PEMODELAN DATA INDEKS HARGA KONSUMEN DENGAN MODEL INTERVENSI

Alia Lestari
Prodi Pendidikan Matematika Jurusan Tarbiyah STAIN Papopo

Abstrak

Model time series yang paling popular dan banyak digunakan dalam peramalan data time series adalah model Autoregressive Integrated Moving Average atau yang dikenal dengan model ARIMA (Bowerman dan O'Connell, 1995; Makridakis et al., 1998) . Dalam aplikasinya, model ini mengharuskan dipenuhinya asumsi stasioneritas pada nilai rata-rata (mean) dan varians dari time series. Namun dalam praktek, seringkali ditemui data time series yang mengalami perubahan pola mean yang ekstrem yang dikenal dengan perubahan rezim atau perubahan struktural. Makalah ini akan membahas Model Intervensi untuk memodelkan data time series yang dipengaruhi oleh faktor eksternal tersebut. Sebagai aplikasi, digunakan data Indeks Harga Konsumen (IHK) nasional.

Kata Kunci : *Time Series, Model Intervensi, IHK*

I. Pendahuluan

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis data *time series* adalah stasioneritas pada nilai rata-rata (mean) dan varians dari tersebut. Namun dalam prakteknya, seringkali ditemui data time series yang mengalami perubahan pola mean yang ekstrem yang dikenal dengan perubahan rezim (Hamilton, 1994) atau perubahan struktural (Enders, 1996). Perubahan ini biasanya disebabkan oleh adanya suatu intervensi baik yang datang dari faktor eksternal dan/atau internal yang mempengaruhi pola data, misalnya bencana alam, kebijakan pemerintah, promosi, perang, hari libur, dan sebagainya. Misalkan terdapat suatu data deret waktu inflasi suatu negara, pada waktu tertentu ditetapkan suatu kebijakan yaitu kenaikan harga BBM (Bahan Bakar Minyak). Adanya kebijakan tersebut, dimungkinkan bisa berdampak pada inflasi. Contoh dari intervensi faktor eksternal antara lain dapat dilihat pada penelitian Montgomery dan Weatherby (1980) tentang pengaruh embargo minyak Arab terhadap tingkat konsumsi listrik di United State, Enders *et al*. (1990) yang menyelidiki pengaruh teknologi metal detektor terhadap jumlah kejadian pembajakan kapal terbang di angkasa, serta Suhartono dan Hariroh (2003) yang meneliti tentang pengaruh pengeboman

WTC New York terhadap fluktuasi harga saham-saham dunia.

II. Model Intervensi

Model intervensi adalah suatu model analisis data time series yang pada awalnya banyak digunakan untuk mengeksplorasi dampak dari kejadian-kejadian eksternal yang diluar dugaan terhadap variabel yang menjadi obyek pengamatan. Untuk suatu proses yang mengikuti model ARIMA(*p,d,q*)(*P,D,Q*)^S, bentuk persamaan matematiknya dapat dituliskan sebagai berikut : (Wei, 1990; Box *et al*., 1994; Bowerman dan O'Connel, 1993; dan Makridakis *et al*., 1998)

$$\phi_p(B)\phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t = \theta_q(B)\theta_Q(B^S)a_t , \qquad (1.a)$$

atau

$$Y_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1-B)^d} a_t \qquad (1.b)$$

dengan

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

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

B menyatakan operator mundur, yaitu $B^k Y_t = Y_{t-k}$.

Jika didefinisikan suatu $N_t = \dfrac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1-B)^d} a_t$, maka persamaan (1.b) dapat ditulis dalam bentuk $Y_t = N_t$.

Model pada persamaan (1.b) diatas, untuk $d = 0$ dapat diinterpretasikan bahwa suatu perubahan didalam Y_t hanya terjadi semata-mata sebagai hasil dari suatu goncangan (*shock*) a_t. Jika dianggap terdapat pengaruh beberapa kejadian intervensi X_t pada suatu *time series*, maka kita dapat menulis model umum sebagai berikut

$$Y_t = f(X_t) + N_t , \qquad (2)$$

dengan Y_t adalah variabel respon pada saat *t*, X_t adalah variabel intervensi dan N_t adalah model *noise* yang mengikuti ARIMA (*p,d,q*).

