

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

(Multi Input Transfer Function Model For Forecasting Rainfall In The City Of Surabaya)

Yonlib W. A. Nanlohy^{1*}, Brodjol Sutijo S. U.², Santi Wulan P³

¹Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon, 97233, Maluku, Indonesia

²Departemen Statistika, Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Jawa Timur, Indonesia

e-mail: ywa.nanlohy@gmail.com^{1*}, brodjol_su@statistika.its.ac.id², santiwulan08@gmail.com³

Abstrak: Surabaya merupakan kota terbesar yang berada di provinsi Jawa Timur dan sekaligus menjadi pusat pemerintahan provinsi. Untuk karakteristik iklim di Surabaya umumnya suhu terendah pada bulan Februari sekitar 25,5°C dan suhu tertinggi sekitar 33,0°C pada bulan Oktober. Di Kota Surabaya musim kemarau pada umumnya berada pada bulan Mei sampai Oktober dan musim hujan dari bulan November hingga April. Hujan lebat biasanya terjadi antara bulan Desember dan Januari. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan akibat intensitas curah hujan berlebih di Kota Surabaya adalah banjir. Metode yang sering kali digunakan untuk meramalkan curah hujan di Kota Surabaya yaitu *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Model ARIMA merupakan model peramalan analisis data deret waktu tunggal atau model univariat. Terdapat beberapa unsur cuaca (suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin) yang mempengaruhi curah hujan sehingga perlu dilakukan peramalan dengan menggunakan model multivariat. Model fungsi transfer *multi input* merupakan model peramalan analisis deret waktu berganda (*multiple*) untuk model multivariat. Pada model fungsi transfer *multi input* terdapat deret *output* (y_t) yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret *input* (x_t) dan *input-input* lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut deret *noise* (n_t). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meramalkan curah hujan harian di Kota Surabaya dengan model fungsi transfer *multi input*.

Kata Kunci: ARIMA, curah hujan, fungsi transfer *multi input*.

Abstract: Surabaya is the largest city in the province of East Java and is also the center of the provincial government. In October, the temperature was around 33.5°C and the highest temperature was 33.0°C in October. In the city of Surabaya the dry season is from May to October and the rainy season is from November to April. Heavy rain usually occurs between December and January. One of the negative impacts caused by excessive rainfall in the city of Surabaya is flooding. The method is often used to predict rainfall in the city of Surabaya, it is *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. ARIMA models is forecasting model analysis data of single time series or univariate models. There are several elements of weather (temperature, humidity and wind speed) that influenced a rainfall, so that needs to be done forecasting by using a multivariate model. In the multi input transfer function model there is an output series (y_t) that expected to be influenced by the input series (x_t) and the other inputs are combined into one group is called noise series (n_t). The purpose of this study is to forecast the daily rainfall in the city of Surabaya with a multi-input transfer function model.

Keywords: ARIMA, Curah Hujan, Fungsi Transfer Multi Input.

1. PENDAHULUAN

Peramalan data deret waktu pada dasarnya adalah analisis univariat, sedangkan dalam kenyataan, sebagian besar pengamatan merupakan data multivariat. Peranan peramalan telah menjelajah ke berbagai bidang diantaranya bidang meteorologi yang menyangkut peramalan cuaca dan curah hujan.

Surabaya merupakan kota terbesar yang berada di provinsi Jawa Timur dan sekaligus menjadi menjadi pusat pemerintahan provinsi. Secara geografis Surabaya memiliki luas wilayah 326,81 km² dan rata-rata curah hujan berkisar 1,321 mm per tahun. Untuk karakteristik iklim di Surabaya umumnya suhu terendah pada bulan Februari sekitar 25,5 celcius dan suhu tertinggi sekitar 33,0 celcius pada bulan Oktober. Di Kota Surabaya musim kemarau pada umumnya berada pada bulan Mei sampai Oktober dan musim hujan dari bulan November hingga April. Hujan lebat biasanya terjadi antara bulan Desember dan Januari [1]. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan akibat intensitas curah hujan berlebih di Kota Surabaya adalah banjir. Hujan bukanlah faktor utama yang menyebabkan meluapnya air sungai, tetapi lebih disebabkan kondisi lingkungan yang kurang baik, banyaknya sampah yang menyumbat aliran air sehingga aliran air hujan tidak bisa mengalir dengan lancar, dan juga disebabkan sistem drainase yang kurang baik. Namun jika hujan dapat diprediksi hal ini akan dapat membantu pihak pemerintah dan masyarakat untuk mempersiapkan diri sebagai langkah mengantisipasi bila hujan dengan intensitas tinggi tiba di Kota Surabaya.

