Peramalan Inflasi Menggunakan Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Forcasting Inflation Using Multiple Input Transfer Function Model

Novi Adistia [1], Sri Wahyuningsih[2], dan Rito Goejantoro[3]
[1] Laboratorium Statistika Terapan FMIPA Universitas Mulawarman
[2,3] Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman
E-mail: adistianovi@gmail.com[1], swahyuningsih@gmail.com[2], ritogoejantoro@yahoo.com[3]

Abstract

Transfer function model combines some characteristics of the multiple regression analysis with the characteristics of time series ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Multiple input transfer function model is a transfer function model that has two or more input variables time series. This model can be used to get forecasting results simultaneously. This research explains the procedure for establishing multiple input transfer function model and its application to forecast inflation in East Kalimantan. With the input variables, inflations in Samarinda, Balikapan, and Tarakan. Data were used from June 2009 to December 2014. Here is the obtained multiple input transfer function model $Y_t = 0{,}4808X_{1t} + 0{,}3884X_{2t} + 0{,}1317X_{3t} + 0{,}6480a_{t-1} + a_t$. *Based on the multiple input transfer function model, the obtained results of inflation in East Kalimantan forecasting for the next one year showed a fairly constant number, range from 7,28% to 7,53%.*

Keywords: ARIMA, inflation, multiple input, transfer function

Pendahuluan

Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Metode peramalan dapat dibagi dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Dimana metode kualitatif lebih banyak menuntut analisis yang didasarkan pada pemikiran intuitif, pemikiran logis dan informasi atau pengetahuan yang telah diperoleh peneliti sebelumnya. Peramalan seperti ini biasanya digunakan untuk ramalan jangka pendek. Sedangkan untuk kuantitatif dibutuhkan informasi masa lalu yang dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik. Metode peramalan secara kuantitatif mendasarkan ramalannya pada metode statistika dan matematika. Terdapat dua jenis model peramalan kuantitatif yaitu, model deret waktu (*time series*) dan model regresi (Aswi & Sukarna, 2006).

Analisis data deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Analisis data deret waktu tidak hanya dapat dilakukan untuk satu variabel (univariat) tetapi juga dapat untuk banyak variabel (multivariat). Salah satu model peramalan kuantitatif yang dapat digunakan dalam peramalan deret waktu multivariat adalah model fungsi transfer (Makridakis dkk, 1999).

Model fungsi transfer menggabungkan beberapa karakteristik analisis regresi berganda dengan karakteristik deret waktu ARIMA. Model fungsi transfer merupakan salah satu model *time series* yaitu gabungan pendekatan regresi dan *time series* (ARIMA) untuk *error*-nya. Dalam fungsi transfer, terdapat deret waktu *output* yang disebut Y_t, yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh satu atau lebih deret waktu *input* yang disebut X_t, dan *input-input* lain yang akan digabungkan dalam satu kelompok yang disebut gangguan (*noise*), n_t. Dengan kata lain, deret *input* X_t memberikan pengaruhnya kepada deret *output* Y_t melalui fungsi transfer, yang mendistribusikan dampak X_t melalui beberapa periode waktu yang akan datang. Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model yang sederhana, yang menghubungkan Y_t dengan X_t dan n_t. Dapat disimpulkan bahwa tujuan utama pemodelan jenis ini adalah untuk menetapkan peranan indikator penentu (*leading indicator*) atau deret *input* dalam rangka menetapkan variabel yang dibicarakan (deret *output*) (Makridakis dkk, 1999).

Dalam kehidupan ini banyak hal yang dapat diramalkan guna membuat sebuah perencanaan, tidak hanya sebatas itu saat ini peramalan juga digunakan untuk menjadi salah satu faktor pertimbangan dalam membuat suatu keputusan atau kebijakan dimasa yang akan datang. Salah satunya adalah peramalan inflasi. Inflasi adalah proses kenaikan harga umum barang secara terus-menerus selama satu periode tertentu. Inflasi menjadi sangat penting khususnya untuk diramalakan karena memberikan sebuah efek yang besar terhadap perekonomian suatu daerah, sehingga dapat membuat atau merancang kebijakan-kebijakan.

Selain itu, inflasi merupakan pertumbuhan dari Indeks Harga Konsumen (IHK), dan dalam penentuan IHK didasarkan pada Survei Biaya Hidup (SBH). Dari cakupan kota SBH tahun

2007 dapat dilihat bahwa di Kalimantan Timur hanya ada tiga kota yang termasuk dalam kota-kota SBH, yaitu kota Samarinda, Balikpapan dan Tarakan sehingga hanya ketiga kota tersebut yang dapat mewakili untuk dilakukan agregasi menjadi IHK dan inflasi Kalimantan Timur (Indeks Harga Konsumen (IHK) dan Inflasi Kalimantan Timur, 2013). Jadi, dapat disimpulkan bahwa inflasi kota Samarinda, Balikpapan dan Tarakan menyumbang atau mempengaruhi inflasi yang terjadi di Kalimantan Timur. Dirasa tepat jika peramalan inflasi menggunakan model fungsi transfer *multi input* dengan inflasi kota Samarinda, Balikpapan dan Tarakan sebagai variabel *input* dan inflasi Kalimantan Timur sebagai variabel *output*, dimana Inflasi yang digunakan adalah inflasi *years on years* (yoy). Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui model fungsi transfer *multi input* untuk peramalan data inflasi Kalimantan Timur dan mengetahui hasil ramalan dari inflasi Kalimantan Timur.

Peramalan

Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Metode peramalan dapat dibagi dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif lebih banyak menuntut analisis yang didasarkan pada pemikiran intuitif, pemikiran logis dan informasi atau pengetahuan yang telah diperoleh peneliti sebelumnya. Peramalan seperti ini biasanya digunakan untuk ramalan jangka pendek, atau jika pengambilan keputusan lebih mempercayai intuisinya daripada rumus matematik. Satu ciri metode ini adalah faktor yang mempengaruhi ramalan dan cara menilainya sangat bersifat pribadi dan sulit ditirukan orang lain. Sedangkan pada metode kuantitatif dibutuhkan informasi masa lalu yang dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.

