

KEJADIAN OSILASI MADDEN-JULIAN (MJO) FASE AKTIF SAAT MONSUN MUSIM DINGIN ASIA SERTA PENGARUHNYA TERHADAP CURAH HUJAN

Siti Hairunnisa Norfahmi¹, Musa Ali Mustofa¹, dan Eddy Hermawan²

¹ Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB

² Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

Pos-el : hairunnisa_norfahmi@yahoo.co.id

Abstract

Indonesia Maritime Continent is an archipelago which affected by many atmospheric phenomena, include MJO and Monsoon. Interaction of both phenomena simultaneously, particularly MJO active phase in Asian Winter Monsoon or in December-January-February (DJF), assumed would bring an increasing of rainfall especially in Western Part of Indonesia. Therefore, it is necessary to conduct a research related to the impact of MJO to rainfall especially in Western Part of Indonesia. This study aims to observe the impact of MJO active phase on the rainfall variability in Western Part Indonesia, particularly Kototabang. The result shows that, from ten MJO active phase events in period DJF 2002/03 – DJF 2012/13, the existence of propagation is clear through phase 3, 4, and 5 with the highest increase in phase 3 (before the convective cloud reaches the Western Part of Indonesia). This study can be concluded that the Monsoon dominantly affected the rainfall variability in Western Part of Indonesia rather than MJO. Moreover, the MJO phenomenon affects the south area rather than the north and the Equator. In other word, MJO active phase phenomenon in Asian Winter Monsoon increases the rainfall. Specifically in MJO active phase DJF 2012/13 period, there is a good correlation (73.54%) among the local zonal wind and the atmospheric phenomenon (MJO and Monsoon) in the moment.

Keywords : Rainfall, MJO, Asian Winter Monsoon

Abstrak

Benua Maritim Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang dipengaruhi berbagai fenomena atmosfer, di antaranya MJO dan Monsun. Kejadian kedua fenomena secara simultan terutama MJO fase aktif saat Monsun Musim Dingin Asia (Desember-Januari-Februari/DJF) diduga dapat mengakibatkan puncak musim hujan yang cukup signifikan terutama kawasan barat Indonesia. Oleh karenanya, penelitian mengenai dampak MJO fase aktif terutama di kawasan Barat Indonesia perlu dilakukan. Studi ini terfokus pada menganalisis pengaruh MJO fase aktif di periode DJF di kawasan barat Indonesia. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dari 10 kejadian MJO fase aktif periode DJF 2002/03 – DJF 2012/13, MJO fase aktif secara keseluruhan meningkatkan curah hujan di fase 3 (sebelum memasuki kawasan barat Indonesia), kemudian terus menurun di fase 4 (kawasan barat Indonesia) serta fase 5 (setelah melewati kawasan barat Indonesia) dengan presipitasi terlihat lebih dominan di wilayah selatan. Hal ini menunjukkan bahwa fenomena Monsun terlihat dominan mempengaruhi keadaan curah hujan di Indonesia dibandingkan fenomena MJO. Sedangkan fenomena MJO, di mana awan konvektif terbentuk di Samudera Hindia, lebih mempengaruhi wilayah selatan dibandingkan wilayah utara dan wilayah ekuator. Secara khusus untuk kejadian MJO fase aktif pada periode DJF 2012/13 di wilayah Kototabang, terlihat adanya keterkaitan antara kondisi angin zonal dengan fenomena MJO dan Monsun yang ditunjukkan dengan hasil koefisien korelasi 73,54%.

Kata kunci : Curah Hujan, MJO, Monsun Musim Dingin Asia

1. PENDAHULUAN

Kondisi geografis Benua Maritim Indonesia mengakibatkan wilayah Indonesia memiliki potensi aktivitas konvektif yang sangat kuat¹ sehingga berbagai fenomena atmosfer terjadi di Indonesia². Fenomena-fenomena atmosfer yang mempengaruhi variabilitas curah hujan Indonesia di antaranya fenomena MJO dan Monsun. Monsun ialah perubahan *annual* angin pasat yang berkaitan dengan variabilitas curah hujan di masing-masing wilayah monsun.³ Berdasarkan klasifikasi Monsun Asia-Australia, peningkatan curah hujan di Indonesia umumnya terjadi saat Monsun Musim Dingin Asia (DJF).⁴ Sedangkan MJO terkait dengan pembentukan awan konvektif di ekuator dan memiliki pola *intraseasonal*⁵⁻⁷, sehingga memengaruhi variabilitas curah hujan di wilayah tropis termasuk Indonesia.⁸⁻⁹ Fenomena ini mempengaruhi keadaan curah hujan terutama wilayah yang berbatasan dengan Lautan Hindia¹⁰⁻¹¹ dan wilayah Jawa seperti Jakarta¹²⁻¹⁵, yang secara garis besar merupakan kawasan barat Indonesia. Oleh karenanya, penelitian ini dimaksudkan sebagai penelitian lanjutan untuk memahami dampak MJO aktif terhadap keadaan curah hujan terfokus di kawasan barat Indonesia di Monsun Musim Dingin Asia (DJF). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh MJO pada curah hujan di periode DJF.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data curah hujan observasi BMKG

