

ANALISIS STRUKTUR VERTIKAL MJO TERKAIT DENGAN AKTIVITAS *SUPER CLOUD CLUSTERS* (SCCs) DI KAWASAN BARAT INDONESIA

Eddy Hermawan

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN
e-mail : eddy_lapan@yahoo.com

ABSTRACT

One important aspect when its *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) Campaign 2004 in Kototabang which lasted for approximately one month of observation (April 10 to May 10, 2004) was an analysis of the vertical structure of the phenomenon of the *Madden-Julian Oscillation* (MJO) related to the activity of the *Super Cloud Clusters* (SCCs) as one of the main parameters in assessing the behavior of rainfall occurred in the western region of Indonesia. The data used are data of *Equatorial Atmosphere Radar* (EAR), *Boundary Layer Radar* (BLR), *Mini Automatic Weather Station* (MAWS), and *Optical Rain Gauge* (ORG) at Kototabang, LAPAN Ground Station. While the supporting data used are long-wave radiation anomaly data (*Outgoing Longwave Radiation*, OLR) and surface rainfall data. The analysis using spectral techniques, particularly the *Fast Fourier Transform* (FFT) on data anomalies daily average five (pentad) OLR oscillation 2001-2005 period shows that the dominant than the data is approximately 30 daily. These oscillations typically occurred in the lower troposphere layer with the direction of propagation toward the east. Besides that, the existence of convergence and divergence processes in the layer 3 and 10 km above mean sea level (msl) is also found, particularly on the date April 23, 2004 of EAR data analysis. Finally, we try to link these events by analyzing the relationship between OLR with the rainfall in Kototabang and the surrounding region, particularly ORG measurement results with the correlation coefficient of about 0.71.

Keywords : *CPEA Campaign, MJO, OLR, EAR, and ORG*

ABSTRAK

Salah satu kajian penting pada saat kegiatan *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) Campaign 2004 di Kototabang yang berlangsung selama kurang lebih satu bulan pengamatan (10 April-10 Mei 2004) adalah analisis tentang struktur vertikal fenomena *Madden-*

Julian Oscillation (MJO) terkait dengan masalah aktivitas *Super Cloud Clusters* (SCCs) sebagai salah satu parameter utama dalam mengkaji perilaku curah hujan yang terjadi di kawasan barat Indonesia. Data utama yang digunakan adalah data *Equatorial Atmosphere Radar* (EAR), *Boundary Layer Radar* (BLR), *Mini Automatic Weather Station* (MAWS), dan *Optical Rain Gauge* (ORG) yang ada di SPD LAPAN Kototabang. Sementara data penunjang yang digunakan meliputi data anomali radiasi gelombang panjang (*Outgoing Longwave Radiation*, OLR) dan data curah hujan permukaan. Berbasis hasil analisis menggunakan teknik spektral, khususnya *Fast Fourier Transform* (FFT) terhadap data anomali rata-rata lima harian (pentad) OLR periode 2001-2005 menunjukkan bahwa osilasi dominan daripada data tersebut sekitar 30 harian. Osilasi ini umumnya terjadi di lapisan bawah troposfer dengan arah propagasi menuju ke arah timur. Selain itu ditemukan pula adanya proses konvergensi dan divergensi pada lapisan 3 dan 10 km di atas permukaan laut (dpl), khususnya pada tanggal 23 April 2004, hasil analisis data EAR. Akhirnya, kami mencoba mengkaitkan kejadian ini dengan menganalisis keterkaitan antara OLR dengan curah hujan yang ada di Kototabang dan kawasan sekitarnya, khususnya hasil pengukuran ORG dengan nilai koefisien korelasi sekitar 0.71.

Kata kunci: *CPEA Campaign*, *MJO*, *OLR*, *EAR*, dan *ORG*

1 PENDAHULUAN

Ada tiga kawasan penting di dunia yang telah ditetapkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) sebagai tempat/lokasi terjadinya perubahan iklim global. Satu di antara lokasi tersebut adalah Indonesia, selain Brasil di Amerika Selatan dan Congo di Afrika. Di antara ketiga kawasan tersebut, ternyata Indonesia adalah yang paling mendapat perhatian utama. Hal ini dimungkinkan karena kurang lebih tujuh puluh persen wilayah Indonesia didominasi oleh lautan yang menyebabkan kawasan ini diduga sebagai penyimpan bahang (panas) terbesar, baik yang sensibel ataupun latent (tersembunyi) bagi pembentukan awan-awan kumulus, seperti Cumulonimbus (Hermawan, 2002). Selain itu, wilayah Indonesia juga dikenal sebagai satu-satunya kawasan unik di daerah ekuator yang memiliki karakteristik atmosfer berbeda dengan kawasan lainnya yang dikenal sebagai *Benua Maritim Indonesia* (BMI) atau lebih dikenal sebagai *Indonesia Maritime Continent* (IMC). Hal ini disebabkan selain karena letaknya yang sangat strategis, yakni diapit oleh dua benua besar (Asia

dan Australia) dan dua Samudera besar (Pasifik dan Hindia) dengan distribusi daratan dan lautan yang tidak merata. Dan yang lebih penting lagi adalah kawasan ini ternyata memiliki garis pantai yang relatif panjang, sekitar 90.000 km yang menyebabkan relatif basah sepanjang tahun akibat diapit oleh sekitar 17.500 pulau.

Oleh karena itu, sangatlah menarik untuk dilakukan kajian terhadap dinamika atmosfer Indonesia Bagian Barat, khususnya kawasan Sumatera Barat yang merupakan salah satu kawasan dianggap sensitif terhadap fenomena *Indian Ocean Dipole Mode* (IODM) sebagai bentuk mininya El-Niño di Indonesia (Komalaningsih, 2004). Namun berdasarkan hasil kajian yang intensif yang telah dilakukan oleh Matthews (2000) dengan menggunakan data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) menunjukkan bahwa fenomena ini dibangkitkan oleh dinamika aktif kumpulan awan-awan Cb yang dikenal dengan istilah *Super Cloud Cluster* (SCCs). Selain itu juga menurut hasil kajian dengan menggunakan NCEP/NCAR reanalysis dan OLR oleh Sperber dan Slingo (2002) yang mengkaji tentang propagasi dan struktur vertikal MJO pada periode November-Maret di sekitar Indonesia terlihat bahwa propagasi MJO aktif ke arah timur, khususnya di lapisan 850 hPa atau setara dengan 1.5 km di atas permukaan laut (dpl).

