

## PERAN MJO DALAM MEMBANGKITKAN INTENSITAS MONSUN DI INDONESIA

Eddy Hermawan

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer  
E-mail: eddy\_lapan@yahoo.com

### Abstract

*Madden-Julian Oscillation (MJO)* is known as the only atmospheric phenomena with the seasonal variation of the relative oscillation of the most dominant in the tropics, clearly detected as anomalous areas of high and low, turnover longwave radiation (OLR, *Outgoing Longwave Radiation*) anomalies are moving in the direction with a speed of about 5-10 m / s. Convective anomalies associated with the deployment, the oscillations involve variations in the large-scale tropical circulation. Oscillation is strongest in the Indian Ocean, where it has the greatest impact on tropical weather. With periods ranging from 30-60 day oscillation, the oscillation affects the intensity of Monsoon Asia before finally interacting with the phenomenon of El Niño. WPR-based data analysis (*Wind Profiling Radar*) on Pontianak, Manado, and Biak the period January 2007 to July 2009 obtained by the two extremes, namely increase in zonal wind over the Pontiac, was not followed by a rising wind Manado, but the Biak (Pontianak vs. Biak) and it happens the period 1 November 2007-30 January 2008. While the Pontianak to Manado (Manado vs. United Kingdom) took place between December 7, 2008 - March 7, 2009. Although the second period, both the dominant westerlies produce wind, but there are significant differences, where the first term is dominated by the zonal wind Biak, while the second period was dominated by the zonal wind over the United Kingdom. This indicates that further to the east, the phenomenon of the weak MJO. As a result, the Monsoon phenomena that occur in eastern Indonesia, as in the Biak, no longer influenced by the MJO phenomena that exist in the western region of Indonesia, but due to local conditions.

**Keywords:** MJO, Monsoon, and WPR

### Abstrak

*Madden-Julian Oscillation (MJO)* yang dikenal sebagai satu-satunya fenomena atmosfer dengan dengan osilasi variasi musiman yang relatif paling dominan di daerah tropis, terdeteksi dengan jelas sebagai daerah anomali tinggi dan rendah, keluar masuknya radiasi gelombang panjang (OLR, *Outgoing Longwave Radiation*) anomali yang bergerak menuju ke arah dengan kecepatan sekitar 5-10 m/s. Terkait dengan penyebaran anomali konvektif, osilasi melibatkan variasi dalam sirkulasi skala besar tropis. Osilasi ini terkuat di Samudra Hindia, dimana ia memiliki dampak terbesar pada cuaca tropis. Dengan periode osilasi berkisar antara 30-60 hari, osilasi ini mempengaruhi intensitas Monsun Asia sebelum akhirnya berinteraksi dengan fenomena El Niño. Berbasis hasil analisis data WPR (*Wind Profiling Radar*) di atas Pontianak, Manado, dan Biak periode Januari 2007 hingga Juli 2009 diperoleh adanya dua kondisi ekstrim, yakni naiknya angin zonal di atas Pontianak, ternyata tidak diikuti dengan naiknya angin Manado, melainkan dengan Biak (Pontianak vs Biak) dan itu terjadi periode 1 November 2007 – 30 Januari 2008. Sementara antara Pontianak dengan Manado (Pontianak vs Manado) terjadi diantara 7 Desember 2008 – 7 Maret 2009. Walaupun kedua periode tersebut, sama-sama menghasilkan angin baratan yang

dominan, namun terdapat perbedaan yang signifikan, dimana periode pertama di dominasi oleh angin zonal Biak, sementara periode ke dua didominasi oleh angin zonal di atas Pontianak. Ini mengindikasikan bahwa semakin ke arah timur, fenomena MJO semakin lemah. Akibatnya, fenomena Monsun yang terjadi di kawasan Timur Indonesia, seperti yang terjadi di atas Biak, tidak lagi dipengaruhi oleh fenomena MJO yang ada di kawasan barat Indonesia, melainkan akibat kondisi lokal setempat.