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan meliputi data curah hujan yang terbagi atas presipitasi satelit TRMM dan curah hujan observasi BMKG yang diwakili tiga stasiun: stasiun Cut Nyak Dien yang mewakili wilayah utara, Stasiun Kototabang yang mewakili wilayah ekuator, dan Stasiun Cengkareng mewakili wilayah selatan. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi MJO digunakan data harian indeks *Real-time Monitoring MJO* (RMM) yang dikembangkan oleh Wheeler dan Hendon.¹⁶ Data ini diperoleh melalui situs www.bom.gov.au/climate/mjo.

Data indeks RMM berbentuk *.ps* dan diagram RMM. Data tersebut menunjukkan periode terjadinya MJO fase aktif (nilai RMM ≥ 1) dan fase-fase saat terjadinya MJO fase aktif. Digunakan

pula data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) dan angin zonal 850 hPa untuk menunjukkan propagasi MJO selama periode penelitian. Selain itu, digunakan data angin zonal level troposfer bawah (2,04 km) yang diasumsikan mewakili level 850 hPa yang bersumber dari *Equatorial Atmospheric Radar* (EAR). Radar ini memiliki sensitivitas mampu mendeteksi variasi intraseasonal.¹⁷⁻¹⁹ Data EAR tersedia dalam bentuk *Comma Separated Values* dengan rekaman per 10 menit, yang kemudian dirata-ratakan menjadi data harian di wilayah Kototabang, Sumatera Barat (0,23 LS; 100,32 BT). Data ini diambil dari situs <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/data/>.

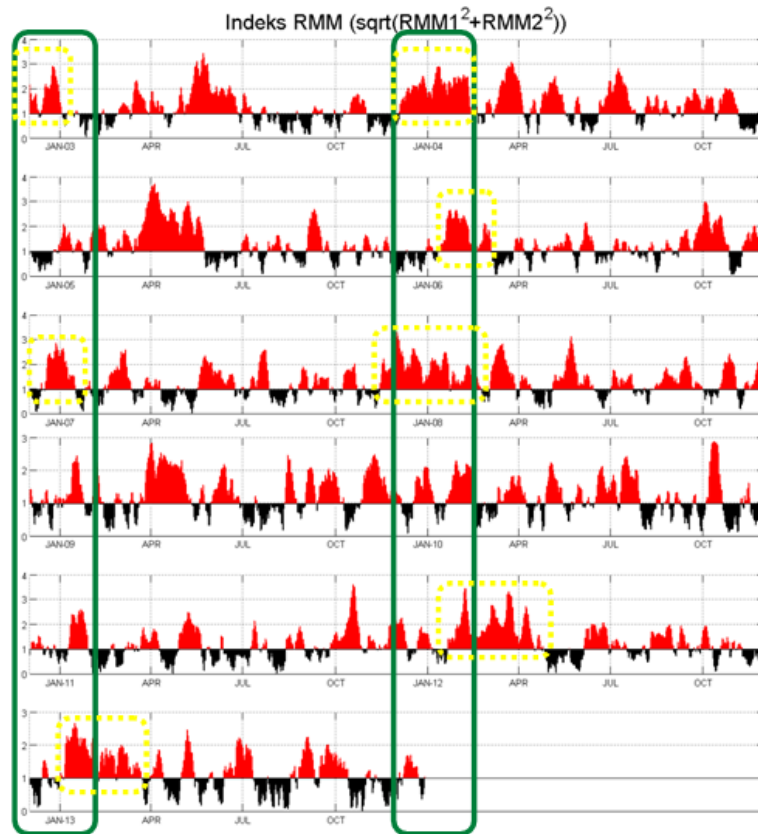
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ialah identifikasi kejadian MJO fase aktif melalui indeks RMM yang kemudian diverifikasi melalui analisis Hovmöller OLR dan angin zonal 850 hPa, yang kemudian dianalisis secara spasial mengenai pengaruh fenomena tersebut terhadap kawasan barat Indonesia. *Threshold* bawah yang digunakan untuk hasil spasial adalah 5 mm/hari, yakni batas bawah curah hujan ringan menurut definisi BMKG.²⁰ Selain itu, dianalisis pula respon curah hujan di beberapa wilayah di kawasan barat Indonesia seperti Stasiun Cut Nyak Dien, Stasiun Kototabang, dan Stasiun Cengkareng, kemudian analisis lebih lanjut mengenai wilayah Kototabang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

