

BENARKAH MJO FASE AKTIF SENANTIASA MENYEBABKAN TERJADINYA BANJIR DI JAKARTA

Eddy Hermawan¹⁾ dan Lisa Evana²⁾

¹⁾ Pusat Sains dan Teknologi (PSTA) LAPAN-Bandung

E-mail: eddy_lapan@yahoo.com

²⁾ Geofisika dan Meteorologi, IPB, Bogor

E-mail: lisa_evana@yahoo.com

ABSTRAK

Studi ini menekankan pentingnya analisis perilaku *Madden-Julian Oscillation* (MJO) di saat akan melintasi kawasan barat Indonesia. Hal ini penting dilakukan mengingat MJO terkait erat dengan pergerakan radiasi gelombang panjang (OLR, *Outgoing Longwave Radiation*) di sepanjang sabuk (*belt*) ekuator yang menentukan besar kecilnya intensitas curah hujan di kawasan barat Indonesia, termasuk Jakarta. Berbasis data *time-series* MJO indeks yang diwakili oleh RMM1 dan RMM2 (*Real-time Multivariate* MJO) selama sepuluh tahun pengamatan terhitung sejak Januari 1979 hingga 2009 dan juga data OLR di posisi 110°BT (Bujur Timur) maka dilakukanlah analisis seberapa jauh peran MJO terhadap peningkatan intensitas curah hujan ekstrem di Jakarta yang menyebabkan kawasan ini mengalami banjir besar di awal tahun 1996, 2002, dan 2007. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadinya banjir tidak selalu diakibatkan oleh MJO. Tahun 1996 dan 2002, memang terjadinya banjir diakibatkan adanya peningkatan aktifitas MJO (MJO fase aktif). Namun, sebaliknya, tahun 2007 di saat Jakarta dilanda banjir yang lebih parah, justru disaat MJO berfase tidak aktif (lemah). Dengan demikian,

maka perlu dipertimbangkan adanya mekanisme lain (selain MJO tentunya) yang juga memberi sumbangsih besar terhadap terjadinya banjir di Jakarta di masa mendatang, seperti fenomena Seruak Dingin (*Cold Surge*) dan juga faktor lokal.

Kata Kunci: banjir Jakarta, MJO, OLR, RMM

ABSTRACT

This study emphasizes the importance of the analysis of the behavior of the Madden-Julian Oscillation (MJO) in current going across the western part of Indonesian region. This is important because the MJO is closely related well to the movement of long-wave radiation (OLR, Outgoing Longwave Radiation) along the belt of equator which determine the size of the equatorial intensity rainfall in the western part of Indonesia region, including Jakarta. Based on time-series of MJO index data represented by the RMM1 and RMM1 (Real-time Multivariate MJO) during the ten observation years since January 1979 to 2009 and also the OLR data on the position of 110E, we do more analyze the role of the MJO to the enhancement of the extreme rainfall intensity in Jakarta in early 1996, 2002 and 2007. The results show that flooding is not always caused by the MJO. In 1996 and 2002, it is caused an increase in flooding by MJO activity (MJO in active phase). However, on the contrary, in 2007 when Jakarta was flooded more severe, occurs precisely when the MJO phased in-active (weak). Thus, it is needed to consider the existence of other mechanisms (besides of MJO) who also made great contributions to flooding in Jakarta in the future, such as the Seruak Dingin (Cold Surge) as well as local factors.

Keywords: Jakarta's floods, MJO, , OLR, RMM

1. PENDAHULUAN

Ada satu pokok permasalahan serius yang dihadapi Pemerintah daerah DKI Jakarta saat ini yang sepertinya akan terus bergulir seiring dengan datangnya awal penghujan yang umumnya terjadi menjelang akhir atau awal tahun,