*Kata kunci* : MJO, Monsun, dan WPR

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai satu-satunya kawasan unik dan spesifik di sabuk (*belt*) khatulistiwa yang dikenal dengan istilah IMC (*Indonesian Maritime Continent*) atau BMI (Benua Maritim Indonesia), dan juga dikenal sebagai salah satu dari tiga kawasan penting dunia dalam pemantauan perubahan iklim global, maka kompleksitas dinamika atmosfer Indonesia, khususnya yang terkait dengan masalah anomali curah hujan ekstrem amat sangat perlu untuk terus diteliti. Dua diantara tiga kawasan penting tersebut selain Indonesia adalah Congo dan Amazon yang masing-masing berada di Afrika dan Amerika Selatan. Hal ini dimungkinkan mengingat posisi strategis Indonesia yang diapit oleh dua benua besar (Asia-Australia) dan dua samudera besar (Hindia-Pasifik). Di kawasan ini pulalah, diduga sebagai kawasan peyimpan bahang (panas) terbesar, baik yang sensible ataupun yang yang laten (tersembunyi) bagi pembentukan awan-awan Cumulus, seperti Cumulonimbus (Cb).

Sebagai negara yang didominasi oleh air/laut, dimana hampir 2/3 bagian diisi oleh air, dan sisanya oleh daratan/kepulauan, dikenal dengan istilah *archipelago*, dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km dan terdiri dari kurang lebih 17.508 pulau, baik pulau besar maupun kecil, maka tidaklah mengherankan jika kawasan ini merupakan satu-satunya kawasan yang memiliki konveksi paling aktif saat ini. Ini pulalah yang menyebabkan kawasan ini hampir basah setiap tahunnya akibat intensitas curah hujan yang dihasilkannya. Akibatnya, kawasan ini rentan terhadap berbagai

---

fenomena cuaca/iklim global, khususnya fenomena Monsun yang memang nampaknya mendominasi perilaku curah hujan di kawasan ini.

Satu hal yang perlu diingat adalah bahwa fenomena Monsun tidaklah berdiri sendiri. Ia merupakan hasil interkoneksi berbagai fenomena global lainnya, khususnya fenomena MJO (*Madden-Julian Oscillation*), terutama yang terjadi di lapisan troposfer bawah. Hal lain yang perlu diingat adalah bahwa Monsun, ternyata terkait erat dengan masalah perilaku arah dan kecepatan angin, terutama di dua lapisan utama, masing-masing di lapisan 200 dan 850 hPa atau setara dengan 14.1 dan 1.5 km di atas permukaan laut (dpl). Monsun, tidak lain dan tidak bukan merupakan proses interkoneksi fenomena daratan dan lautan, seperti halnya angin darat dan angin laut yang dikenal dengan istilah *air and sea interaction* (Tjasyono, 1999).

Terhitung sejak Maret 2007 dibangunlah satu proyek kerjasama penelitian yang diberi nama HARIMAU (*Hydrometeorological ARray for ISV Monsoon AUtomonitoring*) dibawah naungan antara JAMSTEC (*Japan Marine Science and Technology*) dan BPPT dengan data WPR (*Wind Profiling Radar*) sebagai data utamanya. Hal ini dimungkinkan, karena WPR yang kini ada di Pontianak, Manado, dan Biak memang dirancang khusus untuk memantau arah dan kecepatan angin mulai dari permukaan hingga lapisan troposfer bawah (sekitar 5 atau 6 km dpl) dengan resolusi pengamatan yang relatif tinggi dengan orde menit-an hingga jam-jam-an. Atas dasar itulah, maka tujuan utama penulisan makalah ini adalah mengetahui peran MJO terhadap aktivitas Monsun di Indonesia.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Monsoon* atau Monsun berasal dari bahasa Arab dari kata "*mausam*" yang berarti musim. Monsun didefinisikan sebagai angin yang berubah arah selama setahun



