

## PEMODELAN FUNGSI TRANSFER UNTUK MERAMALKAN CURAH HUJAN DI KOTA SEMARANG

<sup>1</sup>Andayani Nurfaizah, <sup>2</sup>Rochdi Wasono, <sup>3</sup>Siti Hajar Rahmawati

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Muhammadiyah  
Semarang

Alamat e-mail : <sup>1</sup>andyn1007@gmail.com

### ABSTRAK

Informasi tentang curah hujan merupakan perihai penting yang berpengaruh terhadap berbagai macam aktifitas misalnya dalam bidang pertanian. Curah hujan ( $y_t$ ) dan kondisi udara yang mempengaruhi seperti suhu udara ( $x_1$ ) dan kelembapan udara ( $x_2$ ) memiliki pola yang teratur yang disebabkan oleh fenomena iklim yang membentuk suatu deret berkala. Kota Semarang memiliki luas wilayah 373,70 Km<sup>2</sup>, dari luas wilayah yang ada 10,59% merupakan tanah sawah. Dari luas tanah sawah, 53.12% merupakan sawah tadah hujan. Metode peramalan curah hujan di Kota Semarang yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan fungsi transfer. Model fungsi transfer yang terbentuk untuk meramalkan curah hujan, menunjukkan bahwa kondisi udara yang signifikan berpengaruh dalam peramalan curah hujan adalah kelembapan udara. Model fungsi transfernya sebagai berikut:

$$y_t = \frac{(0.76477 - 0.35026B^{13} - 0.48326 B^{18})}{-0.40492B^1} x_t + \frac{1}{(1 - 0.26549B^8 - 0.30872B^{12})} \alpha_t$$

dari model yang diperoleh dapat diketahui bahwa curah hujan dipengaruhi tingkat curah hujan selama 12 bulan sebelumnya dan dipengaruhi langsung oleh kelembapan udara sampai dengan 18 bulan sebelumnya serta nilai sisa pada bulan yang sama dan nilai residual pada bulan tersebut. Peramalan curah hujan dengan menggunakan data curah hujan, kelembapan udara dari tahun 2003 -2012 dengan menggunakan metode fungsi transfer *single input* menghasikan ramalan curah hujan untuk 12 bulan kedepan yaitu bulan Januari sampai dengan Desember 2013, curah hujan yang terjadi sebesar 7 mm – 352 mm

**Kata Kunci** : Curah Hujan, Peramalan, Fungsi Transfer.

### PENDAHULUAN

Peramalan merupakan tehnik untuk memperkirakan keadaan di masa depan, peramalan juga merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan [3]. Model fungsi transfer merupakan salah satu model peramalan kuantitatif yang dapat digunakan untuk peramalan data deret berkala yang multivariate [4]. Fungsi Transfer adalah menggabungkan karakter dari model-

model ARIMA yang univariat dan beberapa karakter analisis regresi berganda. Fungsi Transfer menggabungkan pendekatan deret berkala dengan pendekatan sebab akibat. Informasi tentang curah hujan merupakan perihai penting yang berpengaruh terhadap berbagai macam aktifitas misalnya dalam bidang pertanian. Curah hujan ( $y_t$ ) dan kondisi udara yang mempengaruhi seperti suhu udara ( $x_1$ ) dan kelembapan udara ( $x_2$ ) memiliki pola

yang teratur yang disebabkan oleh fenomena iklim yang membentuk suatu deret berkala. Penelitian yang pernah dilakukan dengan fungsi transfer antara lain tentang peramalan curah hujan dengan prediktor kelembaban udara dengan membandingkan model ARIMA dan fungsi transfer [1], peramalan curah hujan dengan prediktor suhu udara dan kelembaban udara dengan metode regresi linier berganda [5], sedangkan penulis menggunakan model fungsi transfer untuk meramalkan curah hujan dengan variable input kelembaban udara dan suhu udara.

