

PERBANDINGAN METODE BOX-JENKINS DAN HOLT-WINTERS DALAM PREDIKSI ANOMALI OLR PENTAD DI KAWASAN BARAT INDONESIA

Eddy Hermawan

Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

e-mail: eddy_lapan@yahoo.com

Diterima 7 Maret 2011; Disetujui 2 Agustus 2011

ABSTRACT

One of the pivotal study when analyzing the impact of the *Madden-Julian Oscillation* (MJO) phenomenon on rainfall anomalies in the Western part of Indonesia region is knowing the characteristics and the prediction of Outgoing Longwave Radiation (OLR) as the main parameter. This paper, focused to develop a predictive model OLR using the Box-Jenkins (ARIMA) method, which compared by the Holt-Winters method. This analysis focused on the average five days (pentad) OLR data in the Western part of Indonesia region, precisely at the position of 120°E for period of January 2007 to December 2009. Based on the comparison of the MSE (*Mean Squares of Errors*), and the MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) obtained from the Box-Jenkins (ARIMA) and Holt-Winters methods can be concluded that appropriate to predict the value of pentad OLR data on the position 120°E is the Box-Jenkins (ARIMA) method, because it has smaller value of MSE and MAPE comparing with the Holt-Winters method. Box-Jenkins model is the model ARIMA (1.0.1)(0.1.1)⁹ according to the results of significance analysis, autocorrelation in the residuals (white noise), also normality of residuals, where the process is repeated until model is really suitable and best meet the assumptions of model selection. The models can be assessed by the signal tracking value at each forecasting model. This assessment showed two of models in accepted boundary value, i.e ±5. This shows forecasting model can still be used to predict the 4 periods of the OLR pentad anomaly.

Keywords: *Box-Jenkins (ARIMA), Holt-Winters, OLR, and Prediction Model*

ABSTRAK

Salah satu kajian penting ketika menganalisis dampak dari fenomena *Madden-Julian Oscillation* (MJO) terhadap anomali curah hujan di kawasan barat Indonesia adalah mengetahui karakteristik dan prediksi radiasi gelombang panjang *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) sebagai parameter utama. Makalah ini difokuskan untuk mengembangkan

model prediktif OLR menggunakan metode Box-Jenkins (ARIMA) yang dibandingkan dengan metode Holt-Winters. Analisis ini difokuskan pada data rata-rata lima harian (*pentad*) OLR yang ada di kawasan barat Indonesia, tepatnya di posisi 120°BT periode Januari 2007 hingga Desember 2009. Berdasarkan perbandingan kesalahan kuadrat rata-rata *Mean Squares of Errors* (MSE), dan kesalahan persentase absolut rata-rata *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh dari metode Box-Jenkins (ARIMA) dan Holt-metode Winters dapat disimpulkan bahwa metode Box-Jenkins (ARIMA) relatif lebih tepat untuk meramalkan nilai anomali OLR pentad pada posisi 120°BT karena memiliki nilai MSE dan MAPE yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode Holt-Winters. Model Box-Jenkins (ARIMA) yang dimaksud adalah model ARIMA (1.0.1)(0.1.1)⁹ berdasarkan hasil analisis signifikansi, autokorelasi dalam residu (*white noise*), juga kenormalan residu, dimana proses ini dilakukan berulang-ulang hingga model tadi benar-benar cocok dan memenuhi asumsi pemilihan model terbaik. Untuk mengkaji sejauh mana model tadi bisa diandalkan, ditentukan nilai *tracking signal* pada setiap model peramalan. Hasilnya menunjukkan ternyata kedua model peramalan di atas masih berada dalam batas nilai ± 5 . Hal ini menunjukkan model peramalan masih dapat digunakan untuk memprediksi 4 periode anomali OLR pentad ke depan.