atau angin yang bertiup musiman dan merupakan sistem sirkulasi regional. Menurut Chao dan Chen (2001) Monsun merupakan rata-rata waktu (misalnya, bulanan) dari sistem konvektif daratan di daerah tropis. Secara umum dapat digambarkan bahwa monsun berhubungan dengan ITCZ substansial jauh (lebih dari  $10^{\circ}$ ) dari ekuator. Keberadaan dari ITCZ sehingga monsun tidak bergantung pada perbedaan daratan dan laut yang kontras. Daratan – laut yang kontras hanya melengkapi lokasi yang menguntungkan dari bujur ITCZ (Muna, 2005).

Namun secara keseluruhan monsun dapat didefinisikan sebagai pembalikan angin permukaan tahunan, termasuk pembalikan perpindahan kelembaban tahunan dan distribusi presipitasi tahunan yang kontras antara musim panas dan musim dingin. Pusat musim panas menyebabkan musim hujan dan relatif kering saat musim dingin. (Wang, 2006). Pada dasarnya Monsun sebagai fenomena global dinamika atmosfer, disebabkan oleh : (1). Peredaran semu matahari terhadap bumi yang bergerak antara  $23,5^{\circ}$  LU hingga  $23,5^{\circ}$  LS mengakibatkan arah pergerakan angin mengikuti peredaran matahari tersebut dengan periode setengah tahunan atau sering disebut sebagai periode musiman, (2). Adanya perbedaan kapasitas panas yang diterima antara daratan dan lautan yang cukup besar.

Pada saat musim panas, daratan mempunyai suhu lebih tinggi dari pada lautan. Karena itu pada musim panas daratan merupakan pusat tekanan rendah dan angin atau sirkulasi udara berlangsung dari lautan ke daratan tersebut. Dan sebaliknya pada musim dingin suhu daratan lebih kecil daripada suhu lautan sehingga pada musim dingin daratan merupakan pusat tekanan tinggi dan sirkulasi udara berlangsung dari daratan ke lautan (Prawirowardoyo, 1996). Kawasan Indonesia memang bukanlah sebagai sumber terjadinya Monsun, tetapi terletak dalam daerah kekuasaan Monsun Asia Selatan, Monsun Asia Tenggara, dan Monsun Australia. Ketiga sistem monsun tersebut saling

---

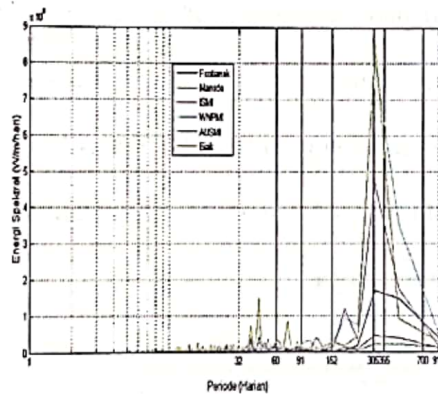
berinteraksi membentuk sistem Monsunal Indonesia. Misalnya, pada waktu daratan Asia mengalami musim dingin (disaat matahari di Belahan Bumi Selatan, BBS), maka sebagian besar wilayah Indonesia (terutama kawasan Indonesia bagian barat) terjadi musim angin barat (dikenal sebagai angin baratan) dimana umumnya banyak membawa uap air, khususnya hujan. Sebaliknya, disaat daratan Asia mengalami musim panas (disaat matahari di Belahan Bumi Utara, BBU), maka sebagian besar wilayah Indonesia (terutama kawasan Indonesia bagian timur) terjadi musim angin timur (dikenal sebagai angin timuran), dimana umumnya miskin dengan uap air. Fenomena tersebut terus menerus berulang sehingga seakan membentuk siklus teratur. Inilah yang dikatakan bahwa cirri utama fenomena Monsun di Indonesi adalah adanya perbedaan yang jelas/tegas antara datangnya awal musim penghujan dan awal musim kemarau.