Metode peramalan secara kuantitatif mendasarkan ramalannya pada metode statistika dan matematika. Terdapat dua jenis model peramalan kuantitatif yaitu, model runtun waktu (*time* series) dan model regresi (*regression*) atau kausal (Aswi dan Sukarna, 2006). Model regresi atau kausal mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sedangkan model deret waktu, penduga masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan yang lalu. Tujuan peramalan runtun waktu seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan(Makridakis dkk, 1999).

Metode Box-Jenkins

Metode Box-Jenkins merupakan salah satu teknik peramalan model runtun waktu yang hanya berdasarkan perilaku data variabel yang diamati. Model Box-Jenkins ini secara teknis dikenal sebagai model ARIMA (p,d,q). Alasan utama penggunaan metode Box-Jenkins karena gerakan variabel-variabel ekonomi yang diteliti seperti pergerakan nilai tukar, saham, inflasi, sering kali sulit dijelaskan oleh teori-teori ekonomi. Metode Box-Jenkins sebagai teknik peramalan berbeda dengan kebanyakan model peramalan yang ada. Di dalam model ini tidak ada asumsi khusus tentang data dan historis dari runtun waktu, tetapi menggunakan metode iteratif untuk menentukan model yang terbaik. Model Box-Jenkins ini terdiri dari beberapa model yaitu: AR (p), MA (q), ARMA (p,q), dan ARIMA (p,d,q) (Widarjono, 2007).

Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Model fungsi transfer merupakan salah satu model *time series* yaitu gabungan pendekatan regresi dan *time series* (ARIMA) untuk *error*-nya. Dalam fungsi transfer, terdapat deret berkala *output* yang disebut Y_t, yang diperkirakan akan dipengaruhi oleh satu atau lebih deret berkala *input* yang disebut X_t, dan *input-input* lain yang akan digabungkan dalam satu kelompok yang disebut gangguan (*noise*), n_t. Dengan kata lain, deret *input* X_t memberikan pengaruhnya kepada deret *output* Y_t melalui fungsi transfer, yang mendistribusikan dampak X_t melalui beberapa periode waktu yang akan datang. Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model yang sederhana, yang menghubungkan Y_t dengan X_t dan n_t. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tujuan utama pemodelan jenis ini adalah untuk menetapkan peranan indikator penentu (*leading indicator*) atau deret *input* dalam rangka menetapkan variabel yang dibicarakan (deret *output*) (Makridakis dkk, 1999).

Secara umum, suatu deret *output* mungkin bisa dipengaruhi oleh beberapa deret *input*, sehingga model kausal yang diperoleh adalah:

$$Y_t^* = \sum_{j=1}^{k} v_j(B) X_{jt}^* + n_t$$

$$Y_t^* = \sum_{j=1}^{k} \frac{\omega_j(B)}{\delta_j(B)} B^{b_j} X_{jt}^* + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t ,$$

dimana,

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

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

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

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

a_t = nilai gangguan acak

r, *s*, *p*, *q*, dan *b* konstanta

dan $v_j(B) = \sum_{j=1}^{k} \frac{\omega_j(B)B^{b_j}}{\delta_j(B)}$ adalah fungsi transfer deret *input* X_{jt}^* ke-*j* dan a_t diasumsikan saling bebas untuk setiap deret *input* $x_{jt}, j = 1,2,...,k$ dan deret input X_{it}^* dan X_{jt}^* tidak berkorelasi untuk $i \neq j$. Bobot respon fungsi transfer $\frac{\omega_j(B)B^{b_j}}{\delta_j(B)}$ untuk masing-masing variabel *input* didefinisikan pada model fungsi transfer *single input*. Sebagai contoh, kita membuat fungsi transfer v_j (B) terkait Y_t^* dan X_{jt}^* secara terpisah, satu per satu. Model gangguan kemudian diidentifikasi melalui runtun gangguan yang dihasilkan (Wei, 1990).

Pemilihan Model Terbaik

a. *Akaike's Information Criterion* (AIC)

AIC adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik yang diperkenalkan oleh Akaike pada tahun 1973 dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model.

$$AIC = n \times \ln(SSE/n) + 2f + n + n \times \ln(2\pi)$$

b. *Schwartz Bayesian Criterion* (SBC)

SBC adalah kriteria pemilihan model terbaik yang berdasarkan pada nilai yang terkecil.

$$SBC = n\ln(SSE/n) + f\ln(n) + n\ln(2\pi)$$

c. *Mean Squre Error* (MSE)

MSE adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada nilai sisa peramalannya.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} \hat{a}_t^2$$

Semakin kecil nilai AIC, SBC, dan MSE berarti nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya, atau model yang dipilih merupakan model terbaik (Aswi dan Sukarna, 2006).

Inflasi

Menurut Nopirin (1994), inflasi adalah proses kenaikan harga-harga umum baran-barang secara terus-menerus. Ini tidak berarti bahwa harga-harga berbagai macam barang naik dengan persentase yang sama. Mungkin dapat terjadi kenaikan tersebut tidaklah bersamaan. Namun, intinya adalah terdapat kenaikan harga umum barang secara terus-menerus selama satu periode tertentu. Kenaikan yang terjadi hanya sekali saja (meskipun dengan perentase yang cukup besar) bukanlah merupakan inflasi.

Kenaikan harga ini diukur dengan mengunakan indeks harga. Beberapa indeks harga yang sering digunakan untuk mengukur inflasi antara lain:

1. Indeks Harga Konsumen (IHK) / *Consumer Price Index* (CPI)
2. Indeks Harga Perdagangan Besar (*wholesale price index*)
3. GNP *deflator*

Di Indonesia perubahan harga atau inflasi dihitung berdasarkan perubahan IHK. Penentuan jumlah, jenis dan kualitas dalam paket komoditi barang dan jasa serta bobot timbangannya dalam IHK didasarkan pada Survei Biaya Hidup (SBH). SBH ini dimaksudkan untuk mendapatkan pola konsumsi masyarakat yang selanjutnya data ini digunakan sebagai bahan penyusunan diagram Timbang IHK. Dari cakupan kota SBH di Indonesia dapat dilihat bahwa di Kalimantan Timur hanya ada tiga kota yang masuk dalam "kota-kota SBH", yaitu Samarinda, Balikpapan, dan Tarakan sehingga hanya ketiga kota tersebut yang dapat mewakili untuk dilakukan agregasi menjadi IHK dan inflasi Kalimantan Timur.