Metode yang sering kali digunakan untuk meramalkan curah hujan yaitu *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA merupakan model peramalan analisis data deret waktu tunggal atau model univariat. Penelitian yang pernah dilakukan untuk meramalkan curah hujan dengan menggunakan ARIMA di Kota Surabaya antara lain oleh [2] tentang pemodelan ARIMA dengan deteksi *outlier* terhadap data curah hujan dan [3] tentang peramalan data curah hujan dengan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA). Model ARIMA pada penelitian sebelumnya di Kota Surabaya hanya melihat ketergantungan curah hujan pada data masa lalu tanpa melibatkan ketergantungan curah hujan dengan variabel lain. Menurut [4] pada kasus curah hujan terdapat hubungan dari unsur-unsur cuaca lain seperti suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Karena terdapat beberapa unsur cuaca (suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin) yang mempengaruhi curah hujan sehingga perlu dilakukan peramalan dengan menggunakan model multivariat. Model multivariat yang dapat digunakan untuk meramalkan curah hujan dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya yaitu model fungsi transfer.

Model fungsi transfer merupakan model peramalan analisis deret waktu berganda (multiple) untuk model multivariat. Pada model fungsi transfer terdapat deret *output* (y_t) yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh deret *input* (x_t) dan *input-input* lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut deret *noise* (n_t) [5]. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan fungsi transfer ini antara lain oleh [6] melakukan evaluasi proses pembuatan bir dengan fungsi transfer dan logika *fuzzy*, dan [7] melakukan kajian model intervensi dan model fungsi transfer mengenai peluang bisnis pada jasa kereta api Indonesia dalam menyikapi krisis ekonomi. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan model peramalan curah hujan terbaik dan *input* atau faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan di Kota Surabaya menggunakan model fungsi *transfer multi input*.

1.1 *Autoregressive Integrated Moving Avarage* (ARIMA)

Model ARIMA merupakan model kombinasi dari *autoregressive* (AR) berordo p dan proses *moving average* (MA) berordo q . Pembeda berordo d dilakukan jika data deret waktu tidak stasioner dalam rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran data dapat dilihat dari *Time Series Plot*, *Autocorrelation Function* (ACF) *Plot* dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) *Plot*. Model ARIMA (p, d, q) dapat ditulis sebagai berikut [8]:

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

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

$$\Phi_p(B^S)(1 - B^S)^D Y_t = \Theta_q(B^S) a_t \quad (2)$$

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

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1 - B)^d(1 - B^S)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S) a_t \quad (3)$$

1.2 Fungsi Transfer

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

$$y_t = v_0 x_t + v_1 x_{t-1} + v_2 x_{t-2} + \dots + n_t \quad (4)$$

$$y_t = v(B)x_t + n_t \quad (5)$$

$$y_t = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (7)$$

1.3 Fungsi Transfer Multi Input

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

$$y_t = v_1(B)x_{1t} + \dots + v_m(B)x_{mt} + n_t \quad (8)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m v_j(B)x_{jt} + n_t \quad (9)$$

atau

$$y_t = \sum_{j=1}^m \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{bj} x_{jt} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (10)$$

2. METODOLOGI

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan adalah data curah hujan harian di Kota Surabaya. Data yang digunakan adalah data dari Januari tahun 2008 sampai dengan Desember 2015. Data dibagi menjadi data *in-sample* sebagai data *training* dan data *out-sample* sebagai data *testing*. Data *in-sample* digunakan data dari Januari 2008 sampai November 2015 dan data *out-sample* yang digunakan data Desember tahun 2015.

2.2 Variabel Penelitian

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

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

Deret *Input* X_1 : Suhu Udara

X_2 : Kelembaban Udara

X_3 : Kecepatan Angin

2.3 Tahapan Penelitian

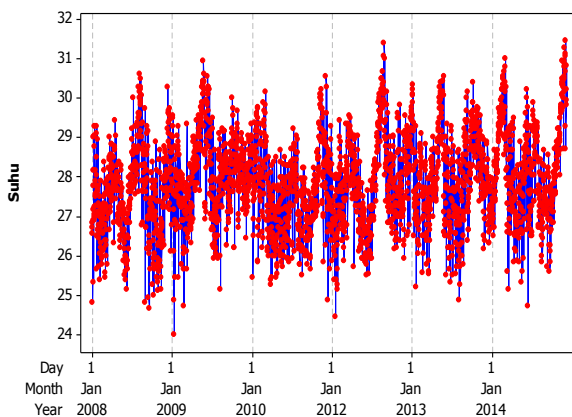
Penelitian ini menggunakan *software* SAS dan Minitab. Tahapan peramalan dengan metode fungsi transfer *multi input* sebagai berikut:

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

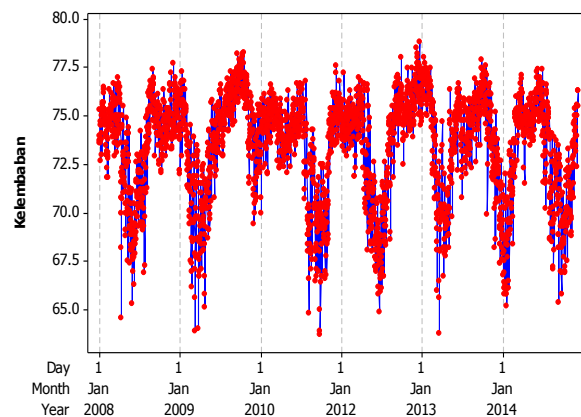
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Model Fungsi Transfer Multi Input