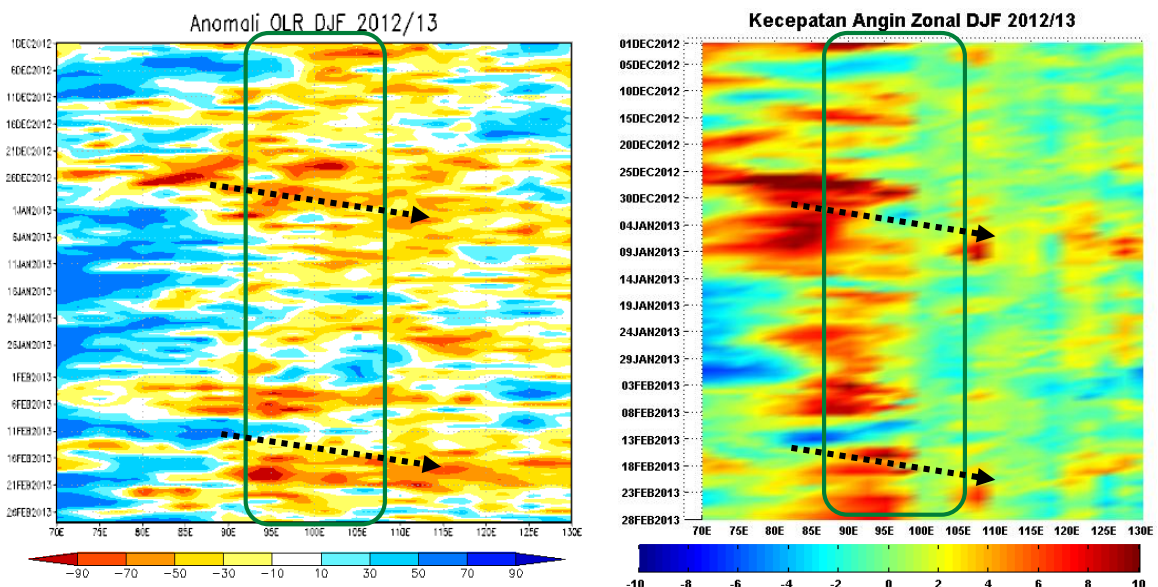
Identifikasi kejadian MJO

Identifikasi MJO fase aktif dilakukan melalui nilai indeks RMM di periode DJF 2002/03 – 2012/13 di mana nilai indeks RMM ≥ 1 dan terjadi sekitar 30 – 60 hari didefinisikan sebagai periode MJO fase aktif.¹⁶ Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa adanya osilasi dengan nilai indeks RMM ≥ 1 berdurasi sekitar 30 – 60 hari terjadi pada tujuh periode DJF (DJF 2002/03, DJF 2003/04, DJF 2005/06, DJF 2006/07, DJF 2007/08, DJF 2011/12, dan DJF 2012/13) di mana pada periode-periode ini, MJO aktif beresolusi sempurna di ke-delapan fasenya, termasuk di kawasan barat Indonesia. Selanjutnya, fase MJO aktif berdasarkan periode-periode tersebut dapat dilihat melalui tabel indeks RMM (Tabel 1). Penelitian terfokus di kawasan barat Indonesia; fase 3, di mana posisi awan konvektif sebelum memasuki kawasan barat Indonesia, fase 4, saat awan konvektif memasuki kawasan barat Indonesia, dan fase 5, saat awan konvektif melewati kawasan barat Indonesia. Terdapat 10 kali kejadian MJO fase aktif, di mana pada periode DJF 2003/04, DJF 2007/08, dan DJF 2012/13 MJO mengalami fase aktif dua kali. Selain itu, pada periode DJF 2002/03, MJO aktif berakhir di fase 4 dan di periode DJF 2011/12, MJO berawalan di fase 5.

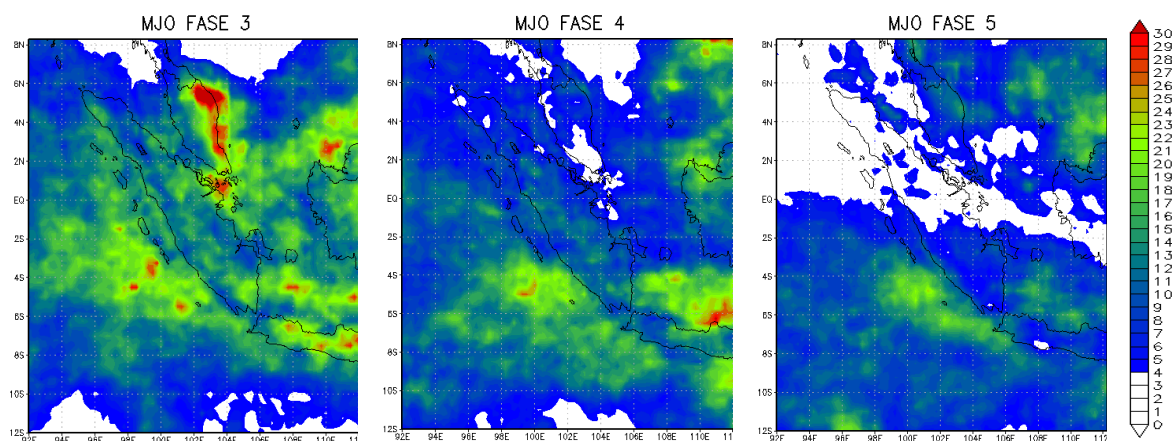
Analisis Hovmöller (Gambar 3) dilakukan di seluruh periode DJF di mana MJO aktif terjadi dengan mengambil sampel anomali OLR pada periode DJF 2012/13. Hasilnya menunjukkan adanya propagasi awan konvektif melalui perbedaan nilai OLR di masing-masing periode DJF dengan *threshold* 220W/m.²⁰ Propagasi awan konvektif terlihat menuju ke arah timur, namun dalam besaran dan persebaran yang berbeda-beda. Peningkatan (penurunan) aktivitas konveksi ini ditandai dengan berkurangnya (bertambahnya) anomali OLR. Propagasi awan konvektif juga dapat diindikasikan melalui perubahan arah angin zonal dengan melihat kontinuitas angin timuran. Di beberapa titik pada hasil kecepatan angin zonal, terdapat wilayah yang konsisten selalu menunjukkan tidak adanya kecepatan angin (0 m/s). Hal ini mengindikasikan adanya penghalang (*barrier*) di wilayah tersebut yang diduga merupakan gunung/bukit.