Metode perhitungan inflasi yang digunakan adalah metode "*point to point*", yaitu dengan membandingkan IHK dari periode sebelumnya. Laju inflasi bulanan dihitung dengan metode "*month to month* (mom)" yaitu dengan membandingkan IHK bulan berjalan dengan IHK bulan sebelumnya. Untuk inflasi setahun dihitung dengan metode "*year on year* (yoy)" yaitu dengan menghitung IHK bulan Desember tahun berjalan dengan membandingkan IHK bulan Desember tahun sebelumnya. Adapun rumus umum perhitungan inflasi adalah sebagai berikut.

$$Inflasi = \frac{IHKperiode(n) - IHKperiode(n-1)}{IHKperiode(n-1)}$$

dimana n adalah bulan atau tahun tertentu (Indeks Harga Konsumen (IHK) dan Inflasi Kalimantan Timur, 2013).

Metode Analisis

Adapun tahapan-tahapan dalam pemodelan fungsi transfer multi input adalah sebagai berikut :

1. Tahap Identifikasi Model
   a. Melakukan identifikasi deret *input* X_1, X_2, dan X_3
   b. Melakukan Penentuan Model ARIMA sementara untuk deret *input* X_1, X_2, dan X_3
   c. Melakukan estimasi parameter
   d. Melakukan pemeriksaan diagnostik dibagi dalam 2 tahap, yaitu uji signifikasi parameter dan uji kesesuaian model. Uji Kesesuaian model terdiri atas 2 pengujian, yaitu pengujian residual *white noise* dan pengujian kenormalan residual.

Pengujian residual *white noise* menggunakan uji Ljung Box, sedangkan pengujian kenormalan residual menggunakan uji Kolmogorov Smirnov.

e. Memilih model ARIMA terbaik untuk deret *input* X_1, X_2, dan X_3
f. Melakukan pemutihan deret *input* X_1, X_2, dan X_3
g. Melakukan pemutihan deret *output Y*
h. Melakukan pemeriksaan plot ACF deret *input* dan *output* yang telah diputihkan (α dan β) dengan bantuan *software* MINITAB 14 dan melakukan perhitungan korelasi silang.
i. Menetapkan (*r*,*s*,*b*) untuk model fungsi transfer *single input* X_1, X_2, dan X_3 berdasarkan tiga prinsip petunjuk penentuan nilai (*r*,*s*,*b*).
j. Menetapkan model ARIMA untuk deret *noise* X_1, X_2, dan X_3.
k. Melakukan penaksiran parameter masing-masing model fungsi transfer *input* tunggal menggunakan metode *conditional least square*.
l. Melakukan pemeriksaan diagnostik dalam 2 tahap, yaitu pemeriksaan korelasi silang (*cross correlation check*) dan pemeriksaan autokorelasi (*autocorrelation check*).
m. Menetapkan model fungsi transfer *multi input* berdasarkan fungsi transfer *single input*.
n. Menentukan model gangguan (*noise series*) untuk fungsi transfer *multi input* berdasarkan plot ACF dan PACF deret *noise*.

2. Tahapan Penaksiran Parameter
   Pada tahapan ini, dilakukan penaksiran parameter fungsi transfer *multi input* dengan menggunakan metode *conditional least square*.
3. Tahapan Pemeriksaan Diagnostik Model dibagi dalam 2 tahap, yaitu pemeriksaan korelasi silang (*cross correlation check*) dan pemeriksaan autokorelasi (*autocorrelation check*).
4. Tahapan Peramalan menggunakan model fungsi transfer *multi input*.

Hasil dan Pembahasan

a. Deskripsi Variabel *Input* dan *Output*

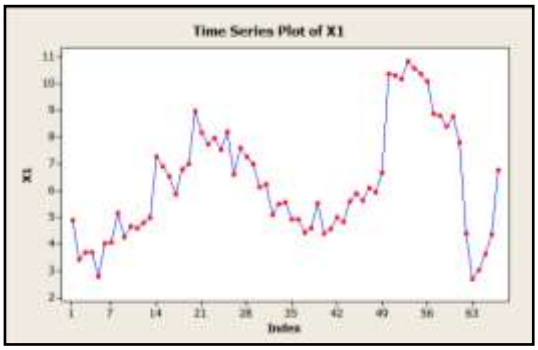
Pada bagian ini akan dibahas mengenai deskripsi variabel-variabel yang digunakan sebagai variabel *input* dan variabel *output*. Adapun inflasi (yoy) Kalimantan Timur (*Y*) adalah variabel *output*, dan inflasi (yoy) kota Samarinda (X_1), Balikpapan (X_2), dan Tarakan (X_3) yang merupakan variabel *input*.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

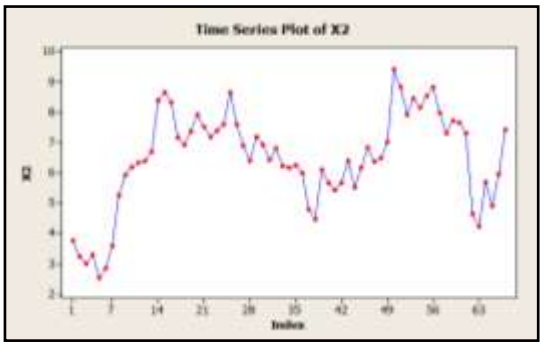
Variabel	*Mean*	Standar Deviasi	Min	Max
Y	6,5800	1,7250	3,1300	10,1400
X_1	6,2600	2,1150	2,6800	10,8500
X_2	6,4750	1,6010	2,3500	9,4300
X_3	8,0020	1,7540	4,8200	11,9400

b. Identifikasi Model ARIMA Deret *Input*

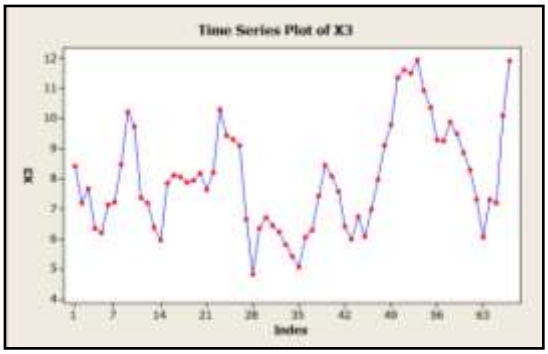
Berikut merupakan *time series plot* dari ketiga variabel *input*, yang selanjutnya akan ditentukan model ARIMA dan model fungsi transfer masing-masing variabel *input*.