Secara umum ada dua macam variabel intervensi, yaitu fungsi *step* (*step function*) dan fungsi *pulse* (*pulse function*).

Step function adalah suatu bentuk intervensi yang terjadinya dalam kurun waktu yang panjang, misalnya pemberlakuan kebijakan baru mengenai ketetapan harga pada perusahaan *Cincinnati Bell Telephon* terhadap jumlah panggilan bantuan telepon lokal (McSweeny, 1978).

Bentuk intervensi *step function* untuk contoh-contoh kasus ini ada mulai kebijakan baru ditetapkan sampai kebijakan tersebut tidak berlaku lagi. Secara matematik, bentuk intervensi *step function* ini biasanya dinotasikan sebagai berikut

$$X_t = \begin{cases} 0, & t < T \\ 1, & t \geq T \end{cases} \tag{3}$$

dimana *T* adalah waktu mulainya terjadi intervensi.

Sedangkan *pulse function* adalah suatu bentuk intervensi yang terjadinya hanya dalam suatu waktu tertentu, misalnya promosi gelegar 2 milyar yang dilakukan PT. Telkom Divre V (Suhartono dan Wahyuni, 2002), serta pengeboman gedung WTC New York (Suhartono dan Hariroh, 2003). Secara matematik, bentuk intervensi *pulse function* ini biasanya dinotasikan sebagai berikut

$$X_t = \begin{cases} 0, & t \neq T \\ 1, & t = T \end{cases} \tag{4}$$

dimana *T* adalah waktu terjadinya intervensi.

a. Model Intervensi Fungsi *Pulse* Orde Nol

Model intervensi *pulse function* orde nol dapat ditulis sebagai berikut

$$Y_t = \omega X_t + n_t \tag{5}$$

dengan

- Y_t : variabel respon pada saat *t*
- ω : pengaruh intervensi pada *Y*
- X_t : variabel intervensi seperti yang didefinisikan pada persamaan (4)
- n_t : model "*noise*" (yang mengikuti model ARIMA).

Pada model (5) ini, pengaruh *X* pada *Y* diasumsikan terjadi hanya pada waktu ada intervensi tersebut. Penaksiran nilai ω adalah untuk menaksir perbedaan antara pada waktu proses intervensi terjadi dan waktu tidak terjadi intervensi.

Secara umum, pengaruh *X* pada *Y* ada bermacam-macam, dapat terjadi seketika itu juga (segera), *gradual*, *permanent* atau setelah ada *delay* waktu tertentu. Berikut ini adalah penjelasan teoritik berkaitan dengan pengaruh *X* pada *Y* yang *gradual* dan *permanent*.

b. Model Intervensi Funsi *Pulse* Orde Satu

Asumsi bahwa pengaruh kejadian intervensi adalah hanya pada waktu ada intervensi seperti pada model (5) di atas (dan tidak berdampak pada waktu setelah ada intervensi) seringkali tidak dapat dipertahankan. Suatu pendekatan alternatif yang mengakomodasi bentuk pengaruh yang lain adalah pengaruh *gradual* dari suatu kejadian intervensi. Hal demikian disebut model intervensi orde satu. Dengan menganggap model seperti pada persamaan (2), tetapi ditulis sebagai berikut :

$$\mathrm{Y}_t^* = \mathrm{Y}_t - \mathrm{N}_t \; . \qquad (6)$$

Dan diperlukan parameter tambahan untuk mendefinisikan $f(X_t)$ sebagai berikut :

$$\mathrm{Y}_t^* \equiv \mathrm{f}(\mathrm{X}_t) = \frac{\omega}{1-\delta \mathrm{B}} \mathrm{X}_t \qquad (7)$$

dimana disyaratkan nilai δ adalah $-1 < \delta < 1$ atau $|\delta| < 1$. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut

$$\mathrm{Y}_t^* = \delta \mathrm{Y}_{t-1}^* + \omega \mathrm{X}_t \; . \qquad (8)$$