Disisi lain diketahui bahwa *Madden-Julian Oscillation* (MJO) merupakan fenomena dominan di kawasan ekuator dengan waktu periode osilasi berkisar antara 30 hingga 70 harian akibat pengaruh awan-awan konveksi yang terbentuk di atas Samudera Hindia (sebelah barat Indonesia) kemudian bergerak ke arah Timur di sepanjang garis ekuator. Perlu diketahui bahwa fenomena MJO sangat mempengaruhi cuaca dan iklim secara global. Walaupun disadari bahwa tidak mudah untuk mendeteksi kapan dan dimana aktivitas MJO dominan terjadi. Oleh karena itu, maka diperlukan teori yang komprehensif untuk menjelaskan MJO itu sendiri, seperti karakteristik, mekanisme, propagasi dan struktur vertikal sebelum akhirnya dapat dibuatkan simulasi. Berbagai hasil penelitian yang menjelaskan studi tentang propagasi dan struktur vertikal MJO telah dilakukan orang. Namun data yang digunakan cenderung hanya menggunakan data OLR, NCEP/NCAR re-analysis dan radiosonde semata. Oleh karena itu dengan menggunakan data *Equatorial Atmosphere Radar* (EAR) dan *Boundary Layer Radar* (BLR) diharapkan dapat lebih menjelaskan propagasi dan struktur vertikal MJO lebih baik.

Atas dasar itulah, maka studi ini dikaji dengan tujuan utamanya adalah menganalisis struktur vertikal fenomena MJO terkait dengan

masalah aktivitas SCCs sebagai salah satu parameter utama dalam mengkaji perilaku curah hujan yang terjadi di kawasan barat Indonesia, khususnya yang terjadi di atas Kototabang dan kawasan sekitarnya berbasis hasil analisis EAR, BLR, OLR, MAWS dan ORG saat kegiatan *Coupling Processes Equatorial Atmosphere* (CPEA) I tahun 2004 berlangsung.

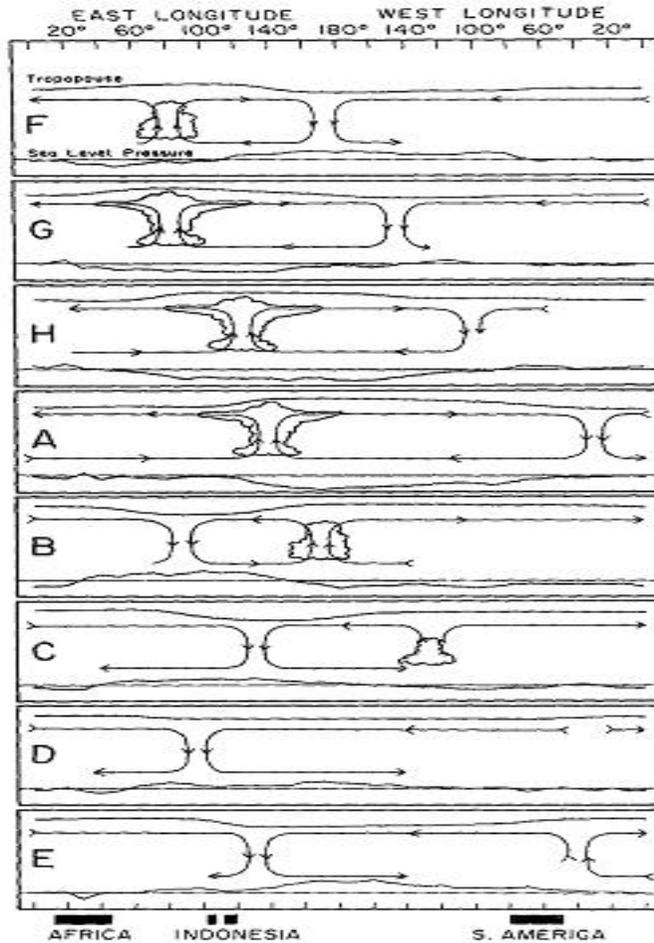
2 TEORI DASAR

2.1 Madden-Julian Oscillation (MJO)

Perubahan dalam skala yang pendek atau musiman yang terjadi, khususnya di daerah ekuator, umumnya didominasi oleh satu fenomena yang dikenal sebagai MJO. Osilasi ini pertama kali ditemukan oleh Madden dan Julian (1971,1972) dimana MJO ini mengalami osilasi selama 40-50 harian (Gambar 2-1a). Akibat dari skala waktu yang ditemukan, maka osilasi ini juga dapat disebut osilasi 30-60 harian atau perubahan dalam skala waktu musiman.

Perlu diketahui bahwa fenomena MJO masuk dalam skala besar yang terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat yang bergerak dari Barat (Samudera Hindia) ke arah Timur (Samudera Pasifik) dengan kecepatan $\sim 5 \text{ ms}^{-1}$ (Zhang, 2005). Fenomena ini juga dipengaruhi oleh interaksi antara atmosfer dan lautan yang mempengaruhi sistem cuaca dan iklim.

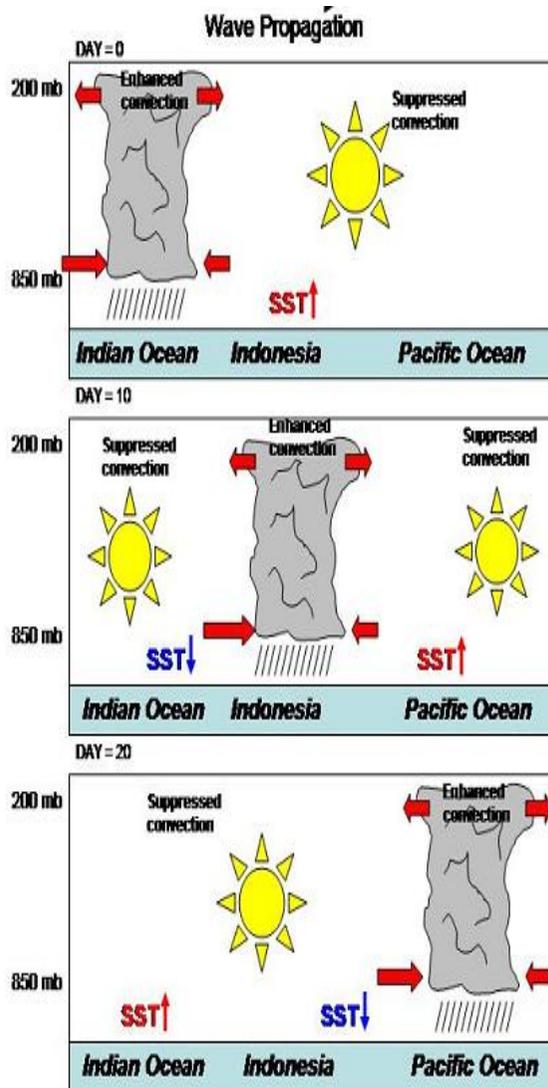
Hal ini juga dijelaskan oleh Matthews (2000) yang mengatakan bahwa gugus-gugus awan tumbuh di Samudera Hindia lalu bergerak ke arah Timur dan membentuk siklus MJO (Gambar 2-1a). Sementara Gambar 2-1b menunjukkan adanya pengaruh suhu permukaan laut (SST, *Sea Surface Temperature*) di Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang mengakibatkan SCCs berpropagasi ke arah timur, dimana dalam perjalanannya SCCs terbentuk akibat adanya pemanasan matahari yang intensif sehingga pada level 850 hPa terjadi konvergen, dan pada level 200 hPa terjadi divergen dengan demikian membentuk konveksi yang kuat.