Gambar 1. *Time Series Plot* Data Inflasi Kota Samarinda (X_1)



Gambar 2. *Time Series Plot* Data Inflasi Kota Balikpapan (X_2)



Gambar 3. *Time series plot* data inflasi kota Tarakan (X_3)

Berdasarkan keempat gambar diatas diketahui bahwa data masih belum stasioner dalam rata-rata, maka dilakukan *differencing*

sebanyak dua kali (d=2) untuk variabel X_1 dan X_2 serta *differencing* satu kali (d=1) untuk variabel X_2. Berikut merupakan hasil penaksiran parameter dan uji signifikansi parameter model ARIMA terbaik dari masing-masing variabel *input* yang memenuhi uji diagnostik (kenormalan residual dan uji *white noise*) serta yang memiliki nilai AIC dan SBC terkecil.

Tabel 2. Penaksiran dan Pengujian Signifikansi Parameter

Var	Model	Parameter	*p-value*	Kesimpulan
X_1	ARIMA (0,2,1)	θ_1 = 0,9738	0,0000	Signifikan
X_2	ARIMA (2,2,1)	ϕ_1 = -1,2696	0,0000	Signifikan
		ϕ_2 = -0,4233	0,0010	Signifikan
		θ_1 = -0,9485	0,0000	Signifikan
X_3	ARIMA (1,1,2)	ϕ_1 = 0,7002	0,0000	Signifikan
		θ_1 = 0,5184	0,0040	Signifikan
		θ_2 = 0,4185	0,0020	Signifikan

c. Identifikasi Model ARIMA Deret *Input* dan *Output*

Seluruh parameter telah signifikan berbeda dengan nol dan memenuhi pemeriksaan diagnostik yaitu kenormalan residual dan pengujian *white noise*. Maka, selanjutnya melakukan pemutihan deret *input* dan *output* (α dan β).

Sehingga diperoleh hasil pemutihan deret *input* X_1, X_2, dan X_3 diperoleh hasil model sebagai berikut:

$$\alpha_{1t} = X_{1t} - 2X_{1t-1} + X_{1t-2} + 0{,}9738\alpha_{1t-1}$$

$$\alpha_{2t} = X_{2t} - 2X_{2t-1} + X_{2t-2} + 1{,}2696(X_{2t-1} - 2X_{2t-2} + X_{2t-3}) + 0{,}4233(X_{2t-2} - 2X_{2t-3} + X_{2t-4}) - 0{,}9485\alpha_{2t-1}$$

$$\alpha_{3t} = X_{3t} - X_{3t-1} - 0{,}7002(X_{3t-1} - X_{3t-2}) + 0{,}5184\alpha_{3t-1} + 0{,}4185\alpha_{3t-2}$$

dan diperoleh pula hasil pemutihan deret *output* (Y) sebagai berikut:

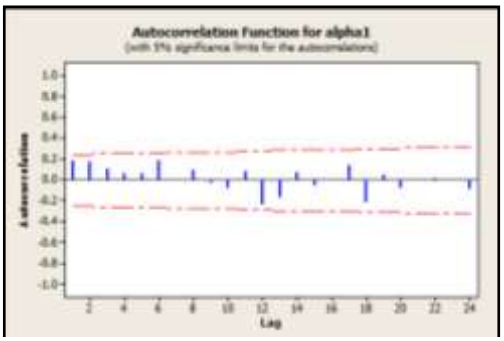
$$\beta_{1t} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} + 0{,}9738\beta_{1t-1},$$

$$\beta_{2t} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} + 1{,}2696(Y_{t-1} - 2Y_{t-2} + Y_{t-3}) + 0{,}4233(Y_{t-2} - 2Y_{t-3} + Y_{t-4}) - 0{,}9485\beta_{2t-1},$$

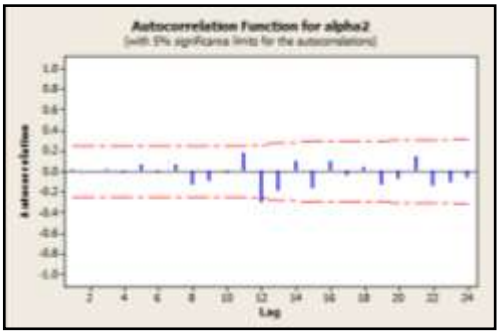
$$\beta_{3t} = Y_t - Y_{t-1} - 0{,}7002(Y_{t-1} - Y_{t-2}) + 0{,}5184\beta_{3t-1} + 0{,}4185\beta_{3t-2}$$

d. Pemeriksaan Plot ACF untuk Deret *Input* dan *Output* yang telah Diputihkan (α dan β)

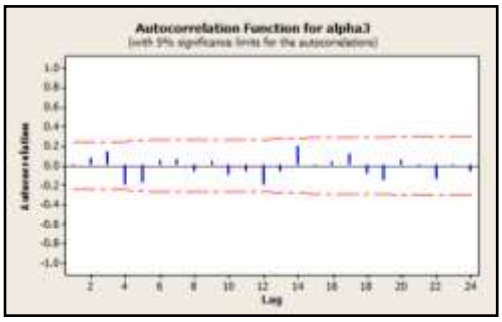
Berikut adalah hasil autokorelasi deret *input* yang telah diputihkan.