### 3. METODOLOGI

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data WPR dalam orde menitan terhitung sejak Januari 2007 hingga Juli 2009 yang berada di SPD (Stasiun Pengamat Dirgantara) Pontianak, Manado, dan Biak yang diunduh dari web <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr>. Sementara data penunjang digunakan data Indeks Monsun global yang terdiri dari data ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*), WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*), dan AUSMI (*Australian Monsoon Index*) diunduh <http://www://iprc.soest.Hawaii.edu/ykaji/monsoon/realtime-monidx.html> dengan periode pengamatan yang sama dengan data utama. Sementara metode analisis utama yang digunakan berbasis analisis spektral atau lebih dikenal dengan istilah analisis periodisitas (Mulyana, 2004) baik menggunakan *Fourier Transform* (FFT) dan Transformasi Wavelet.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana dijelaskan di atas, langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis osilasi dominan daripada data anomali angin zonal di lapisan 850 hPa hasil observasi data radar WPR di atas Pontianak, Manado dan Biak yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan data Indeks Monsun global (ISMI, WNPMI, dan AUSMI) periode Januari 2007 hingga Juli 2009 menggunakan analisis spektral seperti nampak pada Gambar 1 berikut ini. Dari gambar tersebut nampak adanya osilasi dominan sekitar 365 harian dari seluruh data yang diolah. Hal ini mengindikasikan bahwa fenomena Monsun memang nyata benar adanya kuat di lapisan 850 hPa hasil pengamatan data WPR, baik yang ada di Pontianak, Manado, dan Biak.



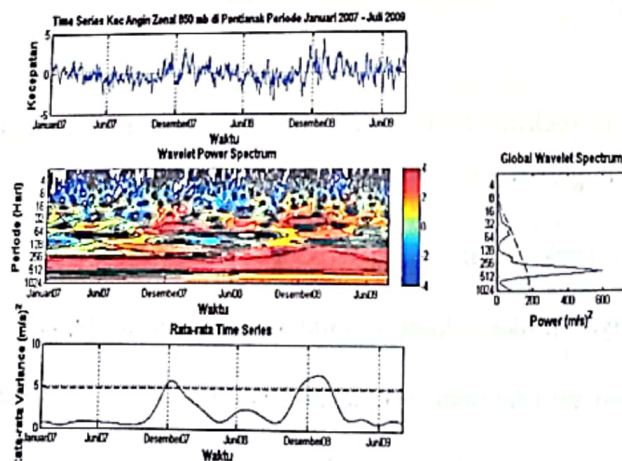
**Gambar 1:** Analisis spektral berbasis FFT untuk ketiga angin zonal dan juga indeks Monsun global periode Januari 2007 hingga Juli 2009

Hal yang menarik disini adalah terlihat sekilas bahwa hampir semua parameter menunjukkan adanya indikasi kuat fenomena Monsun di lapisan 850 hPa dengan ditemukannya osilasi satu tahunan sekitar 365 harian, walaupun dengan kekuatan *peak* yang berbeda. Namun, jika ditelaah lebih lanjut menggunakan analisis spektral berbasis wavelet akan didapat hasil yang berbeda seperti nampak pada Gambar 2(a) yang menjelaskan tentang osilasi dominan yang terjadi dari satu data time-series panjang,

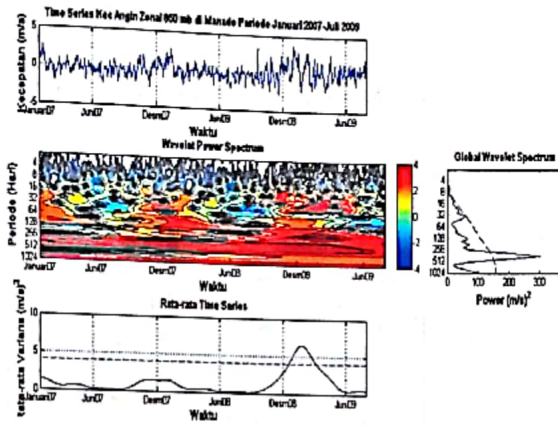


tepatnya data angin zonal di lapisan 850 hPa periode Januari 2007 hingga Juli 2009 di atas Pontianak.