sekitar Desember, Januari, Februari bahkan hingga Maret. Bukan hanya durasi (lamanya), melainkan juga intensitas yang dihasilkannya juga menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Dikenal adanya banjir besar (*big floods*) sejak tahun 1996, lalu diikuti tahun 2002 dan mencapai puncaknya di awal tahun 2007. Ada juga banjir besar di awal tahun 2013, namun dampak yang dihasilkannya tidaklah separah di tahun 2007. Barangkali teknologi dan model prediksi yang dihasilkan oleh pihak-pihak terkait relatif lebih baik sehingga kita lebih sigap dan tanggap dalam mengantisipasi terjadinya banjir yang diduga erat hadir setiap 5-6 tahunan. Tidaklah mengherankan, jika pada akhirnya banjir akan menjadi hal yang biasa bagi warga Jakarta dan sekitarnya, terlepas apakah ini disebabkan karena posisi geografis Jakarta yang sangat rentan terhadap masuknya berbagai fenomena global, seperti Monsun, El-Nino, La-Nina atau lainnya, namun yang pasti adalah kawasan ini membutuhkan informasi dan prediksi akan datangnya curah hujan ekstrem yang cepat, tepat, akurat, dan juga *near real time* sehinggaantisipasi dapat dilakukan sejak dini.

Perlu dipahami bahwa tidaklah mudah untuk membuat satu model prediksi seperti yang diinginkan pihak pengguna (*user*) di atas, apalagi jika untuk diberlakukan pada kondisi yang relatif kecil dengan resolusi tinggi (*high resolution*), diperlukan satu unit super komputer yang mampu *me-running* dalam kurun waktu yang relatif singkat. Terlepas dari itu, hal lain yang relatif penting untuk dipahami adalah mengapa banjir besar itu terjadi, faktor dominan apa saja yang memengaruhinya, adakah peran fenomena global disana. Jika iya, apa saja faktor global tersebut sehingga dapat dijelaskan dengan mudah dan gamplang mekanisme terjadinya banjir besar tersebut. Dengan kata lain, pemahaman yang jauh lebih baik dan benar tentang kondisi iklim Indonesia mutlak diperlukan. Hal ini terjadi akibat posisi Indonesia yang unik dan *specific* akibat diapit oleh dua Benua Besar (Asia dan Australia) dan dua Samudra Besar (Pasifik dan Hindia) dengan distribusi daratan dan lautan yang relatif acak (*random*) dan juga kompleks. Hampir sebagian besar model iklim atau model atmosfer yang ada saat ini tidak dapat bekerja dengan baik ketika diterapkan di Indonesia. Apakah

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir

akibat gaya *Coriolis* yang relatif kecil atau ada mekanisme lain yang belum dipahami, itupun masih menjadi bahan perdebatan di sebagian besar ilmuwan dunia.

Indonesia merupakan satu dari tiga kawasan penting dunia yang diduga sebagai sumber utama terjadinya perubahan iklim global. Hal ini dapat dipahami mengingat Indonesia merupakan satu-satunya kawasan di ekuator yang dominan di kelilingi oleh lautan dan sisanya oleh daratan yang dikenal dengan istilah *Indonesian Maritime Continent* (IMC) atau Benua Maritim Indonesia (BMI) sebagaimana digambarkan oleh Ramage (1968). Jadi, adalah wajar jika kawasan ini dikenal sebagai penyimpan bahang (panas) terbesar di dunia baik yang nyata atau tersembunyi (*latent*) yang diindikasikan dengan banyaknya kumpulan awan-awan Cumulonimbus (Cb) yang bergerak dari barat menuju timur di sepanjang sabuk (*belt*) katulistiwa, dikenal sebagai *Super Cloud Clusters* (SCCs). Satu di antara indikasi kuat adanya SCCs adalah terjadinya fenomena MJO (*Madden Julian Oscillation* (MJO) yang dikenal sebagai salah satu siklus dominan yang ada di sepanjang sabuk ekuator, selain fenomena Monsun yang memang paling dominan terjadi hampir di seluruh kawasan Indonesia.

Sebenarnya tidak hanya MJO, masih ada fenomena lain yang tidak kalah pentingnya, walaupun sama-sama bergerak secara zonal (barat-timur), yakni El-Nino yang ada di Lautan Pasifik dan IOD (*Indian Ocean Dipole*) yang ada di Lautan Hindia. Walaupun memiliki osilasi (embutan) yang berbeda, namun keduanya memiliki dampak yang cukup serius, apalagi jika keduanya bersatu dalam satu kurun waktu yang hampir bersamaan (*simultan*). Terkait dengan topik diatas, fokus utama fenomena yang dibahas dalam makalah ini adanya fenomena atau kejadian (*event*) MJO mengingat osilasi dominan yang dimilikinya relatif sangat singkat yakni sekitar 45 harian, dibandingkan dengan El-Nino ataupun IOD, masing-masing sekitar lima dan tiga setengah tahunan.