Gambar 2-1a: Skema sirkulasi MJO 40-50 harian yang dipengaruhi oleh angin zonal. Periode sirkulasi MJO disimbolkan dengan huruf di atas dimana skema konveksi kuat ditandai oleh terbentuknya awan cumulus dan cumulonimbus (Madden dan Julian, 1972)

2.2 Fast Fourier Transform (FFT)

Keberadaan pola osilasi pada suatu deret waktu dapat dilihat dari unsur-unsur periodik yang terkandung didalamnya. Analisa spektral adalah suatu cara yang umumnya digunakan untuk melihat adanya suatu periodisitas yang mungkin tersembunyi dalam data deret waktu tersebut. Dalam analisa spektral dilakukan suatu transformasi dari domain waktu ke domain frekuensi dimana pola osilasi akan terlihat sebagai puncak (*peak*) energi spektral pada frekuensi tertentu.



Gambar 2-1b: Cross section siklus MJO secara vertikal yang berpropagasi dari arah Barat (Samudera Hindia) ke arah Timur (Samudera Pasifik). Tanda panah merah mengindikasikan arah angin dan warna biru menyatakan positif (negatif) anomali. (Madden dan Julian, 1971; 1972)

Salah satu metode analisis spektral yang umum digunakan adalah FFT. Definisi deret fourier adalah sebagai berikut:

$$F(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \tag{2-1}$$

Pada suatu selang $(0, 2\pi), (-\pi, \pi)$ dengan perioda 2π , dimana:

$$a_o = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi(0)}^{\pi(2\pi)} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi(0)}^{\pi(2\pi)} f(x) \cos nx \quad dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi(0)}^{\pi(2\pi)} f(x) \sin nx \quad dx$$

3 DATA DAN METODE ANALISIS

3.1 Data

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data EAR berupa data *Vertikal Echo Power* (VEP) dan data angin dengan periode waktu harian 1 Maret - 30 Juni 2004 saat kegiatan CPEA I berlangsung. Data ini dapat diperoleh di situs <http://rslab.riko.shimane-u.ac.jp/CPEA/campaign/>, dimana karakteristik data yang dipakai berbentuk ASCII dengan format.csv. Data EAR selengkapnya diperoleh dari LAPAN-Bandung dalam bentuk *binary*.
- b. Data *Boundary Layer Radar* (BLR) berupa data angin dengan periode dan lokasi yang sama dengan EAR. Karakteristik dari data yang dipakai berbentuk ASCII dengan format .csv dan *binary* yang didapatkan dari <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr/kototabang/data/blrdata> juga dari LAPAN Bandung.
- c. Data Radiosonde yang dipakai meliputi temperatur, angin zonal, angin meridional dan kelembaban spesifik. Data diambil dari hasil pengamatan pada kegiatan CPEA yang dilakukan oleh tim CPEA Jepang di saat fase aktif MJO berlangsung. Data ini dalam bentuk ASCII, diperoleh dari <http://rslab.riko.shimane-u.ac.jp/CPEA/campaign/sonde/data.html>. Jumlah pengamatan mencapai sekitar 4 kali per hari, dua kali lebih banyak dibandingkan dengan standar WMO yaitu sebanyak 2 kali.
- d. Data Permukaan berupa curah hujan harian dari MAWS dan ORG daerah Kototabang (0.23°LS;100.32°BT) dengan periode waktu 1 Maret – 30 Juni 2004. Karakteristik dari data yang dipakai adalah berupa ASCII. Data MAWS dan ORG in dapat di download dari alamat website berikut: <http://www.osakac.ac.jp/labs/sibagaki/sibagaki/2002-maws>.
- e. Sebagai pendukung data dalam analisa secara spasial maka digunakan data NCEP/NCAR Reanalysis berupa data OLR, GPCP, Curah hujan dan angin pada periode waktu 2001-2005 yang dapat di download di www.cdc.noaa.gov untuk data OLR, curah hujan dan

data angin. Sedangkan data OLR pentad dapat didownload di (http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_mjo_index/proj_norm_order.ascii).

3.2 Metode Analisis

Sementara metodologi yang dipakai dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Analisis Propagasi MJO

Analisis propagasi MJO dilakukan dengan mengolah data NCEP/NCAR reanalysis berupa data OLR, GPCP, curah hujan dan angin pada periode waktu 2001-2005 secara spasial untuk mengetahui kapan dan dimana MJO aktif, pengolahan data ini dibantu dengan software grads serta plot data OLR dan GPCP di http://www.cdc.noaa.gov/map/time_plot/ dan <http://cics.umd.edu/~yin/GPCP/main.html>.

Kemudian dibandingkan dengan data curah hujan harian dari MAWS dan ORG daerah Kototabang (0.23°LS;100.32°BT) dengan periode waktu 1 Maret – 30 Juni 2004 yang diolah dengan menggunakan matlab versi 7.0.