Deret waktu adalah serangkaian pengamatan yang diambil berdasarkan urutan waktu dan antara pengamatan yang berdekatan dan saling berkorelasi, sehingga dikatakan bahwa pada deret waktu, tiap pengamatan yang di ambil dari variabel berkorelasi dengan variabel itu sendiri pada waktu sebelumnya [6]. Suatu pengamatan  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  sebagai suatu proses stokastik, maka variabel random  $Z_{t1}, Z_{t2}, \dots, Z_{tm}$  dikatakan stasioner apabila:

$$F(Z_{t1}, Z_{t2}, \dots, Z_{tm}) = F(Z_{t1+k}, Z_{t2+k}, \dots, Z_{tm+k}) \quad (1)$$

Dikatakan *strictly stationary* apabila persamaan (2.1) terpenuhi untuk  $m=1, 2, \dots, n$ . Deret waktu yang bersifat *strictly stationary*, waktu pengamatan tidak terpengaruh terhadap mean  $\mu$ , varians  $\sigma^2$  dan kovarians  $\gamma_k$  [6].

Model fungsi transfer merupakan salah satu cara untuk menyelesaikan masalah bila terdapat lebih dari satu data time series. Dalam statistika keadaan ini sering disebut data multivariate time series [2].

### 1. Single input

Bentuk umum model fungsi transfer *single input* ( $X_t$ ) dan *single output* ( $Y_t$ ) adalah :

$$Y_t = v(B)X_t + N_t \quad (2)$$

dimana :

$Y_t$  = representasi dari deret output  
 $X_t$  = representasi dari deret input

$N_t$  = pengaruh kombinasi dari seluruh faktor yang mempengaruhi  $Y_t$  (disebut gangguan)

$v(B) = (v_0B + v_1B + v_2B^2 + \dots + v_kB^k)$ , dimana k adalah orde fungsi transfer.

### 2. Multi input

Pada fungsi transfer multi input terdapat beberapa variabel input X yang dimasukkan pada suatu pemodelan. Sehingga bentuk model fungsi transfer multi input adalah :

$$y_t = \sum_{j=1}^m [\delta_j(B)]^{-1} \omega_j(B)x_{j,t-b_j} + [\phi(B)]^{-1} \theta(B)a_t \quad (3)$$

dimana :

- $y_t$  = variabel dependen
- $x_{jt}$  = variabel independen ke-j
- $\omega_j(B)$  = operator moving average order  $s_j$  untuk variabel ke-j
- $\delta_j(B)$  = operator autoregresi order  $r_j$  untuk variabel ke-j
- $\theta(B)$  = operator moving average order  $q$
- $\phi(B)$  = operator autoregresi order  $p$
- $a_t$  = nilai gangguan acak

Dalam fungsi transfer multi input dimana terdapat beberapa variabel input yang masuk dalam sistem ditambah dengan noise yang ada akan dihasilkan deret output [6].

## METODE PENELITIAN

Pembentukan model peramalan curah hujan digunakan pemodelan fungsi transfer dengan langkah – langkah sebagai berikut :

### Tahap 1 : Identifikasi bentuk model

- 1 Membuat plot *time series* data keseluruhan untuk melihat pola yang terbentuk dari data bulanan.
- 2 Mempersiapkan deret input dan output untuk mendapatkan deret yang stasioner.
- 3 Menentukan model ARIMA untuk deret input ( $x_t$ ) serta melakukan prewhitening pada deret input untuk

mendapat deret yang waite noise ( $\alpha_t$ ).

- 4 Melakukan prewhitening pada deret output sesuai dengan transformasi prewhitening yang dilakukan pada deret input untuk mendapatkan ( $\beta_t$ ).
- 5 Menghitung CCF (Cross-correlation Function) dan Autocorrelation untuk deret input dan deret output setelah dilakukan prewhitening.
- 6 Menaksir secara langsung bobot respon impuls
- 7 Menetapkan r, s, b untuk model fungsi transfer yang menghubungkan deret input dan deret output.
- 8 Melakukan penaksiran awal deret noise ( $\eta_t$ ) dan penghitungan Autocorrelation serta parsial Autocorrelation
- 9 Menetapkan (  $p_n, q_n$  ) untuk model ARIMA

**Tahap 2 : Penaksiran parameter – parameter model fungsi transfer**

Setelah bentuk model fungsi transfer diidentifikasi, selanjutnya dilakukan penaksiran parameter menggunakan metode *maximum likelihood estimation*.