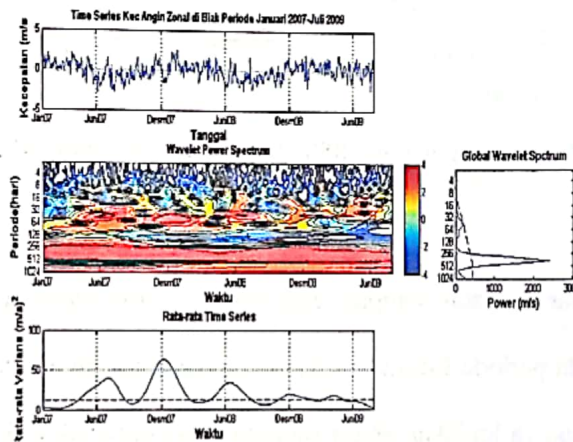
Hasilnya berupa empat paket gambar, masing-masing data time-series, *wavelet power spectrum*, rata-rata variansi time-series, dan *global wavelet spectrum*. Dari *global wavelet spectrum* misalnya, terlihat jelas adanya osilasi dominan yang terletak diantara nilai 256-512 yang bila dirata-ratakan akan mendekati nilai 384 yakni hasil dari penjumlahan 256+512, lalu di bagi dengan nilai 2. Sementara dari rata-rata variansi diperoleh adanya dua *peak* maksimum, masing-masing di sekitar Desember 2007 dan Desember 2008 yang terjadi di atas Pontianak. Fenomena ini ternyata tidak ditemukan di dua lokasi berikutnya. Hanya satu (*single*) *peak* yang muncul, yakni Desember 2007 di atas Biak (Gambar 2(c)), dan Desember 2008 di atas Manado (Gambar 2(b)). Dengan asumsi angin zonal bergerak sempurna di sepanjang sabuk (*belt*) ekuator, maka idealnya memang kenaikan angin zonal di lapisan 850 hPa di atas Pontianak akan diikuti dengan kenaikan angin zonal di Manado, lalu diikuti Biak. Namun, faktanya tidaklah demikian, justru yang terjadi adalah sebaliknya.



Gambar 2(a): Analisis spektral berbasis wavelet untuk kawasan Pontianak periode Januari 2007 hingga Juli 2009