Karena fenomena hujan esktrim yang diduga sebagai penyebab utama terjadinya banjir terjadi dalam kurun waktu yang relatif singkat, MJO lah yang kiranya amat sangat relevan dibahas dalam makalah ini. Walaupun

harus dipahami bahwa tidak hanya fenomena MJO semata, sebab masih ada satu fenomena lain yakni tidak kalah pentingnya untuk dikaji lebih jauh, yakni hadirnya Seruak Dingin (*Cold Surge*) yang dominan terjadi di sepanjang bulan-bulan basah (DJF, Desember-Januari-Februari) sebagai serangan massa udara dingin dari Belahan Bumi Utara (BBU) ke Belahan Bumi Selatan (BBS) ketika pusat tekanan rendah relatif dominan ada di BBS.

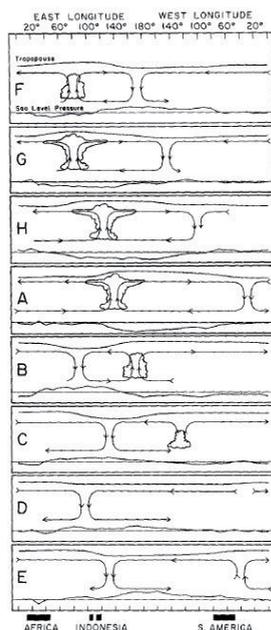
Atas dasar itulah maka makalah ini dibuat dengan tujuan utama untuk mengetahui sejauh mana peran MJO, benarkah MJO dengan fase aktif akan senantiasa menyebabkan terjadinya banjir di Jakarta yang yang pernah terjadi di tahun 1996, 2002 dan 2007.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Madden-Julian Oscillation (MJO)

Madden-Julian Oscillation (MJO) merupakan mode osilasi yang termasuk dominan di ekuator (Madden and Julian, 1994, *dalam* Madani, 2012). Osilasi ini dihasilkan dari sirkulasi sel skala besar di ekuatorial yang bergerak dari barat menuju timur dari Samudra Hindia ke Samudra Pasifik dengan periode antara 30–60 hari. Pengamatan MJO umumnya melibatkan berbagai variabel meteorologi seperti radiasi gelombang panjang (OLR, *Outgoing Longwave Radiation*), curahan (*precipitation*), angin zonal (barat-timur) di lapisan atas dan bawah troposfer, tekanan muka laut (SLP, *Sea Level Pressure*), konvergensi kelembaban, suhu permukaan laut (SST, *Sea Surface Temperature*), dan flux panas tersembunyi (*latent*) pada permukaan laut. MJO sering diasosiasikan dengan terbentuknya SCCs sehingga dapat dengan mudah diamati dari observasi satelit melalui pantulan OLR yang dihasilkannya. Pengukuran varians OLR pada daerah konveksi akan membaca sinyal yang lebih besar daripada *red noise* sehingga dapat menunjukkan sinyal MJO yang relatif kuat (Geerts dan Wheeler, 1998 *dalam* Madani, 2012).