**Tahap 3 : Uji diagnostik model fungsi transfer**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah model fungsi transfer yang terbentuk telah sesuai atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menghitung *Autocorellation* untuk nilai residual ( $a_t$ ) model
2. Menghitung CCF ( *Cross-correlation*) antara  $\alpha_t$  dan  $a_t$ .

Apabila *autocorellation* untuk  $\alpha_t$  dan  $a_t$  telah nol maka model yang diperoleh merupakan model yang sesuai.

**Tahap 4 : Penggunaan model fungsi transfer untuk peramalan**

Setelah model fungsi transfer yang sesuai diperoleh maka selanjutnya dapat digunakan untuk meramalkan nilai dari deret *output*  $y_t$ .

**HASIL PENELITIAN**

Pada bagian ini akan dibahas terlebih dahulu mengenai diskripsi variabel output yang berupa curah hujan per bulan di Kota Semarang. Untuk variabel input yang digunakan adalah suhu udara dan kelembaban hujan per bulan di Kota Semarang.

**Tabel 1** Deskripsi variabel output dan input

Variabel	Mean	Std. Dev	Min	Max
Curah hujan ( mm )	194.14	162.798	0	806
Suhu udara ( 0C )	27.71	0.739	25	30
Kelembapan udara ( % )	76.18	6.950	61	91

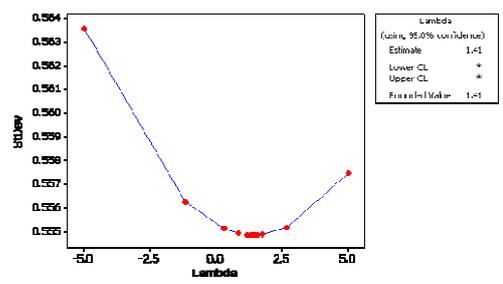
**Tabel 2** Korelasi antara veriabel input dengan variabel output

Variabel	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Curah hujan ( Y )	0.289	0.625
Suhu Udara ( X <sub>1</sub> )	1	0.400
Kelembapan Udara ( X <sub>2</sub> )	0.400	1

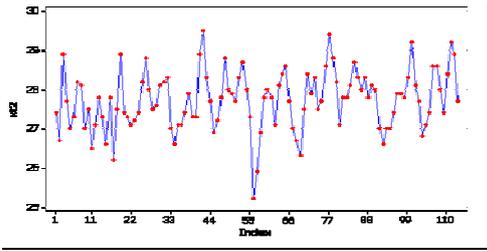
Hasil korelasi antar variabel diatas menunjukkan bahwa variabel yang berkorelasi tinggi dengan curah hujan adalah variabel kelembapan udara.

**Pemodelan Fungsi Transfer Curah Hujan dengan Deret Input Suhu Udara**

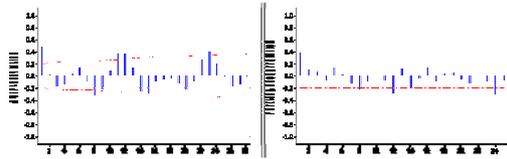
Pada gambar dibawah ini terlihat bahwa data belum stasioner dalam means sehingga perlu dilakukan *didifferencing* pada lag 12