Kata kunci: *Box-Jenkins (ARIMA), Holt-Winters, OLR, dan Model Prediksi*

1 PENDAHULUAN

Hingga saat ini diakui bahwa paling tidak ada dua sirkulasi udara besar yang mengendalikan iklim dan cuaca di kawasan Benua Maritim Indonesia (BMI), yakni Sirkulasi Utara-Selatan (*Meridional Circulation*) dan Sirkulasi Barat-Timur (*Zonal Circulation*) yang masing-masing terkait erat dengan fenomena Monsun (Monsun Asia dan Australia) dan *El-Niño and Southern Oscillation* (ENSO). Namun, ada fenomena lain yang tidak kalah penting untuk terus dikaji lebih mendalam, yakni fenomena *Intra-Seasonal Variability* (ISV), khususnya fenomena *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dengan data radiasi gelombang panjang *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) sebagai parameter utamanya (Madden and Julian, 1971). Hal ini dapat dimengerti mengingat fenomena MJO terkait erat dengan aktivitas kumpulan awan kumulonimbus (Cb) yang senantiasa bergerak aktif di sepanjang sabuk (*belt*) ekuator yang dikenal dengan istilah *Super Cloud Clusters* (SCCs).

Riset intensif masalah MJO sebenarnya telah dimulai sejak tahun 2006 menggunakan data radar yang memiliki resolusi waktu pengamatan yang relatif “tinggi” (*high resolution*), yakni *Boundary Layer Radar* (BLR) dan *Equatorial Atmosphere Radar* (EAR) yang ada di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) LAPAN di Kototabang, Bukittinggi, Sumatera Barat. Hasil yang telah diperoleh, selain diketahui periodisitas (osilasi dominan), juga struktur vertikal MJO berbasis hasil analisis kedua radar di atas. Namun demikian, ada satu hal yang belum dilakukan, yaitu prediksi anomali OLR sebagai parameter mekanisme terjadinya MJO.

Terkait dengan pokok permasalahan di atas, maka makalah ini difokuskan untuk prediksi perilaku data OLR, khususnya pada posisi 120°BT berbasis kepada hasil analisis dua model statistik, yakni metode Box-Jenkins (dikenal sebagai ARIMA) dan Holt-Winters. Hal ini penting dilakukan agar dapat diketahui mana di antara kedua metode di atas yang nantinya signifikan secara statistik untuk dapat digunakan memprediksi besarnya anomali OLR di kawasan bagian barat Indonesia di masa mendatang.

2 TEORI DASAR

Metode peramalan dari data *time-series* yang panjang umumnya dibagi dalam dua kelompok besar, yakni metode peramalan kualitatif dan kuantitatif, walaupun ada juga yang menggabungkan keduanya. Contoh dari metode peramalan kualitatif adalah metode peramalan berdasarkan perkiraan (*judgement*) dan matrik penarikan keputusan. Sementara, metode peramalan kuantitatif antara lain seperti metode regresi, metode pemulusan eksponensial, metode dekomposisi dan metode Box-Jenkins (ARIMA). Pada umumnya digunakan pendekatan kira-kira (*judgemental*) untuk meramalkan dari sebuah pendekatan yang lebih objektif.

Model *time series* yang paling populer dan banyak digunakan dalam peramalan data *time series* adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* atau yang dikenal dengan model ARIMA (Bowerman and Richard, 1993). Dalam aplikasinya model ini mengharuskan dipenuhinya asumsi stasioneritas pada nilai rata-rata (*mean*) dan varians dari *time series*.

Menurut Makridakis dan Hibon (1979) langkah awal dalam membuat ramalan masa mendatang adalah menentukan apakah akan digunakan metode peramalan formal atau prosedur informal. Fakta yang diperoleh dari literatur menyatakan dengan tegas bahwa pada kondisi data yang berulang, metode kuantitatif atau metode peramalan formal lebih baik daripada prosedur informal.

Selanjutnya Makridakis dan Hibon (2000) merangkumnya menjadi: (1). Berbagai ukuran keakuratan *Mean Squares of Errors* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menghasilkan hasil yang konsisten ketika digunakan untuk mengevaluasi metode peramalan yang berbeda, (2). Metode pemulusan eksponensial berkinerja baik dibandingkan metode lain, jika terdapat jumlah data yang relatif sedikit, (3). Kinerja berbagai metode peramalan tergantung dari panjangnya waktu peramalan (tahunan, triwulanan, bulanan) dan jenis data yang dianalisa. Berdasarkan pendapat pada kajian teori yang telah disebutkan, maka dalam penelitian ini digunakan metode peramalan Box-Jenkins yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan metode Hot-Winters (metode pemulusan eksponensial).

