b>	<b>0,1152</b>	<b>0,000</b>	
	$\theta_1$	<b>0,9700</b>	<b>0,0333</b>	<b>0,000</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,5933</b>	<b>0,1349</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,9735</b>	<b>0,0656</b>	<b>0,000</b>	

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa model yang signifikan dimana  $p\ value < 0,05$  yaitu SARIMA (0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>, dan SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup>. Setelah didapatkan model-model yang signifikan, maka dari itu dilakukan Uji *White Noise* pada residual dan Uji Normalitas.

**Tabel 4.4** Uji White Noise Residual Curah Hujan Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
<b>(1,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>5,8</b>	<b>8</b>	<b>0,674</b>	White Noise
	24	<b>17,0</b>	<b>20</b>	<b>0,656</b>	
	36	<b>28,0</b>	<b>32</b>	<b>0,669</b>	
	48	<b>45,2</b>	<b>44</b>	<b>0,420</b>	
<b>(0,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>9,2</b>	<b>9</b>	<b>0,423</b>	White Noise
	24	<b>25,0</b>	<b>21</b>	<b>0,248</b>	
	36	<b>40,0</b>	<b>33</b>	<b>0,189</b>	
	48	<b>60,0</b>	<b>45</b>	<b>0,067</b>	
<b>(1,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>10,3</b>	<b>9</b>	<b>0,324</b>	White Noise
	24	<b>25,4</b>	<b>21</b>	<b>0,229</b>	
	36	<b>41,6</b>	<b>33</b>	<b>0,144</b>	
	48	<b>59,4</b>	<b>45</b>	<b>0,073</b>	
<b>(0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>13,1</b>	<b>10</b>	<b>0,217</b>	White Noise
	24	<b>24,9</b>	<b>22</b>	<b>0,301</b>	
	36	<b>42,1</b>	<b>34</b>	<b>0,160</b>	
	48	<b>58,5</b>	<b>46</b>	<b>0,102</b>	
<b>(0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	12	11,0	10	0,357	Tidak White Noise
	24	33,4	22	0,057	
	36	46,0	34	0,082	
	48	63,4	46	0,045	
<b>(1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>4,8</b>	<b>9</b>	<b>0,848</b>	White Noise
	24	<b>14,9</b>	<b>21</b>	<b>0,830</b>	
	36	<b>23,9</b>	<b>33</b>	<b>0,877</b>	
	48	<b>40,5</b>	<b>45</b>	<b>0,663</b>	
<b>(1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>8,2</b>	<b>10</b>	<b>0,606</b>	White Noise
	24	<b>21,2</b>	<b>22</b>	<b>0,509</b>	
	36	<b>35,4</b>	<b>34</b>	<b>0,402</b>	
	48	<b>52,8</b>	<b>46</b>	<b>0,228</b>	
<b>(1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	12	<b>8,1</b>	<b>9</b>	<b>0,526</b>	White Noise
	24	<b>26,0</b>	<b>21</b>	<b>0,206</b>	
	36	<b>36,7</b>	<b>33</b>	<b>0,300</b>	
	48	<b>50,9</b>	<b>45</b>	<b>0,253</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup></b>	12	<b>15,5</b>	<b>10</b>	<b>0,115</b>	White Noise
	24	<b>24,5</b>	<b>22</b>	<b>0,323</b>	
	36	<b>30,5</b>	<b>34</b>	<b>0,640</b>	
	48	<b>42,9</b>	<b>46</b>	<b>0,603</b>	

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 Model yang memenuhi kedua uji yaitu uji signifikansi parameter dan uji *white noise* dimana *p value* >0,05 pada residual adalah SARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>, dan SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup>. Maka dari itu akan dilakukan pencarian model ARIMA terbaik dengan menggunakan nilai MAPE terkecil berdasarkan persamaan 2.5 diperoleh nilai MAPE seperti pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Nilai MAPE Curah Hujan Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Nilai MAPE
(1,1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	0,83858%
(1,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	0,86383%
(1,1,1)(0,1,0) <sup>12</sup>	0,64992%

Dari Tabel 4.5 nilai MAPE terkecil adalah pada Model SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup> yaitu sebesar 0,64992% maka model SARIMA terbaik pada data Curah Hujan Kota Surabaya adalah SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup>.

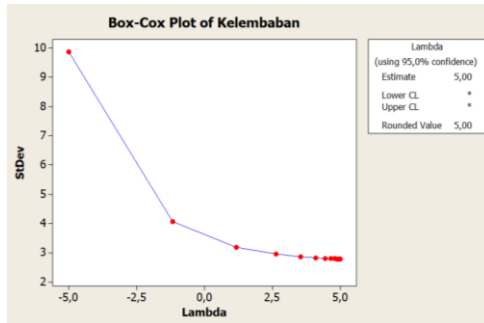
Dari persamaan 2.1 model yang terbentuk untuk Curah Hujan Kota Surabaya adalah:

$$\begin{aligned}
 (1 - \phi_1 B)(1 - B)(1 - B^{12})X_{1,t} &= (1 - \theta_1 B)\alpha_{1,t} \\
 (1 - \phi_1 B)(1 - B^{12} - B + B^{13})X_{1,t} &= \alpha_{1,t} - \theta_1 \alpha_{1,t-1} \\
 (1 - B^{12} - B + B^{13} - \phi_1 B + \phi_1 B^{13} + \phi_1 B^2 - \phi_1 B^{14})X_{1,t} &= \alpha_{1,t} - \theta_1 \alpha_{1,t-1} \\
 X_{1,t} - X_{1,t-12} - X_{1,t-1} + X_{1,t-13} - \phi_1 X_{1,t-1} + \phi_1 X_{1,t-13} &+ \phi_1 X_{1,t-2} - \phi_1 X_{1,t-14} = \alpha_{1,t} - \theta_1 \alpha_{1,t-1} \\
 X_{1,t} = X_{1,t-12} + X_{1,t-1} - X_{1,t-13} + \phi_1 X_{1,t-1} - \phi_1 X_{1,t-13} &- \phi_1 X_{1,t-2} + \phi_1 X_{1,t-14} + \alpha_{1,t} - \theta_1 \alpha_{1,t-1} \\
 X_{1,t} = X_{1,t-12} + X_{1,t-1} - X_{1,t-13} + 0,5933X_{1,t-1} &- 0,5933X_{1,t-13} - 0,5933X_{1,t-2} \\
 &+ 0,5933X_{1,t-14} + \alpha_{1,t} - 0,9735\alpha_{1,t-12}
 \end{aligned}$$

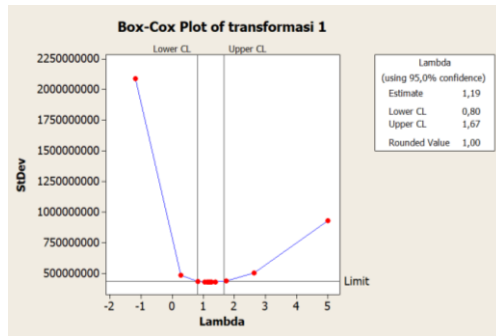
$$\begin{aligned}
 X_{1,t} = & 1,5933X_{1,t-1} - 0,5933X_{1,t-2} + X_{1,t-12} \\
 & - 1,5933X_{1,t-13} + 0,5933X_{1,t-14} + \alpha_{1,t} \\
 & - 0,9735\alpha_{1,t-12}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input Kelembaban 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.

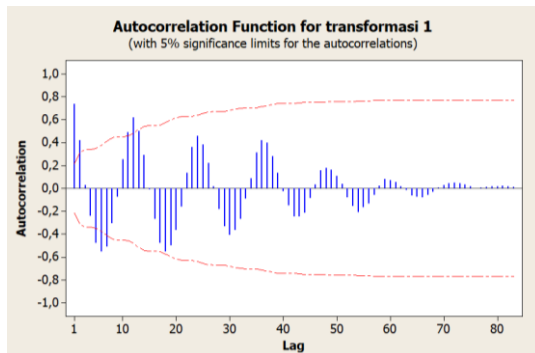


**Gambar 4.12** Box Cox Plot Kelembaban Kota Surabaya

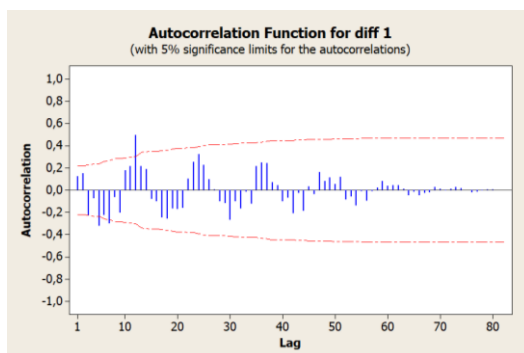


**Gambar 4.13** Box Cox Plot Data Transformasi Kelembaban Kota Surabaya

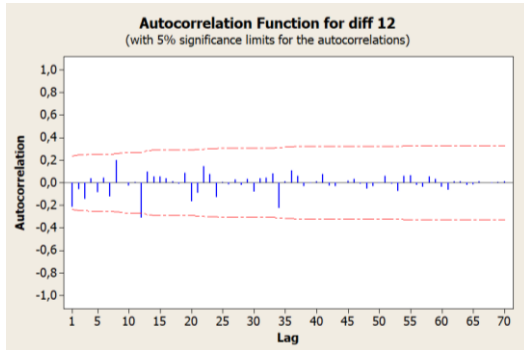
Gambar 4.12 menunjukkan bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah 5, maka data diasumsikan belum stasioner dalam varians. Selanjutnya ditransformasikan terlebih dahulu seperti pada Gambar 4.13. Pada Gambar 4.13 terlihat bahwa *rounded value* data transformasi kelembaban Kota Surabaya bernilai 1 maka dapat diasumsikan bahwa data sudah stasioner dalam varians. Maka selanjutnya akan dilakukan Plot ACF dan PACF untuk data Kelembaban.



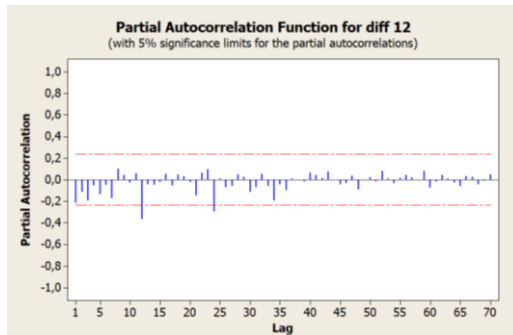
**Gambar 4.14** Plot ACF untuk data Transformasi Kelembaban



**Gambar 4.15** Plot ACF *differencing lag 1*



**Gambar 4.16** Plot ACF *differencing* lag 12



**Gambar 4.17** Plot PACF Data Kelembaban

Plot ACF dan PACF dari data kelembaban di Kota Surabaya setelah dilakukan proses *differencing* lag 1 dan *differencing* lag 12. Maka didapat model sementara untuk data Kelembaban adalah SARIMA (0,1,0)(2,1,1)<sup>12</sup>.

### 1. Tahap Penaksiran dan Pengujian

Penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) dengan menggunakan software minitab. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter Kelembaban Kota Surabaya

Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value
$(0,1,0)(1,1,0)^{12}$	$\phi_{12}$	-0,4314	0,1175	0,000

Pengujian signifikansi parameter model dengan  $\alpha = 5\%$  dan menggunakan uji-t dan model peramalan yang diperoleh dari SARIMA  $(0,1,0)(1,1,0)^{12}$ . Kemudian dilakukan uji signifikansi parameter  $\phi_{12}$  sebagai berikut :

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_{12} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_{12} \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$\begin{aligned}t_{hitung} &= \frac{\phi_{12} - 0}{SE(\phi_{12})} \\ &= \frac{-0,4314 - 0}{0,1175} \\ &= 3,671\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1.960\end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_{12}$  signifikan.

## 2. Uji Diagnostik

Pada penentuan model ARIMA yang terbaik, harus dipilih model yang seluruh parameter-parameteranya signifikan, kemudian memenuhi asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan residualnya saling tidak berkorelasi atau residual independen yang disebut *white noise*.

a. Uji Distribusi Normal

Pengujian kenormalan terhadap residual dapat dihitung dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap residualnya yang meliputi:

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.3 maka diperoleh

$$D_{hitung} = \sup|S(x) - F_o(X)| = 0,079295$$

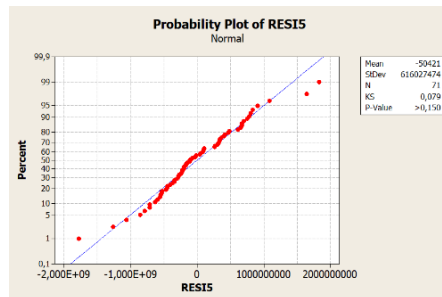
$$D_{tabel} = D_{1-\alpha,n}$$

$$= D_{0,95,71}$$

$$= 0,1612$$

Kriteria pengujian:

Karena  $D_{hitung} < D_{1-\alpha,n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.