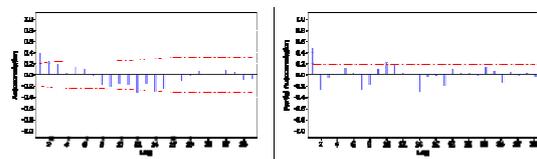
**Gambar 1** Plot Box-Cox suhu udara



Gambar 2 Plot time series suhu udara



Plot ACF dan PACF data suhu udara



Plot ACF dan PACF data suhu udara differencing 12

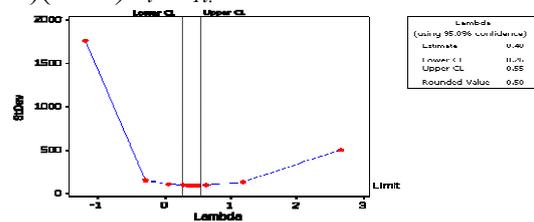
Gambar 3 Plot ACF dan PACF suhu udara

Tabel 3 Estimate Parameter Model ARIMA Suhu Udara

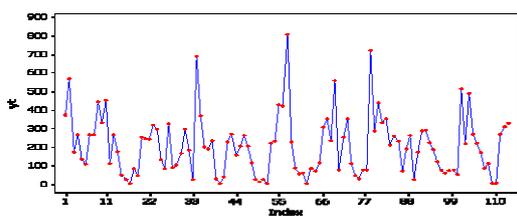
ARIMA	Parameter	p-value
([1,12,14],12,0)	$\Phi^1 = 0.2904$	0.0006
	$\Phi^{12} = -0.2446$	0.0083
	$\Phi^{14} = -0.2308$	0.0136

Model ARIMA ([1,12,14],12,0) adalah sebagai berikut.

$$(1 - 0.29048 B^1 + -0.24465 B^{12} + -0.23088 B^{14})(1 - B^{12})Z_t = \alpha_{1t}$$



Gambar 4 Plot Box-cox Curah hujan



Gambar 5 Plot time series curah hujan

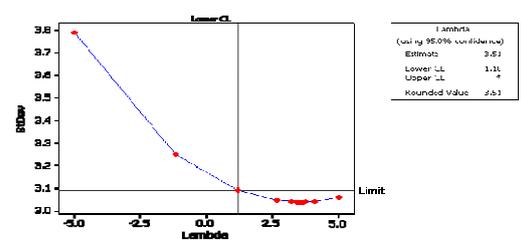
Model deret output dipaksakan untuk sama dengan model pada deret input, jadi data didifferencing pada lag 12 juga. Hal ini berguna untuk menjaga integritas model fungsi transfer karena pada dasarnya deret input akan dipetakan pada deret output. Oleh karena model deret output curah hujan adalah ARIMA ([1,12,14], 12,0).

Nilai bobot respon impuls didapatkan dari CCF yaitu  $b = 1$ ,  $r = 0$  dan  $s = 8,15$ . Pendugaan model deret noise untuk model fungsi transfer curah hujan tidak dapat dilakukan karena pada Tabel 4 estimasi parameter dari  $b, r, s$  yang terlihat melebihi dari  $\alpha=0.05$ , sehingga model ARIMA deret noise tidak bisa diterapkan.

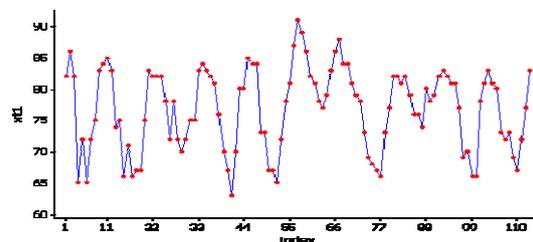
Tabel 4 Estimasi Parameter

b,r,s	Parameter	p-value
$b = 1, r = 0, s = 8,15$	$\omega_1 = 1.07697$	0.2564
	$\omega_8 = -0.25474$	0.6959
	$\omega_{15} = 0.68359$	0.4434

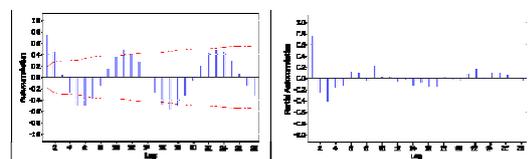
### Pemodelan Fungsi Transfer Curah Hujan dengan Deret Input Kelembaban Udara



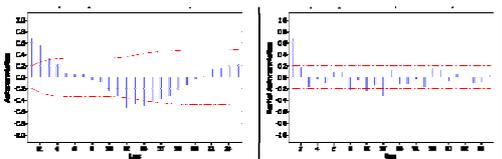
Gambar 6 Plot Box-cox kelembaban udara



Gambar 7 Plot time series kelembaban udara



Gambar 8 Plot ACF dan PACF data kelembaban udara



**Gambar 9** Plot ACF dan PACF data kelembaban udara *differencing* lag 12

**Tabel 5** Estimasi Parameter Model ARIMA Kelembaban Udara

ARIMA	Parameter	p-value
([1,12],12,0)	$\Phi^I = 0.52602$	<.0001
	$\Phi^{I2} = 0.39379$	<.0001