Selain itu, juga digunakan data radar (EAR dan BLR) berupa data vertikal echo power (VEP), angin zonal dan vertikal dalam bentuk format.csv dilakukan dengan bantuan software Matlab versi 7.0. Sementara pengolahan data BLR dan EAR dalam bentuk *binary* dilakukan dengan menggunakan satu perangkat komputer *SUN Mycosystem* dengan software XYGraph.

b. Analisis Struktur Vertikal MJO

Pengolahan data untuk menganalisis struktur vertikal MJO digunakan data OLR pentad pada periode waktu 2001-2005, data angin zonal pada periode waktu 1 Maret-30 Juni 2004 dan radiosonde pada periode waktu dimana MJO aktif dan pasif yang terlihat dari time series angin zonal, sehingga hasil pengolahan akhir akan mendapatkan suatu informasi tentang struktur vertikal dari MJO.

c. Analisis Statistika

Analisis statistika ini diolah dengan menggunakan metode korelasi silang untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yaitu OLR dan curah hujan 5 harian dengan periode waktu 1 Maret - 31 Juni 2004 menggunakan bantuan software SPSS 13 *for windows*.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Propagasi MJO

Analisis ini dilakukan pada periode 1 Maret – 30 Juni 2004 (satu bulan sebelum dan sesudah kegiatan CPEA I, 10 April – 9 Mei 2004), dimana pada saat periode CPEA I terlihat adanya propagasi awan-awan besar SCCs akibat adanya angin baratan menuju ke arah timur (dari Samudera Hindia ke Samudera Pasifik). Propagasi SCCs ini pun terlihat pada periode 1 Maret – 30 Juni 2004 seperti terlihat pada Gambar 4-1a yang konsisten dengan curah hujan yang diterima di Kototabang. Hal ini juga dibuktikan dengan menggunakan analisis statistik juga kekonsistenan antara OLR dan curah hujan dari data GPCP dan NCEP/NCAR Re-analysis periode 2001-2005.

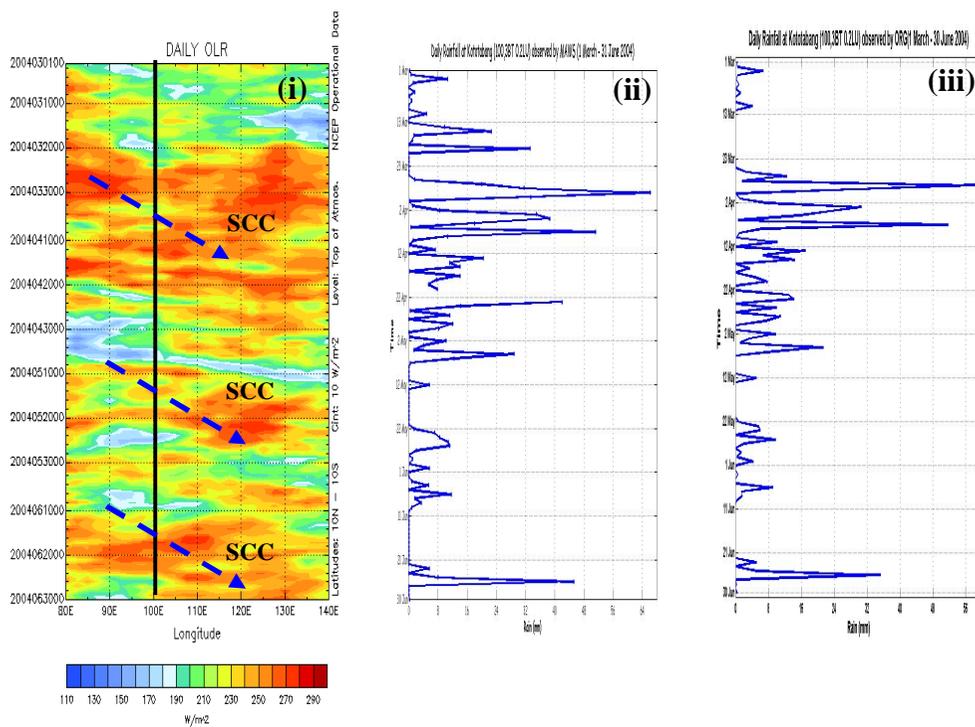
Awan-awan besar yang terbentuk pada periode 1 Maret-30 Juni 2004 yaitu SCCs1 (20 Maret – 25 April 2004), SCCs2 (10-20 Mei 2004) dan SCCs3 (10-30 Juni 2004) yang bergerak dari barat menuju timur. Pembentukan cluster awan-awan konvektif ini dicirikan dengan adanya kenaikan dan penurunan massa udara. Berikut ini ditampilkan hasil pengolahan data angin EAR dan BLR untuk periode 1 Maret- 30 Juni 2004 seperti terlihat di Gambar 4-1b menunjukkan perilaku angin zonal yang di *overlay* dengan angin vertikal dari data EAR untuk periode 1 Maret- 30 Juni 2004, dari lapisan 1 hingga 21 km dengan resolusi waktu pengamatan 1 harian dan tinggi pengamatan setiap 2 km.

Dari gambar tersebut terlihat adanya pembalikan (*reversal*) arah angin pada ketinggian sekitar 4.5 km, dimana pada lapisan di bawah 4.5 km angin dominan bergerak ke arah Timur, sedangkan untuk lapisan di atas 4.5 km angin bergerak ke arah Barat. Hal ini sesuai dengan teori skema perpotongan MJO sepanjang ekuator yang menunjukkan aktivitas konvergen (kenaikan massa udara) pada lapisan bawah yang membentuk awan-awan konvektif yang bergerak ke arah timur dan pada lapisan atasnya terjadi divergen (penurunan massa udara) walaupun tidak terlalu jelas.

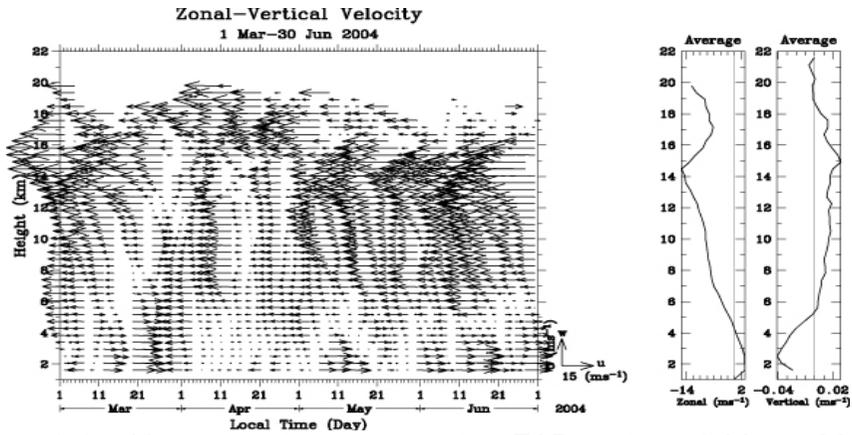
Sementara warna biru pada Gambar 4-1c menunjukkan angin timuran (menuju barat), sedangkan warna merah menunjukkan kebalikkan angin timuran yaitu angin baratan (menuju timur). Di sini terlihat jelas bahwa selama periode 1 Maret – 30 Juni 2004, angin baratan lebih dominan di lapisan bawah 4.5 km dibandingkan dengan angin timuran, dimana angin baratan ini banyak sekali membawa uap air yang berasal dari Samudera Hindia. Selain itu juga, dapat diperjelas dengan Gambar 4-1d yang menunjukkan time-series rata-rata harian angin zonal dengan kecepatan angin rata-rata 5 ms^{-1} yang diamati dengan menggunakan EAR pada periode 1 Maret hingga 30 Juni 2004 pada ketinggian 4.5 km. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh

Zhang (2005) yang mengatakan bahwa fenomena MJO masuk dalam skala besar yang terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat yang bergerak dari Barat (Samudera Hindia) ke arah Timur (Samudera Pasifik) dengan kecepatan $\sim 5 \text{ ms}^{-1}$.

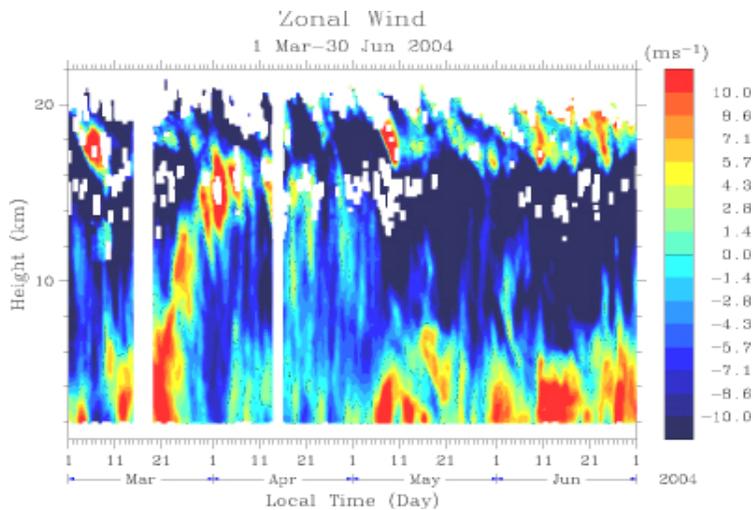
Berdasarkan data angin zonal EAR, terlihat periode angin Barat yaitu 9-25 Maret, 5 April, 7 April, 12-14 April, 7-13 Mei, 15 Mei, 17-22 Mei, 30 Mei – 4 Juni, 9-18 Juni, 22-30 Juni. Sedangkan untuk angin timur, terjadi pada tanggal 1-8 Maret, 26 Maret – 4 April, 8-11 April, 15 April-6 Mei, 14 Mei, 16 Mei, 23 Mei, 26-29 Mei, 5-8 Juni, 19-21 Juni. Sementara itu, dengan analisis spektral yang menggunakan metode FFT dimana periodisitas dari data deret waktu yang tersembunyi dapat terlihat sehingga pola osilasi akan terlihat sebagai puncak (*peak*) energi spektral pada frekuensi tertentu. Pada data time series angin zonal EAR terbentuk tiga kumpulan awan-awan besar (SCCs) yang konsisten dengan data OLR yaitu Gambar 4-1a dan 4-1b.



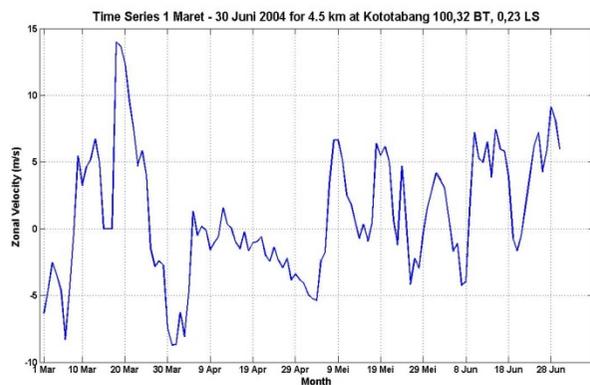
Gambar 4-1a: (i) Pergerakan SCCs yang terlihat dengan OLR (watt/m²) pada 600 hPa (sekitar 4.5 km) dari 80°BT-140°BT yang konsisten dengan curah hujan harian di Kototabang (100.32°BT, 0.23°LU) (ii) dengan menggunakan MAWS (iii) ORG