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir

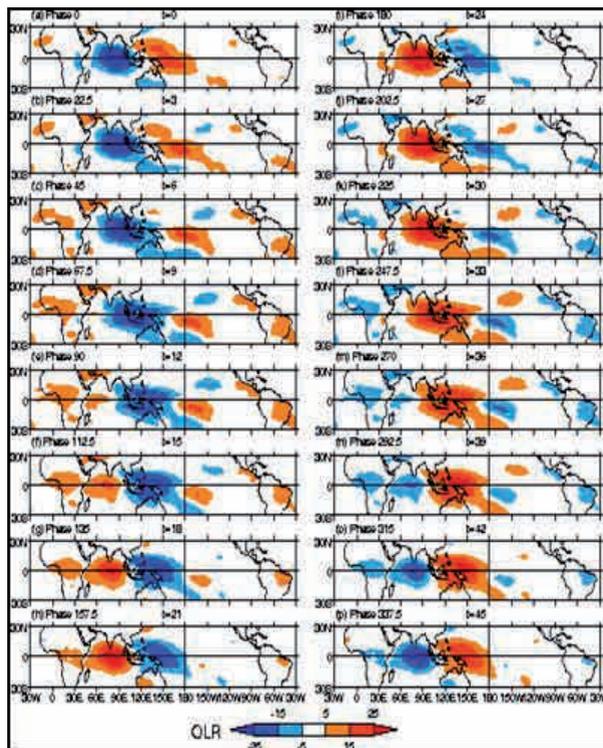


Gambar 1. Skema MJO di ekuatorial (Madden dan Julian, 1972 *dalam* Madani, 2012)

Fenomena MJO terkait langsung dengan pembentukan kolam hangat (*warm pool*) di Samudra Hindia bagian timur dan Samudra Pasifik bagian barat yang dicerminkan dengan adanya pergerakan MJO dari arah barat menuju ke arah timur bersamaan dengan pergerakan angin baratan (*westerly wind*) di sepanjang sabuk ekuatorial yang umumnya diikuti dengan konveksi kumpulan awan-awan Cumulonimbus (Cb) yang relatif tebal. Kumpulan awan-awan inilah yang diduga sebagai penyebab utama terjadinya hujan dengan intensitas relatif tinggi yang mampu menempuh jarak hingga 100 kilometer per hari di sepanjang sabuk ekuatorial Samudra Hindia dan sekitar 500 kilometer per hari ketika berada di Indonesia. Pergerakan SCCs ini, tentu saja nantinya akan berkaitan erat dengan pergerakan pusat tekanan rendah yang akan diikuti oleh perubahan pola angin (Seto, 2002, *dalam* Madani, 2012).

Benarkah Mjo Fase Aktif Senantiasa
Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan (Nurhayati, 2007 *dalam* Madani, 2012) menggunakan data EAR (*Equatorial Atmospheric Radar*), khususnya dari parameter angin zonal yang di-*overlay* dengan angin vertikal dikenal dengan istilah (*zonal-vertical*) menunjukkan adanya pergerakan angin baratan di lapisan permukaan dan angin timuran di lapisan atasnya. Hal tersebut sesuai dengan teori skema pergerakan MJO di ekuator, seperti yang ditunjukkan Gambar 1 di atas. Siklus MJO ditunjukkan dengan adanya pergerakan kumpulan awan-awan Cb tadi dengan periode osilasi di antara 30–60 hari dan dengan cakupan daerah 10°LU–10°LS (Matthews, A.J., 2000 *dalam* Madani, 2012) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Gambaran umum siklus MJO (Matthews, A.J., 2000, *dalam* Madani, 2012)

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir

Gambar di atas menunjukkan siklus MJO dengan interval selama 3 harian atau 22.5° fase. Gambar tersebut menggunakan OLR sebagai salah satu cara untuk menggambarkan perjalanan siklus MJO. Siklus MJO pada fase 0 atau $t=0$, konveksi tumbuh dan berkembang di Samudra Hindia dan terjadi supresi (mengalami kekeringan) di Samudra Pasifik. Kedua peristiwa ini bergerak ke timur sampai fase 180 dengan lokasi yang berkebalikan (konveksi di Samudra Pasifik dan supresi di Samudra Hindia). Kondisi ini terus bergerak ke timur dan kembali ke fase 0 (konveksi di Samudra Hindia dan supresi di Samudra Pasifik). Penjalaran ini memerlukan waktu 30–60 hari dengan efek basah dan kering pada daerah-daerah yang di lewatinya.

Distribusi spasial MJO adalah antara 10°LU dan 10°LS (Madden dan Julian, 1972). Namun sekarang MJO dikenali dari 20°LU dan 20°LS (Wheeler dan Hendon, 2004). Sementara itu distribusi temporal MJO berkisar antara 40–50 hari (Madden dan Julian, 1971). Di wilayah tropis osilasi ini sedikit melebar yaitu sekitar 30–60 hari, tetapi fenomena ini dapat diperpanjang dari 22–79 hari, dengan rata-rata sekitar 45 hari (Madden dan Julian 1994).