3 DATA DAN METODE ANALISIS

3.1 Data

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data anomali OLR pentad (dalam satuan Watt/m^2) yang terletak di kawasan barat Indonesia, tepatnya di posisi 120°BT periode terhitung sejak tanggal 3 Januari 2007 hingga 29 Desember 2008 (sebanyak 146 data pengamatan), sedangkan mulai tanggal 3 Januari 2009 hingga 27 Februari 2009 (sebanyak 12 data pengamatan) digunakan untuk mengevaluasi (validasi) hasil ramalan yang dibuat.

Penggunaan data ini didasarkan kepada hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hermawan (2010) yang menemukan adanya kesamaan pola (*pattern*) yang hampir sama atau mendekati sama antara data pentad OLR pada posisi tersebut dengan nilai RMM1 dan RMM2 (RMM, *Real Multivariate MJO*) dengan nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) sekitar 0,15.

Dengan kata lain, data di atas sebenarnya telah divalidasi dengan data RMM1 dan RMM2 yang menggambarkan posisi sabuk (*belt*) 10°LS - 10°LU di sepanjang 120°BT , seperti tertulis dalam web-site; http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_mjo_index/proj_norm_order.ascii). Dengan data tersebut, maka dibuatlah suatu model prediksi anomali OLR pentad berpola musiman pada posisi 120°BT berbasis hasil analisis metode Box-Jenkins (ARIMA) yang kemudian dibandingkan dengan metode Hot-Winters.

3.2 Metode Analisis

3.2.1 Metode Box-Jenkins

Secara umum metode ini dibagi dalam beberapa tahap (Box and Jenkins, 1976), yakni; (1). Identifikasi model (membuat plot data

apakah stasioner atau tidak, dan kemudian menganalisis plot data dengan ACF, *Auto Correlation Function*, PACF, *Partial Auto Correlation Function*), (2). Penaksiran parameter model dengan cara coba-coba dikenal dengan istilah “*trial and error*”, dan perbaikan secara iteratif), (3). Uji diagnostik dengan cara : (a). Mempelajari nilai sisa atau (galat residual) dan (b). Mempelajari statistik sampling, (4). Pengujian apakah model yang didapat sudah stasioner atau belum. Jika belum stasioner, maka dilakukanlah tahap ke (5). *Differencing* atau transformasi dari model yang tidak stasioner menjadi stasioner. Langkah ke (6). Penaksiran parameter model, dan ke (7). Diagnostik (uji) model sebelum akhirnya ditentukan model peramalan musiman yang relatif paling tepat.

3.2.2 Metode Holt-Winters

Metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan adanya *trend* dan indikasi musiman dari satu *time-series* data, yang merupakan gabungan dari metode Holt dan metode Winters. Metode ini merupakan penghalusan eksponensial dengan tiga kali pembobotan. Peramalan dengan metode Holt-Winters pada umumnya tidak selalu harus memenuhi kaidah-kaidah deret waktu seperti signifikansi autokorelasi dan stasioneritas. Adapun tahapan peramalan data deret waktu menggunakan metode *exponential smoothing*, yaitu: (1). Pemilihan metode peramalan yang meliputi; ramalan p periode ke depan, deret *eksponensial smoothing*, estimasi terhadap *trend*, dan estimasi terhadap data prediksi (2). Penentuan konstanta pemulusan, (3). Peramalan dengan model konstanta pemulusan terpilih, (4). Ukuran ketepatan model peramalan, sebelum akhirnya dilakukan tahap ke (5). Validasi model peramalan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peramalan OLR pada Posisi 120°BT Berbasis Box Jenkins (ARIMA)

Setelah diketahui model ARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)^s$ yang telah ditetapkan sudah baik maka model tersebut layak dijadikan sebagai model peramalan untuk periode yang akan datang. Secara umum model ARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)^s$ musiman dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D X_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^s)a_t \quad (4-1)$$

Model yang diperoleh adalah model ARIMA $(1,0,1)(0,1,1)^9$ adalah sebagai berikut:

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B^9)X_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \Theta_1 B^9)a_t \tag{4-2}$$

Model yang diperoleh adalah model ARIMA (1,0,1)(0,1,1)⁹ dapat diuraikan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + X_{t-9} - \phi_1 X_{t-10} + a_t - \Theta_1 a_{t-9} - \theta_1 a_{t-9} + \theta_1 \Theta_1 a_{t-10} \tag{4-3}$$

Berdasarkan hasil analisis model ARIMA (1,0,1)(0,1,1)⁹ mempunyai nilai-nilai parameter sebagai berikut:

$$\hat{\phi}_1 = 0,2961 \quad , \quad \hat{\theta}_1 = -0,4708 \quad , \quad \hat{\Theta}_1 = 0,8918$$