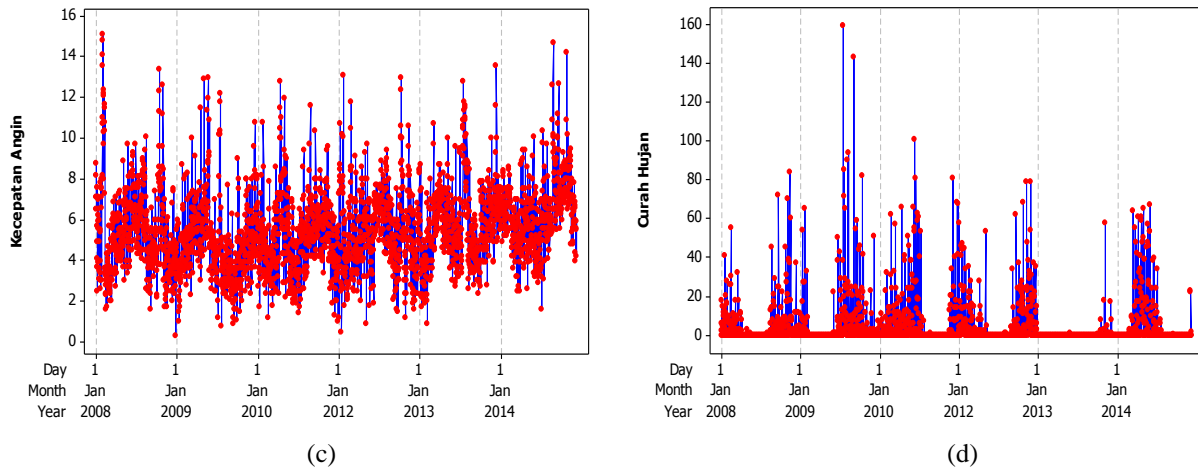
Data dibagi menjadi data *in-sample* dan *out-sample*. Data *in-sample* yang digunakan untuk pemodelan adalah data dari bulan Januari 2008 sampai November 2015. Sedangkan data *out-sample* adalah data bulan Desember 2015. Data akan dimodelkan ARIMA yang sesuai kemudian dimodelkan dengan model fungsi transfer. Berikut *Time Series Plot* deret *input* dan deret *output*.



(a)



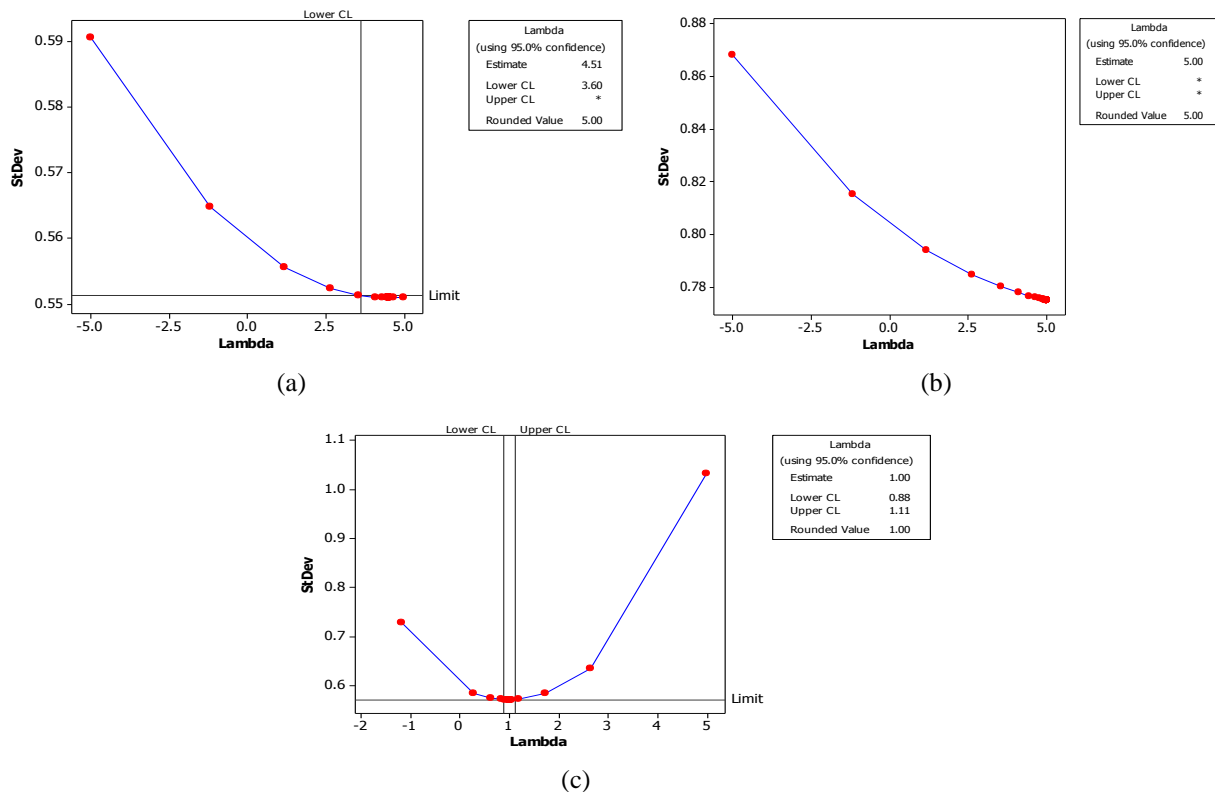
(b)