Gambar 4.18 Uji Normalitas Kelembaban Kota Surabaya

b. Uji White Noise

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi:

Hipotesa:



$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

Dari persamaan 2.4 dan dengan  $K=12$  maka diperoleh

$$Q = 84(84 + 2) \sum_{k=1}^{12} \frac{(\hat{\rho}_k)^2}{84-k}, n > k$$

$$Q = 84(86) \left( \frac{(-0,23837)^2}{84-1} + \frac{(-0,0347)^2}{84-2} + \frac{(-0,17959)^2}{84-3} \right. \\ \left. + \frac{(0,12987)^2}{84-4} + \frac{(-0,13866)^2}{84-5} \right. \\ \left. + \frac{(0,110471)^2}{84-6} + \frac{(-0,16791)^2}{84-7} \right. \\ \left. + \frac{(0,158632)^2}{84-8} + \frac{(-0,12216)^2}{84-9} \right. \\ \left. + \frac{(0,061323)^2}{84-10} + \frac{(-0,0637)^2}{84-11} \right. \\ \left. + \frac{(-0,07482)^2}{84-12} \right)$$

$$Q = 20,1442$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - p - q) = \chi^2(0,05; 12 - 0 - 0) = \chi^2(0,05; 12) = 21,03$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - p - q)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

Dari hasil *overfitting* model SARIMA sementara yang terbentuk yaitu berupa beberapa kemungkinan-kemungkinan model seperti pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Kelembaban di Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value	Keputusan
$(0,1,0)(2,1,1)^{12}$	$\phi_{24}$	0,0140	0,1483	0,925	Tidak Signifikan
	$\phi_{12}$	-0,2747	0,1476	0,067	
	$\theta_{12}$	0,8414	0,1415	0,000	
$(0,1,0)(2,1,0)^{12}$	$\phi_{12}$	<b>-0,7270</b>	<b>0,1041</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\theta_{24}$	<b>-0,7815</b>	<b>0,1037</b>	<b>0,000</b>	
$(0,1,0)(0,1,1)^{12}$	$\theta_{12}$	<b>0,8469</b>	<b>0,1075</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
$(0,1,0)(1,1,0)^{12}$	$\phi_{12}$	<b>-0,4314</b>	<b>0,1175</b>	<b>0,000</b>	Signifikan

**Tabel 4.8** Uji White Noise Residual Kelembaban Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
$(0,1,0)(2,1,1)^{12}$	12	45,1	9	0,000	Tidak White Noise
	24	52,5	21	0,000	
	36	70,9	33	0,000	
	48	111,3	45	0,000	
$(0,1,0)(2,1,0)^{12}$	12	61,3	10	0,000	Tidak White Noise
	24	81,9	22	0,000	
	36	94,7	34	0,000	
	48	99,8	46	0,000	
$(0,1,0)(0,1,1)^{12}$	12	40,9	11	0,000	Tidak White Noise
	24	47,7	23	0,002	
	36	67,7	35	0,001	
	48	98,3	47	0,000	
$(0,1,0)(1,1,0)^{12}$	<b>12</b>	<b>17,3</b>	<b>11</b>	<b>0,099</b>	White Noise
	<b>24</b>	<b>28,4</b>	<b>23</b>	<b>0,202</b>	
	<b>36</b>	<b>42,0</b>	<b>35</b>	<b>0,193</b>	
	<b>48</b>	<b>46,3</b>	<b>47</b>	<b>0,503</b>	

Dari Tabel 4.7 terdapat tiga model yang memenuhi uji signifikansi parameter dimana  $p\ value < 0,05$  yaitu SARIMA  $(0,1,0)(2,1,0)^{12}$ , SARIMA  $(0,1,0)(0,1,1)^{12}$ , dan SARIMA

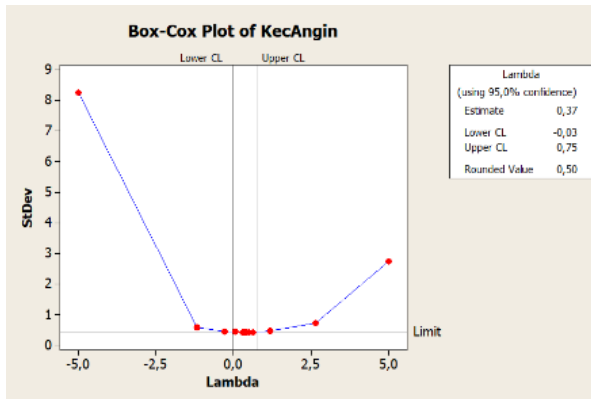
$(0,1,0)(1,1,0)^{12}$ . Maka dari itu akan dilakukan Uji *White Noise* seperti pada Tabel 4.8 dan Uji Normalitas. Dan Tabel 4.8 Model SARIMA yang memenuhi Uji Signifkansi Parameter dan Uji *White Noise* yaitu SARIMA  $(0,1,0)(1,1,0)^{12}$ . Selanjutnya akan dilakukan Uji Normalitas pada model SARIMA  $(0,1,0)(1,1,0)^{12}$ .

Dari persamaan 2.1 model yang terbentuk untuk Kelembaban Kota Surabaya adalah:

$$\begin{aligned} (1 - \Phi_{12}B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})X_{2,t} &= \alpha_{2,t} \\ (1 - \Phi_{12}B^{12})(1 - B^{12} - B + B^{13})X_{2,t} &= \alpha_{2,t} \\ (1 - B^{12} - B + B^{13} - \Phi_{12}B^{12} + \Phi_{12}B^{24} + \Phi_{12}B^{13} \\ &\quad - \Phi_{12}B^{25})X_{2,t} = \alpha_{2,t} \\ X_{2,t} - X_{2,t-12} - X_{2,t-1} + X_{2,t-13} - \Phi_{12}X_{2,t-12} + \Phi_{12}X_{2,t-24} \\ &\quad + \Phi_{12}X_{2,t-13} = \alpha_{2,t} \\ X_{2,t} &= X_{2,t-12} + X_{2,t-1} - X_{2,t-13} + \Phi_{12}X_{2,t-12} - \Phi_{12}X_{2,t-24} \\ &\quad - \Phi_{12}X_{2,t-13} + \alpha_{2,t} \\ X_{2,t} &= X_{2,t-12} + X_{2,t-1} - X_{2,t-13} - 0,4314X_{2,t-12} + \\ &\quad 0,4314X_{2,t-24} + 0,4314X_{2,t-13} + \alpha_{2,t} \\ X_{2,t} &= X_{2,t-1} + 0,5686X_{2,t-12} - 0,5686X_{2,t-13} + \\ &\quad 0,4314X_{2,t-24} + \alpha_{2,t} \end{aligned}$$

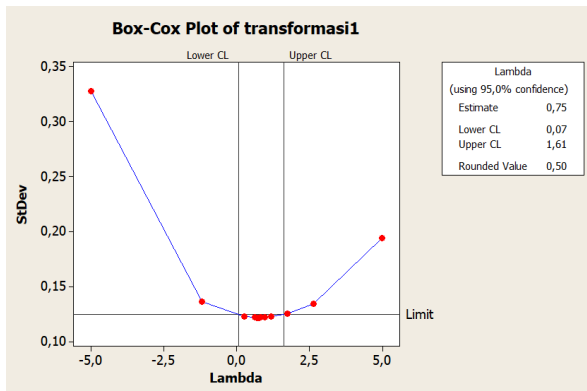
### 4.2.3 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input Kecepatan Angin di Kota Surabaya*

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

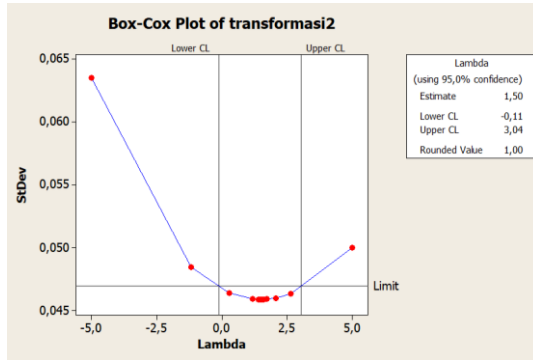


**Gambar 4.19** Box Cox Plot Kecepatan Angin Kota Surabaya

Gambar 4.19 menunjukkan bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah 0,50 maka data diasumsikan belum stasioner dalam varians. Selanjutnya ditransformasikan terlebih dahulu seperti pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21.

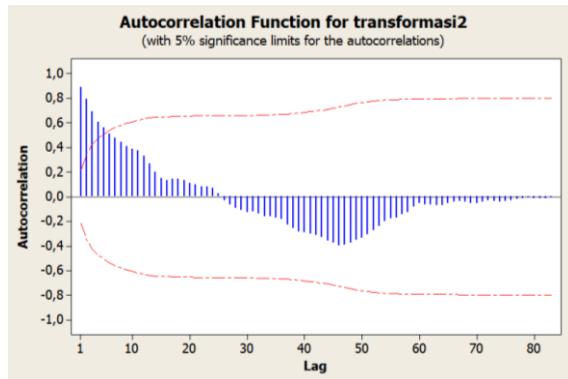


**Gambar 4.20** Box Cox Plot Data Transformasi 1 Kecepatan Angin



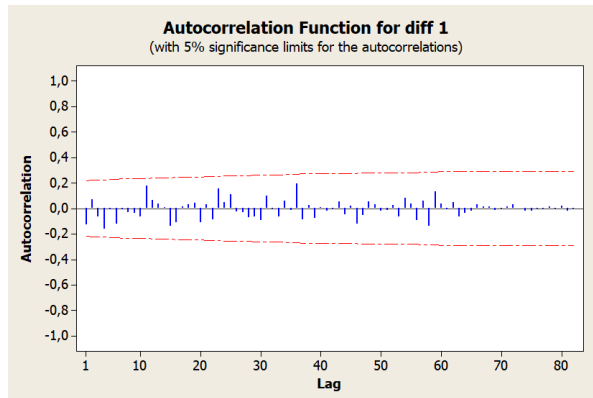
**Gambar 4.21** Box Cox Plot Data Transformasi 2 Kecepatan Angin

Berdasarkan Gambar 4.20 terlihat bahwa data belum stasioner dalam varians maka perlu dilakukan proses transformasi lagi dan dapat dilihat pada Gambar 4.21 terlihat bahwa *rounded value* data transformasi Kecepatan Angin Kota Surabaya bernilai 1 maka dapat diasumsikan bahwa data sudah stasioner dalam varians. Maka selanjutnya akan dilakukan Plot ACF dan PACF untuk data Kecepatan Angin.

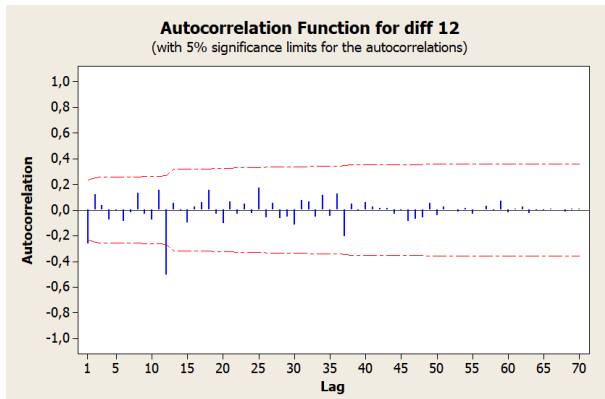


**Gambar 4.22** Plot ACF untuk data Transformasi Kelembaban

Dari plot ACF menunjukkan bahwa data belum stasioner dalam mean. Terlihat masih banyak lag yang keluar. Sehingga diperlukan *differencing* seperti pada Gambar 4.23.

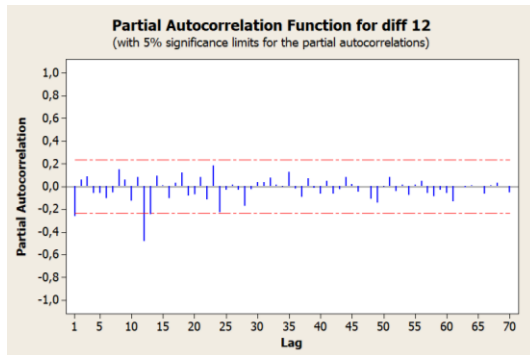


**Gambar 4.23** Plot ACF *differencing* lag 1



**Gambar 4.24** Plot ACF *differencing* lag 12

Terlihat pada Gambar 4.24 setelah dilakukan differencing pada lag 12 maka lag yang keluar yaitu lag 1 dan 12(musiman). Maka dapat dikatakan sudah stasioner dalam mean. Setelah data stasioner dalam means dan varians maka dilakukan plot PACF seperti pada Gambar 4.25.



**Gambar 4.25** Plot PACF Data Kecepatan Angin

Setelah plot PACF dan lag yang keluar yaitu 1, 13, dan 12 (musiman). Maka model SARIMA sementara yaitu SARIMA  $((1,13),1,1)(1,1,1)^{12}$ .

### 1. Tahap Penaksiran dan Pengujian

Penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) dengan menggunakan software minitab. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Estimasi Parameter Kecepatan Angin Kota Surabaya

Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value
$(0,1,0)(1,1,1)^{12}$	$\phi_{12}$	-0,3570	0,1385	0,012
	$\theta_{12}$	0,8241	0,1324	0,000

Pengujian signifikansi parameter model dengan  $\alpha = 5\%$  dan menggunakan uji-t dan model peramalan yang diperoleh

dari SARIMA (0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup> Kemudian dilakukan uji signifikansi parameter sebagai berikut :

a. Uji Signifikansi Parameter  $\phi_{12}$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_{12} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_{12} \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\phi_{12} - 0}{SE(\phi_{12})} \\ &= \frac{-0,3570 - 0}{0,1385} \\ &= -2,577 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_1$  signifikan.

b. Uji Signifikansi Parameter  $\theta_{12}$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\theta_{12} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\theta_{12} \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\theta_{12} - 0}{SE(\theta_{12})} \\ &= \frac{0,8241 - 0}{0,1324} \\ &= 6,224 \end{aligned}$$

$$t_{tabel} = t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$$



$$\begin{aligned}
 &= t_{0,025,83} \\
 &= 1,960
 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\theta_{12}$  signifikan.