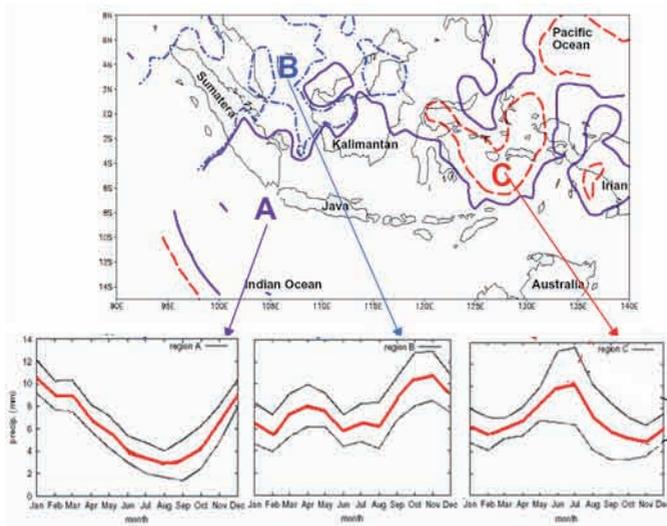
Kubota *et al.* (2005) menyatakan bahwa dengan data angin dapat ditunjukkan terjadinya MJO, khususnya di saat fase aktif yang diindikasinya dengan adanya penguatan angin baratan. Hal ini diperkuat oleh Nurhayati (2007 *dalam* Madani, 2012) yang menyatakan bahwa fenomena MJO yang diamati dari angin zonal menunjukkan bahwa fenomena MJO pada lapisan troposfer bawah dan diduga terkait erat dengan adanya angin baratan. Hal tersebut juga sesuai dengan skema perpotongan MJO di ekuator menurut Matthews (2000), di mana terjadi dominasi angin baratan di lapisan bawah troposfer.

2.2. Pola Curah Hujan di Indonesia

Curah hujan (dalam dimensi mm) didefinisikan sebagai air hujan yang diterima permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi, dan peresapan ke dalam tanah. Ada tiga pola Indonesia dibagi menjadi tiga yaitu pola equatorial, monsunal, dan lokal. Curah hujan yang bertipe *Equatorial* umumnya ditandai dengan sifat hujan memiliki dua puncak (*double peak*) maksimum dalam setahun, biasa berlangsung pada bulan Maret dan Oktober. Untuk yang bertipe *Monsunal* umumnya ditandai dengan sifat hujan yang hanya memiliki satu kali puncak musim hujan dan kemarau dalam satu tahunnya. Sementara yang bertipe *Lokal* umumnya dicirikan sebagai kebalikan tipe *Monsunal*.

Indonesia merupakan daerah yang dilalui oleh garis *Inter Tropical Convergence Zone* (ITCZ) yang dikenal sebagai pertanda bahwa pada tempat yang dilaluinya akan mempunyai curah hujan yang tinggi. Dengan kata lain ITCZ akan memengaruhi distribusi curah hujan pada wilayah-wilayah yang dilaluinya. ITCZ berkaitan dengan pergeseran posisi matahari, dimana Indonesia yang terletak di ekuator mengalami dua kali pemanasan maksimum, yaitu pada waktu matahari bergerak ke selatan melintasi ekuator dan kembali ke utara melintasi ekuator. Keadaan ini menyebabkan puncak aktivitas konveksi yang menghasilkan hujan terjadi dua kali, yang pada umumnya dapat dilihat pada pola curah hujan bulanan yang memiliki dua puncak. Kajian Donald *et al.* (2006) menunjukkan adanya variasi distribusi kekuatan MJO juga dipengaruhi oleh posisi ITCZ. Selama perjalanannya ke arah timur, MJO dipengaruhi oleh posisi matahari. Ketika matahari berada di garis ekuator MJO bergerak lurus ke arah timur. Sementara ketika posisi matahari berada di sebelah selatan garis ekuator, maka perjalanan MJO agak bergeser ke arah selatan ekuator yang dikenal dengan sebagai penjaran selatan-timur (*south-eastern propagation*). Ketika posisi matahari berada di sebelah utara ekuator, perjalanan MJO agak bergeser ke arah utara ekuator yang dikenal sebagai penjaran utara-timur (*north-eastern propagation*) (Rui dan Wang, 1990 *dalam* Madani, 2012).