Gambar 1. Time Series Plot Suhu (a), Kelembaban (b), Kecepatan Angin (c) dan Curah Hujan (d) Harian di Kota Surabaya

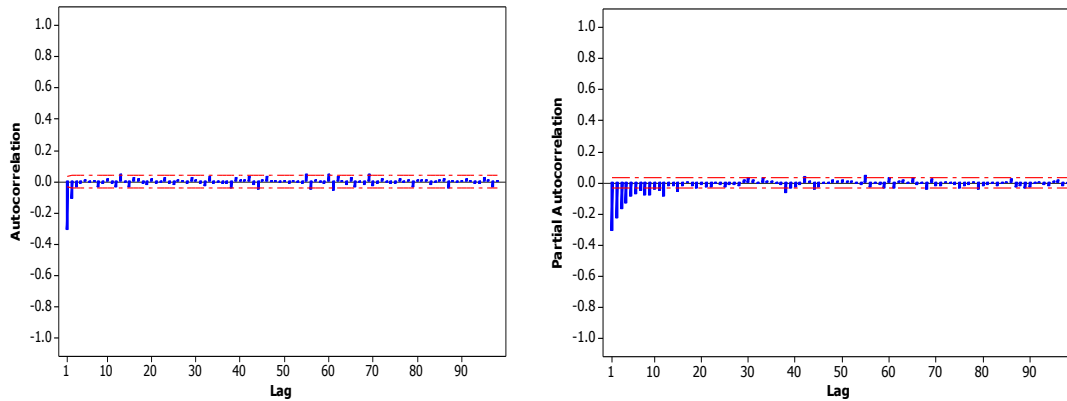
Berdasarkan Gambar 1(a) dan 1(b), suhu harian dan kecepatan angin harian di Kota Surabaya cenderung stasioner sedangkan pada Gambar 1(c), kelembaban harian di Kota Surabaya tidak stasioner dan cenderung membentuk pola musiman. sedangkan Gambar 1(d), curah hujan harian di Kota Surabaya cenderung tidak stasioner dan banyak outlier.

Asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis *time series* dan pembentukan model fungsi transfer adalah stasioneritas data baik dalam varians maupun dalam rata-rata. Pemeriksaan stasioneritas data dalam varians dapat dilakukan dengan menggunakan *Box-Cox plot*. Jika data belum stasioner dalam varians maka perlu dilakukan transformasi pada data. Gambar 2 berikut menampilkan *Box-Cox plot* dari data suhu, kelembaban, dan kecepatan angin harian di Kota Surabaya yang telah stasioner dalam varians.

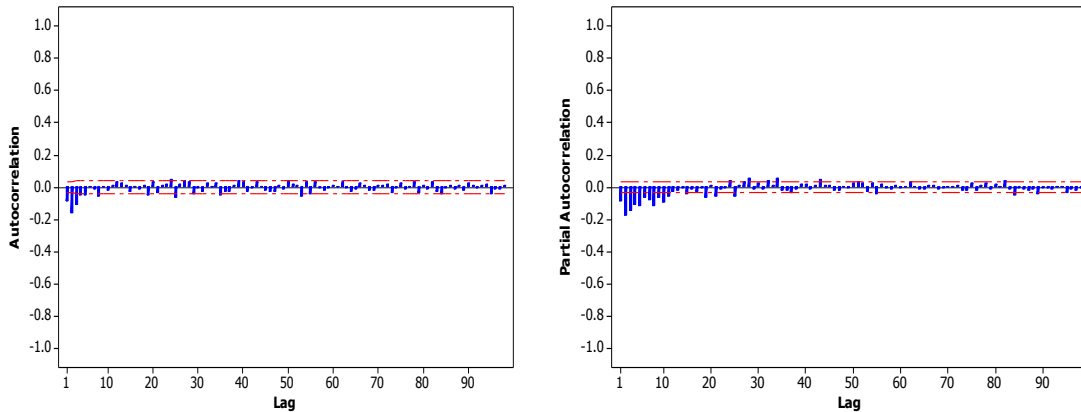


Gambar 2. Box-Cox plot Suhu (a), Kelembaban (b), Kecepatan Angin (c) Harian di Kota Surabaya