## 2. Uji Diagnostik

Pada penentuan model SARIMA yang terbaik, harus dipilih model yang seluruh parameter-parameternya signifikan, kemudian memenuhi asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan residualnya saling tidak berkorelasi atau residual independen yang disebut *white noise*. Uji Diagnostik terdiri dari dua macam uji, yakni uji normalitas dan uji *white noise*.

### a. Uji Distribusi Normal

Pengujian kenormalan terhadap residual dapat dihitung dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap residualnya yang meliputi:

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.3 maka diperoleh

$$D_{hitung} = \sup|S(x) - F_o(X)| = 0,08684$$

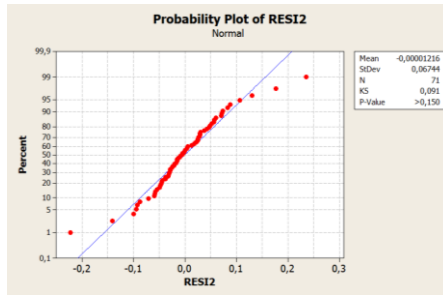
$$D_{tabel} = D_{1-\alpha,n}$$

$$= D_{0,95,71}$$

$$= 0,1612$$

Kriteria pengujian:

Karena  $D_{hitung} < D_{1-\alpha,n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.



**Gambar 4.26** Uji Normalitas Keepatan Angin Kota Surabaya

b. Uji White Noise

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi:

Hipotesa:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

Dari persamaan 2.4 dan dengan  $K=12$  maka diperoleh

$$Q = 84(84 + 2) \sum_{k=1}^{12} \frac{(\hat{\rho}_k)^2}{84-k}, n > k$$

$$Q = 84(86) \left( \frac{(-0,16353)^2}{84-1} + \frac{(0,10457)^2}{84-2} + \frac{(-0,04675)^2}{84-3} \right. \\ \left. + \frac{(-0,09375)^2}{84-4} + \frac{(-0,0039)^2}{84-5} \right. \\ \left. + \frac{(-0,13532)^2}{84-6} + \frac{(-0,07527)^2}{84-7} \right. \\ \left. + \frac{(0,060717)^2}{84-8} + \frac{(0,075622)^2}{84-9} \right. \\ \left. + \frac{(-0,03464)^2}{84-10} + \frac{(0,136441)^2}{84-11} \right. \\ \left. + \frac{(-0,04462)^2}{84-12} \right)$$

$$Q = 9,568715007$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - p - q) = \chi^2(0,05; 12 - 0 - 0) = \chi^2(0,05; 12) = 21,03$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - p - q)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

Dari Tabel Uji Signifikansi dan Tabel Uji White Noise (di lampiran) terdapat 2 model yang memenuhi yaitu model SARIMA (0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup> dan SARIMA (0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>. Maka dari itu akan didapatkan nilai MAPE untuk menentukan model terbaik.

Dengan menggunakan persamaan 2.5, maka nilai MAPE didapat seperti pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Nilai MAPE Kecepatan Angin Kota Surabaya

Kemungkinan Model	Nilai MAPE
(0,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	0,160608%
(0,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	0,196621%

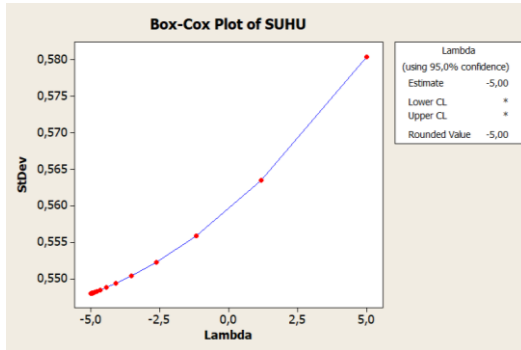
Dari Tabel 4.10 nilai MAPE terkecil adalah pada Model SARIMA (0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup> yaitu sebesar 0,160608% maka model SARIMA terbaik pada data Kecepatan Angin Kota Surabaya adalah SARIMA(0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup>.

Dari persamaan 2.1 Model SARIMA Terbaik Kecepatan Angin Kota Surabaya adalah:

$$\begin{aligned}
 (1 - \Phi_{12}B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})X_{3,t} &= (1 - \Theta_{12}B^{12})\alpha_{3,t} \\
 (1 - \Phi_{12}B^{12})(1 - B^{12} - B + B^{13})X_{3,t} &= \alpha_{3,t} - \Theta_{12}\alpha_{3,t-12} \\
 (1 - B^{12} - B + B^{13} - \Phi_{12}B^{12} + \Phi_{12}B^{24} + \Phi_{12}B^{13} \\
 - \Phi_{12}B^{25})X_{3,t} &= \alpha_{3,t} - \Theta_{12}\alpha_{3,t-12} \\
 X_{3,t} - X_{3,t-12} - X_{3,t-1} + X_{3,t-13} - \Phi_{12}X_{3,t-12} + \Phi_{12}X_{3,t-24} \\
 + \Phi_{12}X_{3,t-13} - \Phi_{12}X_{3,t-25} \\
 &= \alpha_{3,t} - \Theta_{12}\alpha_{3,t-12} \\
 X_{3,t} &= X_{3,t-12} + X_{3,t-1} - X_{3,t-13} + \Phi_{12}X_{3,t-12} - \Phi_{12}X_{3,t-24} \\
 - \Phi_{12}X_{3,t-13} + \Phi_{12}X_{3,t-25} + \alpha_{3,t} \\
 - \Theta_{12}\alpha_{3,t-12} \\
 X_{3,t} &= X_{3,t-12} + X_{3,t-1} - X_{3,t-13} - 0,3570X_{3,t-12} \\
 + 0,3570X_{3,t-24} + 0,3570X_{3,t-13} \\
 - 0,3570X_{3,t-25} + \alpha_{3,t} - 0,8241\alpha_{3,t-12} \\
 X_{3,t} &= X_{3,t-1} + 0,643X_{3,t-12} - 0,643X_{3,t-13} \\
 + 0,3570X_{3,t-24} - 0,3570X_{3,t-25} + \alpha_{3,t} \\
 - 0,8241\alpha_{3,t-12}
 \end{aligned}$$

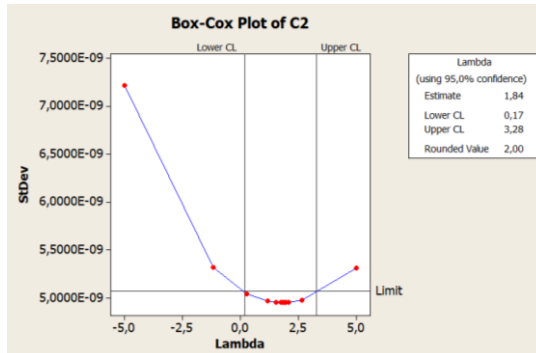
#### 4.2.4 Identifikasi Model Fungsi Transfer dengan Deret *Input* Suhu di Kota Surabaya

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



**Gambar 4.27** Box Cox Plot Suhu Kota Surabaya

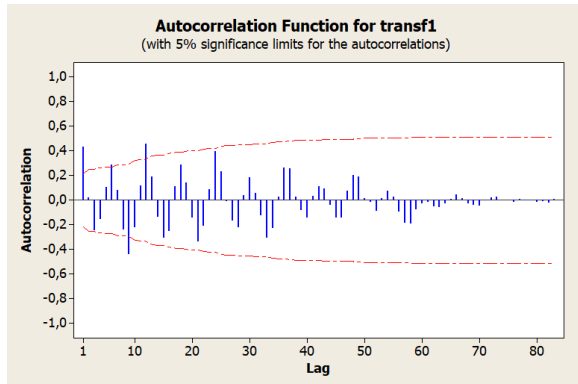
Gambar 4.27 menunjukkan bahwa nilai taksiran  $\lambda$  adalah -5, maka data diasumsikan belum stasioner dalam varians. Selanjutnya ditransformasikan terlebih dahulu seperti pada Gambar 4.28.



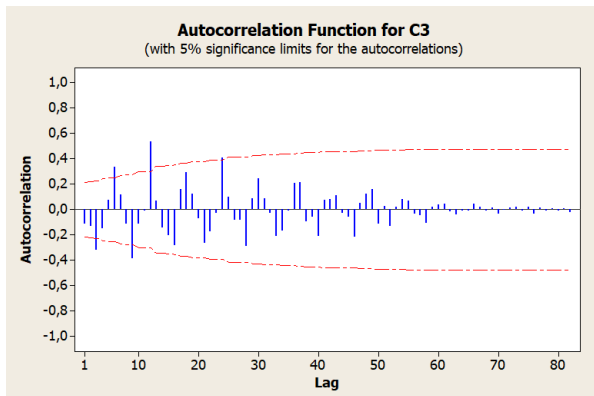
**Gambar 4.28** Box Cox Plot Data Transformasi Suhu Kota Surabaya

Pada Gambar 4.28 terlihat bahwa *rounded value* data transformasi Suhu Kota Surabaya bernilai 2, dan dapat dilihat dalam batas atas dan bawah *rounded value* nilai 1 berada diantara keduanya, maka dapat diasumsikan bahwa data sudah

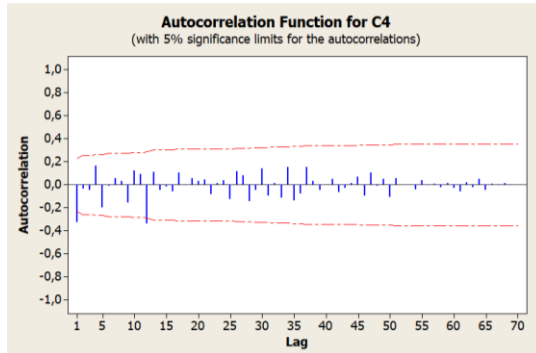
stasioner dalam varians. Maka selanjutnya akan dilakukan Plot ACF dan PACF untuk data Suhu Kota Surabaya. Untuk Plot ACF data transformasi suhu Kota Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.29.



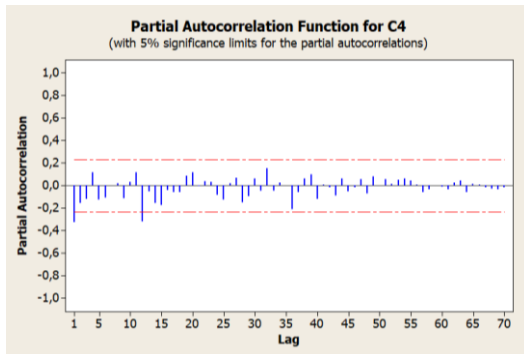
**Gambar 4.29** Plot ACF untuk data Transformasi Suhu



**Gambar 4.30** Plot ACF *differencing lag 1*



**Gambar 4.31** Plot ACF *differencing* lag 12



**Gambar 4.32** Plot PACF Data Suhu

Plot ACF dan PACF dari data Suhu di Kota Surabaya setelah dilakukan proses *differencing* lag 1 dan *differencing* lag 12. Maka didapat model sementara untuk data Suhu adalah SARIMA (1,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup>

## 1. Tahap Penaksiran dan Pengujian

Penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) dengan menggunakan software minitab. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Estimasi Parameter Suhu Kota Surabaya

Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value
$(1,1,0)(0,1,1)^{12}$	$\phi_1$	-0,3623	0,1123	0,002
	$\theta_{12}$	0,6177	0,1061	0,000

Pengujian signifikansi parameter model dengan  $\alpha = 5\%$  dan menggunakan uji-t dan model peramalan yang diperoleh dari SARIMA  $(1,1,0)(0,1,1)^{12}$ . Kemudian dilakukan uji signifikansi parameter sebagai berikut :

a. Uji Signifikansi Parameter  $\phi_1$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_1 = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_1 \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$\begin{aligned}t_{hitung} &= \frac{\phi_1 - 0}{SE(\phi_1)} \\ &= \frac{-0,3623 - 0}{0,1123} \\ &= -3,226\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960\end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_1$  signifikan.

b. Uji Signifikansi Parameter  $\theta_{12}$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\theta_{12} = 0$



$H_1$  : estimasi parameter  $\theta_{12} \neq 0$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.2 maka diperoleh

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\theta_{12} - 0}{SE(\theta_{12})} \\ &= \frac{0,6177 - 0}{0,1061} \\ &= 5,821 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\theta_{12}$  signifikan.

## 2. Uji Diagnostik

Pada penentuan model SARIMA yang terbaik, harus dipilih model yang seluruh parameter-parameternya signifikan, kemudian memenuhi asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan residualnya saling tidak berkorelasi atau residual independen yang disebut *white noise*.

### a. Uji Distribusi Normal

Pengujian kenormalan terhadap residual dapat dihitung dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap residualnya yang meliputi:

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan 2.3 maka diperoleh

$$D_{hitung} = \sup|S(x) - F_o(X)| = 0,0996887$$

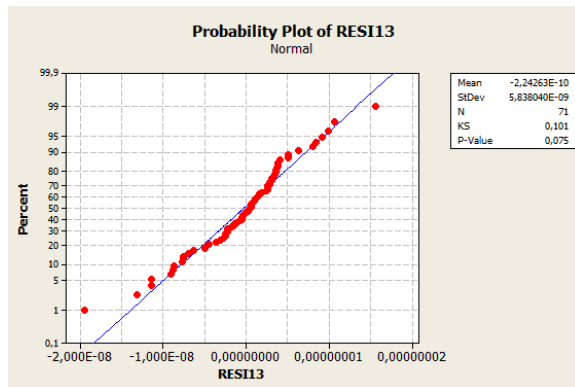
$$D_{tabel} = D_{1-a,n}$$

$$= D_{0,95,71}$$

$$= 0,1612$$

Kriteria pengujian:

Karena  $D_{hitung} < D_{1-a,n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.