Karena $\mathrm{Y}_{t-1}^* = \delta \mathrm{Y}_{t-2}^* + \omega \mathrm{X}_{t-1}$ dan $|\delta| < 1$, maka kita dapat mensubstitusikan kembali kedalam persamaan (8) dan mendapatkan persamaan

$$\mathrm{Y}_t^* = \omega \sum_{j=0}^{\infty} \delta^j \mathrm{X}_{t-j} \qquad (9)$$

Jika persamaan (9) ini diterapkan, dimana untuk semua observasi waktu tidak terjadi intervensi, $\mathrm{X}_{t \neq T} = 0$ dan observasi pada waktu terjadi intervensi, $\mathrm{X}_{t=T} = 1$, maka secara umum untuk *k* (dimana *k* = 0,1,2,…) periode setelah intervensi didapatkan persamaan sebagai berikut :

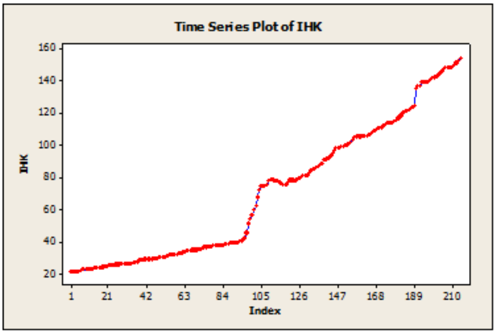
$$\begin{aligned} Y_{T+k}^* &= \omega(X_{T+k} + \delta X_{T+k-1} + \delta^2 X_{T+k-2} + \ldots + \delta^k X_{T+k-k} + \delta^{k+1} X_{T+k-(k+1)} + \ldots)a \\ &= \omega(0 + 0 + 0 + \ldots + 0 + \delta^k 1 + 0 + 0 + \ldots) \\ &= \omega\delta^k \; . \qquad (10) \end{aligned}$$

Persamaan (10) ini mempunyai arti bahwa pengaruh dari "*pulse*" adalah berangsur-angsur menghilang sesuai deret geometris yang ditentukan dengan nilai δ . Gambar 1 berikut ini menunjukkan nilai Y_t^* untuk model dengan nilai $\omega = 1$ (gambar a) dan $\omega = -1$ (gambar b) serta *single pulse* terjadi pada *t* = T untuk beberapa nilai δ (delta) yang berbeda.

III. Peramalan data IHK dengan Model Intervensi

Sebagai ilustrasi dari penggunaan Model Intervensi ini, maka akan dilakukan analisis terhadap data Indeks Harga Konsumen (IHK). Sebagaimana diketahui bahwa IHK merupakan salah satu indikator nasional untuk melihat besarnya dampak intervensi atau kebijakan-kebijakan yang terjadi di Indonesia. Salah satu intervensi terbesar yang berdampak pada IHK adalah adanya krisis moneter pada pertengahan tahun 1997 yang mengakibatkan lonjakan harga-harga komoditas yang dibutuhkan masyarakat

Pada langkah awal analisis, dilakukan identifikasi terhadap model melalui plot *time series*, sebagai berikut:



Gambar 1.

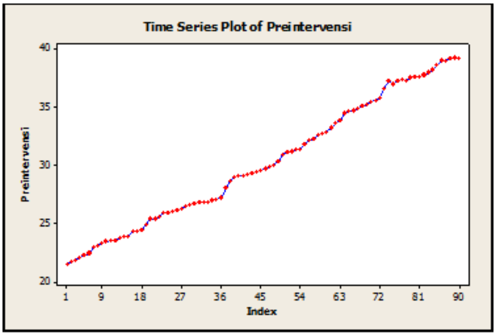
Dari plot time series di atas terlihat ada kecenderungan bahwa data IHK meningkat dari tahun ke tahun dan terjadi lonjakan yang cukup drastis pada dua kali waktu yaitu pada data ke-90 atau Juni 1997 dan data ke 190 atau Oktober 2005.