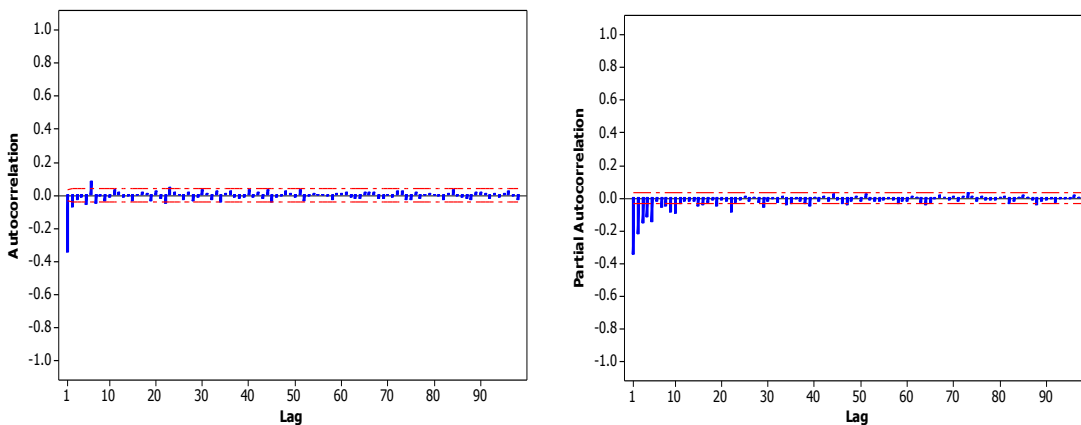
Gambar 2(a) dan 2(b) menunjukkan nilai $\lambda > 1$ dan Gambar 2(c) menunjukkan nilai $\lambda = 1$ maka diasumsikan data stasioner dalam varians. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan kestasioneran data dalam rata-rata. Pemeriksaan kestasioneran data dalam rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan *plot* ACF dan PACF.



Gambar 3. ACF dan PACF *Plot* Suhu Harian di Kota Surabaya setelah *differencing* pada lag-1



Gambar 4. ACF dan PACF *Plot* Kelembaban Harian di Kota Surabaya setelah *differencing* pada lag-1



Gambar 5. ACF dan PACF *Plot* Kecepatan Angin Harian di Kota Surabaya setelah *differencing* pada lag-1

Berdasarkan *plot* ACF dan PACF masing-masing deret *input* yang telah stasioner dalam rata-rata selanjutnya dibentuk model ARIMA sesuai *lag-lag* yang signifikan pada *plot* ACF dan PACF. Hasil identifikasi dari *lag* yang signifikan pada *plot* ACF dan PACF, diperoleh model ARIMA untuk suhu yaitu

ARIMA([1,8],1,[1,33]), kelembaban yaitu ARIMA ([2,8,19],1,[1,2,3,20,24,25]) dan kecepatan angin yaitu ARIMA ([1,5,7],1,[1,2,5,6]).

3.2 Pre-whitening Deret Input dan Output

Model yang terbentuk untuk suhu harian di Kota Surabaya adalah:

$$X_{1t} = 1,36673X_{1t-1} - 0,36673X_{1t-2} - 0,05154X_{1t-8} + 0,05154X_{1t-9} + a_t - 0,84504a_{t-1} - 0,02894a_{t-33} \quad (11)$$

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

$$\alpha_{1t} = X_{1t} - 1,36673X_{1t-1} + 0,36673X_{1t-2} + 0,05154X_{1t-8} - 0,05154X_{1t-9} + 0,84504\alpha_{1t-1} + 0,02894\alpha_{1t-33} \quad (12)$$

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

$$\beta_{1t} = Y_{1t} - 1,36673Y_{1t-1} + 0,36673Y_{1t-2} + 0,05154Y_{1t-8} - 0,05154Y_{1t-9} + 0,84504\beta_{1t-1} + 0,02894\beta_{1t-33} \quad (13)$$

Model yang terbentuk untuk kelembaban harian di Kota Surabaya adalah:

$$X_{2t} = X_{2t-1} + 0,23148X_{2t-2} - 0,23148X_{2t-3} - 0,05979X_{2t-8} + 0,05979X_{2t-9} + 0,05011X_{2t-19} - 0,05011X_{2t-20} + a_{2t} - 0,18905a_{2t-1} - 0,48247a_{2t-2} - 0,10826a_{2t-3} + 0,04514a_{2t-20} + 0,05447a_{2t-24} - 0,04367a_{2t-25} \quad (14)$$

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

$$\alpha_{2t} = X_{2t} - X_{2t-1} - 0,23148X_{2t-2} + 0,23148X_{2t-3} + 0,05979X_{2t-8} - 0,05979X_{2t-9} - 0,05011X_{2t-19} + 0,05011X_{2t-20} + 0,18905\alpha_{2t-1} + 0,48247\alpha_{2t-2} + 0,10826\alpha_{2t-3} - 0,04514\alpha_{2t-20} - 0,05447\alpha_{2t-24} + 0,04367\alpha_{2t-25} \quad (15)$$