Gambar 4.33 Uji Normalitas Suhu Kota Surabaya

b. Uji White Noise

Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi:

Hipotesa:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

$$Q = 84(84 + 2) \sum_{k=1}^{12} \frac{(\widehat{\rho}_k)^2}{84-k}, n > k$$

$$Q = 84(86) \left( \frac{(-0,03804)^2}{84-1} + \frac{(-0,16249)^2}{84-2} + \frac{(-0,12129)^2}{84-3} \right. \\ + \frac{(0,016947)^2}{84-4} + \frac{(-0,12811)^2}{84-5} \\ + \frac{(0,001767)^2}{84-6} + \frac{(0,068344)^2}{84-7} + \frac{(0,0403)^2}{84-8} \\ + \frac{(-0,2144)^2}{84-9} + \frac{(0,038058)^2}{84-10} \\ \left. + \frac{(-0,01228)^2}{84-11} + \frac{(0,050389)^2}{84-12} \right)$$

$$Q = 10,7222$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - p - q) = \chi^2(0,05; 12 - 1 - 0) = \chi^2(0,05; 11) = 19,68$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - p - q)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

**Tabel 4.12** Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter Model Dugaan SARIMA terhadap Suhu di Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Parameter	Estimasi	S.E	P Value	Keputusan
(1,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	0,4768	0,1431	0,001	Tidak Signifikan
	$\phi_{12}$	0,2944	0,2545	0,251	
	$\theta_1$	0,9011	0,0637	0,000	
	$\theta_{12}$	0,8184	0,1785	0,000	
(1,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_1$	-0,3493	0,1139	0,003	Tidak Signifikan
	$\phi_{12}$	0,2129	0,2442	0,387	
	$\theta_{12}$	0,7638	0,1758	0,000	
(0,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_{12}$	0,6128	0,2555	0,526	Tidak Signifikan
	$\theta_1$	0,4643	0,1084	0,000	
	$\theta_{12}$	0,7176	0,1911	0,000	
<b>(1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,4404</b>	<b>0,1501</b>	<b>0,005</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,8826</b>	<b>0,0725</b>	<b>0,000</b>	
	$\theta_{12}$	<b>0,5928</b>	<b>0,1162</b>	<b>0,000</b>	
<b>(1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,4858</b>	<b>0,1266</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\phi_{12}$	<b>-0,4004</b>	<b>0,1250</b>	<b>0,002</b>	
	$\theta_1$	<b>0,9329</b>	<b>0,0413</b>	<b>0,000</b>	
<b>(1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>-0,3623</b>	<b>0,1123</b>	<b>0,002</b>	Signifikan
	$\theta_{12}$	<b>0,6177</b>	<b>0,1061</b>	<b>0,000</b>	
<b>(0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_{12}$	<b>-0,4332</b>	<b>0,1223</b>	<b>0,001</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,4897</b>	<b>0,1068</b>	<b>0,000</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup></b>	$\phi_1$	<b>0,5360</b>	<b>0,1142</b>	<b>0,000</b>	Signifikan
	$\theta_1$	<b>0,9820</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,000</b>	
(0,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\phi_{12}$	0,3641	0,2309	0,119	Tidak Signifikan
	$\theta_{12}$	0,8914	0,1533	0,000	

Dari Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa model yang signifikan dengan  $p$  value <0,05 antara lain SARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup>, SARIMA (0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup> dan SARIMA (1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup>. Setelah didapatkan model-model yang signifikan, maka dari itu dilakukan Uji *White Noise* pada residual dan Uji Normalitas.

**Tabel 4.13 Uji *White Noise* Residual Suhu Kota Surabaya**

Kemungkinan Model SARIMA	Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
<b>(1,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>10,4</b>	<b>8</b>	<b>0,239</b>	White Noise
	24	<b>15,4</b>	<b>20</b>	<b>0,751</b>	
	36	<b>26,4</b>	<b>32</b>	<b>0,746</b>	
	48	<b>38,4</b>	<b>44</b>	<b>0,710</b>	
<b>(1,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>9,0</b>	<b>9</b>	<b>0,436</b>	White Noise
	24	<b>16,5</b>	<b>21</b>	<b>0,743</b>	
	36	<b>31,5</b>	<b>33</b>	<b>0,543</b>	
	48	<b>45,6</b>	<b>45</b>	<b>0,447</b>	
<b>(0,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>7,6</b>	<b>9</b>	<b>0,576</b>	White Noise
	24	<b>14,9</b>	<b>21</b>	<b>0,828</b>	
	36	<b>27,1</b>	<b>33</b>	<b>0,754</b>	
	48	<b>40,7</b>	<b>45</b>	<b>0,655</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>10,5</b>	<b>9</b>	<b>0,314</b>	White Noise
	24	<b>15,5</b>	<b>21</b>	<b>0,795</b>	
	36	<b>27,5</b>	<b>33</b>	<b>0,736</b>	
	48	<b>39,9</b>	<b>45</b>	<b>0,688</b>	
<b>(1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	12	<b>9,2</b>	<b>9</b>	<b>0,418</b>	White Noise
	24	<b>15,5</b>	<b>21</b>	<b>0,799</b>	
	36	<b>28,1</b>	<b>33</b>	<b>0,710</b>	
	48	<b>37,3</b>	<b>45</b>	<b>0,785</b>	
<b>(1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>9,2</b>	<b>10</b>	<b>0,510</b>	White Noise
	24	<b>16,9</b>	<b>22</b>	<b>0,770</b>	
	36	<b>33,8</b>	<b>34</b>	<b>0,476</b>	
	48	<b>47,7</b>	<b>46</b>	<b>0,402</b>	
<b>(0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup></b>	12	<b>7,0</b>	<b>10</b>	<b>0,728</b>	White Noise
	24	<b>18,0</b>	<b>22</b>	<b>0,706</b>	
	36	<b>31,6</b>	<b>34</b>	<b>0,586</b>	
	48	<b>43,2</b>	<b>46</b>	<b>0,588</b>	
<b>(1,1,1)(0,1,0)<sup>12</sup></b>	12	19,6	10	0,033	Tidak White Noise
	24	24,8	22	0,306	
	36	39,3	34	0,246	
	48	48,3	46	0,382	
<b>(0,1,0)(1,1,1)<sup>12</sup></b>	12	<b>17,7</b>	<b>10</b>	<b>0,060</b>	White Noise
	24	<b>23,6</b>	<b>22</b>	<b>0,369</b>	
	36	<b>36,7</b>	<b>34</b>	<b>0,343</b>	
	48	<b>52,8</b>	<b>46</b>	<b>0,228</b>	

Dari Tabel 4.12 Uji Signifikansi Parameter dan Tabel 4.13 Uji *White Noise* Residual Suhu Kota Surabaya didapat empat model

yang memenuhi uji asumsi yaitu SARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>, SARIMA (1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup>, dan SARIMA (0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>. Maka dari itu akan didapatkan nilai MAPE terkecil untuk mendapatkan model SARIMA terbaik.

Dengan menggunakan persamaan 2.5 maka didapatkan nilai MAPE seperti pada Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14** Nilai MAPE Suhu Kota Surabaya

Kemungkinan Model SARIMA	Nilai MAPE
(1,1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	5,15319E-09%
(1,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	5,48606E-09%
(1,1,0)(0,1,1) <sup>12</sup>	4,14482E-09%
(0,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	4,38165E-09%

Dari Tabel 4.14 nilai MAPE terkecil adalah pada Model SARIMA (1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup> yaitu sebesar 4,14482E-09% maka model ARIMA terbaik pada data Suhu Kota Surabaya adalah SARIMA (1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup>.

Dari persamaan 2.1 model yang terbentuk untuk Suhu Kota Surabaya adalah:

$$\begin{aligned}
 (1 - \Phi_1 B)(1 - B)(1 - B^{12})X_{4,t} &= (1 - \theta_{12} B^{12})\alpha_{4,t} \\
 (1 - \Phi_1 B)(1 - B^{12} - B + B^{13})X_{4,t} &= (1 - \theta_{12} B^{12})\alpha_{4,t} \\
 (1 - B^{12} - B + B^{13} - \Phi_1 B + \Phi_1 B^{13} + \Phi_1 B^2 - \Phi_1 B^{14})X_{4,t} \\
 &= \alpha_{4,t} - \theta_{12} \alpha_{4,t-12} \\
 X_{4,t} - X_{4,t-12} - X_{4,t-1} + X_{4,t-13} - \Phi_1 X_{4,t-1} + \Phi_1 X_{4,t-13} \\
 &\quad + \Phi_1 X_{4,t-2} - \Phi_1 X_{4,t-14} = \alpha_{4,t} - \theta_{12} \alpha_{4,t-12} \\
 X_{4,t} &= X_{4,t-12} + X_{4,t-1} - X_{4,t-13} + \Phi_1 X_{4,t-1} - \Phi_1 X_{4,t-13} \\
 &\quad - \Phi_1 X_{4,t-2} + \Phi_1 X_{4,t-14} + \alpha_{4,t} - \theta_{12} \alpha_{4,t-12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_{4,t} &= X_{4,t-12} + X_{4,t-1} - X_{4,t-13} - 0,3623X_{4,t-1} \\
&\quad + 0,3623X_{4,t-13} + 0,3623X_{4,t-2} \\
&\quad - 0,3623X_{4,t-14} + \alpha_{4,t} - 0,6177\alpha_{4,t-12} \\
X_{4,t} &= 0,6377X_{4,t-1} + 0,3623X_{4,t-2} + X_{4,t-12} - \\
&\quad 0,6377X_{4,t-13} - 0,3623X_{4,t-14} + \alpha_{4,t} - \\
&\quad 0,6177\alpha_{4,t-12}
\end{aligned}$$

### 4.3 Pre-whithening Deret Input Model Fungsi Transfer Multi Input

Prewithening pada deret *input* dan deret *output* bertujuan untuk menghilangkan pola pada residual model fungsi transfer *multi-input*. Prewithening dilakukan pada masing-masing deret *input* yaitu pada curah hujan, kelembaban, kecepatan angin, dan suhu Kota Surabaya.

#### 4.3.1 Pre-whithening Untuk Model Input Curah Hujan ( $X_1$ )

Model yang terbentuk untuk curah hujan adalah:

$$\begin{aligned}
X_{1,t} &= 1,5933X_{1,t-1} - 0,5933X_{1,t-2} + X_{1,t-12} - \\
&\quad 1,5933X_{1,t-13} + 0,5933X_{1,t-14} + \alpha_{1,t} - \\
&\quad 0,9735\alpha_{1,t-12}
\end{aligned}$$

Sehingga deret input curah hujan yang telah melalui proses pre-whithening berdasarkan persamaan 2.7 adalah:

$$\begin{aligned}
\alpha_{1,t} &= X_{1,t} - 1,5933X_{1,t-1} + 0,5933X_{1,t-2} - X_{1,t-12} + \\
&\quad 1,5933X_{1,t-13} - 0,5933X_{1,t-14} + 0,9735\alpha_{1,t-12} \quad (4.1)
\end{aligned}$$

Pre-Whithening deret output (demam berdarah dengue) mengikuti pre-whithening deret input (curah hujan). Sehingga deret output DBD yang telah melalui proses pre-whithening berdasarkan persamaan (4.1) adalah:

$$\begin{aligned}\beta_{1,t} &= Y_{1,t} - 1,5933Y_{1,t-1} + 0,5933Y_{1,t-2} - Y_{1,t-12} \\ &\quad + 1,5933Y_{1,t-13} - 0,5933Y_{1,t-14} \\ &\quad + 0,9735\beta_{1,t-12}\end{aligned}$$

#### 4.3.2 *Pre-whitening* Untuk Model Input Kelembaban ( $X_2$ )

Model yang terbentuk untuk Kelembaban adalah:

$$\begin{aligned}X_{2,t} &= X_{2,t-1} + 0,5686X_{2,t-12} - 0,5686X_{2,t-13} \\ &\quad + 0,4314X_{2,t-24} + \alpha_{2,t}\end{aligned}$$

Sehingga deret input kelembaban yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan persamaan 2.7 adalah:

$$\begin{aligned}\alpha_{2,t} &= X_{2,t} - X_{2,t-1} - 0,5686X_{2,t-12} + 0,5686X_{2,t-13} - \\ &\quad 0,4314X_{2,t-24}\end{aligned}\quad (4.2)$$

Pre-Whitening deret output (demam berdarah dengue) mengikuti pre-whitening deret input (kelembaban). Sehingga deret output DBD yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan (4.2) adalah:

$$\begin{aligned}\beta_{2,t} &= Y_{2,t} - Y_{2,t-1} - 0,5686Y_{2,t-12} + 0,5686Y_{2,t-13} \\ &\quad - 0,4314Y_{2,t-24}\end{aligned}$$

#### 4.3.3 *Pre-whitening* Untuk Model Input Kecepatan Angin ( $X_3$ )

Model yang terbentuk untuk Kecepatan Angin adalah:

$$\begin{aligned}X_{3,t} &= X_{3,t-1} + 0,643X_{3,t-12} - 0,643X_{3,t-13} \\ &\quad + 0,3570X_{3,t-24} - 0,3570X_{3,t-25} + \alpha_{3,t} \\ &\quad - 0,8241\alpha_{3,t-12}\end{aligned}$$