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir



Gambar 3. Pola curah hujan di Indonesia (Sumber: Adrian dan Susanto, 2003)

Seto (2004 *dalam* Madani, 2012) menyatakan bahwa MJO dalam fase aktif memiliki korelasi terjadinya intensitas curah hujan yang tinggi terhadap wilayah yang dilaluinya. Evana (2009 *dalam* Madani, 2012) juga menyatakan bahwa pada saat indeks MJO menguat maka terdapat kecenderungan bahwa curah hujan tinggi di daerah yang dilewatinya. Pada bulan-bulan kering (JJA), meskipun indeks MJO menguat akan tetapi tidak selalu diikuti dengan curah hujan yang tinggi. MJO aktif berpeluang menimbulkan curah hujan tinggi di Indonesia ketika terjadi pada bulan basah (DJF). Hal tersebut berkaitan dengan posisi ITCZ yang dipengaruhi oleh peredaran gerak semu matahari. ITCZ bergerak ke utara dan selatan mengikuti gerak semu matahari dengan lag sekitar 2 bulan (Donald, 2007).

3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi (a). Data RMM1 dan RMM2 periode 1 Maret 1979 hingga 1 Maret 2009 selama 30 tahun yang diperoleh dari web-site <http://www.bom.gov.au/bmrc/clfor/cfstaff/matw/maproom/RMM/>, (b). Data anomali pentad Outgoing Longwave Radiation (OLR) periode 3 Maret 1979–3 Maret 2009, pada posisi 80°BT, 100°BT, 120° BT dan 140° BT yang diperoleh dari web-site http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_mjo_index/proj_norm_order.ascii, (c). Data curah hujan harian wilayah Jakarta, Palembang, Lampung, dan Kerinci tahun 2006–2008, (d). Data curah hujan bulanan tahun 1995–2008 (Sta. Halim Perdanakusuma, Sta. Pondok Betung, Sta. Kemayoran, Sta. Cengkareng, Sta. Tanjung Priok).

Sementara untuk analisis digunakan metode analisis spektral untuk mengetahui osilasi dominan dari masing-masing data yang digunakan. Analisis spektral merupakan modifikasi dari analisis Fourier sehingga analisis ini sesuai untuk deret waktu yang stokastik (Chatfield, 1984). Secara definisi jika X_t adalah proses stokastik dengan fungsi autokovarians $\gamma(k)$ dengan $k = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ maka spektrum $f(\omega)$ adalah transformasi Fourier dari fungsi autokovarians yang dalam ekspresi matematisnya adalah sebagai berikut:

$$f(\omega) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \gamma(k) \exp(-i\omega k)$$

Analisis spektral dalam penelitian ini digunakan untuk menampilkan periode setiap gelombang yang tersembunyi dari sebuah data deret waktu. Selain itu, juga digunakan metode analisis korelasi silang untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yaitu RMM1 dan RMM2 dengan OLR pada posisi 100°BT. Formula perhitungan korelasi silang (Makridakis, 1988):

$$f(\omega) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \gamma(k) \exp(-i\omega k)$$

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh
untuk Mitigasi Bencana Banjir

dimana:

$r_{xy}(k)$: korelasi silang antara deret x dan deret y pada lag ke-k

$$C_{xy}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})(y_t - \bar{y})$$

(merupakan kovarian antara deret x dan y pada lag ke-k)