Gambar 2(b): Sama dengan Gambar 2(a), tetapi untuk kawasan Manado

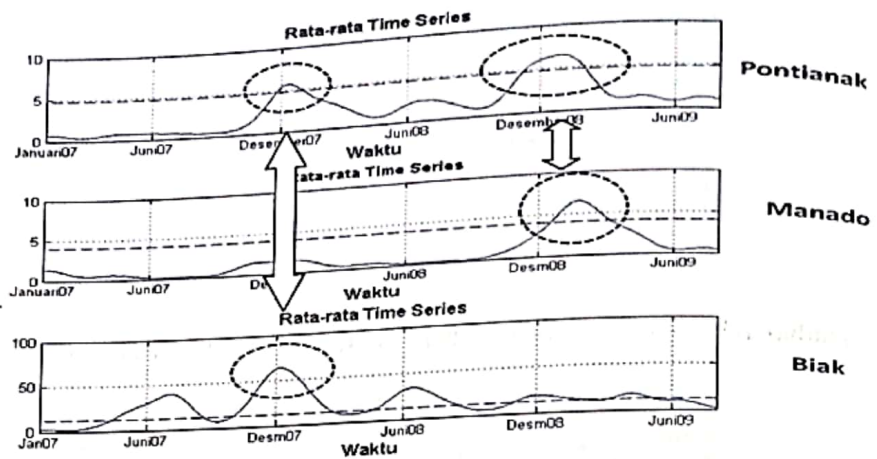


Gambar 2(c): Sama dengan Gambar 2(a), tetapi untuk kawasan Biak

Dari rangkaian gambar di atas, terutama dari parameter variance adanya lonjakan angin zonal di atas Pontianak yang kemudian diikuti dengan Manado dan Biak. Hal ini penting dilakukan mengingat adakah fenomena MJO ikut berperan disana dalam rangka ikut memodulasi atau membangkitkan terjadinya fenomena Monsun di ketiga kawasan tersebut. Dengan demikian analisis kami fokuskan ke jangka pendek yang dibagi dua, yakni periode terhitung sejak 1 November – 30 Januari 2008 (sebagai periode I), dan 7 Desember 2008 - 7 Maret 2009 (sebagai periode II) seperti nampak

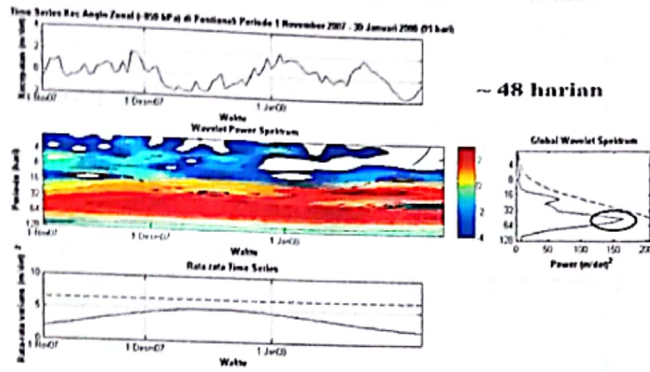


pada Gambar 3 berikut. Mohon di catat disini bahwa fokus utama kegiatan penelitian ini adalah menganalisis adakah peran MJO disaat terjadinya fenomena Monsun.

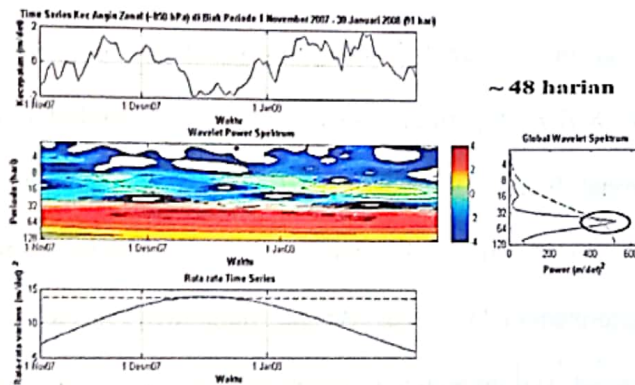


**Gambar 3:** Variansi angin zonal 850 hPa di atas Pontianak, Manado, dan Biak

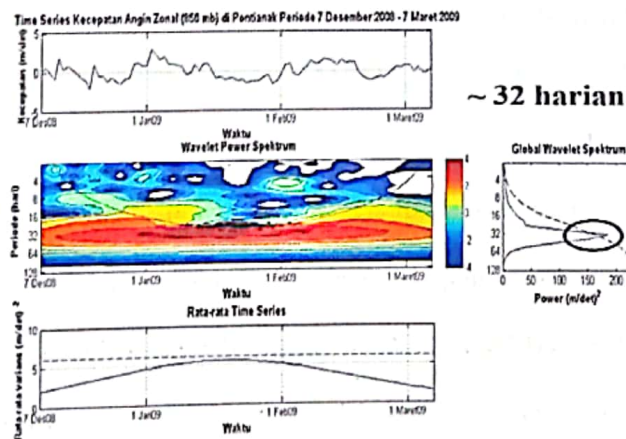
Dari Gambar 3 di atas nampak jelas terlihat bahwa naiknya data angin zonal di atas Pontianak pada periode I diikuti dengan adanya lonjakan angin zonal di atas Biak. Demikian juga, naiknya lonjakan angin zonal di atas Pontianak diikuti dengan lonjakan angin zonal di Manado di periode II. Hal ini menarik untuk dianalisis lebih lanjut mengingat kedua periode di atas terjadi dalam kurun waktu yang relatif singkat yakni sekitar 91 hari pengamatan. Ini mengindikasikan bahwa mestinya ada indikasi kuat bahwa fenomena MJO juga ikut berperan disana seperti nampak pada Gambar 4 berikut. Disini analisis kami bagi dua tahap analisis tahap I dan ke II. Untuk analisis tahap I dinyatakan pada Gambar 4(a) dan 4(b), sementara tahap II dinyatakan pada Gambar 4(c) dan 4(d).