Sehingga deret input Kecepatan Angin yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan persamaan 2.7 adalah:

$$\begin{aligned}\alpha_{3,t} &= X_{3,t} - X_{3,t-1} - 0,643X_{3,t-12} + 0,643X_{3,t-13} - \\ &\quad 0,357X_{3,t-24} + 0,357X_{3,t-25} + 0,8241\alpha_{3,t-12}\end{aligned}\quad (4.3)$$



Pre-Whitening deret output (demam berdarah dengue) mengikuti pre-whitening deret input (kecepatan angin). Sehingga deret output DBD yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan persamaan (4.3) adalah:

$$\begin{aligned}\beta_{3,t} = & Y_{3,t} - Y_{3,t-1} - 0,643Y_{3,t-12} + 0,643Y_{3,t-13} \\ & - 0,357Y_{3,t-24} + 0,357Y_{3,t-25} \\ & + 0,8241\beta_{3,t-12}\end{aligned}$$

#### 4.3.4 Pre-whitening Untuk Model Input Suhu ( $X_4$ )

Model yang terbentuk untuk Suhu adalah:

$$\begin{aligned}X_{4,t} = & 0,6377X_{4,t-1} + 0,3623X_{4,t-2} + X_{4,t-12} \\ & - 0,6377X_{4,t-13} - 0,3623X_{4,t-14} \\ & + \alpha_{4,t} - 0,6177\alpha_{4,t-12}\end{aligned}$$

Sehingga deret input Suhu yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan persamaan 2.7 adalah:

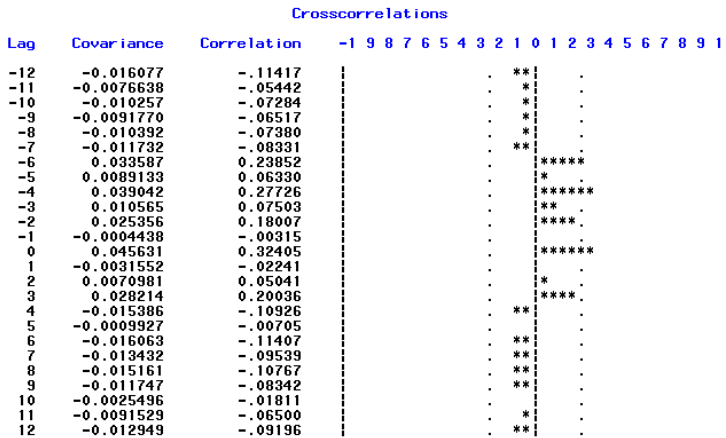
$$\begin{aligned}\alpha_{4,t} = & X_{4,t} - 0,6377X_{4,t-1} + 0,3623X_{4,t-2} - X_{4,t-12} + \\ & 0,6377X_{4,t-13} + 0,3623X_{4,t-14} + \\ & 0,6177\alpha_{4,t-12}\end{aligned}\quad (4.4)$$

Pre-Whitening deret output (demam berdarah dengue) mengikuti pre-whitening deret input (Suhu). Sehingga deret output DBD yang telah melalui proses pre-whitening berdasarkan persamaan (4.4) adalah:

$$\begin{aligned}\beta_{4,t} = & Y_{4,t} - 0,6377Y_{4,t-1} + 0,3623Y_{4,t-2} - Y_{4,t-12} \\ & + 0,6377Y_{4,t-13} + 0,3623Y_{4,t-14} \\ & + 0,6177\beta_{4,t-12}\end{aligned}$$

#### 4.4 Mendeteksi Crosscorrelation Function (CCF) dan Autokolerasi untuk Deret Input Terhadap 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 4.34, Gambar 4.35, Gambar 4.36, dan Gambar 4.37.



**Gambar 4.34** Plot CCF antara Demam Berdarah *Dengue* dan Curah Hujan Kota Surabaya

Berdasarkan hasil CCF dengan menggunakan persamaan (2.9) dan dengan bantuan *software* SAS plot CCF seperti pada Gambar 4.34, diperoleh kemungkinan nilai orde  $(b, r, s)$  yaitu  $(b=0, r=0, s=0)$  dimana nilai  $b$  merupakan *lag* positif pertama yang keluar dari signifikansi limit, nilai  $r$  merupakan pola dari plot CCF dimana tidak menunjukkan adanya pola tertentu,

sehingga  $r$  bernilai 0. Dan untuk orde  $s$  bernilai 0 dikarenakan setelah  $lag$  positif pertama yang keluar dari signifikansi limit,  $lag$  tersebut tidak bertahan untuk waktu  $t+k$ . Selanjutnya akan menentukan nilai orde ( $b, r, s$ ) pada input kelembaban, kecepatan angin, dan suhu Kota Surabaya.

Crosscorrelations

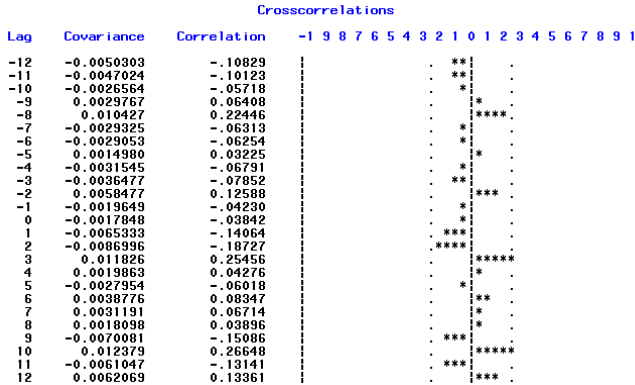
Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
-12	-13909021	-.11746	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-11	20714905	0.17493	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-10	-7611227	-.06427	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-9	-810795	-.00685	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-8	-9735460	-.08221	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-7	-2569834	-.02170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-6	20073952	0.16952	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-5	-4422461	-.03735	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4	-4031259	-.03404	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-3	17736739	0.14978	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-2	3636815	0.03071	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1	-3481960	-.02940	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	12492465	0.10549	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	6647876	0.05614	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	7574069	0.06396	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	-7390053	-.06241	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	-9614218	-.08119	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	-6082383	-.05136	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	17213250	0.14536	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	-1786628	-.15105	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	8884677	0.07503	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	-29303684	-.24746	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	18951701	0.16004	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	-22548223	-.19041	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	11805854	0.09970	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

**Gambar 4.35** Plot CCF antara Demam Berdarah *Dengue* dan Kelembaban Kota Surabaya

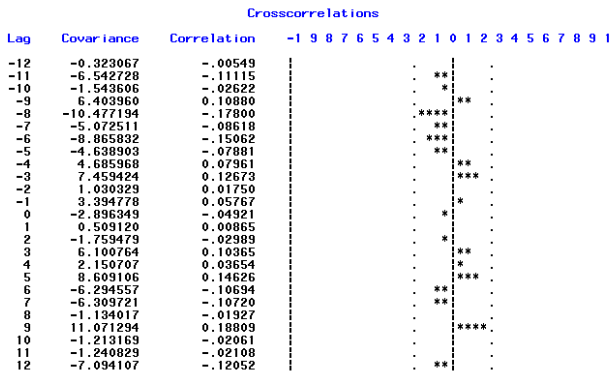
Berdasarkan hasil CCF seperti Gambar 4.35 dan dengan cara yang sama seperti *input* curah hujan untuk menentukan orde  $b, r$ , dan  $s$  diperoleh kemungkinan nilai orde ( $b, r, s$ ) yaitu ( $b=9, r=0, s=0$ ) untuk demam berdarah *dengue* dengan Kelembaban Kota Surabaya.

Dengan cara yang sama untuk menentukan orde  $b, r, s$  pada *input* kecepatan angin, dan suhu. Maka dapat ditentukan untuk kecepatan angin memiliki nilai  $b=10, r=0$ , dan  $s=0$  dari plot CCF kecepatan angin yang ditunjukkan pada Gambar 4.36. Dan untuk *input* suhu Kota Surabaya tidak dapat ditentukan nilai dari orde  $b, r, s$  dikarenakan tidak adanya *lag* positif yang

keluar dari signifikansi limit, yang artinya deret *input* suhu tidak adanya pengaruh dengan deret *output* kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya berdasarkan plot CCF pada Gambar 4.37.



**Gambar 4.36** Plot CCF antara Demam Berdarah *Dengue* dan Kecepatan Angin Kota Surabaya



**Gambar 4.37** Plot CCF antara Demam Berdarah *Dengue* dan Suhu Kota Surabaya

Berdasarkan hasil CCF seperti Gambar 4.37, terlihat bahwa tidak ada lag yang keluar dari *significant limit* yang artinya data Suhu merupakan data independen, yang mana tidak adanya kolerasi antara suhu dengan kasus demam berdarah *dengue* Kota Surabaya.

#### 4.5 Pembentukan Model Awal Fungsi Transfer *Multi Input*

Setelah didapat nilai  $b, r, s$  maka untuk membentuk model awal fungsi transfer *multi input* dilakukan Uji Signifikansi terhadap masing-masing parameter, Uji Signifikansi parameter pada Model awal fungsi transfer *multi input* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15** Uji Signifikansi Parameter Fungsi Transfer

Model Input	Parameter	Estimasi	P. Value	Keputusan
Curah hujan b=0; r=0; s=0	$\omega_{01}$ ( $X_1$ )	0,12213	<.0001	Signifikan
Kelembaban b=9; r=0; s=0	$\omega_{02}$ ( $X_2$ )	-0,103E-10	0,0007	Signifikan
Kecepatan Angin b=10; r=0; s=0	$\omega_{03}$ ( $X_3$ )	0,18316	0,0091	Signifikan

Dari Tabel 4.15 Parameter  $\omega_0$ ,  $\omega_{09}$ , dan  $\omega_{010}$  telah memenuhi Uji Signifikansi Parameter dari Model awal Fungsi Transfer yang terbentuk. Maka dari itu dapat dituliskan model awal fungsi transfer *multi-input* berdasarkan persamaan 2.6 adalah:

$$Y_t = \omega_{01}X_{1t} + \omega_{02}X_{2,t-9} + \omega_{03}X_{3,t-10} + n_t \quad (4.5)$$

## 4.6 Pembentukan Deret Noise

Langkah awal untuk menentukan deret *noise* yaitu menentukan plot ACF dan PACF dari residual model awal fungsi transfer *multi input* dengan meregresikan persamaan (4.5) maka didapat plot ACF dan plot PACF dari residual model awal fungsi transfer *multi input* dapat dilihat pada Gambar 4.38 dan Gambar 4.39.

Autocorrelation Plot of Residuals

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
0	0.025248	1.00000																						
1	-0.0019208	-0.07608																						
2	0.0010985	0.04351																						
3	0.00057817	0.02290																						
4	-0.0063522	-0.25159																						
5	-0.0013625	-0.05397																						
6	-0.0015310	-0.06064																						
7	0.0023961	0.09430																						
8	0.0025018	0.09909																						
9	0.0014844	0.05879																						
10	-0.0054080	-0.21420																						
11	0.0013688	0.05422																						
12	-0.0057383	-0.22728																						

Gambar 4.38 Plot ACF Residual

Partial Autocorrelations

Lag	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
1	-0.07608																						
2	0.03794																						
3	0.02918																						
4	-0.25144																						
5	-0.09852																						
6	-0.05361																						
7	0.11051																						
8	0.06747																						
9	0.03009																						
10	-0.28115																						
11	0.04922																						
12	-0.16763																						

Gambar 4.39 Plot PACF Residual

Dari Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 didapatkan model ARMA pada deret noise yaitu  $([4][10],0,0)$  dan model dapat ditulis berdasarkan persamaan 2.9 adalah :

$$n_t = \frac{1}{(1 - \phi_4 B^4 - \phi_{10} B^{10})} e_t$$

#### 4.7 Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input*

Setelah terbentuknya model awal fungsi transfer *multi input* dan telah didapatkan pula model dari deret *noise*, maka untuk menentukan apakah model fungsi transfer *multi input* yang telah didapatkan sudah memenuhi kriteria model terbaik akan dilakukan beberapa uji yakni uji signifikansi parameter, uji *white noise* dan uji normalitas pada residual seperti berikut ini :

##### 1. Tahap Penaksiran dan Pengujian

Penaksiran parameter menggunakan metode CLS dengan menggunakan software SAS. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Estimasi Parameter Model Fungsi Transfer

Parameter	Estimasi	S.E	P. Value	Keputusan
$\phi_4$	-0,32797	0,13919	0,0220	Signifikan
$\phi_{10}$	-0,28673	0,14002	0,0453	Signifikan
$\omega_0$ ( $X_1$ )	0,12845	0,02547	<.0001	Signifikan
$\omega_0$ ( $X_2$ )	-1,05E-10	2,79E-11	0,0004	Signifikan
$\omega_0$ ( $X_3$ )	0,19951	0,6660	0,0041	Signifikan

Pengujian signifikansi parameter model dengan  $\alpha = 5\%$  dan menggunakan uji-t adalah sebagai berikut:

a. Uji Signifikansi Parameter  $\phi_4$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_4 = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_4 \neq 0$

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.16) diperoleh

$$t_{hitung} = \frac{-0,32797}{0,13919}$$

$$= 2,36$$

$$t_{tabel} = t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$$

$$= t_{0,025,83}$$

$$= 1,960$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_4$  signifikan.

b. Uji Signifikansi Parameter  $\phi_{10}$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\phi_{10} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\phi_{10} \neq 0$

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.16) diperoleh

$$t_{hitung} = \frac{-0,28673}{0,14002}$$

$$= 2,05$$

$$t_{tabel} = t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$$

$$= t_{0,025,83}$$

$$= 1,960$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\phi_{10}$  signifikan.



c. Uji Signifikansi Parameter  $\omega_{01}(X_1)$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\omega_{01} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\omega_{01} \neq 0$

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.16) diperoleh

$$\begin{aligned}t_{hitung} &= \frac{0,12845}{0,2547} \\ &= 5,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960\end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\omega_{01}$  signifikan.

d. Uji Signifikansi Parameter  $\omega_{02}(X_2)$

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\omega_{02} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\omega_{02} \neq 0$

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.16) diperoleh

$$\begin{aligned}t_{hitung} &= \frac{-1,05 \cdot 10^{-10}}{2,795 \cdot 10^{-11}} \\ &= 3,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960\end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\omega_{02}$  signifikan.

e. Uji Signifikansi Parameter  $\omega_{03}$  ( $X_3$ )

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter  $\omega_{03} = 0$

$H_1$  : estimasi parameter  $\omega_{03} \neq 0$

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.16) diperoleh

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{0,19951}{0,06660} \\ &= 3,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \\ &= t_{0,025, 83} \\ &= 1,960 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan estimasi parameter  $\omega_{03}$  signifikan.