Gambar 4. Plot ACF α_1

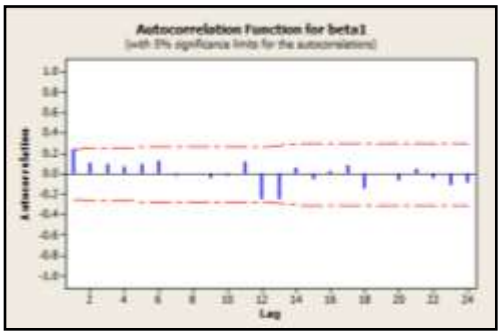


Gambar 5 Plot ACF α_2

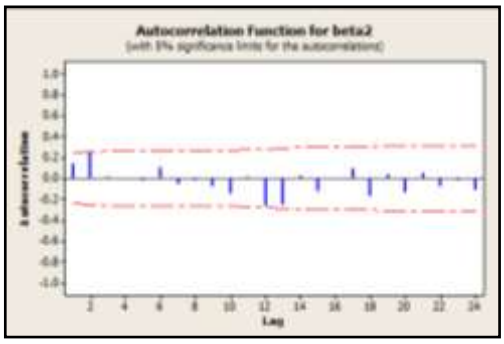


Gambar 6. Plot ACF α_3

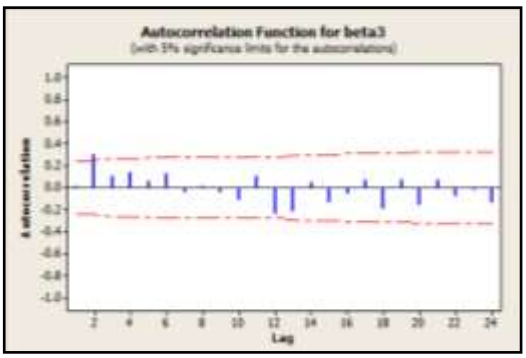
Pada plot ACF deret *input* di atas memperlihatkan autokorelasi pada *input* yang telah diputihkan tidak ada yang *cut off* atau terpotong pada lag berapapun, sehingga tidak membentuk sebuah model. Oleh karena itu, deret *input* yang telah diputihkan pada dasarnya memang tidak terdapat autokorelasi yang signifikan atau *cut off* sehingga model ARIMA pada deret *input* dapat diterima.



Gambar 7. Plot ACF β_1



Gambar 8. Plot ACF β_2



Gambar 9. Plot ACF β_3

Pada Gambar 7 ACF *cut off* pada lag 1, Gambar 8 ACF *cut off* pada lag 2, dan pada Gambar 9 ACF *cut off* pada lag 2, sehingga Plot ACF *output* membentuk sebuah model. Oleh karena itu, deret *output* yang telah diputihkan pada dasarnya memang seharusnya terdapat autokorelasi yang signifikan atau *cut off* sehingga model ARIMA pada deret *output* dapat diterima.

e. Perhitungan Korelasi Silang (*Cross Correlation*) dan Penaksiran Langsung Bobot Respon Impuls

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan bobot respon impuls dengan menggunakan 15 lag.

Tabel 3. Nilai Korelasi Silang dan Bobot Respon Impuls

K	X1		X2		X3	
	r(k)	v1k	r(k)	v2k	r(k)	v3k
0	0,9361	0,7285	0,8296	0,7795	0,4816	0,4139
1	0,2380	0,1852	-0,0936	-0,0879	0,1064	0,0915
2	0,1465	0,1140	-0,2874	-0,2701	0,2075	0,1783
3	0,0959	0,0746	-0,1713	-0,1609	0,1601	0,1376
4	0,0150	0,0117	0,2023	0,1901	0,0116	0,0099
5	0,0724	0,0563	0,0712	0,0669	0,0811	0,0697
6	0,1572	0,1223	-0,0047	-0,0044	0,1403	0,1206
7	-0,0472	-0,0367	-0,0413	-0,0388	-0,0076	-0,0065
8	0,0293	0,0228	-0,0677	-0,0636	-0,0111	-0,0095
9	-0,0185	-0,0144	-0,1339	-0,1258	-0,0265	-0,0228
10	-0,1041	-0,0810	0,1672	0,1571	0,0134	0,0115
11	0,0870	0,0677	0,2698	0,2535	-0,043	-0,0369
12	-0,2204	-0,1715	-0,2805	-0,2636	-0,109	-0,0937
13	-0,2356	-0,1834	-0,2144	-0,2015	-0,0652	-0,0560
14	0,0583	0,0454	0,1718	0,1614	-0,0095	-0,0082
15	-0,0550	-0,0428	0,0650	0,0611	-0,0868	-0,0746

Berdasarkan Tabel 3 diketahui nilai ketiga bobot respon impuls dimana dengan mempertimbangkan nilai tersebut selanjutnya akan digunakan dalam penentuan nilai (*r*,*s*,*b*).

f. Penetapan (*r*,*s*,*b*) untuk Model Fungsi Transfer

Berdasarkan ketentuan penetapan nilai (*r*,*s*,*b*), diperoleh nilai (*r*,*s*,*b*) untuk deret *input* X_2 dengan deret *output* Y adalah (0,0,0) dan deret *input* X_3 dengan deret *output* Y adalah (0,0,0).

Setelah didapat nilai (*r*,*s*,*b*) masing-masing *input* tunggal, yaitu (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0), maka model fungsi transfer *input* tunggal yang terbentuk untuk variabel X_1 yaitu menjadi sebagai berikut:

$$Y_{1t} = \omega_0 X_{1t} + n_{1t}$$

untuk variabel X_2 yaitu,

$$Y_{2t} = \omega_0 X_{2t} + n_{2t}$$

sedangkan, untuk variabel X_3 yaitu,

$$Y_{3t} = \omega_0 X_{3t} + n_{3t}$$

g. Penetapan (p_n,q_n) untuk model ARIMA (p_n,0,q_n) dari Deret Gangguan (*Noise*)

Dengan menggunakan metode Box-Jenkins diperoleh model ARIMA terbaik utnuk masing-masing deret *noise*, yaitu tidak diperolehnya model ARIMA dari deret *noise* X_1 *dan* X_2, serta model ARIMA (1,0,0) untuk deret *noise* X_3. sehingga diperoleh model fungsi transfer *input* tunggal variabel X_1, X_2, dan X_3 adalah sebagai berikut:

$$Y_{1t} = \omega_0 X_{1t} + a_{1t}$$

$$Y_{2t} = \omega_0 X_{2t} + a_{2t}$$

$$Y_{3t} = \omega_0 X_{3t} + \frac{a_{3t}}{1-\phi_1 B}$$

Setelah diperoleh masing-masing model fungsi transfer *input* tunggal, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan penaksiran parameter dan pengujian diagnostik untuk masing-masing model fungsi transfer *input* tunggal yang terbentuk.