Model ARIMA ([1,12],12,0) adalah sebagai berikut.

$$(1 - 0.52602 B^1 + 0.39379 B^{12})(1 - B^{12})Z_t = \alpha_{1t}$$

Model deret output dipaksakan untuk sama dengan model pada deret input, jadi data *differencing* pada lag 12. Oleh karena model deret output curah hujan adalah ARIMA ([1,12,14], 12,0). Nilai bobot respon impuls didapatkan dari CCF yaitu  $b = 0$ .  $r = 1$  dan  $s = 13,18$ .

Model deret noise dari kelembaban udara ([8,12],0,0) tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$(1 - \phi_1 B^8 - \phi_1 B^{12}) n_{1t} = \alpha_{1t}$$

$$n_{1t} = (1 - \phi_1 B^8 - \phi_1 B^{12}) \alpha_{1t}$$

**Tabel 6** Estimasi Parameter Model Curah Hujan dengan Kelembapan Udara.

Parameter	Std.Error	t-value	p-value	Lag	Shift
$\phi_8 =$	0.10858	-2.45	0.0145	8	0
-0.26549					
$\phi_{12} =$	0.10631	-2.90	0.0037	12	0
-0.30872					
$\omega_0 =$	0.11641	6.57	<.0001	0	0
0.76477					
$\omega_{13} =$	0.11506	-3.04	0.0023	13	0
-0.35026					
$\omega_{18} =$	0.10540	-4.59	<.0001	18	0
-0.48326					
$\delta_1 =$	0.12552	-3.23	0.0013	1	0
-0.40492					

Model fungsi transfer yang terbentuk sebagai berikut

$$y_t = \frac{\dots}{\dots} + \dots$$

dengan nilai AIC dan SBC sebagai berikut

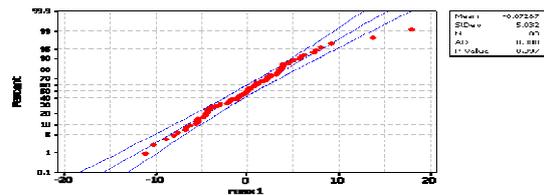
$$AIC = 504.3244$$

$$SBC = 518.8374$$

**Tabel 7** *Aurocorrelation* Residual Model Deret Input Kelembapan Udara.

Lag	Chi-Square	DF	P-value
6	6.48	4	0.1661
12	8.20	10	0.6095
18	15.61	16	0.4805
24	25.37	22	0.2796

Berdasarkan Tabel 7 residual model fungsi transfer telah memenuhi asumsi independen karena p-value lag 6,12,18,24 lebih besar dari  $\alpha = 0.05$ .



**Gambar 10** Plot kenormalan residual curah hujan dengan deret input kelembaban udara

**Tabel 8** Perhitungan *Cross-correlation* antara Residual Model dan Deret *Input* kelembapan udara yang telah *Diprewhitening*

Lag	Chi-Square	DF	P-value
5	5.52	2	0.0515
11	7.35	8	0.0536
17	9.30	14	0.0593
23	11.60	20	0.1505

Berdasarkan Tabel 8 antara residual model fungsi transfer dan deret *input* kelembaban udara ( $x_t$ ) telah memenuhi asumsi independen karena p-value semua lag telah lebih besardari  $\alpha = 0.05$ .

Berdasarkan Gambar 10 residu dari curah hujan dengan deret input kelembapan udara juga berdistribusi Normal.

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai standar error berada diantara batas bawah dan batas atas peramalan

dengan selang kepercayaan 95%. Pada Tabel 10 merupakan hasil pangkat dari peramalan deret *output* ( $y_t$ ), karena hasil peramalan pada Tabel 9 merupakan transformasi akar dari deret *output* ( $y_t$ ). Pada hasil peramalan yang telah dipangkatkan menunjukan puncak curah hujan terjadi pada bulan Februari 2013 yaitu mencapai 325 mm, sedangkan bulan September 2013 merupakan bulan yang curah hujannya paling rendah yaitu 7 mm, dan dari hasil ramalan menunjukan bahwa sepanjang tahun 2013 semua bulan mengalami hujan sedangkan bulan yang memiliki curah hujan rendah hanya tiga bulan saja yaitu bulan Juli, Agustus dan September.