## 2. Uji Diagnostik

Pada penentuan model Fungsi Transfer yang terbaik, harus dipilih model yang seluruh parameter-parameternya signifikan, kemudian memenuhi asumsi residual yaitu berdistribusi normal dan residualnya saling tidak berkorelasi atau residual independen yang disebut *white noise*.

a. Uji White Noise

Pengujian asumsi *white noise* yang pertama akan melakukan pemeriksaan autokorelasi untuk residual model

fungsi transfer multi input yang dilakukan dengan menggunakan uji *Ljung-Box* yang meliputi:

Hipotesa:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan (2.17) dengan  $K=6$  maka diperoleh:

$$Q = 61(61 + 2) \sum_{k=1}^6 \frac{(\hat{\rho}_k)^2}{61-k}, n > k$$

$$Q = 61(63) \left( \frac{(-0,08041)^2}{61-1} + \frac{(-0,03345)^2}{61-2} + \frac{(0,095499)^2}{61-3} + \frac{(0,011418)^2}{61-4} + \frac{(-0,13917)^2}{61-5} + \frac{(-0,09767)^2}{61-6} \right)$$

$$Q = 3,0956$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - r - s) = \chi^2(0,05; 6 - 0 - 0) = \chi^2(0,05; 2) = 11,07$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - r - s)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

Dari hasil uji diagnostik yang meliputi uji *white noise* untuk pemeriksaan autokorelasi untuk residual model dapat dilihat pada Tabel 4.17

**Tabel 4.17** Uji Autokorelasi Residual Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
6	2,63	4	0,6212	White Noise
12	8,59	10	0,5714	
18	12,79	16	0,6879	
24	18,03	22	0,7044	

Langkah setelah pemeriksaan autokorelasi residual model fungsi transfer multi input, maka akan dilakukan pemeriksaan atau uji *crosscorrelation* antara residual deret *noise* dengan deret *input* yang telah diputihkan.

Hipotesa:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$H_1$ : Minimal ada satu  $\rho_t$  yang tidak sama dengan nol,  $i = 1, 2, \dots, k$

Statistika Uji:

Berdasarkan persamaan (2.18) dengan  $K=5$  maka diperoleh:

$$Q = 61(61 + 2) \sum_{k=1}^6 \frac{(\widehat{\rho}_k)^2}{61-k}, n > k$$

$$Q = 61(63) \left( \frac{(-0,07608)^2}{61-1} + \frac{(0,04351)^2}{61-2} + \frac{(0,02290)^2}{61-3} + \frac{(-0,25159)^2}{61-4} + \frac{(-0,05397)^2}{61-5} \right)$$

$$Q = 4,996$$

Untuk nilai  $\chi^2(\alpha; K - r - s) = \chi^2(0,05; 5 - 0 - 0) = \chi^2(0,05; 2) = 11,07$

Kesimpulan:

Karena  $Q < \chi^2(\alpha; K - r - s)$ , maka  $H_0$  diterima, artinya residual *white noise*.

Dari hasil uji *white noise* untuk pemeriksaan *crosscorrelation* antara residual deret *noise* dengan deret *input* yang telah diputihkan dapat dilihat pada Tabel 4.18 untuk *input* curah hujan, Tabel 4.19 untuk *input* kelembaban, dan Tabel 4.20 untuk *input* kecepatan angin.

**Tabel 4. 18 Uji Crosscorrelation Residual Model Curah Hujan**

Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
5	2,48	5	0,7794	White Noise
11	3,36	11	0,9851	
17	8,07	17	0,9650	
23	12,36	23	0,9646	

**Tabel 4. 19 Uji Crosscorrelation Residual Model Kelembaban**

Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
5	10,11	5	0,0721	White Noise
11	15,80	11	0,1468	
17	18,46	17	0,3606	
23	29,02	23	0,1796	

**Tabel 4. 20 Uji Crosscorrelation Residual Model Kecepatan Angin**

Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
5	7,96	5	0,1584	White Noise
11	14,66	11	0,1986	
17	19,76	17	0,2865	
23	23,54	23	0,4299	

#### b. Uji Distribusi Normal

Pengujian kenormalan terhadap residual dapat dihitung dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* terhadap residualnya yang meliputi:

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Statistika Uji:

berdasarkan persamaan (2.19) diperoleh

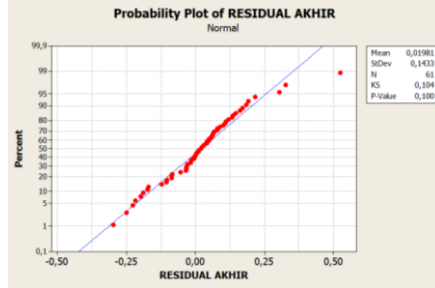
$$D_{hitung} = \sup|S(x) - F_o(X)| = 0,086759$$

$$D_{tabel} = D_{1-\alpha, n}$$

$$= D_{0,95,61} = 0,173874$$

Kriteria pengujian:

Karena  $D_{hitung} < D_{1-\alpha,n}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.



**Gambar 4.40** Uji Normalitas Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Maka setelah dilakukan uji signifikansi parameter, uji white noise, dan uji normalitas pada residual maka menurut persamaan 2.6 dapat ditulis model fungsi transfer *multi input* adalah :

$$Y_t = \omega_{01}X_{1,t} + \omega_{02}X_{2,t-9} + \omega_{03}X_{3,t-10} + \frac{1}{(1-\phi_4B^4-\phi_{10}B^{10})} e_t$$

$$Y_t = \omega_{01}X_{1,t} - \phi_4\omega_{01}X_{1,t-4} - \phi_{10}\omega_{01}X_{1,t-10} + \omega_{02}X_{2,t-9} - \phi_4\omega_{02}X_{2,t-13} - \phi_{10}\omega_{02}X_{2,t-19} + \omega_{03}X_{3,t-10} - \phi_4\omega_{03}X_{3,t-14} - \phi_{10}\omega_{03}X_{3,t-20} + \phi_4Y_{t-4} + \phi_{10}Y_{t-10} + e_t$$

$$Y_t = 0,12845X_{1,t} - (-0,32797)(0,12845)X_{1,t-4} - (-0,28673)(0,12845)X_{1,t-10} + (-1,05 \cdot 10^{-10})X_{2,t-9} - (-0,32797)(-1,05 \cdot 10^{-10})X_{2,t-13} - (-0,28673)(0,19951)X_{2,t-19} + (0,19951)X_{3,t-10} - (-0,32797)(0,19951)X_{3,t-14} - (-0,28673)(0,19951)X_{3,t-20} + (-0,32797)Y_{t-4} + (-0,28673)Y_{t-10} + e_t$$

$$Y_t = 0,12845X_{1,t} + 0,04213X_{1,t-4} + 0,03683X_{1,t-10} - 1,05 \cdot 10^{-10}X_{2,t-9} - 3,4469 \cdot 10^{-11}X_{2,t-13} + 0,0572 X_{2,t-19} + 0,19951X_{3,t-10} + 0,06543X_{3,t-14} + 0,0572 X_{3,t-20} - 0,32797Y_{t-4} - 0,28673Y_{t-10} + e_t$$

Dari model fungsi transfer *multi input* dapat digunakan untuk meramalkan atau memprediksi kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya pada periode selanjtnya, yakni pada periode bulan Januari 2018 sampai bulan Desember 2018. Untuk hasil ramalan kasus demam berdarah *dengue* dengan pengaruh iklim di Kota Surabaya dapat dilihat pada bahasan selanjutnya atau pada Tabel 4.18.

#### **4.8 Hasil Prediksi Kasus DBD Kota Surabaya dengan Model Fungsi Transfer *Multi Input***

Dengan didapatnya model Fungsi Transfer *Multi Input* dengan *output* yang dihasilkan berupa hasil ramalan kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya dengan input berupa iklim yang meliputi curah hujan, kelembaban, dan kecepatan angin Kota Surabaya, maka didapatkan hasil ramalan kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya pada periode Januari 2018 sampai bulan Desember 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.21.

**Tabel 4.21** Hasil Ramalan Kasus Demam Berdarah Dengue Kota Surabaya Tahun 2018

<b>Bulan</b>	<b>Ramalan</b>
Januari	1 Kasus
Februari	2 Kasus
Maret	1 Kasus
April	1 Kasus
Mei	3 Kasus
Juni	4 Kasus
Juli	11 Kasus
Agustus	8 Kasus
September	5 Kasus
Oktober	2 Kasus
November	1 Kasus
Desember	2 Kasus

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, diberikan kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini serta saran untuk penelitian selanjutnya.

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Model Fungsi Transfer *Multi Input* terbaik untuk kasus demam berdarah *dengue* dengan input berupa iklim yang meliputi Curah Hujan, Kelembaban, dan Kecepatan Angin di Kota Surabaya yaitu:

$$Y_t = 0,12845X_{1,t} + 0,04213X_{1,t-4} + 0,03683X_{1,t-10} - 1,05.10^{-10}X_{2,t-9} - 3,4469.10^{-11}X_{2,t-13} + 0,0572 X_{2,t-19} + 0,19951X_{3,t-10} + 0,06543X_{3,t-14} + 0,0572 X_{3,t-20} - 0,32797Y_{t-4} - 0,28673Y_{t-10} + e_t$$

2. Hasil analisis untuk hubungan antara iklim dengan kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya yaitu adanya hubungan antara keduanya. Namun, keempat faktor iklim yang sebagai variabel *input* tidak semua mempengaruhi kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya. Variabel *input* yang berupa iklim yang berpengaruh terhadap kasus DBD yaitu Curah Hujan, Kelembaban, dan Kecepatan Angin.
3. Hasil prediksi atau ramalan kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya pada periode bulan Januari 2018 sampai



Desember 2018 dengan kasus yang tertinggi terjadi pada bulan Juli 2018 yakni sebanyak 11 kasus. Pada Agustus 2018 sebanyak 8 kasus, pada September 2018 sebanyak 5 kasus, pada bulan Juni sebanyak 4 kasus, bulan Mei sebanyak 3 kasus, pada bulan Februari, Oktober, dan Desember sebanyak 2 kasus. Dan dari hasil prediksi kasus demam berdarah *dengue* terendah terjadi pada bulan Januari, Maret, April, dan November 2018 yaitu sebanyak 1 kasus.

## **5.2 Saran**

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah menggunakan jumlah data yang lebih besar agar hasil ramalan lebih akurat serta menggunakan variabel *input* selain iklim untuk analisis pengaruh terhadap kasus demam berdarah *dengue* di Kota Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2010. *Penemuan dan Tatalaksana Penderita Demam Berdarah Dengue*, Jakarta: Dirjen P2L.
- [2] Depkes RI. 2007. Profil Kesehatan 2007. *Departemen Kesehatan RI*.
- [3] Kemenkes RI. Profil Kesehatan Indonesia tahun 2014. Jakarta: Kemenkes RI 2015.
- [4] T. Suroso , A. Umar. I. 2004. *Epidemiologi dan Penanggulangan Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [5] R. Hidayati. *Model Peringatan Demam Berdarah dengan Informasi Unsur Iklim*. 2008. Disertasi Jurusan Statistika, Pascasarjana IPB.
- [6] K. Dian Rahayu, *Pemodelan Pengaruh Iklim Terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah Dengue di Surabaya*, 2012. ITS.
- [7] A. Siwiendrayanti, 2007. *Perubahan Iklim dan Pengaruhnya Terhadap Sektor Kesehatan, Volume 3*, No 1, Juli 2007. Halaman 17-26.
- [8] N. Shelling, 2007. The Impact of Climate Change on Vector-Borne Infection Diseases.
- [9] Paul E. Parham, et al, 2010. Understanding and modelling the impact of climate change on infection diseases-Progress and Future Challenges.
- [10] Depkes Surabaya. 2015. Profil Kesehatan 2015. Surabaya: Depkes Jatim Kota Surabaya.
- [11] Depkes Surabaya. 2016. Profil Kesehatan 2016. Surabaya: Depkes Jatim Kota Surabaya.