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

$$\beta_{2t} = Y_{2t} - Y_{2t-1} - 0,23148Y_{2t-2} + 0,23148Y_{2t-3} + 0,05979Y_{2t-8} - 0,05979Y_{2t-9} - 0,05011Y_{2t-19} + 0,05011Y_{2t-20} + 0,18905\beta_{2t-1} + 0,48247\beta_{2t-2} + 0,10826\beta_{2t-3} - 0,04514\beta_{2t-20} - 0,05447\beta_{2t-24} + 0,04367\beta_{2t-25} \quad (16)$$

Model yang terbentuk untuk kecepatan harian di Kota Surabaya adalah:

$$X_{3t} = 1,58790X_{3t-1} - 0,58790X_{3t-2} + 0,33046X_{3t-5} - 0,33046X_{3t-6} - 0,08355X_{3t-7} + 0,08355X_{3t-8} + a_{3t} - 1,12817a_{3t-1} + 0,19869a_{3t-2} - 0,35003a_{3t-5} + 0,28300a_{3t-6} \quad (17)$$

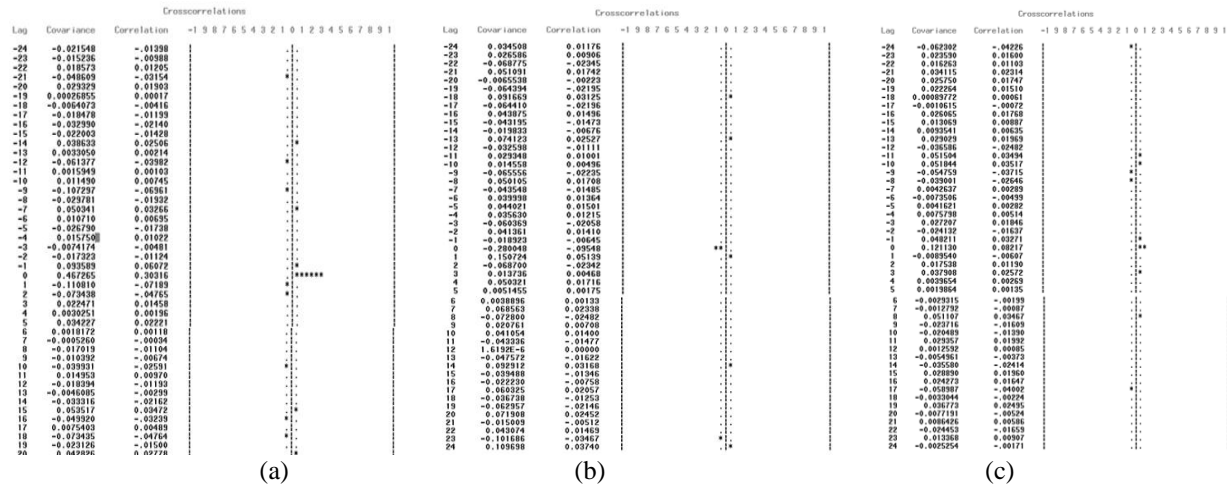
Sehingga deret *input* kecepatan angin harian di Kota Surabaya yang telah melalui proses *pre-whitening* adalah:

$$\alpha_{3t} = X_{3t} - 1,58790X_{3t-1} + 0,58790X_{3t-2} - 0,33046X_{3t-5} + 0,33046X_{3t-6} + 0,08355X_{3t-7} - 0,08355X_{3t-8} + 1,12817\alpha_{3t-1} - 0,19869\alpha_{3t-2} + 0,35003\alpha_{3t-5} - 0,28300\alpha_{3t-6} \quad (18)$$

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

$$\beta_{3t} = Y_{3t} - 1,58790Y_{3t-1} + 0,58790Y_{3t-2} - 0,33046Y_{3t-5} + 0,33046Y_{3t-6} + 0,08355Y_{3t-7} - 0,08355Y_{3t-8} + 1,12817\beta_{3t-1} - 0,19869\beta_{3t-2} + 0,35003\beta_{3t-5} - 0,28300\beta_{3t-6} \quad (19)$$

3.3 Identifikasi Deret Noise dan Uji Diagnosis



Gambar 6. Plot CCF Suhu (a), Kelembaban (b) dan Kecepatan Angin (c) dengan Curah Hujan

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan orde (b, r, s) untuk *input* suhu orde $(b = 0, r = 0, s = [1,2])$, kelembaban orde $(b = 0, r = 0, s = 0)$, dan kecepatan angin orde $(b = 0, r = 0, s = 0)$. Sehingga dapat dibentuk model awal fungsi transfer *multi input* sebagai berikut:

$$Y_t = (\omega_{01} - \omega_{11}B - \omega_{21}B^2)X_{1t} + \omega_{02}X_{2t} + \omega_{03}X_{3t} + n_t \tag{20}$$