Gambar 4-1b: Vektor angin zonal-vertical EAR periode 1 Maret-30 Juni 2004

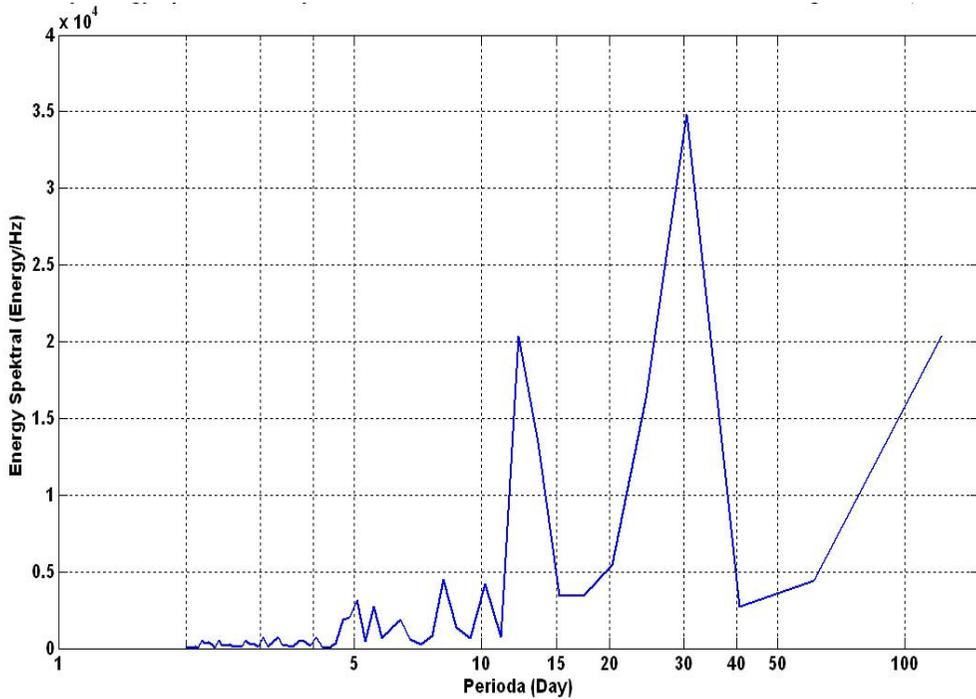


Gambar 4-1c: Kontur angin zonal EAR periode 1 Maret hingga 30 Juni 2004



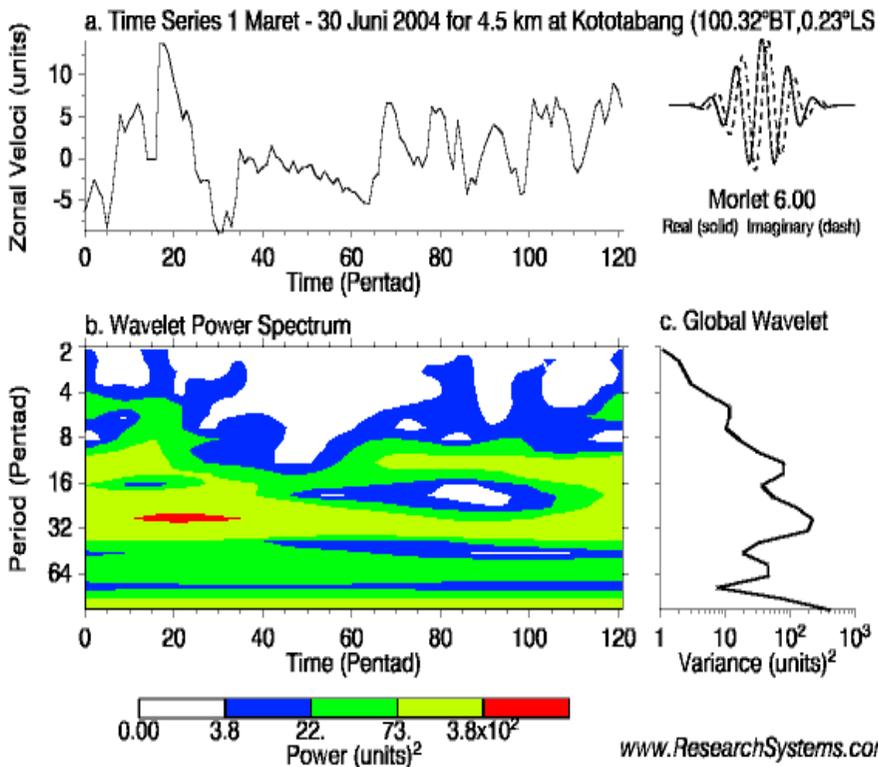
Gambar 4-1d: Time-series angin zonal EAR periode 1 Maret hingga 30 Juni 2004 pada ketinggian 4.5 km

Ini merupakan suatu hasil yang sangat menarik, karena selain fenomena MJO merupakan salah satu fenomena yang berosilasi sekitar 30-60 harian, terdapat fenomena lainnya yang melewati daerah Kototabang yang mungkin berpengaruh terhadap variasi curah hujan. Osilasi 30 harian (lihat Gambar 4-1e dan 4-1f di bawah) didapatkan dengan menggunakan teknik FFT memperlihatkan adanya konsistensi dengan analisis wavelet dari data angin zonal yang dapat diolah di <http://atoc.colorado.edu/research/wavelets/> pada periode 5 harian (pentad) dengan metode *Wavelet 'Morlet'*.



Gambar 4-1e: Energi Spektral angin *zonal* EAR periode 1 Maret-30 Juni pada ketinggian 4.5 km, dimana terlihat adanya osilasi kuat sekitar 30 harian

Dengan demikian, berdasarkan Gambar 4-1e dan 4-1f terlihat jelas adanya osilasi sekitar 30 harian sebagai indikasi adanya fenomena MJO yang melintasi Kototabang dan kawasan sekitarnya baik berbasis hasil analisis menggunakan FFT ataupun Wavelet.

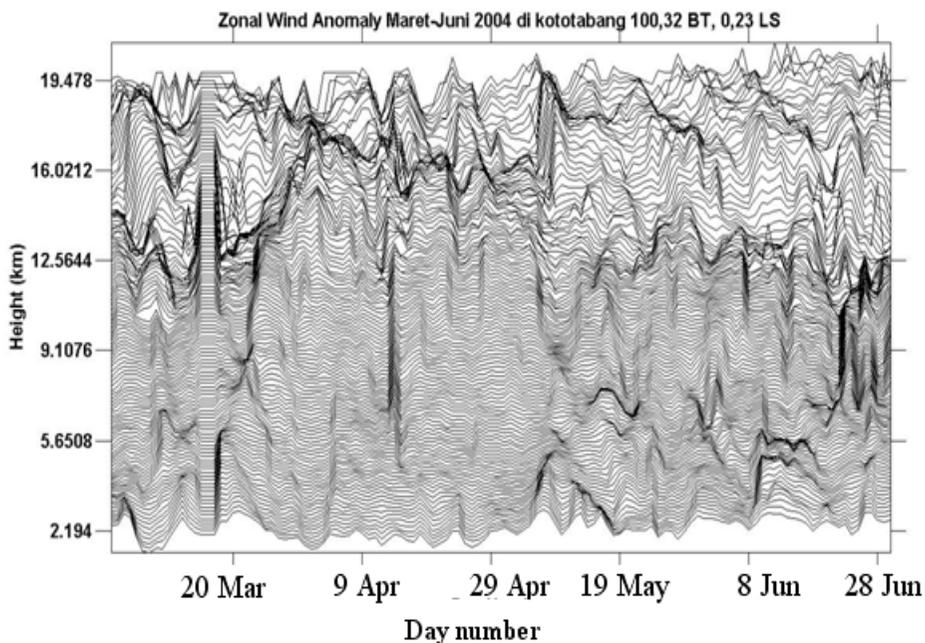


Gambar 4-1f: Sama dengan Gambar 4-1e, tetapi dengan teknik wavelet

4.2 Analisis Struktur Vertikal MJO

Telah kita ketahui bahwa mekanisme dari fenomena MJO adalah bergesernya pusat-pusat konveksi dalam periode harian ke arah Timur di ekuatorial dengan osilasi yang ditimbulkan adalah osilasi 30-60 harian. Ini merupakan suatu gambaran dari peredaran vertikal di atmosfer bagian Barat Indonesia pada level 200 hPa dan 850 hPa yang merupakan pusat divergen dan konvergen.