Tabel 4. Penaksiran dan Pengujian Signifikansi Parameter Masing-Masing Model Fungsi Transfer *Input* Tunggal

Var	Parameter	t_{hit}	*p-value*	Kesimpulan
X_1	ω_0 =1,0253	87,48	<0,0001	Signifikan
X_2	ω_0 = 1,0150	83,85	<0,0001	Signifikan
X_3	ϕ_1 = 0,9728	32,07	<0,0001	Signifikan
	ω_0 = 0,5051	8,59	<0,0001	Signifikan

Dan dari hasil tersebut dapat dibuat model fungsi transfer volume tampung dengan variabel

input inflasi kota Samarinda (X_1), sebagai berikut:

$$Y_{1t} = 1{,}0253 X_{1t} + a_{1t}$$

untuk model fungsi transfer volume tampung dengan variabel *input* inflasi kota Balikpapan (X_2), yaitu:

$$Y_{2t} = 1{,}0150 X_{2t} + a_{2t}$$

dan model fungsi transfer volume tampung dengan variabel *input* inflasi kota Tarakan (X_3), yaitu:

$$Y_{3t} = 0{,}5051 X_{3t} + \frac{a_{3t}}{1 - 0{,}9728B}$$

h. Tahap Pemeriksaan Diagnostik Masing-masing Model Fungsi Transfer *Input* Tunggal

1. Pemeriksaan korelasi silang (*cross correlation check*)

Tabel 5. Hasil *Output* Korelasi Silang Pada Masing-masing Model Fungsi Transfer *Input* Tunggal

Var	Lag	Chi-Square	*p-value*	Keputusan
X_1	5	1,9100	0,8600	H_0 gagal ditolak
	11	5,4800	0,8977	H_0 gagal ditolak
	17	7,4200	0,9022	H_0 gagal ditolak
	23	15,9700	0,9235	H_0 gagal ditolak
X_2	5	1,9300	0,8584	H_0 gagal ditolak
	11	4,5300	0,9518	H_0 gagal ditolak
	17	7,2000	0,9808	H_0 gagal ditolak
	23	14,5600	0,9096	H_0 gagal ditolak
X_3	5	6,2100	0,2867	H_0 gagal ditolak
	11	8,8000	0,6399	H_0 gagal ditolak
	17	11,6600	0,8201	H_0 gagal ditolak
	23	18,6700	0,7200	H_0 gagal ditolak

Dengan uji hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : Korelasi antara deret *noise* dan deret *input* tidak signifikan

H_1 : Korelasi antara deret *noise* dan deret *input* signifikan

Dapat disimpulkan bahwa korelasi antara deret *noise* dan deret *input* tidak signifikan atau dapat disimpulkan deret *noise* dan deret *input* saling independen.

2. Pemeriksaan autokorelasi (*autocorrelation check*)

Dengan uji hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : Autokorelasi residual dari model *noise* tidak signifikan

H_1 : Autokorelasi residual dari model *noise* signifikan

Dapat disimpulkan bahwa sutokorelasi residual dari model *noise* tidak signifikan atau atau tidak terdapat korelasi antar *lag*.

Tabel 6. Hasil *Output* Autokorelasi Pada Masing-masing Model Fungsi Transfer *Input* Tunggal

Var	Lag	Chi-Square	*p-value*	Keputusan
X_1	6	1,1700	0,6397	H_0 gagal ditolak
	12	4,6400	0,8099	H_0 gagal ditolak
	18	8,8700	0,7201	H_0 gagal ditolak
	24	15,8200	0,7438	H_0 gagal ditolak
X_2	6	3,2100	0,6284	H_0 gagal ditolak
	12	7,9800	0,8238	H_0 gagal ditolak
	18	14,4300	0,6499	H_0 gagal ditolak
	24	19,6300	0,7342	H_0 gagal ditolak
X_3	6	3,5100	0,6215	H_0 gagal ditolak
	12	11,4700	0,4046	H_0 gagal ditolak
	18	18,2400	0,3736	H_0 gagal ditolak
	24	20,9100	0,5866	H_0 gagal ditolak

i. Pemodelan Fungsi Transfer *Multi Input* Secara Serentak

Dalam pemodelan ini, seluruh variabel input yang telah diidentifikasi, yaitu inflasi kota Samarinda (X_1), inflasi kota Balikpapan (X_2), dan inflasi kota Tarakan (X_3) dimasukkan ke dalam sistem fungsi transfer secara serentak. Dimana model fungsi transfer *multi input* yang telah terbentuk yaitu (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0), atau secara matematis dapat ditulis:

$$Y_t = \omega_0 X_{1t} + \omega_0 X_{2t} + \omega_0 X_{3t} + n_t$$

j. Pemodelan Deret *Noise*

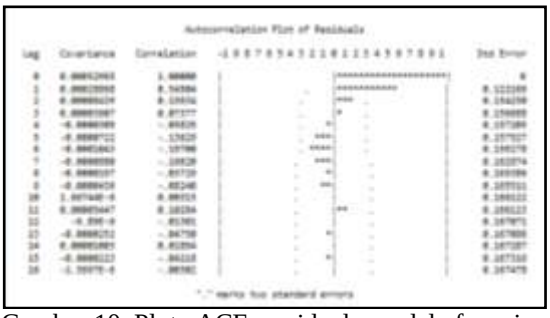
Setelah model fungsi transfer *multi* input sementara terbentuk, yang terdiri dari model *single input* (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0), maka dilakukan pemodelan ARIMA terhadap deret *noise*nya. Pemodelan ARIMA deret *noise* dapat dilakukan dengan melihat plot ACF dan PACF untuk residual.