Untuk analisis selanjutnya harus diperhatikan juga *history* data IHK yang merupakan data tahunan (musiman). Dapat dilihat bahwa terjadinya lonjakan IHK secara drastis pertama terjadi sekitar pada Juni 1997 dimana pada waktu tersebut terjadi krisis moneter yang menyebabkan kenaikan pada harga barang cukup tinggi juga pada data ke-190 terjadi lonjakan cukup tinggi namun tidak diketahui pasti ada kejadian apa waktu itu. Selain krisis moneter, fenomena yang mungkin juga mempengaruhi IHK adalah kebijakan pemerintah menaikkan harga BBM yang meskipun pengaruhnya tidak begitu nampak pada plot *time series*, namun dapat juga dipertimbangkan untuk menjadi variabel intervensi.

Dengan fenomena tersebut, analisis yang dapat digunakan adalah analisis intervensi dengan krisis moneter sebagai variabel *step function,* yaitu kejadian yang memberikan dampak berkelanjutan pada data (pola data) dan kenaikan harga BBM sebagai variabel *pulse function* karena dampaknya hanya pada saat terjadi fenomena tersebut.

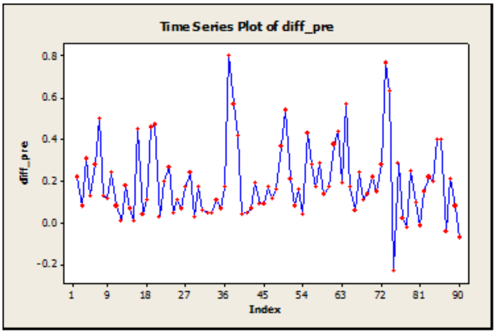
Langkah selanjutnya adalah dengan membagi data menjadi dua bagian yaitu sebelum kejadian intervensi (preintervensi) dan setelah intervensi.

Data pengamatan sampai ke-90 digunakan sebagai data preintervensi. Analisis pada data ini digunakan model ARIMA.



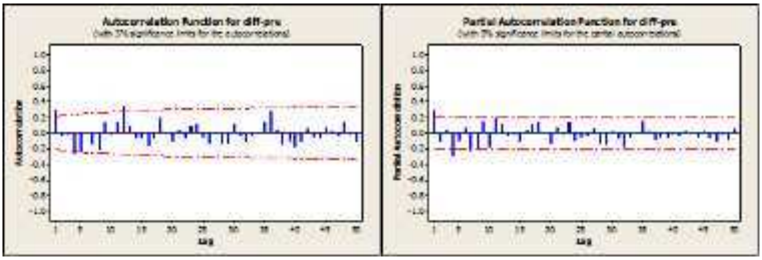
Gambar 2.

Dari plot di atas terlihat bahwa data tidak stasioner dalam mean sehingga perlu di*differencing.*



Gambar 3.

Secara visual sudah terlihat bahwa data sudah stasioner dalam mean dan varians, sehingga untuk melihat model ARIMA selanjutnya melihat plot ACF dan PACF-nya sebagai berikut:



Gambar 4.

Dari plot ACF terlihat bahwa lag 1, 4, dan 12 keluar, sedangkan dari plot PACF terlihat bahwa lag 1 dan 43 yang keluar. Model terbaik yang diperoleh untuk data preintervensi di atas adalah ARIMA(0,1,1)(0,1,1)^{12}.