Gambar 15. Plot *time series* indeks RMM Desember 2002 - Desember 2013. Analisis terfokus pada Desember-Januari-Februari/DJF (kotak hijau). Osilasi MJO ($RMM \geq 1$) ditunjukkan oleh garis putus-putus kotak kuning. Sumber data www.bom.gov.au/climate/mjo.



Gambar 3. Plot Hovmöller anomali OLR dan angin zonal di 850 hPa di periode DJF 2012/13.



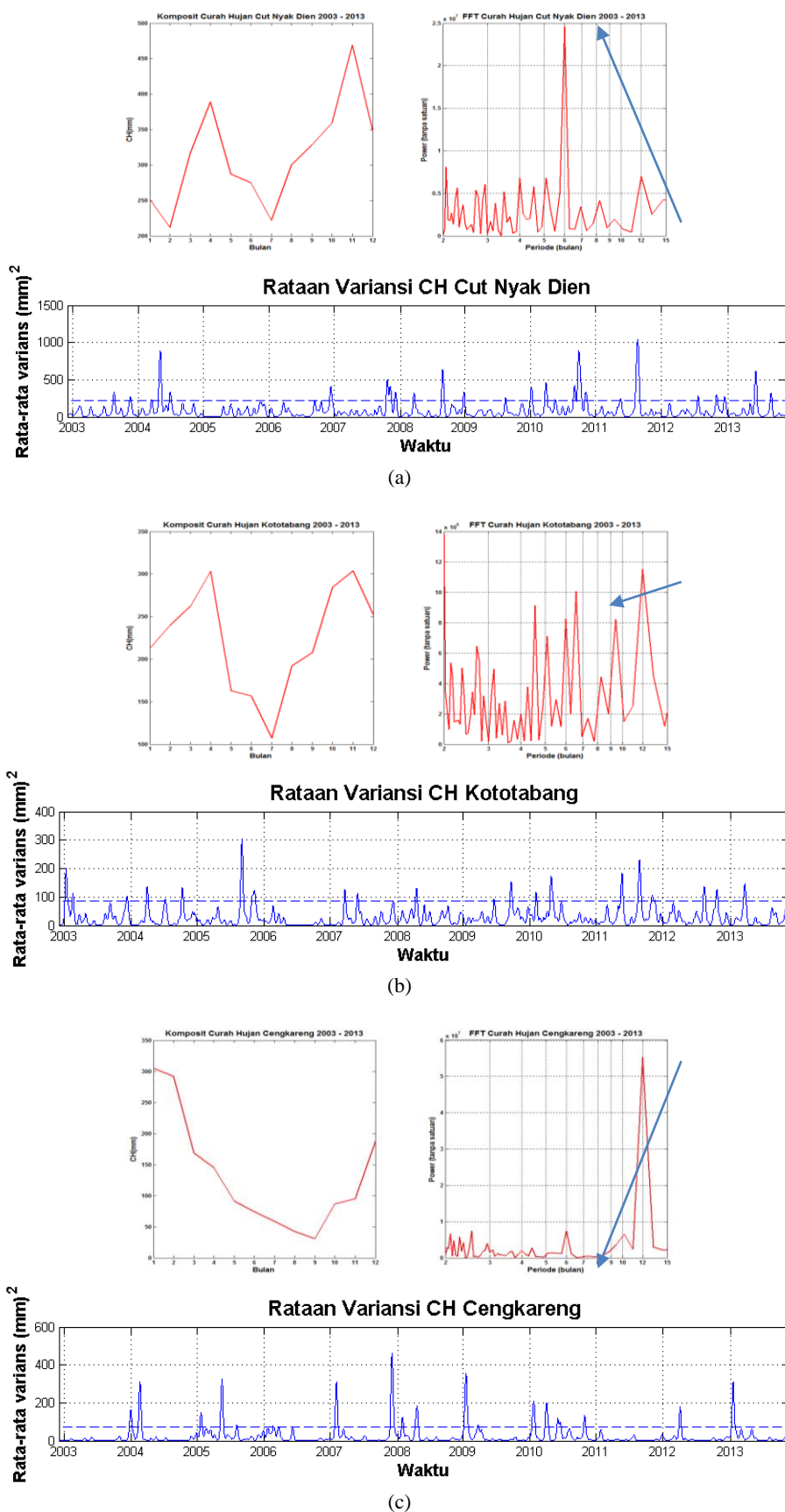
Gambar 4. Presipitasi (mm/hari) saat terjadinya MJO di kawasan Barat Indonesia