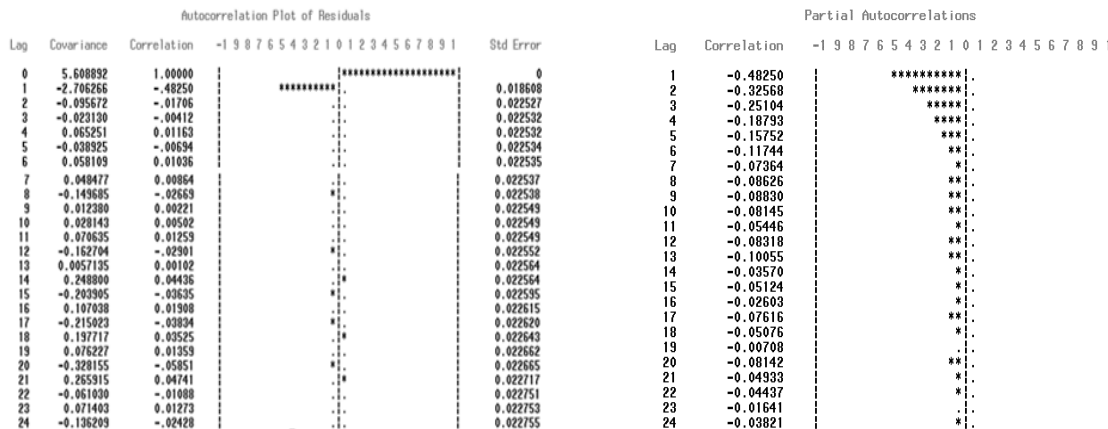
Tabel 1. Uji Signifikansi Parameter Model Awal Fungsi Transfer *Multi Input* Terhadap Curah Hujan Harian di Kota Surabaya

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

Tabel 1 menunjukkan bahwa *input* kecepatan angin tidak signifikan karena nilai *p-value* > 0,05, sedangkan *input* suhu dan kelembaban sudah signifikan dengan nilai *p-value* < 0,05.

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

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



Gambar 7. Plot ACF dan PACF Deret Noise (n_t)

Berdasarkan Gambar 7 maka model ARIMA untuk deret $noise (n_t)$ adalah ARIMA $([8],[1,21])$. Hasil estimasi parameter model fungsi transfer *multi input* (FTMI) berdasarkan model ARIMA $([8],[1,21])$ seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Uji Signifikansi Parameter Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* (FTMI)

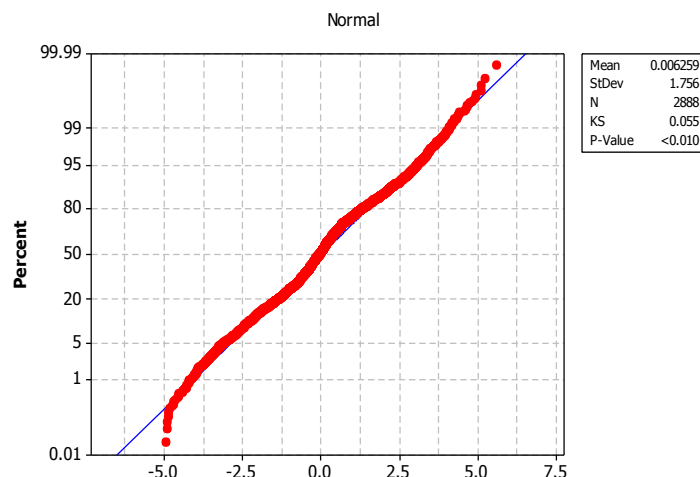
Model	Parameter	Estimasi	P-value	Keputusan
FTMI ($b = 0, r = 0, s = 2$)	ϕ_8	-0,03833	0,0458	Signifikan
	θ_1	0,92177	<,0001	Signifikan
	θ_{21}	-0,01734	0,0182	Signifikan
(FTMI) ($b = 0, r = 0, s = 0$)	ω_{01}	1,01041	<,0001	Signifikan
	ω_{11}	0,10714	0,0250	Signifikan
	ω_{12}	0,10268	0,0178	Signifikan
ARIMA ($[8],[1,21]$)	ω_{02}	-0,33725	<,0001	Signifikan

Tabel 2 menunjukkan bahwa semua parameter signifikan karena nilai $p\text{-value} > 0,05$. Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan model dengan menguji asumsi *white noise* dan normalitas dari residual model yang dihasilkan. Hasil uji asumsi seperti pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Uji *White Noise* Residual Model Fungsi Transfer *Multi Input* (FTMI) terhadap Curah Hujan Harian Kota Surabaya

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

Berdasarkan Tabel 3, model fungsi transfer *multi input* sudah memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai $p\text{-value} > 0,05$ pada semua lag. Untuk uji normalitas residual dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh nilai $p\text{-value} < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa residual model fungsi transfer *multi input* belum berdistribusi normal. Hal ini disebabkan karena adanya *outlier* sesuai Gambar 8.