Apabila nilai-nilai parameter di atas dimasukkan ke dalam Persamaan (4.3), maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$X_t = 0,2961X_{t-1} + X_{t-9} - 0,2961X_{t-10} + a_t - 0,8918a_{t-9} + 0,4708a_{t-9} + (-0,4708)(0,8918)a_{t-10} \tag{4-4}$$

Dengan menggunakan *software* Minitab 14, model ARIMA (1,0,1)(0,1,1)⁹, hasil ramalan data *pentad* OLR untuk 12 periode pentad ke depan sebagai berikut:

Tabel 4-1: HASIL RAMALAN UNTUK DATA OLR PADA POSISI 120°BT BERBASIS METODE BOX-JENKINS

Periode Pengamatan	Hasil Ramalan
03-01-2009	-0,044
08-01-2009	0,306
13-01-2009	0,301
18-01-2009	-0,371
23-01-2009	-0,893
28-01-2009	-0,688
02-02-2009	-0,378
07-02-2009	-0,283
12-02-2009	0,390
17-02-2009	0,580
22-02-2009	0,491
27-02-2009	0,355

4.2 Peramalan OLR Pada Posisi 120°BT Berbasis Hot-Winters

Setelah melalui proses penentuan konstanta pemulusan, maka didapatkan nilai pemulusan optimum, yaitu $\alpha = 0,1$, $\delta = 0,6$ dan $\gamma = 0,1$. Dengan demikian, maka diperoleh nilai hasil peramalan untuk 12 periode pentad ke depan yang disajikan Tabel 4-2:

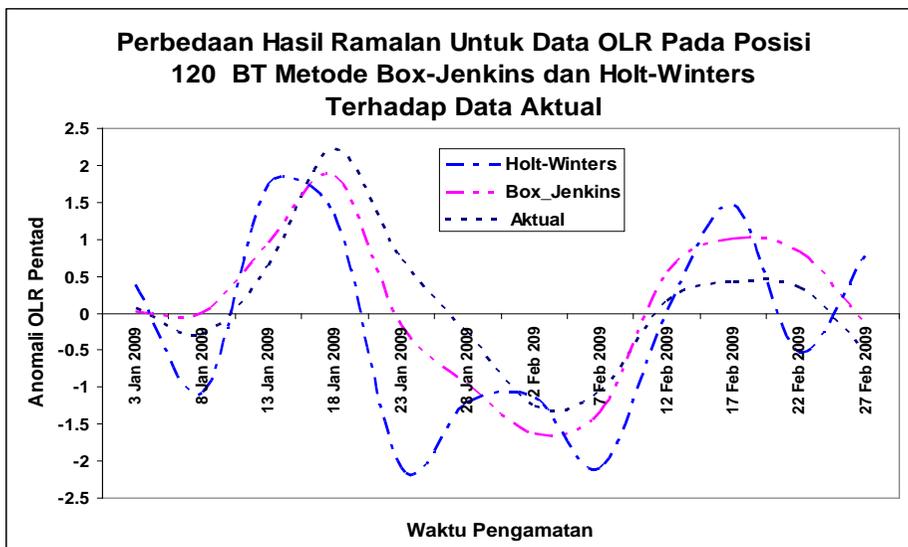
Tabel 4-2: SAMA DENGAN TABEL 4.1, TETAPI BERBASIS METODE HOLT-WINTERS

Periode Pengamatan	Hasil Ramalan
03-01-2009	0,360
08-01-2009	-1,094
13-01-2009	0,792
18-01-2009	-0,523
23-01-2009	-1,926
28-01-2009	-0,251
02-02-2009	0,487
07-02-2009	-0,750
12-02-2009	-0,515
17-02-2009	0,455
22-02-2009	-1,373
27-02-2009	0,988

Untuk menganalisis lebih lanjut perbedaan yang cukup signifikan antara metode Box Jenkins dengan Holt-Winters terhadap data aktual dapat dilihat pada Tabel 4-3 dan Gambar 4-1.