Berdasarkan plot ACF dan PACF diketahui bahwa model ARIMA sementara yang diperoleh yaitu ARIMA (1,0,2), ARIMA (1,0,1), ARIMA (1,0,0), ARIMA (0,0,2), dan ARIMA (0,0,1), namun yang memenuhi uji signifikansi parameter hanya ARIMA (1,0,0) dan ARIMA (0,0,1). Jadi, diputuskan ARIMA (1,0,0) dan ARIMA (0,0,1) digunakan sebagai model *noise*. Sehingga diperoleh model fungsi transfer *multi input* yaitu,

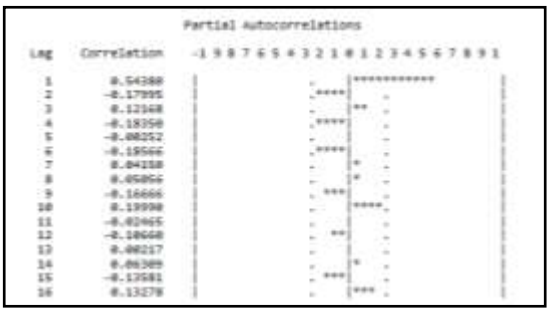
$$Y_t = \omega_0 X_{1t} + \omega_0 X_{2t} + \omega_0 X_{3t} + \frac{a_t}{1 - \phi_1 B}$$

dan

$$Y_t = \omega_0 X_{1t} + \omega_0 X_{2t} + \omega_0 X_{3t} + (1 - \theta_1 B) a_t$$



Gambar 10. Plot ACF residual model fungsi transfer *multi input*



Gambar 11. Plot PACF residual model fungsi transfer *multi input*

k. Pengujian Signifikansi dan Penaksiran Parameter Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Setelah diperoleh model fungsi transfer *multi input*, tahapan selanjutnya adalah menaksir parameter dan pengujian signifikansi parameter. Berikut hasil penaksiran dan pengujian signifikansi parameter:

Tabel 7. Hasil *Output* Pengujian Signifikansi dan Penaksiran Parameter Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Model Deret *Noise*	Parameter	*p-value*	Var	Keputusan
ARIMA (1,0,0)	ϕ_1 = 0,6197	<0,0001	Y	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,4779	<0,0001	X_1	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,3888	<0,0001	X_2	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,1334	<0,0001	X_3	H_0 ditolak
ARIMA (0,0,1)	θ_1 = -0,6480	<0,0001	Y	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,4808	<0,0001	X_1	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,3884	<0,0001	X_2	H_0 ditolak
	ω_0 = 0,1317	<0,0001	X_3	H_0 ditolak

Berdasarkan hasil uji signifikansi parameter diperoleh seluruh parameter memiliki *p-value*< α, maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan Parameter model fungsi transfer *multi input* yaitu (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0) dengan deret *noise* ARIMA (1,0,0) serta model fungsi transfer *multi input* yaitu (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0) dengan deret *noise* ARIMA (0,0,1) signifikan berbeda dengan nol.

l. Tahap Pemeriksaan Diagnostik Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Pemeriksaan diagnostik pada model fungsi transfer *multi input* ada dua tahap, yaitu:

1. Pemeriksaan korelasi silang (*cross correlation check*)

Tabel 8. Hasil *Output* Korelasi Silang Pada Model Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Model Deret *Noise* ARIMA (1,0,0)

Var	Lag	Chi-Square	*p-value*	Keputusan
X_1	5	7,7500	0,1704	H_0 gagal ditolak
	11	17,1900	0,1024	H_0 gagal ditolak
	17	24,0500	0,1180	H_0 gagal ditolak
	23	26,2400	0,2898	H_0 gagal ditolak
X_2	5	10,8900	0,0536	H_0 gagal ditolak
	11	16,6100	0,1198	H_0 gagal ditolak
	17	24,6700	0,1023	H_0 gagal ditolak
	23	31,1500	0,1192	H_0 gagal ditolak
X_3	5	1,6000	0,9011	H_0 gagal ditolak
	11	8,8100	0,6398	H_0 gagal ditolak
	17	15,0400	0,5929	H_0 gagal ditolak
	23	15,8600	0,8610	H_0 gagal ditolak

Tabel 9. Hasil *Output* Korelasi Silang Pada Model Fungsi Transfer *Multi Input* dengan Model Deret *Noise* ARIMA (0,0,1)

Var	Lag	Chi-Square	*p-value*	Keputusan
X_1	5	8,4300	0,1342	H_0 gagal ditolak
	11	14,5000	0,2066	H_0 gagal ditolak
	17	24,4000	0,1089	H_0 gagal ditolak
	23	26,3500	0,2845	H_0 gagal ditolak
X_2	5	10,6600	0,0584	H_0 gagal ditolak
	11	13,9200	0,2375	H_0 gagal ditolak
	17	21,5700	0,2017	H_0 gagal ditolak
	23	27,3000	0,2433	H_0 gagal ditolak
X_3	5	3,0000	0,6996	H_0 gagal ditolak
	11	11,7000	0,3867	H_0 gagal ditolak
	17	17,9100	0,3945	H_0 gagal ditolak
	23	18,3800	0,7368	H_0 gagal ditolak

Adapun uji hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : Korelasi antara deret *noise* dan deret *input* tidak signifikan

H_1 : Korelasi antara deret *noise* dan deret *input* signifikan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa korelasi antara deret *noise* dan deret *input* tidak signifikan atau dapat disimpulkan deret *noise* dan deret *input* saling independen

2. Pemeriksaan autokorelasi (*autocorrelation check*)

Tabel 10. Hasil *Output* Autokorelasi Pada Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Model Deret *Noise*	Lag	Chi-Square	*p-value*	Keputusan
ARIMA (1,0,0)	6	4,1700	0,5258	H_0 gagal ditolak
	12	8,9500	0,6269	H_0 gagal ditolak
	18	12,4300	0,7737	H_0 gagal ditolak
	24	13,4700	0,9409	H_0 gagal ditolak
ARIMA (0,0,1)	6	2,8600	0,7213	H_0 gagal ditolak
	12	9,6400	0,5630	H_0 gagal ditolak
	18	13,9900	0,6676	H_0 gagal ditolak
	24	16,3500	0,8397	H_0 gagal ditolak