Namun, yang menjadikan pertanyaan apakah betul di setiap daerah pusat divergen dan konvergen terjadi pada level tersebut. Oleh karena itu, sangat penting untuk menganalisis struktur vertikal dari MJO. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4-2 yang menunjukkan struktur vertikal dari MJO dari ketinggian 2 hingga 20 km yang memperlihatkan variasi dari anomaly angin zonal. Dari gambar terlihat bahwa mekanisme MJO menjalar terus ke lapisan atas dan bervariasi tiap ketinggian membentuk suatu propagasi. Terlihat bahwa semakin tinggi maka variasi dari angin zonal semakin besar.



Gambar 4-2: Struktur vertikal MJO per ketinggian periode 1 Maret hingga 30 Juni 2004

Struktur vertikal dari fenomena MJO dari data radiosonde yang meliputi data temperatur, angin zonal, angin meridional dan kelembaban spesifik periode 10 April – 9 Mei 2004 pada saat MJO aktif dimana awan-awan besar terbentuk dan propagasi dari awan-awan besar tersebut terlihat jelas dari Barat menuju Timur dan dominan angin barat, yaitu pada tanggal 9-25 Maret, 5 April, 7 April, 12-14 April, 7-13 Mei, 15 Mei, 17-22 Mei, 30 Mei – 4 Juni, 9-18 Juni, 22-30 Juni dan pada saat MJO tidak aktif yaitu pada tanggal 1-8 Maret, 26 Maret – 4 April, 8-11 April, 15 April-6 Mei, 14 Mei, dari dominan angin zonal dari ketinggian 2 km sampai 19 km dengan periode 1 Maret – 30 Juni 2004. Perubahan anomali angin zonal terhadap ketinggian berpengaruh terhadap aktivitas awan yaitu pengangkatan dan penurunan massa udara.

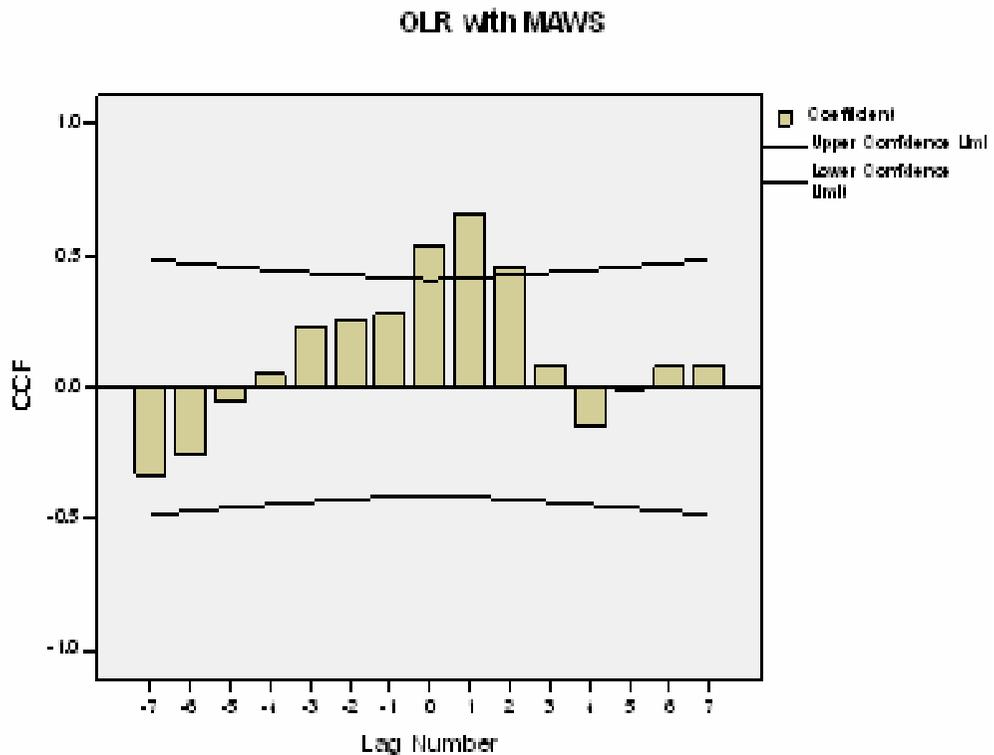
4.3 Analisis Statistik

Analisis statistik ini dilakukan untuk membuktikan hubungan antara OLR dan curah hujan (MAWS dan ORG). Kemudian dilakukan *cross-correlation* (korelasi silang) menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS versi 13, sehingga didapatkan hasil korelasi silang antara data OLR dan curah hujan di Kototabang periode 5 harian pada 1 Maret - 30 Juni 2004.

a. OLR dan MAWS

Data yang digunakan berjumlah 24 (n=24) karena data merupakan rata-rata 5 harian. Maka nilai selang kepercayaannya $2/n^{0.5}$, yaitu -0.41 sampai 0.41. Dapat dilihat dari Gambar 4-3a, ternyata tidak semua nilai korelasi berada didalam batas selang kepercayaan. Jadi, ada nilai korelasi silang antara OLR dengan curah hujan dari MAWS Kototabang pada lapisan permukaan 4.5 km. Artinya ada keterkaitan antara perilaku OLR di lapisan 4.5 km atau sekitar 600 hPa dengan curah hujan yang terjadi di wilayah stasiun Kototabang.

Dapat dilihat adanya nilai korelasi silang antara OLR dengan curah hujan Kototabang, yaitu pada lag number (selang waktu) 0 sampai 2 (lihat nilai korelasi pada Tabel 4-3a). Dengan nilai korelasi silang terbesar yaitu 0.661 ada pada lag number 1. Artinya terjadi korelasi positif antara OLR dan curah hujan, sesuai dengan Gambar 4-1(a) dan 4-1(b) yang menunjukkan bahwa pada saat nilai OLR tinggi, maka curah hujan yang terjadi di wilayah Kototabang mengalami kenaikan curah hujan hingga 58 mm.