IV. Runing Program

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0.3220	0.1075	-3.00	0.004
SMA 12	0.8408	0.1033	8.14	0.000
Constant	0.003144	0.005895	0.53	0.595

Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12
Number of observations: Original series 90, after differencing 77
Residuals: SS = 1.44266 (backforecasts excluded)

MS = 0.01950 DF = 74

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

Lag	*12*	*24*	*36*	*48*
Chi-Square	*12.4*	*26.7*	*37.9*	*46.0*
DF	*9*	*21*	*33*	*45*
P-Value	*0.194*	*0.179*	*0.257*	*0.431*

Output di atas menunjukkan bahwa semua koefisien signifikan dan asumsi *white noise* juga telah terpenuhi.

Langkah selanjutnya adalah memodelkan data intervensi dengan menggabungkan data preintervensi dan sesudahnya (data intervensi). Karena adanya kejadian intervensi dua kali (semua intervensi merupakan kejadian *step function*), maka struktur data yang digunakan adalah sebagai berikut:

21.44	0	0
21.66	0	0
… …		….
39.39	1	0
39.74	1	0
…		
123.48	1	0
124.33	1	0
135.15	0	1
136.92	0	1
136.86	0	1
… …		…
152.32	0	1
153.53	0	1

Yang selanjutnya data dengan struktur di atas dianalisis dengan menggunakan program SAS, diperoleh hasil :

Conditional Least Squares Estimation

Parameter	*Estimate*	*Standard error*	*t Value*	*Approx Pr > |t|*	*Lag*
MA1,1	*-0.44306*	*0.09737*	*-4.55*	*<.0001*	*1*
AR1,1	*0.66690*	*0.08727*	*7.64*	*<.0001*	*12*

Variance Estimate 0.031011

Std Error Estimate 0.176099

AIC 54.5858

SBC -49.6085
Number of Residuals 89
** AIC and SBC do not include log determinant.*

Autocorrelation Check of Residuals
To Chi- Pr > Lag Square DF ChiSq
Autocorrelations

6 3.33 4 0.5048 0.022 0.101 0.140
0.065 -0.010 0.029
12 12.57 10 0.2487 0.139 -0.031 0.224
0.139 -0.017 -0.035
18 27.29 16 0.0383 0.056 0.191 -0.031
0.162 0.135 0.217
24 36.83 22 0.0247 0.088 0.002 0.136
-0.120 0.170 -0.095

Tests for Normality

Test	*--Statistic---*		*-----p Value------*	
Shapiro-Wilk	*W*	*0.967817*	*Pr < W*	*0.0262*
Kolmogorov-Smirnov	*D*	*0.084748*	*Pr > D*	*0.1144*
Cramer-von Mises	*W-Sq*	*0.124156*	*Pr > W-Sq*	*0.0526*
Anderson-Darling	*A-Sq*	*0.779376*	*Pr > A-Sq*	*0.0429*

Terlihat pada output diatas bahwa seluruh parameter signifikan pada α = 10%, dan asumsi white noise pada residual juga terpenuhi.
Sebelum melakukan interpretasi pada output 2, bertolak pada bagian sebelumnya bahwa terdapat kemungkinan besar adanya intervensi kenaikan harga BBM juga mempengaruhi data IHK, maka analisis intervensi akan dilanjutkan dengan menambahkan bentuk intervensi kenaikan harga BBM. Struktur datanya sebagai berikut :

21.44	0	0
21.66	0	0
…	…	….
22.18	0	1
39.74	0	0
…		
59.65	0	1
124.33	0	0

135.15	1	0
136.92	1	0
136.86	1	0
…	…	…
152.32	1	0
153.53	1	0

Output SAS sebagai berikut :
The ARIMA Procedure
Maximum Likelihood Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > |t|	Lag	Variable	Shift
MU	0.03071	0.03923	0.78	0.4336	0	yt	0
MA1,1	-0.41925	0.06418	-6.53	<.0001	1	yt	0
MA2,1	0.88245	0.07846	11.25	<.0001	12	yt	0
NUM1	0.42398	0.13217	3.21	0.0013	0	s2	0
NUM1,1	-0.14165	0.13137	-1.08	0.2809	1	s2	0
NUM2	0.75425	0.52330	1.44	0.1495	0	s1	7
DEN1,1	0.80034	0.25325	3.16	0.0016	1	s1	7