Analisis Spasial Pengaruh MJO terhadap Curah Hujan

Hasil spasial rata-rata presipitasi (mm/hari) pada Gambar 4 menunjukkan bahwa MJO berpengaruh pada kondisi curah hujan di kawasan barat Indonesia terutama di fase 3, di mana presipitasi terjadi hampir di seluruh wilayah di kawasan barat Indonesia. Bahkan, di fase ini, presipitasi di kawasan barat Indonesia terlihat lebih mendominasi dibandingkan di fase lainnya. Wilayah lautan terlihat memiliki presipitasi lebih besar dibandingkan dengan wilayah daratan. Di wilayah pesisir Pulau Sumatera yang berbatasan dengan Lautan Hindia, presipitasi berkisar 15 – 30 mm/hari. Begitu pula dengan wilayah lautan sekitar Pulau Jawa dan Kalimantan. Daratan di Pulau Jawa terlihat memiliki presipitasi yang cukup besar sekitar 10 – 30 mm/hari dibandingkan Pulau Sumatera dan Kalimantan (5 – 25 mm/hari). Peningkatan curah hujan yang cukup signifikan ini diduga akibat pengaruh Monsun Musim Dingin Asia di Indonesia. Di fase 4, beberapa wilayah di wilayah selatan mengalami presipitasi sedang, sedangkan wilayah utara dan ekuator menunjukkan presipitasi ringan. Di wilayah Selatan, presipitasi mencapai >30 mm/hari. Sedangkan wilayah ekuator dan utara, berkisar antara 5 – 20 mm/hari. Di fase 5, wilayah selatan mengalami presipitasi berkisar antara 5 – 20 mm/hari. Sedangkan wilayah utara dan ekuator menunjukkan presipitasi < 5 mm/hari.

Analisis Pola Curah Hujan dan Kaitannya dengan MJO

Analisis mengenai pola curah hujan di masing-masing wilayah ditentukan melalui hasil *Fast Fourier Transform* (FFT) pada data curah hujan bulanan dan analisis rata-rata variansi di masing-masing wilayah selama 11 tahun dari tahun 2003 hingga 2013. Hasil FFT wilayah Cut Nyak Dien menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki pola ekuatorial, di mana osilasi enam bulanan lebih dominan dibandingkan osilasi lainnya. Sebaliknya, wilayah Cengkareng cenderung menunjukkan pola monsun, yakni osilasi 12 bulanan yang lebih dominan dibandingkan osilasi lainnya. Kedua hasil ini sejalan dengan klasifikasi Aldrian dan Susanto²¹ di mana sebagian *region* Sumatera dipengaruhi oleh pergerakan *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ). Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh hasil FFT wilayah Kototabang. Walaupun cenderung menunjukkan pola osilasi 12 bulanan yang dominan (monsunal), namun *power* yang dihasilkan tidak menunjukkan hasil yang tegas. Wilayah Kototabang, yang merupakan wilayah di Sumatera Barat, menurut definisi BMKG merupakan wilayah non ZOM, yakni wilayah yang tidak dapat ditentukan musim yang tepat di wilayah tersebut. Namun wilayah ini merupakan wilayah yang paling dipengaruhi oleh fenomena MJO karena berada di ujung Samudera Hindia.¹⁰



Gambar 5. Komposit, *Fast Fourier Transform* (FFT), dan Analisis rata-rata Variansi curah hujan di kawasan Barat Indonesia di Stasiun Cut Nyak Dien (a), Stasiun Kototabang (b), dan Stasiun Cengkareng(c).