Tabel 4-3: PERBEDAAN HASIL RAMALAN UNTUK DATA OLR PADA POSISI 120°BT METODE BOX-JENKINS DAN HOLT-WINTERS TERHADAP DATA AKTUAL

Periode Pengamatan	Aktual	Box-Jenkins	Holt-Winters
03-01-2009	0,07	-0,044	0,360
08-01-2009	-0,29	0,306	-1,094
13-01-2009	0,64	0,301	0,792
18-01-2009	2,23	-0,371	-0,523
23-01-2009	0,72	-0,893	-1,926
28-01-2009	-0,27	-0,688	-0,251
02-02-2009	-1,25	-0,378	0,487
07-02-2009	-1,06	-0,283	-0,750
12-02-2009	0,17	0,390	-0,515
17-02-2009	0,43	0,580	0,455
22-02-2009	0,35	0,491	-1,373
27-02-2009	-0,52	0,355	0,988



Gambar 4-1:Perbedaan hasil ramalan untuk data OLR pada posisi 120°BT Metode Box-Jenkins dan Holt-Winters terhadap data aktual

Dari Tabel 4-2 dan juga Gambar 4-1 di atas terlihat bahwa nilai ramalan menggunakan metode Box-Jenkins (ARIMA) ternyata relatif hampir mendekati data aktualnya. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0.26 untuk metode Box-Jenkins, dan 0.09 untuk metode Holt-Winters. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Box Jenkins (ARIMA) dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya anomali OLR pentad di masa mendatang. Untuk mendukung dugaan di atas, maka dilakukanlah uji analisis perbandingan nilai *Mean Squares of Errors* (MSE) dan juga *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari kedua metode di atas, dengan asumsi model peramalan yang nantinya dipilih adalah model peramalan yang memiliki nilai MSE dan MAPE yang terkecil. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4-4 berikut:

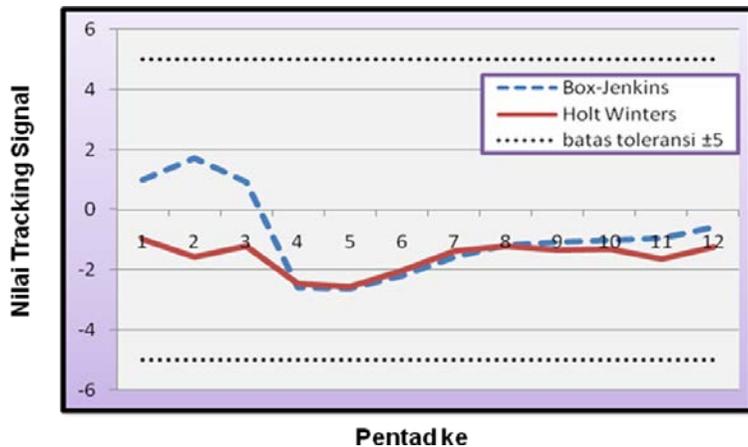
Tabel 4-4: PERBANDINGAN NILAI MSE DAN MAPE ANTARA METODE BOX-JENKINS DAN METODE HOLT-WINTERS

Metode Peramalan	Nilai MSE	Nilai MAPE
Metode Box-Jenkins	1,021	1,195
Metode Holt-Winters	2,014	2,144

Dengan mengamati perbandingan dari metode peramalan Box-Jenkins dan Holt-Winters dengan melihat nilai MSE dan MAPE-nya, maka dapat disimpulkan bahwa metode peramalan yang tepat untuk memprediksi nilai data anomali OLR pentad pada posisi 120°BT di

masa mendatang adalah metode Box-Jenkins, karena selain memiliki pola data yang mendekati sama dengan data aktual, namun juga memiliki nilai MSE dan MAPE yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode Holt-Winters.

Hasil ini didukung dengan hasil grafik *tracking signal* yang merupakan hasil evaluasi data dua belas anomali OLR pentad terhitung sejak 3 Januari 2009 hingga 27 Februari 2009, baik menggunakan model Box-Jenkins dan Holt-Winters yang disajikan pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2: Grafik *Tracking Signal* dari Metode Box-Jenkins dan Holt-Winters

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa besarnya nilai-nilai *tracking signal* dari dua belas periode waktu yang diramalkan berada dalam batas toleransi yang bisa diterima yaitu ± 5 (Abraham and Johannes, 1983). Ini menunjukkan bahwa model peramalan masih bisa digunakan untuk meramalkan p periode waktu ke depan. Jika pada peramalan selanjutnya, nilai *tracking signal* berada di luar batas toleransi penerimaan, maka perlu ditentukan model peramalan baru.