**Tabel 9** Nilai Peramalan Curah Hujan yang ditransformasi akar pada bulan Januari 2013 hingga Desember 2013

Bulan (2013)	Ramalan	SE	Selang kepercayaan 95%	
			Batas bawah	Batas atas
Jan	16.8316	5.8511	5.3636	28.2996
Feb	18.7584	5.8649	7.2634	30.2534
Mar	16.2354	5.9133	4.6455	27.8254
April	13.8970	5.9160	2.3018	25.4921
Mei	10.4189	5.9188	-1.1817	22.0196
Juni	11.4241	5.9191	-0.1771	23.0253
Juli	8.3590	5.9193	-3.2426	19.9606
Agst	5.1229	5.9193	-6.4787	16.7245
Sep	2.7362	6.0560	-9.1334	14.6059
Okt	12.3677	6.0560	0.4981	24.2374
Nov	11.1740	6.0560	-0.6956	23.0436
Des	15.6551	6.0560	3.7855	27.5247

**Tabel 10** Hasil Peramalan curah hujan (mm) setelah dipangkatkan

Bulan	Peramalan
Januari	283
Februari	352
Maret	264
April	193
Mei	109
Juni	130
Juli	70
Agustus	26
September	7
Oktober	153
November	125
Desember	245

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Prosedur penentuan model fungsi transfer memperlihatkan bahwa variabel input ( $x_1$ ) yaitu suhu udara hanya bisa dimodelkan dengan ARIMA saja karena korelasi suhu udara terhadap curah hujan sangat lemah hanya 0.285, hasil dari estimasi parameter *cross-corellation* dari bobot respon impuls yang dihasilkan tidak signifikan terhadap  $\alpha = 0.05$ . pada variabel *input* ( $x_2$ ) yaitu kelembaban udara semua prosedur penentuan fungsi transfer dapat dilakukan karena korelasi antara curah hujan dengan kelembaban udara kuat yaitu 0.625, sehingga model fungsi transfer yang didapatkan adalah model fungsi transfer *single input*.

2. Kelembaban udara signifikan mempengaruhi curah hujan pada  $\alpha = 0.05$ , dengan model fungsi transfer *single input* yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$y_t = \frac{(0.76477 - 0.35026B^{13} - 0.48326 B^{18})}{-0.40492B^1} x_t + \frac{1}{(1 - 0.26549B^8 - 0.30872B^{12})} \alpha_t$$

3. Dengan menggunakan model fungsi transfer *single input* yang terbentuk, dapat diramalkan bahwa untuk 12 bulan kedepan yaitu bulan Januari 2013 sampai dengan Desember 2013 curah huajn yang terjadi sebesar 7 mm – 352 mm. Pergeseran musim hujan juga terlihat bahwa dalam satu tahun hanya tiga bulan yang memiliki curah hujan rendah dan tidak ada bulan yang curah hujan nya sampai 0 mm

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprialis. 2011. *Skripsi : Perbandingan Model Fungsi Transfer dan ARIMA Studi Kasus Model antara Curah Hujan dengan Kelembaban Udara*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- [2] Ardiani. 2005. *Skripsi : Pemodelan Fungsi Transfer Untuk Meramalkan Nilai Ekspor Tembaga*. ITS Surabaya.
- [3] Aswi dan Sukarna. 2006. “*Analisis Deret Waktu*”. Makassar :Andira Publisher.
- [4] Siswanti. 2011. *Skripsi : Model Fungsi Transfer Multivariat dan Aplikasinya untuk Meramalkan Curah Hujan di Kota Yogyakarta*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Swarinoto, Y.S dan Sugiyono. 2011. Pemanfaatan Suhu dan Kelembaban Udara dalam Persamaan Regresi untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan di Bandar Lampung. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Volume 12 No.3 hal 271-281
- [6] Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, Addison-Wesley Company Inc., New York.