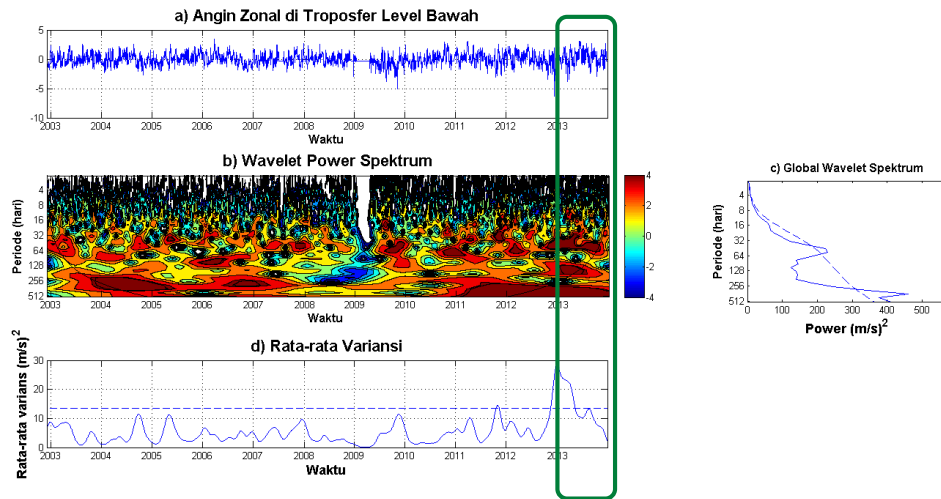
Hasil rata-rata variansi menunjukkan wilayah Cut Nyak Dien hampir sepanjang tahun mengalami musim penghujan dengan peningkatan curah hujan yang cukup besar (nilai variansi di atas selang kepercayaan) seringkali terjadi bukan di periode Desember-Januari-Februari (DJF). Sebagaimana yang dinyatakan oleh Aldrian dan Susanto²¹, periode-periode puncak wilayah Cut Nyak Dien lebih cenderung berada di kisaran Maret-April-Mei (MAM) dan Oktober-November (ON). Pengaruh MJO saat DJF tidak terlihat signifikan peningkatannya di wilayah ini. Hasil rata-rata variansi di wilayah Kototabang memiliki pola serupa, yakni memiliki puncak nilai rata-rata variansi tidak di periode DJF. Sebagaimana hasil FFT-nya, keadaan curah hujan Kototabang tidak menunjukkan hasil yang tegas mengenai fenomena yang mempengaruhi keadaan curah hujan wilayah tersebut. Sementara keadaan curah hujan di wilayah Cengkareng menunjukkan hasil yang cukup tegas bahwa wilayah tersebut dipengaruhi oleh pola monsun, yakni di mana nilai hasil rata-rata variansinya berada di atas selang kepercayaan hampir di seluruh tahun pada periode DJF. Di beberapa periode saat MJO terjadi di DJF, terlihat peningkatan curah hujan.

Analisis Wilayah Kototabang

Hasil analisis Hövmoller (Gambar 3) pada data angin zonal global NCEP menunjukkan adanya *barrier* di kawasan barat Indonesia. Oleh karenanya, digunakan data angin zonal lokal yang bersumber dari *Equatorial Atmospheric Radar* (EAR) dengan pertimbangan bahwa data global NCEP merupakan hasil rata-rata angin dengan grid $0,25 \times 0,25^0$. Analisis lebih lanjut di wilayah Kototabang, Sumatera Barat (0,23 LS; 100,32 BT) dilakukan dengan menggunakan angin zonal di titik terendah pengamatan yakni 2,4 km yang diindikasikan sebagai level troposfer bawah (≈ 850 hPa). Hasilnya menunjukkan adanya osilasi dominan berpola *intraseasonal* dan *annual* di periode Desember 2002 hingga Desember 2013. Hasil *Wavelet Power Spektrum* pada data angin zonal level troposfer bawah menunjukkan bahwa terdapat suatu pola osilasi dominan dengan periode 32-45 harian (*intraseasonal*), periode 128-256 harian (*interannual*) dan periode 256-512 harian (*annual*). Ketiga fenomena ini terlihat menguat secara sekitar DJF 2012/13. Hal ini didukung dengan hasil *Global Wavelet Spektrum* yang menunjukkan *power* dengan puncak di atas selang kepercayaan pada periode 32-64 harian dan periode 256-512. Kedua fenomena ini diasumsikan adalah MJO dan Monsoon. Terlihat pula pola osilasi periode 32-64 harian dan periode 256-512 secara bersamaan pada DJF 2007/08, 2009/10, dan 2011/12 walaupun berdasarkan hasil rata-rata variansi di kedua waktu tersebut memiliki puncak di bawah selang kepercayaan. Hasil *Global Wavelet Spektrum* juga menunjukkan *power* dengan periode 128-256 harian (*interannual*), walaupun puncaknya tidak melebihi garis selang kepercayaan.

Hasil rata-rata variansi menunjukkan adanya puncak yang sangat dominan pada sekitar DJF 2012/13 akibat penguatan tiga fenomena secara bersamaan (seperti yang telah dijelaskan pada hasil *Wavelet Power Spektrum*). Secara garis besar, *power* terlihat menguat pada DJF di hampir setiap tahun. Hal ini menunjukkan pola osilasi tahunan yang terlihat dominan di wilayah Kototabang pada DJF seperti yang dikemukakan Aldrian dan Susanto²¹. Puncak melebihi selang kepercayaan juga terlihat pada akhir tahun 2012 walaupun sangat kecil.