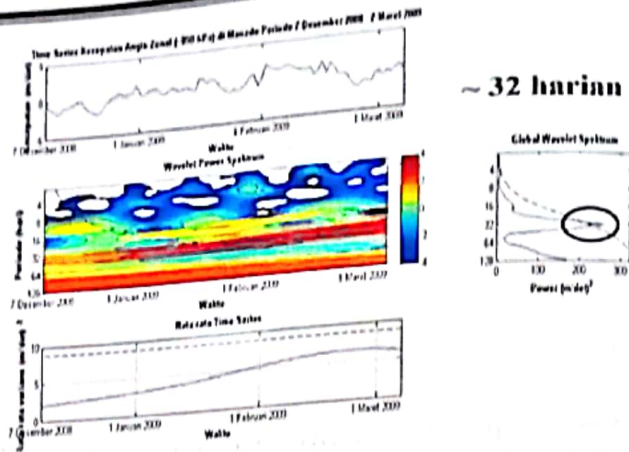
Gambar 4(a): Analisis spectrum wavelet angin zonal 850 hPa di Pontianak hasil observasi WPR periode I (1 November 2007 – 30 Januari 2008).



Gambar 4(b): Sama dengan Gambar 4(a), tetapi untuk Biak



Gambar 4(c): Sama dengan Gambar 4(a), tetapi untuk periode ke II (7 Desember 2008 – 7 Maret 2009



**Gambar 4(d):** Sama dengan Gambar 4(c), tetapi untuk Manado

Dari rangkaian Gambar 4 di atas jelas terlihat adanya osilasi MJO, masing-masing sekitar 48 harian (di periode I) dan 32 harian (di periode II). Idealnya memang naiknya angin zonal di atas Pontianak, khususnya di periode I diikuti dengan naiknya angin zonal di Manado, namun tidak demikian adanya. Hal ini menunjukkan adanya mekanisme lain, terutama faktor lokal setempat yang menyebabkan terjadinya lonjakan angin zonal setempat. Hal ini tentunya sejalan dengan teori Monsun yang pertama kali dikembangkan oleh Ramage (1971), Chang (2005), dan juga peneliti Indonesia lain, seperti Supiah (1992) dan Mustafa (2000), dan Tjasyono (2008).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas, maka dapat disimpulkan bahwa telah terjadi modulasi MJO terhadap meningkatnya aktivitas Monsun di Indonesia. Berbasis hasil analisis data WPR (*Wind Profiling Radar*) di atas Pontianak, Manado, dan Biak periode Januari 2007 hingga Juli 2009 diperoleh adanya dua kondisi ekstrim, yakni naiknya angin zonal di atas Pontianak, ternyata tidak diikuti dengan naiknya angin Manado, melainkan dengan Biak (Pontianak vs Biak) dan itu terjadi periode 1 November 2007-