Memang terjadi perbedaan yang cukup signifikan pada awal-awal prediksi dari pentad ke 1 hingga pentad ke 3, namun setelah memasuki pentad ke 4, kedua model prediksi bisa saling berimpit satu dengan yang lain sebagaimana terlihat jelas pada Gambar 4-2. Dengan perkataan lain, kedua model sebenarnya cukup valid bila digunakan untuk prediksi setelah 4 pentad berikutnya, hanya saja metode Box-Jenkins (ARIMA) sepertinya lebih layak untuk dipakai.

Metode Box-Jenkins dan Holt-Winters adalah metode prediksi statistik dengan segala asumsi statistik, sementara OLR adalah suatu variabel atmosfer yang bergantung kepada banyak faktor. Insolasi sebagai sumber utama pembentuk OLR variasinya kecil, tetapi insolasi dalam perjalanannya menuju OLR dipengaruhi oleh kelembaban, suhu,

awan, dan proses refleksi, dan *scattering* radiasi itu sendiri. Adanya perbedaan antara hasil ramalan dengan nilai aktual adalah hal yang wajar, karena metode statistik tidak memperhitungkan proses atmosfer.

Dengan demikian, karena masih adanya perbedaan yang cukup signifikan antara hasil ramalan dengan hasil aktual, maka riset ini perlu diulang baik menggunakan metode di atas maupun dengan metode lain agar diperoleh hasil ramalan yang lebih baik lagi tentunya.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi masalah dan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan: (1). Berdasarkan perbandingan hasil ramalan anomali OLR pentad dan perbandingan nilai rata-rata kesalahan kuadrat *Mean Squares of Errors* (MSE) dan nilai rata-rata kesalahan prosentasi mutlak *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), antara metode Box-Jenkins dengan metode Holt-Winters dapat disimpulkan bahwa metode yang relatif tepat untuk meramalkan nilai data pentad *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) pada posisi 120°BT adalah metode Box-Jenkins, karena selain memiliki pola (*pattern*) yang hampir sama dengan pola data aktual, namun juga memiliki nilai MSE dan MAPE yang relatif paling kecil, bila dibandingkan dengan metode Holt-Winters, (2). Model ARIMA (1.0.1)(0.1.1)⁹ merupakan model terbaik untuk nilai OLR pada posisi 120°BT berdasarkan pada hasil pemilihan model dengan memperhatikan signifikansi model, autokorelasi pada residu (*white noise*) dan juga kenormalan residu, (3). Dari hasil validasi model peramalan untuk melihat sejauh mana model yang didapat bisa diandalkan dengan melihat nilai *tracking signal* pada setiap model peramalan, ternyata untuk kedua model peramalan (Box-Jenkins dan Hot-Winters) masih berada dalam batas terima ± 5 . Ini menunjukkan bahwa model peramalan masih bisa digunakan untuk meramalkan empat (4) periode anomali OLR pentad ke depan.

DAFTAR RUJUKAN

- Abraham, B., and L, Johannes, 1983. *Statistical Methods for Forecasting*, Jhon Wiley & Sons Inc, New York, p:8-377.
- Bowerman, B.L., and Richard, O., 1993. *Forecasting and Time Series: Applied Approach*, Third Edition, Belmont-California : Duxbury Press.
- Box, G.E.P., and Jenkins, G.M., 1976. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Rev. ed., Holden-Day San Francisco, 575p.
- Hermawan, E., 2010. *Pengembangan Model Prediksi Madden-Julian Oscillation (MJO) Berbasis Hasil Analisis Data Real Time Multivariate MJO (RMM1 dan RMM2)*, Proceedings of the 5th Kyoto

University Southeast Asia Forum Conference of the Earth and Space Sciences Conference of the Earth and Space Sciences, p:1-13.

http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/cwlink/daily_mjo_index/proj_norm_order.ascci.

Madden, R., and Julian, P.R., 1971. *Detection of a 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific*, J. Atmos. Sci., 28, p:702-208.

Makridakis and Hibon, 1979. *An Accuracy of Forecasting: An Experimental Investigation (with discussion)*, Journal of the Royal Statistical Society (A) 142 (1979), p:97-145.

Makridakis, J, and Hibon, K., 2000. *The M-3 Competition: Results, Conclusions, and Implications*, Discussion paper, INSEAD, Paris.