- [12] <http://m.suarasurabaya.net/app/kelanakota/detail/2017/183037-Penderita-DBD-Meningkat,-Ini-yang-Harus-Dilakukan-Masyarakat> diakses pada tanggal 06 Februari 2018
- [13] T. Al-faritsi, Asrirawan. 2016. *Pemodelan Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) Kota Palopo Menggunakan Model Fungsi Transfer*. Palopo: Universitas Cokroaminoto Palopo.
- [14] F. Febriansyah, Abadyo. *Analisis Deret Berkala Multivariat dengan Menggunakan Model Fungsi Transfer: Studi Kasus Curah Hujan Di Kota Malang*. Malang: Universitas Negeri Malang
- [15] Hanke, J. E., & Wichers, D. W. (2005). *Business Forecasting Eight Edtion*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [16] Wei, W.W.S., 1990, *Time Series Analysis*. Addison-Wesley Publishing Co., USA.
- [17] Gujarati, N.D. (2003). *Basic Econometrics. 4th ed*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

## LAMPIRAN A

*Output* Program Minitab 16 untuk Estimasi Parameter pada  
Masing-Masing Deret *Input*

### Curah Hujan

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,5933	0,1349	4,40	0,000
MA	1	0,9735	0,0656	14,85	0,000

### Kelembaban

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
SAR	12	-0,4314	0,1175	-3,67	0,000

### Kecepatan Angin

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
SAR	12	-0,3570	0,1385	-2,58	0,012
SMA	12	0,8241	0,1324	6,23	0,000

### Suhu

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0,3623	0,1123	-3,23	0,002
SMA	12	0,6177	0,1061	5,82	0,000

## LAMPIRAN B

*Output Program Minitab 16 untuk Uji White Noise pada  
Masing-Masing Deret Input*

### Curah Hujan

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15,5	24,5	30,5	42,9
DF	10	22	34	46
P-Value	0,115	0,323	0,640	0,603

### Kelembaban

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	17,3	28,4	42,0	46,3
DF	11	23	35	47
P-Value	0,099	0,202	0,193	0,503

### Kecepatan Angin

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8,2	20,3	31,1	45,7
DF	10	22	34	46
P-Value	0,606	0,565	0,610	0,483

### Suhu

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9,2	16,9	33,8	47,7
DF	10	22	34	46
P-Value	0,510	0,770	0,476	0,402

## LAMPIRAN C

### Output Program SAS untuk Estimasi Parameter dan Uji *White Noise* pada Model Fungsi Transfer *Multi Input*

#### Conditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr >  t	Lag	Variable	Shift
AR1,1	-0.32797	0.13919	-2.36	0.0220	4	Y	0
AR2,1	-0.28673	0.14002	-2.05	0.0453	10	Y	0
NUM1	0.12845	0.02547	5.04	<.0001	0	X1	0
NUM2	-1.05E-10	2.795E-11	-3.76	0.0004	0	X2	9
NUM3	0.19351	0.06560	3.00	0.0041	0	X3	10

Variance Estimate      0.02247  
 Std Error Estimate    0.148899  
 AIC                      -53.8389  
 SBC                      -43.0826  
 Number of Residuals    61  
 \* AIC and SBC do not include log determinant.

#### Correlations of Parameter Estimates

Variable Parameter	Y	Y	X1	X2	X3	
	AR1,1	AR2,1	NUM1	NUM2	NUM3	
Y	AR1,1	1.000	0.109	-0.177	-0.073	-0.277
Y	AR2,1	0.109	1.000	-0.096	-0.221	0.042
X1	NUM1	-0.177	-0.096	1.000	0.027	0.036
X2	NUM2	-0.073	-0.221	0.027	1.000	0.123
X3	NUM3	-0.277	0.042	0.036	0.123	1.000

#### Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	2.63	4	0.6212	-0.062	-0.023	0.102	0.023	-0.128	-0.095
12	8.59	10	0.5714	0.150	-0.015	0.026	0.029	0.066	-0.223
18	12.79	16	0.6879	0.052	-0.030	-0.134	0.166	-0.016	0.021
24	18.03	22	0.7044	-0.035	0.146	-0.027	-0.149	0.074	-0.055

## LAMPIRAN D

### Output Program SAS untuk Uji Crosscorrelation Model Residual pada Masing-Masing Deret *Input*

#### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X1

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----						
5	2.48	5	0.7794	-0.028	-0.063	-0.125	0.097	-0.104	0.006	
11	3.36	11	0.9851	-0.055	-0.000	0.049	-0.007	-0.094	-0.002	
17	8.07	17	0.9650	0.065	-0.065	0.208	0.126	0.069	-0.071	
23	12.36	23	0.9646	-0.180	0.026	-0.164	0.052	0.007	0.087	

#### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X2

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----						
5	10.11	5	0.0721	-0.057	0.218	-0.335	0.057	-0.112	0.125	
11	15.80	11	0.1486	0.061	0.208	0.142	-0.183	0.062	-0.071	
17	18.46	17	0.3606	-0.039	-0.052	0.156	0.054	0.087	-0.110	
23	29.02	23	0.1796	-0.196	-0.185	-0.135	0.230	-0.105	0.219	

#### Crosscorrelation Check of Residuals with Input X3

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Crosscorrelations-----						
5	7.96	5	0.1584	-0.078	-0.203	0.107	-0.190	0.216	-0.122	
11	14.66	11	0.1986	0.120	-0.201	-0.171	0.034	-0.137	0.165	
17	19.76	17	0.2865	-0.100	0.162	-0.208	0.127	0.001	0.067	
23	23.54	23	0.4299	-0.062	0.037	0.063	0.039	0.210	-0.055	

## LAMPIRAN E

Listing Program SAS untuk Crosscorrelation (CCF) antara  
DBD dengan Curah Hujan di Kota Surabaya

```
data TA;
input x1 y;
datalines;
2.990072895    2.305236584
3.214193391    2.572336502
3.034933482    2.926499836
.
.
.
.
2.68542102    1.644640273
2.742501857    1.853051209
3.139595715    2.130633938
;

proc arima data=TA;

    /*--- Look at the input process -----*/
    identify var=x1(1,12) nlag=12;
    run;

    /*--- Fit a model for the input -----*/
    estimate p=(1)    q=(1) noconstant;
    run;

    /*--- Crosscorrelation of prewhitened series -----*/
    identify var=y(1,12) crosscorr=(x1(1,12)) nlag=12;
    run;

    /*--- Estimate full model -----*/
```



**LAMPIRAN E : Lanjutan**

```
estimate input=( 0$ (0) / (0) x1 ) plot;  
run;
```

```
forecast out=ramalan lead=12;
```

```
run;
```

```
proc print data=ramalan;  
run;
```

```
proc univariate data=ramalan normal;  
var residual;  
run;
```

## LAMPIRAN F

Listing Program SAS untuk Crosscorrelation (CCF) antara  
DBD dengan Kelembaban di Kota Surabaya

```
data TA;
input x2 y;
datalines;
3283358845    2.305236584
3365606557    2.572336502
3528957521    2.926499836
.
.
.
.
2764034617    1.644640273
2993648815    1.853051209
3424812000    2.130633938
;

proc arima data=TA;

    /*--- Look at the input process -----*/
    identify var=x2(1,12) nlag=12;
    run;

    /*--- Fit a model for the input -----*/
    estimate p=(12)    q=(0) noconstant;
    run;

    /*--- Crosscorrelation of prewhitened series -----*/
```

### **LAMPIRAN F : *Lanjutan***

```
identify var=y(1,12) crosscorr=(x2(1,12)) nlag=12;  
run;
```

```
/*--- Estimate full model -----*/  
estimate input=( 0$ (0) / (0) x2 ) plot;  
run;
```

```
forecast out=ramalan lead=12;
```

```
run;
```

```
proc print data=ramalan;  
run;
```

```
proc univariate data=ramalan normal;  
var residual;  
run;
```

## LAMPIRAN G

Listing Program SAS untuk Crosscorrelation (CCF) antara  
DBD dengan Kecepatan Angin di Kota Surabaya

```
data TA;
input x3 y;
datalines;
1.983805434    2.305236584
1.954847564    2.572336502
1.768907007    2.926499836
.
.
.
.
1.203443393    1.644640273
1                1.853051209
1.281739833    2.130633938
;

proc arima data=TA;

    /*--- Look at the input process -----*/
    identify var=x3(1,12) nlag=12;
    run;

    /*--- Fit a model for the input -----*/
    estimate p=(12)    q=(12) noconstant;
    run;

    /*--- Crosscorrelation of prewhitened series -----*/
```

### **LAMPIRAN G : *Lanjutan***

```
identify var=y(1,12) crosscorr=(x3(1,12)) nlag=12;
run;

/*--- Estimate full model -----*/
estimate input=( 0$ (0) / (0) x3 ) plot;
run;

forecast out=ramalan lead=12;

run;

proc print data=ramalan;
run;

proc univariate data=ramalan normal;
var residual;
run;
```

## LAMPIRAN H

Listing Program SAS untuk Crosscorrelation (CCF) antara  
DBD dengan Suhu di Kota Surabaya

```
data TA;
input x4 y;
datalines;
27.7 128
28.4 242
28.6 512
.
.
.
.
28.9 18
29.9 36
28.2 81
;

proc arima data=TA;

/*--- Look at the input process -----*/
identify var=x4(1,12) nlag=12;
run;

/*--- Fit a model for the input -----*/
estimate p=(1) q=(12) noconstant;
run;

/*--- Crosscorrelation of prewhitened series -----*/
```

## LAMPIRAN H : Lanjutan

```
identify var=y(1,12) crosscorr=(x4(1,12)) nlag=12;  
run;
```

```
/*--- Estimate full model -----*/  
estimate input=( 0$ (0) / (0) x4 ) plot;  
run;
```

```
forecast out=ramalan lead=12;  
run;
```

```
proc print data=ramalan;  
run;
```

```
proc univariate data=ramalan normal;  
var residual;  
run;
```

## LAMPIRAN I

### *Listing Program SAS fungsi transfer multi input*

```
data FTMI;
input X1 X2 X3 Y;
datalines;
2.990072895 3283358845 1.983805434 2.305236584
3.214193391 3365606557 1.954847564 2.572336502
3.034933482 3528957521 1.768907007 2.926499836
2.395216389 3699944425 1.80739232 2.929444306
2.610229885 3649440585 1.787050083
.
.
.
.
.
2.067430986
2.164462091 2214212920 1.414213562 1.954045244
2.335871149 2106367412 1.273063235 1.533769902
2.68542102 2764034617 1.203443393 1.644640273
2.742501857 2993648815 1 1.853051209
3.139595715 3424812000 1.281739833 2.130633938
;

proc arima data=FTMI;
/*--Pemodelan ARIMA X1 CURAH HUJAN--*/
identify var=X1(1,12) nlag=12 noprint;
run;
estimate p=(1) q=(1) noconstant plot;
run;
/*--Pemodelan ARIMA X2 KELEMBABAN--*/
identify var=X2(1,12) nlag=12 noprint;
run;
estimate p=(12) q=(0) noconstant plot;
run;
/*--Pemodelan ARIMA X3 KECEPATAN ANGIN--*/
identify var=X3(1,12) nlag=12 noprint;
run;
estimate p=(12) q=(12) noconstant plot;
run;
```



## **LAMPIRAN I : Lanjutan**

```
/*--Fungsi Transfer Multi Input--*/  
identify var=Y(1,12) crosccorr=(X1(1,12) X2(1,12) X3(1,12)) nlag=12;  
run;  
estimate p=(4)(10) input=(0$(0)/(0)X1 9$(0)/(0)X2 10$(0)/(0)X3)  
noconstant plot;  
run;  
forecast out=ramalan lead=12 printall;  
run;  
/--*Cek Asumsi Normalitas residual--*/  
proc univariate data=ramalan normal plot;  
var residual;  
run;
```

## LAMPIRAN J

Tabel Estimasi Pengujian dan Penaksiran Kecepatan Angin  
Kota Surabaya

Kemungkinan Model	Parameter	Estimasi	S.E	P Value	Keputusan
((1,13),1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,21063	0,15758	0,5963	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{12}$	-0,2106	0,15758	0,183	
	$\emptyset_{13}$	-0,06518	0,15809	0,6801	
	$\theta_1$	0,15406	0,20103	0,4435	
	$\theta_{12}$	0,84593	0,4784	0,0771	
(1,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,3635	0,5752	0,530	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{12}$	-0,3421	0,1597	0,036	
	$\theta_1$	-0,1660	0,6125	0,787	
	$\theta_{12}$	0,7277	0,1753	0,000	
((13),1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_{12}$	0,4944	0,34292	0,1493	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{13}$	0,12218	0,15493	0,4303	
	$\theta_1$	0,15317	0,22075	0,4878	
	$\theta_{12}$	0,84683	0,65221	0,1942	
(0,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_{12}$	-0,3622	0,1567	0,024	Tidak Signifikan
	$\theta_1$	0,1666	0,1295	0,203	
	$\theta_{12}$	0,7207	0,1740	0,000	
(1,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,1999	0,1282	0,124	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{12}$	-0,3513	0,1580	0,030	
	$\theta_{12}$	0,7236	0,1728	0,000	
((13),1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_{12}$	-0,1442	0,16569	0,9953	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{13}$	-0,03159	0,10599	0,3842	
	$\theta_1$	0,99959	171,1143	0,7656	
(0,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_{12}$	-0,3570	0,1385	0,012	Signifikan
	$\theta_{12}$	0,8241	0,1324	0,000	