Gambar 8. Plot Kenormalan Residual Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Gambar 8 menunjukkan residual tidak berdistribusi normal karena adanya outlier, sehingga estimasi parameter model fungsi transfer *multi input* dilanjutkan dengan menambahkan deteksi *outlier*. Hasil estimasi parameter model dengan melibatkan deteksi *outlier* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Signifikansi Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* (FTMI) dengan Deteksi *Outlier*

Model	Parameter	Estimasi	P-value	Keputusan
FTMI ($b = 0, r = 0, s = 2$) ($b = 0, r = 0, s = 0$) ARIMA([8],[1,21]) Dengan Deteksi <i>Outlier</i>	ϕ_8	-0.07062	0.0003	Signifikan
	θ_1	0.97808	< 0.0001	Signifikan
	θ_{21}	-0.08653	< 0.0001	Signifikan
	ω_{01}	1.08721	< 0.0001	Signifikan
	ω_{11}	0.14210	0.0009	Signifikan
	ω_{12}	0.10603	0.0045	Signifikan
	ω_{02}	-0.29477	< 0.0001	Signifikan
	ω_{LS1914}	2.58556	< 0.0001	Signifikan
	ω_{LS1955}	3.76015	< 0.0001	Signifikan
	ω_{LS1500}	2.36799	< 0.0001	Signifikan
	⋮	⋮	⋮	⋮
	ω_{A0411}	-3.40290	0.0249	Signifikan

Tabel 4 menunjukkan bahwa semua parameter signifikan karena nilai *p-value* > 0,05. Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan model dengan menguji asumsi *white noise* dan normalitas dari residual model yang dihasilkan. Hasil uji asumsi seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji *White Noise Residual Model Akhir Fungsi Transfer *Multi Input* (FTMI) dengan Deteksi *Outlier**

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

Berdasarkan Tabel 5, model fungsi transfer *multi input* dengan deteksi *outlier* sudah memenuhi asumsi *white noise* dengan nilai *p-value* > 0,05 pada semua lag. Model akhir fungsi transfer *multi input* dengan deteksi *outlier* yang terbentuk adalah:

$$\begin{aligned}
 Y_t = & 1.08721X_{1,t} - 0.94511X_{1,t-1} - 0.03607X_{1,t-2} - 0.29477X_{2,t} + 0.29477X_{2,t-1} \\
 & + \frac{2.58556}{1-B} I_t^{T=1914} + \frac{3.76015}{1-B} I_t^{T=1955} + \frac{2.36799}{1-B} I_t^{T=1500} + \frac{2.88466}{1-B} I_t^{T=521} \\
 & - \frac{2.74858}{1-B} I_t^{T=2315} - \frac{1.93683}{1-B} I_t^{T=495} + \frac{4.16608}{1-B} I_t^{T=438} + 6.71760 I_t^{T=738} - \dots \\
 & - 3.40290 I_t^{T=411} + \frac{(1 - 0.97808B^1 + 0.08653B^{21})a_t}{(1 + 0.07062B^8)} + Y_{t-1}
 \end{aligned} \tag{21}$$

Nilai RMSE yang diperoleh dari hasil peramalan data *out-sample* untuk jangka waktu 31 hari ke depan menggunakan model fungsi transfer *multi input* adalah 11,6052 yang berarti bahwa peramalan curah hujan di Kota Surabaya dengan model fungsi transfer *multi input* hampir mendekati data aktualnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh model fungsi transfer *multi input* untuk peramalan curah hujan di Kota Surabaya dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara. Nilai RMSE yang diperoleh dari hasil peramalan data *out-sample* untuk jangka waktu 31 hari ke depan menggunakan model fungsi *transfer multi input* adalah 11,6052 sehingga dapat disimpulkan peramalan curah hujan dengan menggunakan model fungsi transfer *multi input*, lebih baik dibandingkan beberapa metode peramalan yang digunakan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, “Kota Surabaya dalam Angka,” Surabaya, 2014.
- [2] Mauludiyanto, A., Hendranto, G., Hery, P.M. dan Suhartono, “Pemodelan Varima dengan Efek Deteksi Outlier Terhadap Data Curah Hujan,” *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya*, vol. 7, 2009.
- [3] Huda, A.M., Achmad C., Osaliana, B. dan Sutikno, “Peramalan Data Curah Hujan Dengan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA),” dalam *Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi*, Madura, 2012.
- [4] Wilson, E.M, Hidrologi Teknik, Edisi ke-4, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [5] S. C. Wheeleright, E. M. Victor dan S. Makridakis, Metode Dan Aplikasi Peramalan. Edisi kedua, Jakarta: Bina Rupa Aksara, 1999.
- [6] Nwobi-Okoye, C.C., Okiy, S. dan Igboanugo, A.C, “Performance Evaluation of Multi-Input-Single-Output (MISO) Production Process Using Transfer Function and Logic Fuzzy (Case Study Of A Brewery),” *Ain Shams Engineering Journal, Ain Shams University*, vol. 7, 2015.
- [7] Otok, B.W. dan Suhartono, “Peluang Bisnis Pada Jasa Kereta Api Indonesia Dalam Menyikapi Krisis Ekonomi (Kajian Analisis Intervensi dan Fungsi Transfer),” *Natural Jurnal, FMIPA, Universitas Brawijaya*, vol. 6 (Edisi Khusus), 2001.
- [8] Wei, W.W.S, Time Series Analysis Univariate and Multivariat Methods, New York: Addison-Wesley Company Inc, 2006.