30 Januari 2008. Sementara antara Pontianak dengan Manado (Pontianak vs Manado) terjadi diantara 7 Desember 2008 – 7 Maret 2009. Walaupun kedua periode tersebut, sama-sama menghasilkan angin baratan yang dominan, namun terdapat perbedaan yang signifikan, dimana periode pertama di dominasi oleh angin zonal Biak, sementara periode ke dua didominasi oleh angin zonal di atas Pontianak. Ini mengindikasikan bahwa semakin ke arah timur, fenomena MJO semakin lemah. Akibatnya, fenomena Monsun yang terjadi di kawasan Timur Indonesia, seperti yang terjadi di atas Biak, tidak lagi dipengaruhi oleh fenomena MJO yang ada di kawasan barat Indonesia, melainkan akibat kondisi lokal setempat.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Chang, C.P., 2005: The Asian Winter – Australian Summer Monsoon: An Introduction.,  
Goswami, B. M., 2005: South Asian Summer Monsoon: An Overview., Hendon,  
H., 2005: The Australian Summer Monsoon., Wang, B., Li, T., Ding, Y., Zhang,  
R., and Wang, H., 2005: East Asian-Western North Pacific Monsoon: A  
Distinctive Component of the Asian-Australian Monsoon System., *The Global  
Monsoon System: Research and Forecast, Report of the International Committee  
of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III) 2-6 Nov 2004,*  
Hangzhou, China, WMO/TD No.70 (TMRP Report No. 70).
- Chao, W.C., Chen, B., 2001: The Origin of Monsoons. *Journal of the Atmospheric  
Sciences (JAS)*, **58**, 3497-3507.
- Ding, Y., Wang, H., Wang, B., 2005: East Asian Monsoon: East Asia. *The Global  
Monsoon System: Research and Forecast, Report of the International Committee  
of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III) 2-6 Nov 2004,*  
Hangzhou, China, WMO/TD No.70 (TMRP Report No. 70).
- Hung, C-W., X. Liu, and M. Yanai, 2004: Symmetry and asymmetry of the Asian and  
Australian summer monsoons. *J. Climate*, **17**, 2413-2426.
- Muna, R., 2005: On the origin of Monsoon; Conventional theory vs. new findings.  
*Course ATM.*, 656.
-

- Mustofa, M.A., 2000: Identifikasi daerah Monsun dan Curah Hujan berdasarkan Sifat Angin Permukaan di Indonesia bagian barat, *Tesis magister*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Peterson, Vern L., 1990: Wind Profiling; The History, Principles, and Applications of Clear Air Doppler Radar. *A Vaisala Subsidiary*, Tycho Technology, Inc., Colorado, USA, A-10,11.
- Prawiwardoyo, S., 1996: Meteorologi. Penerbit ITB, Bandung.
- Ramage, C. S., 1971: Monsoon Meteorology. *Academic Press*, New York and London, 1-7,231-238.
- Slingo, J., 2003: Monsoon. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. University of Reading, Reading UK., Elsevier Science Ltd.
- Stoelinga, Mark T., 2005: The Use of Profilers and VAD to Study the Structure and Dynamics of Split Cold Fronts and Cold Fronts Aloft. *American Meteorological Society Educational Forum*, University of Washington, Mexico.
- Suppiah, R., 1992: The Australian summer monsoon: a review. *Progress in Physical Geography* .16; 283-312.
- Suryantoro Arief, 2009: Pengaruh Monsun Asia Timur dan Tenggara terhadap Variabilitas Temporal Curah Hujan Denpasar, Mataram, dan Makassar, *Jurnal LAPAN*.
- Tjasyono H.K, Bayong., 1996: The Impact of El Nino on Season in the Indonesian Monsoon Region. *Proc. of the International Workshop on the Climate System of Monsoon Asia*, Kyoto, Japan.
- Tjasyono H.K, Bayong., 2008: Sains Atmosfer. Penerbit Badan Meteorologi dan Geofisika, Bandung, 243-276.
- Wang, B., and Q. Ding, 2006: Changes in global monsoon precipitation over the past 56 years. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06711,