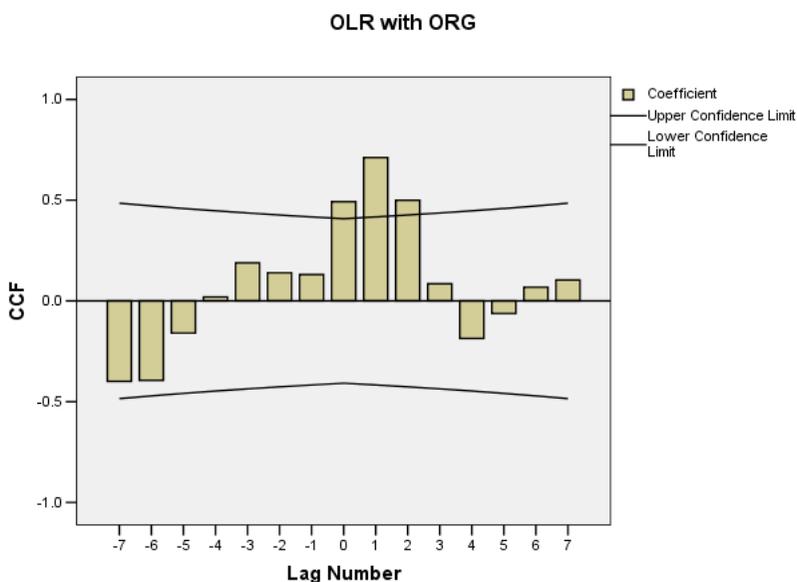
Gambar 4-3a: Grafik korelasi silang OLR-curah hujan (MAWS) Kototabang pada 1 Maret - 30 Juni 2004

Tabel 4-3a: NILAI KORELASI SILANG OLR-CURAH HUJAN (MAWS) KOTOTABANG PADA 1 MARET - 30 JUNI 2004

Lag	Korelasi Silang	Standard Error
-7	-.330	.243
-6	-.252	.236
-5	-.056	.229
-4	.048	.224
-3	.232	.218
-2	.260	.213
-1	.280	.209
0	.536	.204
1	.661	.209
2	.458	.213
3	.081	.218
4	-.146	.224
5	-.014	.229
6	.080	.236
7	.083	.243

b. OLR dan ORG

Hasil korelasi silang antara OLR dan ORG menunjukkan hasil yang sama dengan hasil korelasi silang antara OLR dan MAWS seperti nampak pada Gambar 4-3b dan Tabel 4-3b di bawah ini.



Gambar 4-3b: Grafik korelasi silang OLR-curah hujan (ORG) Kototabang pada 1 Maret - 30 Juni 2004

Tabel 4-3b: NILAI KORELASI SILANG OLR-CURAH HUJAN (ORG) KOTOTABANG PADA 1 MARET - 30 JUNI 2004

Lag	Korelasi Silang	Standard Error
-7	-.399	.243
-6	-.394	.236
-5	-.159	.229
-4	.020	.224
-3	.189	.218
-2	.139	.213
-1	.131	.209
0	.492	.204
1	.711	.209
2	.499	.213
3	.085	.218
4	-.186	.224
5	-.062	.229
6	.068	.236
7	.103	.243

Dapat dilihat dari Gambar 4-3b terlihat adanya korelasi silang antara OLR dan curah hujan yang dihasilkan dari ORG, yaitu pada *lag number* (selang waktu) 0 sampai 2 dengan nilai korelasi terbesar pada *lag number* 1 (lihat nilai korelasi pada Tabel 4-3b) sebesar 0.71. Dengan nilai korelasi tersebut menunjukkan korelasi yang positif antara OLR dan curah hujan dari ORG. Hal ini konsisten dengan Gambar 4-1a yang menunjukkan bahwa pada saat nilai OLR tinggi maka curah hujan yang terjadi di wilayah Kototabang mengalami kenaikan curah hujan hingga 58 mm.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis FFT di atas, maka dapat disimpulkan bahwa data pentad anomali OLR periode 2001-2005 menunjukkan nilai periodisitas sekitar 30 harian dengan arah propagasi (penjalaran) dari arah barat menuju timur, terutama di lapisan troposfer bawah. Terlihat bahwa semakin ke arah timur wilayah Indonesia, maka nilai peak maksimum daripada FFT tidak lagi mendekati nilai 40 harian. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas SCCs mulai melemah menuju ke arah timur. Selain itu, terlihat bahwa EAR dan BLR mampu menjelaskan kapan dan dimana aktivitas SCCs tadi terjadi. Terlihat bahwa pada tanggal 23 April 2004, terjadi proses konvergensi dan divergensi di atas Kototabang, masing-masing pada lapisan sekitar 3 dan 10 km di atas

permukaan laut. Kedua fenomena di atas ternyata konsisten dengan konsep dasar MJO seperti yang dijelaskan Matthews (2000). Juga diperoleh korelasi silang antara OLR dan curah hujan yang dihasilkan dari ORG, yaitu pada *lag number* (selang waktu) 0 sampai 2 dengan nilai korelasi terbesar 0.71. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat nilai OLR tinggi maka curah hujan yang terjadi di wilayah Kototabang mengalami kenaikan curah hujan hingga 58 mm dari kondisi saat MJO tidak dalam kondisi fase aktif.

DAFTAR RUJUKAN

- Hermawan, E., 2002. *Perbandingan Antara Radar Atmosfer Khatulistiwa dengan Middle and Upper Atmosphere Radar dalam Pemantauan Angin Zonal dan Angin Meridional*. Warta LAPAN, 1, 8-16.
- Komaliningih, K., 2004. *Kaitan Karakteristik IODM (Indonesian Ocean Dipole Mode) dengan Curah Hujan di Sumatera Barat*. Laporan Praktek Lapang. Geofisika dan Meteorologi IPB, Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Madden, R.A and P.R. Julian, 1971. *Detection of a 40-50 day Oscillation in Zonal Wind in Tropical Pacific*. J. Atmos.Sci., 28, 702-708.
- Madden, R.A and P.R. Julian, 1972. *Description of Global-Scale Circulation Cells in Tropics with a 40-50 day period*. J. Atmos.Sci., 29, 1109-1123.
- Matthews, A.J., 2000. *Propagation Mechanisms for the Madden-Julian Oscillation*. Quart J. Roy. Meteor. Soc., 126, 2637-2652.
- Sperber, K.R and J.M. Slingo, 2002. *Propagation and Vertical Structure of Madden-Julian Oscillation*. Centre for Global Atmospheric Modelling and Dept. of Meteorology at the University of Reading, England.
- Zhang, C., 2005. *Maden-Julian Oscillation*. Rev.Geophys. 43. RG2003, doi:10.1029/2004RG000158.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Madden-Julian_oscillation
<http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/20021015monsoon.html>
<http://www.met.rdg.ac.uk/~pete/mjo.htm>
<http://www.Google.com//radiosonde>