**LAMPIRAN J : Lanjutan**

Kemungkinan Model	Parameter	Estimasi	S.E	P Value	Keputusan
([13],1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,35777	0,35774	0,3173	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{12}$	-0,57302	0,09715	<0,0001	
	$\emptyset_{13}$	-0,28503	0,22736	0,2100	
	$\theta_1$	-0,02599	0,3878	0,9465	
([13],1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,23582	-0,18274	0,1969	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{13}$	-0,03391	-0,03391	0,8125	
	$\theta_1$	0,02133	0,23574	0,9279	
	$\theta_{12}$	0,97866	2,48506	0,6937	
([13],1,1)(0,1,0) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,3407	0,75360	0,6512	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{13}$	-0,03352	0,11671	0,7739	
	$\theta_1$	-0,20722	0,78454	0,7917	
([13],1,0)(0,1,1) <sup>12</sup>	$\emptyset_1$	-0,23802	0,12017	0,0476	Tidak Signifikan
	$\emptyset_{12}$	-0,03798	0,11342	0,7378	
	$\theta_{12}$	0,99946	90,53948	0,9912	
(0,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	$\emptyset_{12}$	-0,6276	0,0968	0,000	Signifikan
	$\theta_1$	0,3125	0,1205	0,012	

## LAMPIRAN K

Tabel Uji White Noise Kecepatan Angin Kota Surabaya

Kemungkinan Model	Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
((1,13),1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	6	4,07	1	0,0436	White Noise
	12	6,10	7	0,5284	
	18	9,74	13	0,7147	
	24	13,08	19	0,8338	
(1,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	12	6,5	8	0,539	White Noise
	24	17,9	20	0,596	
	36	26,7	32	0,733	
	48	44	44	0,473	
([13],1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	6	3,43	2	0,1801	Tidak White Noise
	12	23,33	8	0,0030	
	18	27,40	14	0,0171	
	24	29,15	20	0,0849	
(0,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	12	7,1	9	0,623	White Noise
	24	18,3	21	0,631	
	36	28,2	33	0,703	
	48	45,4	45	0,454	
(1,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	12	6,8	9	0,658	White Noise
	24	18,0	21	0,650	
	36	27,2	33	0,752	
	48	45	45	0,471	
([13],1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	6	6,42	3	0,0929	White Noise
	12	9,69	9	0,3760	
	18	11,9	15	0,6869	
	24	16,34	21	0,7501	
(0,1,0)(1,1,1) <sup>12</sup>	12	8,2	10	0,606	White Noise
	24	20,3	22	0,565	
	36	31,1	34	0,610	
	48	45,7	46	0,483	
([13],1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	6	1,65	2	0,4391	White Noise
	12	6,71	8	0,5686	
	18	12,58	14	0,560	
	24	24,44	20	0,2236	
([13],1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	6	3,88	2	0,1435	White Noise
	12	7,90	8	0,4437	
	18	10,77	14	0,7038	
	24	13,23	20	0,8671	

**LAMPIRAN K : Lanjutan**

Kemungkinan Model	Lag	Chi Square	DF	P Value	Keputusan
([13],1,1)(0,1,0) <sup>12</sup>	6	4,36	3	0,2010	White Noise
	12	9,37	9	0,4040	
	18	14	15	0,5257	
	24	19,41	21	0,5586	
([13],1,0)(0,1,1) <sup>12</sup>	6	3,86	3	0,2775	White Noise
	12	7,99	9	0,5355	
	18	10,83	15	0,7648	
	24	13,39	21	0,8942	
(0,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	12	5,8	10	0,833	White Noise
	24	23,4	22	0,382	
	36	37,1	34	0,328	
	48	54,1	46	0,194	

## LAMPIRAN L

### *Output Program SAS Hasil Prediksi Kasus Demam Berdarah Dengue Kota Surabaya Tahun 2018*

Forecasts for variable Y						
Obs	Forecast	Std Error	95% Confidence Limits		Actual	Residual
81	1.2861	0.2825	0.7323	1.8398	1.2731	-0.0130
82	1.1774	0.2825	0.6237	1.7311	1.2034	0.0260
83	0.8691	0.2825	0.3154	1.4229	1.0000	0.1309
84	0.7760	0.2825	0.2223	1.3297	1.2817	0.5057
85	1.3167	0.2825	0.7630	1.8705	1.1778	-0.1390
86	1.3057	0.2825	0.7520	1.8595	1.2677	-0.0380
87	1.1689	0.2825	0.6151	1.7226	1.0828	-0.0861
88	1.0539	0.2825	0.5001	1.6076	1.0887	0.0348
89	1.1974	0.2825	0.6436	1.7511	1.3784	0.1810
90	1.3829	0.2825	0.8232	1.9367	1.3416	-0.0413
91	1.5443	0.2825	0.9906	2.0981	1.5760	0.0317
92	1.4647	0.2825	0.9110	2.0185	1.3904	-0.0743
93	1.2265	0.2825	0.6728	1.7803	1.4142	0.1877
94	1.3347	0.2825	0.7810	1.8885	1.1914	-0.1434
95	0.9389	0.2825	0.3851	1.4926	1.0190	0.0802
96	1.4297	0.2825	0.8759	1.9834	1.2101	-0.2196
97	1.0324	0.2826	0.4786	1.5862	.	.
98	1.1483	0.3936	0.3651	1.3315	.	.
99	1.0019	0.4894	0.0427	1.9611	.	.
100	1.0004	0.5651	-0.1073	2.1080	.	.
101	1.2102	0.6136	0.0076	2.4127	.	.
102	1.2600	0.6585	-0.0305	2.5506	.	.
103	1.5041	0.7005	0.1312	2.8771	.	.
104	1.4168	0.7401	-0.0338	2.8674	.	.
105	1.3262	0.7798	-0.2023	2.0546	.	.
106	1.1383	0.8190	-0.4668	2.7435	.	.
107	0.9855	0.8493	-0.6792	2.6502	.	.
108	1.1499	0.8786	-0.5722	2.8720	.	.

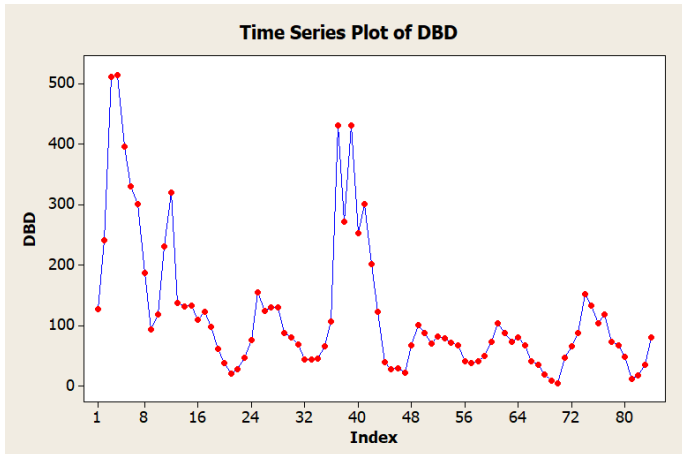
## LAMPIRAN M

Hasil Peramalan Kasus Demam Berdarah *Dengue* Kota  
Surabaya Tahun 2018

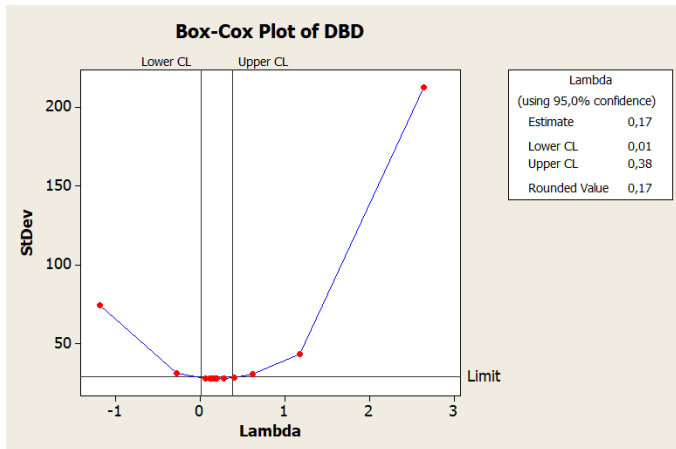
<b>Bulan</b>	<b>Hasil Ramalan Data Transformasi (Kasus)</b>	<b>Hasil Ramalan Data Asli (Kasus)</b>	<b>Pembulatan Hasil Ramalan (Kasus)</b>
Januari	1,0324	1,206309642	1
Februari	1,1483	2,255624753	2
Maret	1,0019	1,011228437	1
April	1,0004	1,00235524	1
Mei	1,2102	3,07181454	3
Juni	1,2600	3,894170579	4
Juli	1,5041	11,03580922	11
Agustus	1,4168	7,763369972	8
September	1,3262	5,262953713	5
Oktober	1,1383	2,142505649	2
November	0,9855	0,917668978	1
Desember	1,1499	2,274175437	2

# LAMPIRAN N

## Identifikasi Model SARIMA Curah Hujan Kota Surabaya



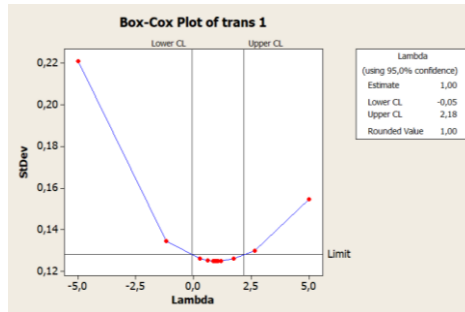
Plot time series Curah Hujan



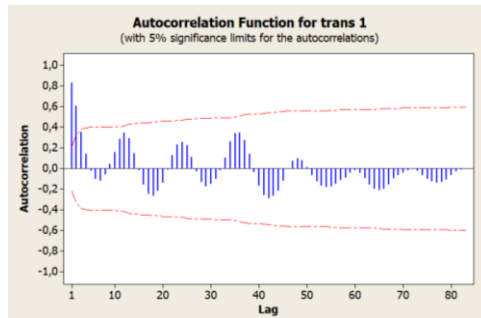
Box-Cox Plot



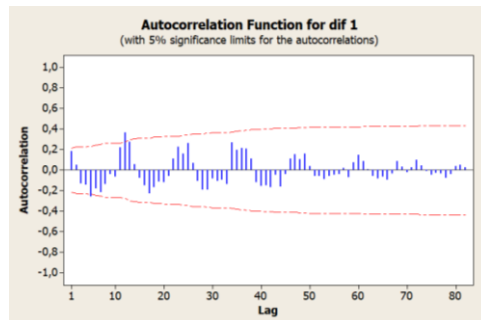
## LAMPIRAN N : Lanjutan



### Box-Cox Plot Data Transformasi

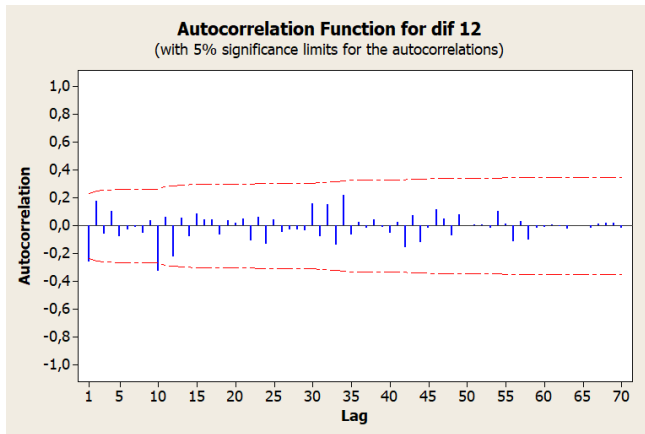


### Plot ACF Data Transformasi

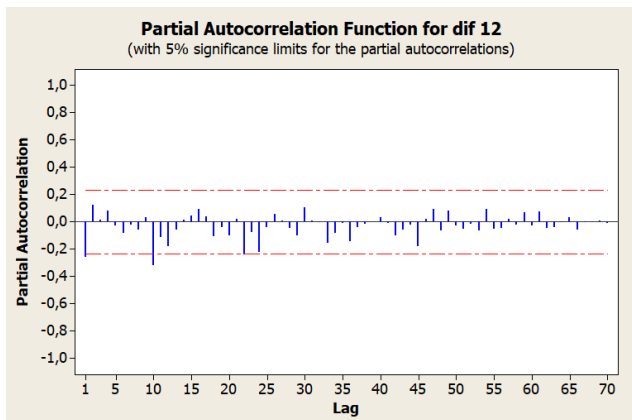


### Plot ACF differencing 1

## LAMPIRAN N : Lanjutan



Plot ACF *differencing 12*



Plot PACF *differencing 12*

*“halaman ini sengaja dikosongkan.”*

## BIODATA PENULIS



**Riski Nur Hidayanti** atau biasa dipanggil Kiki lahir di Surabaya, 03 Juni 1996. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu TK Anugerah Surabaya, SDN Negeri Rungkut Kidul III/612 Surabaya, SMPN 35 Surabaya, dan SMAN 16 Surabaya. Saat ini, penulis sedang menempuh pendidikan S1 di Departemen Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang minat Terapan, yang mencakup Pemodelan Matematika serta Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD).

Selama kuliah penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) ITS. Pada tahun 2015-2016 dan 2016-2017 penulis menjadi Tim Konseptor Olimpiade Matematika ITS (OMITS). Pada tahun 2016-2017 penulis menjadi Staff Hubungan Luar Paguyuban KSE ITS. Selain itu penulis mengikuti organisasi di luar kampus yaitu Ikatan Pelajar Putri Nahdlatul Ulama (IPPNU) pada tahun 2015-2016 dan menjadi Staff Kominfo dan Jurnalistik PC. IPPNU Kota Surabaya dan Wakil Ketua PR. IPPNU Rungkut Tengah pada tahun 2016 sampai sekarang. Demikian biodata penulis, jika ingin memberikan saran, kritik, dan diskusi mengenai laporan tugas akhir ini, dapat dikirimkan melalui email [riskinurhidayanti@gmail.com](mailto:riskinurhidayanti@gmail.com). Terima kasih.