Sebagai suatu contoh, diambil suatu periode pada DJF 2012/13 di mana hasil wavelet menunjukkan bahwa wilayah Kototabang memiliki berbagai pola yang berbeda baik *intraseasonal*, *interannual*, dan *annual*.



Gambar 6. Analisis Wavelet Data Angin Zonal di level 850hPa (≈ 2.4 km) Equatorial Atmospheric Radar (EAR). Kotak hijau menunjukkan adanya anomali angin zonal di atas selang kepercayaan pada periode DJF 2012/13.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.858 ^a	.735	.723	*****

a. Predictors: (Constant), RMM+AUSMI, RMM1, RMM2, AUSMI

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2923.239	4	730.810	59.064	.000 ^a
	Residual	1051.717	85	12.373		
	Total	3974.955	89			

a. Predictors: (Constant), RMM+AUSMI, RMM1, RMM2, AUSMI

b. Dependent Variable: EAR850

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.209	1.154		-1.048	.298
	RMM1	4.888	.355	.772	13.768	.000
	RMM2	1.147	.408	.207	2.809	.006
	AUSMI	-3.580	.826	-.471	-4.333	.000
	RMM+AUSMI	1.977	.778	.320	2.541	.013

a. Dependent Variable: EAR850

Gambar 7. Analisis Regresi Berganda antara data angin zonal (EAR850) dengan indeks MJO (RMM1, RMM2, RMM) dan indeks Monsun (AUSMI). Kotak hijau menunjukkan hasil koefisien korelasi (R^2) dan konstanta masing-masing variabel (B).

Tabel 1 Hasil Regresi Berganda pada data angin zonal 850 hPa *Equatorial Atmospheric Radar* (EAR) dengan indeks MJO dan indeks Monsun berserta koefisien korelasinya (dalam persen).

Koefisien	Pesamaan Regresi Berganda
59,52%	$U850 = 2,597 + 4,884 RMM1 - 1,72 ISMI$
59,86%	$U850 = 3,78 + 4,867 RMM1 + 0,144 WNPMI$
61,76%	$U850 = 2,150 + 4,908 RMM1 - 1,169 AUSMI$
66,35%	$U850 = 1,88 + 4,923 RMM1 + 1,501 RMM2 - 0,052 WNPMI$
67,32%	$U850 = 2,297 + 4,913 RMM1 + 1,751 RMM2 + 5,81 ISMI$
69,65%	$U850 = -0,93 + 4,830 RMM1 + 0,871 RMM2 - 0,06 ISMI + 2,267 [RMM+ISMI]$
69,96%	$U850 = -0,48 + 4,786 RMM1 + 0,405 RMM2 - 2,761 WNPMI + 2,929 [RMM+WNPMI]$
71,53%	$U850 = 1,519 + 4,968 RMM1 + 1,792 RMM2 - 1,802 AUSMI$
72,35%	$U850 = -0,33 + 4,999 RMM1 + 2,020 RMM2 - 2,010 AUSMI - 0,213 WNPMI$
73,05%	$U850 = 1,468 + 4,966 RMM1 + 2,173 RMM2 - 1,894 AUSMI + 7,12 ISMI$
73,54%	$U850 = 0,768 + 4,888 RMM1 + 1,147 RMM2 + 0,374 AUSMI + 1,977 [RMM-AUSMI]$
73,54%	$U850 = -1,21 + 4,888 RMM1 + 1,147 RMM2 - 3,580 AUSMI + 1,977 [RMM+AUSMI]$