Dengan uji hipotesis yang digunakan adalah

H_0 : Autokorelasi residual dari model *noise* tidak signifikan

H_1 : Autokorelasi residual dari model *noise* signifikan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa autokorelasi residual dari model *noise* tidak signifikan atau atau tidak terdapat korelasi antar *lag*

m. Pemilihan Model Fungsi Transfer *Multi Input* Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan dengan melihat nilai *Mean Square Error* (MSE) yang terkecil. Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai MSE Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Model Deret *Noise*	MSE
ARIMA (1,0,0)	0,000339
ARIMA (0,0,1)	0,000335

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai MSE yang terkecil dari kedua model deret *noise* yaitu model ARIMA (0,0,1), yang berarti lebih baik digunakan. Jadi, peramalan inflasi Kalimantan Timur diperoleh model fungsi transfer *multi input* yaitu (0,0,0), (0,0,0), dan (0,0,0) dengan model deret *noise* (0,0,1).

n. Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer *Multi Input*

Karena parameter model yang diperoleh telah signifikan serta kedua asumsi telah terpenuhi, maka nilai estimasi parameter dapat disubstitusikan pada model fungsi transfer yang diperoleh. Dengan mensubstitusikan nilai-nilai penaksiran parameter maka diperoleh model sebagai berikut:

$$Y_t = \omega_0 X_{1t} + \omega_0 X_{2t} + \omega_0 X_{3t} + (1-\theta_1 B)a_t$$

$$Y_t = 0{,}4808\, X_{1t} + 0{,}3884\, X_{2t} + 0{,}1317\, X_{3t}$$

$$+ 0{,}6480\, a_{t-1} + a_t$$

Dari model fungsi transfer *multi input* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa inflasi Kalimantan Timur pada bulan ini dipengaruhi oleh inflasi kota Samarinda, inflasi kota Balikpapan, dan inflasi kota Tarakan pada bulan yang sama. Dimana inflasi kota Samarinda, inflasi kota Balikpapan, dan inflasi kota Tarakan pada bulan ini memberikan kenaikan pada inflasi Kalimantan Timur di bulan yang sama apabila inflasi masing-masing kota tersebut mengalami kenaikan.

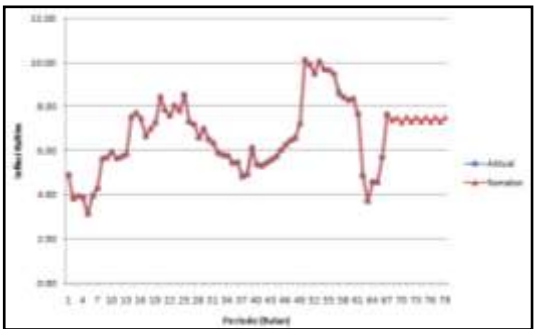
Setelah model fungsi transfer *multi input* didapatkan dan seluruh penaksiran parameter serta pengujian diagnosik terpenuhi, selanjutnya dapat digunakan untuk meramalkan inflasi Kalimantan Timur (Y) untuk beberapa periode yang akan datang. Berikut ini adalah hasil peramalan inflasi Kalimantan Timur satu tahun atau dua belas bulan kedepan yang dipengaruhi oleh inflasi kota Samarinda (X_1), inflasi kota Balikpapan (X_2), dan inflasi kota Tarakan (X_3) dengan menggunakan model fungsi transfer *multi input*. Dengan mensubtitusikan hasil ramalan masing-masing variabel *input* yaitu inflasi inflasi kota Samarinda, inflasi kota Balikpapan, dan inflasi kota Tarakan maka dapat diketahui nilai hasil ramalan inflasi Kalimantan Timur.

Tabel 12. Hasil Peramalan Inflasi Kalimantan Timur

Tahun	Bulan	Inflasi Kalimantan Timur
2015	Januari	7,38%
	Februari	7,49%
	Maret	7,28%
	April	7,53%
	Mei	7,31%
	Juni	7,52%
	Juli	7,31%
	Agustus	7,52%
	September	7,31%
	Oktober	7,52%
	November	7,31%
	Desember	7,52%

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai MSE yang kecil yaitu 0,000335, menandakan bahwa hasil peramalan baik untuk digunakan. Selain itu, dari hasil ramalan juga diperoleh perbandingan grafik data aktual dan data ramalan terdapat pada Gambar 12.

Berdasarkan Gambar 12 diketahui bahwa data hasil ramalan dan data aktual berhimpit, yang mengindikasikan bahwa hasil ramalan adalah baik, dan hasil ramalan satu tahun ke depan diketahui cukup konstan berada di kisaran 7%.



Gambar 12. *Time series plot* data aktual dan ramalan inflasi Kalimantan Timur

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model fungsi transfer *multi input* untuk peramalan inflasi Kalimantan Timur (Y) dengan inflasi Kota Samarinda (X_1), inflasi Kota Balikpapan (X_2), dan inflasi Kota Tarakan (X_3) sebagai variabel *input* adalah sebagai berikut:

$$Y_t = 0{,}4808\,X_{1t} + 0{,}3884\,X_{2t} + 0{,}1317\,X_{3t} + 0{,}6480\,a_{t-1} + a_t$$

2. Berdasarkan model fungsi transfer *multi input* yang diperoleh, diketahui hasil ramalan inflasi (yoy) Kalimantan Timur pada bulan Januari hingga Desember 2015 berturut-turut yaitu 7,38%, 7,49%, 7,28%, 7,53%, 7,31%, 7,52%, 7,31%, 7,52%, 7,31%, 7,52%, 7,31%, dan 7,52%. Dimana diperoleh hasil ramalan yang cukup konstan berada di kisaran 7%.

Daftar Pustaka

Aswi dan Sukarna. 2006. *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher.

Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. *Indeks Harga Konsumen (IHK) dan Inflasi Kalimantan Timur 2013*.

Makridakis S., Wheelwright, S.C. dan V.E. McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Terjemahan Hari Suminto. Jilid I. Edisi II. Jakarta: Bina Rupa Aksara.

Nopirin. 1994. *Pengantar Ilmu Ekonomi Makro & Mikro*. Edisi I. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.

Wei, W. W. S. 1990. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods.* California: Adisson Wesley Publishing Company, Inc.

Widarjono, Agus. 2007. *Ekonometrika Teori dan Apliasi untuk Ekonomi dan Bisnis.* Edisi Kedua. Yogyakarta: Ekonisia.