Constant Estimate 0.030715
Variance Estimate 1.007373
Std Error Estimate 1.00368
AIC 568.4234
SBC 591.1893
Number of Residuals 191

Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	Autocorrelations-					
6	13.80	4	79	0.061	0.170	0.117	0.129	0.050	0.070
12	17.74	10	0.0595	0.093	-0.063	-0.045	-0.006	0.007	-0.068
8	21.41	16	0.1632	-0.074	-0.014	-0.068	-0.046	-0.062	-0.036
24	28.53	22	0.1589	-0.081	-0.107	-0.093	-0.073	-0.021	-0.025
30	31.73	28	.2856	-0.065	0.015	-0.092	0.014	-0.024	-0.027
36	35.00	34	0.4203	-0.051	-0.040	-0.023	0.039	0.086	-0.014

The ARIMA Procedure
Model for variable yt
Estimated Intercept 0.030715
Period(s) of Differencing 1,12
Moving Average Factors
*Factor 1: 1 + 0.41925 B**(1)*
*Factor 2: 1 - 0.88245 B**(12)*
Input Number 1
Input Variable s2
Period(s) of Differencing 1
Numerator Factors
*Factor 1: 0.42398 + 0.14165 B**(1)*
Input Number 2
Input Variable s1
Shift 7
Period(s) of Differencing 1
Overall Regression Factor 0.754247
Denominator Factors
*Factor 1: 1 - 0.80034 B**(1)*

Sehingga diperoleh Forecasts untuk variable y_t sebagai berikut:

Actual	Forecast
147.41	147.9274
148.32	148.8277
148.67	149.8464
148.43	150.3459
148.58	151.2018
148.92	153.235
149.90	153.9151
151.11	154.5335

Tabel di atas memperlihatkan nilai prediksi yang tidak terlalu jauh berbeda dengan nilai aktual.

Daftar Pustaka

Bell, W.R. and S. Hillmer (1983), Modeling time series with calendar variation, Journal of American Statistical Association, 78, 526-534.

Bowerman, B.L. and O'Connel. (1993). Forecasting and Time Series: An Applied Approach 3rd ed, Belmont, California : Duxbury Press.

Box, G.E.P., Jenkins, G.M., and Reissel. G.C. (1994). Time Series Analysis Forecasting and Control, 3rd edition, Englewood Cliffs : Prentice Hall.

Enders, W., Sandler, T. and Cauley, J. (1990). "Assessing the Impact of Terrorist Thwarting Policies: An Intervention Time Series Approach." Defense Economics 2 , 1-18.

McSweeny, A.J. (1978). "The Effects of Response Cost on the Behavior of a Million Persons: Charging for Directory Assistance in Cincinnati." Journal of Applied Behavioral Analysis 11, 47-51.

Montgomery, D.C., and Weatherby. (1980). "Modeling and Forecasting Time Series Using Transfer Function and Intervention Methods," AIIE Transactions, December, pg. 289-307.

Rusman, R., (1998), Prihatin Lahir Batin : Dampak Krisis moneter dan bencana elnino terhadap masyarakat, keluarga, ibu dan anak di indonesia dan pilihan intervensi, edisi II, jakarta, Puslitbang Kependudukan dan Ketenagakerjaan LIPI

Suhartono and B.S. Sampurno (2002), The Comparison study between Transfer Function and Intervention-Calendar Variation Model for Forecasting The Number of Plane and Train Passengers, Jurnal Matematika atau Pembelajarannya, Special Edition, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Suhartono dan Hariroh, E. (2003). Analisis Pengaruh Pengeboman Gedung WTC New York Terhadap Fluktuasi Indeks Saham Dunia Dengan Model Intervensi, Makalah Seminar Matematika dan Statistika, ITS Surabaya dan Alumni PPS Matematika UGM.

Wei, W.W.S. (1990). Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods, Canada, Addison Wesley Publishing Company.