Analisis Statistik keterkaitan pola angin zonal dengan MJO dan Monsun

Tingginya anomali angin zonal pada periode DJF 2012/13 menunjukkan adanya keterkaitan antara kondisi angin zonal di wilayah tersebut dengan fenomena-fenomena atmosfer yang sedang terjadi di periode tersebut. Hubungan antara angin zonal wilayah Kototabang dengan fenomena MJO dan Monsun kemudian dianalisis secara statistik melalui regresi berganda serta koefisien korelasi antara data angin zonal di level 850 hPa (U850) dengan indeks MJO (RMM) yang terdiri dari RMM1 dan RMM2, serta beberapa indeks Monsun (WNPMI, ISMI, dan AUSMI). Hasil pengolahan dilakukan dengan *software* SPSS 15.0 (Gambar 7) yang kemudian dirangkum dalam Tabel 1. Hasil koefisien korelasinya menunjukkan adanya keterkaitan antara data angin zonal dan fenomena-fenomena atmosfer tersebut ($R^2 \geq 0.5$ atau di atas 50%). Oleh karenanya, dapat dikatakan bahwa fenomena MJO dan Monsun mempengaruhi keadaan cuaca di kawasan barat Indonesia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa dari 10 kejadian MJO fase aktif periode DJF 2002/03 – DJF 2012/13, fenomena MJO fase aktif secara keseluruhan meningkatkan curah hujan di fase 3, kemudian terus menurun di fase 4, dan fase 5. Peningkatan curah hujan di kawasan barat Indonesia justru saat MJO aktif berada di fase 3 (wilayah Samudera Hindia) disebabkan adanya pengaruh monsun yang cukup dominan di kawasan barat Indonesia. Selanjutnya MJO aktif di fase 4 dan fase 5 (wilayah Benua Maritim Indonesia), peningkatan curah hujan cenderung terjadi di wilayah selatan. Hal ini diduga bahwa seiring berakhirnya MJO di wilayah Benua Maritim Indonesia, pengaruh Monsun Musim Dingin Asia pun mulai menurun di wilayah ini. Untuk wilayah Kototabang, terlihat adanya keterkaitan antara kondisi angin zonal dengan fenomena MJO dan Monsun di periode 2012/13.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari tugas akhir penulis. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan masukan untuk perbaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Hidayat, R. and S. Kizu, 2010. Influence of the Madden-Julian Oscillation on Indonesian Rainfall Variability in Austral Summer, *International Journal of Climatology*, 30(12), 1816-1825.
- ²Hermawan, E., 2011. *Peran MJO dalam membangkitkan Intensitas Monsun di Indonesia*. Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa (SNSAA) 2011.
- ³Ramage, C., 1971. *Monsoon Meteorology*. San Diego: Academic Press. 143–168
- ⁴Prawirowardoyo, S., 1996. *Meteorologi*. Bandung: Penerbit ITB, 226.
- ⁵Madden, R. A. and P. R. Julian, 1971. Detection of a 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences* 28. 702-708
- ⁶Madden, R. A. and P.R. Julian, 1972. Description of Global-Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40-50 Day Period. *Journal of the Atmospheric Sciences* 29. 1109-1123.
- ⁷Lau, K. M., and Chan, P. H., 1985. Aspects of the 40–50 Day Oscillation during the Northern Winter as Inferred from Outgoing Longwave Radiation. *Monthly Weather Review American Meteorological Society*, 113, 1889–1909.
- ⁸Zhang, C., 2005. Madden-Julian Oscillation. *Rev. Geophysics*, 43, RG2003, doi:10.1029/2004RG000158.
- ⁹Zhang, C. 2013. Madden-Julian Oscillation: Bridging weather and climate. *Bulletin American Meteorology Society*, 94. 1849–1870, doi:10.1075/BAMS-D-12-00026.1.
- ¹⁰Kamimera, H., et al., 2012. Modulation of Diurnal Rainfall Cycle by the Madden-Julian Oscillation Based on One-Year Continuous Observations with a Meteorological Radar in West Sumatera. *SOLA* 2012, 8, 111-114, doi: 10.2151/sola/2012-028.
- ¹¹Fujita, M., et al., 2011. Diurnal Convection Peaks over the Eastern Indian Ocean of Sumatra during Different MJO Phases. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 89A, pp. 317--330, 2011. DOI:10.2151/jmsj.2011-A22
- ¹²Gernowo, R., et al., 2006. *Analisis Kejadian Hujan Ekstrem terhadap Banjir Daerah DKI Jakarta: Studi Kasus Januari 2002*. Proceedings Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, the 31st Annual Scientific Meeting (PIT) HAGI, Semarang, 13-15 November 2006.
- ¹³Hermawan, E., dan L. Evana, 2015. *Benarkah MJO Fase Aktif senantiasa Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta*. Semnas Indrajaya 2015.
- ¹⁴Trilaksono, N. J., et al., 2011. Dependence of Model-Simulated Heavy Rainfall on the Horizontal Resolution during the Jakarta Flood Event in January-February 2007. *SOLA* 7, 193-196.
- ¹⁵Wu, P., Arbain, et al., 2013. The Effects of an Active Phase of the Madden-Julian Oscillation on the Extreme Precipitation Event over Western Java Island in January 2013. Scientific Paper Compilation of SATREPS-MCCOE Project (Maritime Continent Center of Excellence). *SOLA* Vol. 9, 79-83, doi:10.2151/sola.2013-018
- ¹⁶Wheeler, M. C., and H.H., Hendon, 2004. An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. *Monthly Weather Review (American Meteorological Society)* vol 132: 1917-1932
- ¹⁷Fukao, S., et al., 2003. Equatorial Atmosphere Radar (EAR): System description and first results. *Radio Science*, 38(3), 1053
- ¹⁸Seto, T., et al., 2004. Convective activities associated with intraseasonal variation over Sumatera, Indonesia, observed with the equatorial atmosphere radar. *Annales Geophysicae* 22, 3899-3916
- ¹⁹Kozu, T., et al., 2005. Interseasonal variation of raindrop size distribution at Kototabang, West Sumatera, Indonesia. *Geophysical Research Letters* 32, L07803
- ²⁰Silaen, M. O., 2013. *Pengaruh Fase Osilasi Madden-Julian Oscillation terhadap Presipitasi di Indonesia pada Musim Transisi II*. Skripsi. FITB. Bandung : Insitut Teknologi Bandung.
- ²¹Aldrian, E., and R. D., Susanto, 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology* 23, 1435-1452