$$C_{xx}(0) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2$$

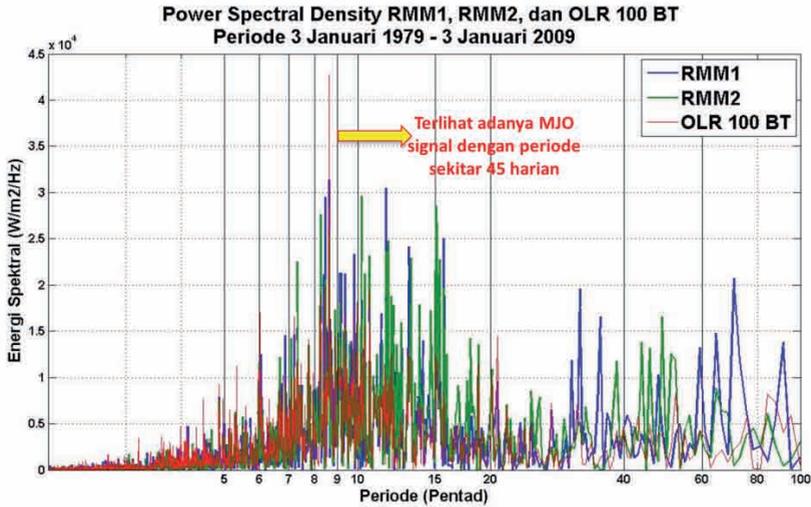
(merupakan variansi silang peubah x)

$$C_{yy}(0) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2$$

(merupakan variansi silang peubah y)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum membahas lebih lanjut tentang peran data MJO indeks, berikut ditunjukkan data time-series MJO indeks yang masing-masing diwakili oleh RMM1 dan RMM2, termasuk di dalamnya data OLR terutama pada posisi 100°BT terkait dengan posisi Jakarta yang berada di sekitar 106°BT selama sepuluh tahun pengamatan terhitung sejak 3 Januari 1979 hingga 3 Januari 2009 seperti tampak pada Gambar 4. berikut.



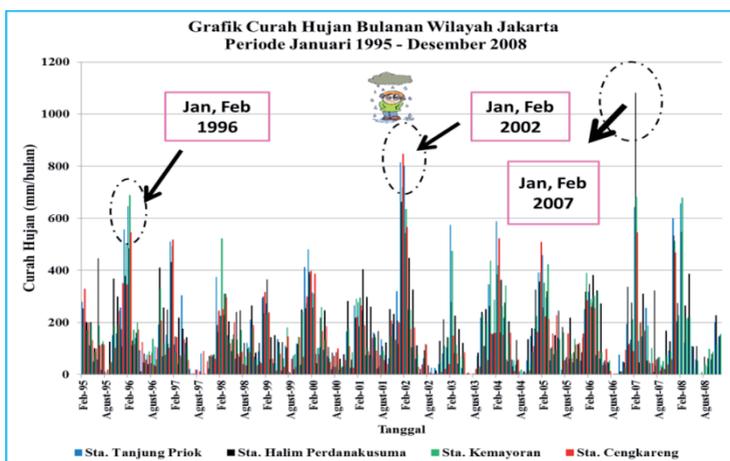
Gambar 4. Grafik analisis *Power Spectral Density* (PSD) data RMM1, RMM2, dan OLR periode 3 Januari 1979–2009

Dari gambar di atas terlihat jelas adanya sinyal MJO dengan puncak tertinggi di sekitar periode ke-9 yang bermakna adanya sembilan kali lipatan lima atau setara dengan empat puluh lima harian akibat data OLR memang di-*setting* setiap lima harian (*pentad*). Ini sesuai dengan konsep dasar MJO yang berkisar di antara 30–60 harian, tepatnya sekitar 45 harian sebagaimana dikemukakan oleh Madden and Julian (1971, 1972). Walaupun ditemukan juga adanya osilasi-osilasi lain, namun nilainya relatif kecil, seperti gelombang Kelvin yang berperiode sekitar 20 harian. Yang menarik adalah justru osilasi dominan tampak jelas ditunjukkan oleh data OLR yang memang merupakan parameter utama dalam mendeteksi terjadinya MJO di satu kawasan tertentu.

Dengan asumsi bahwa perilaku OLR yang berada di puncak (*top*) atmosfer terkait erat dengan perilaku curah hujan yang ada di bawah (permukaan), maka berikut ini ditunjukkan Berikut disajikan grafik curah hujan bulanan di atas Jakarta periode Januari 1995 hingga Desember 2008 (Gambar 4.).

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir

Gambar tersebut menunjukkan distribusi curah hujan bulanan di wilayah Jakarta yang masing-masing diwakili oleh Stasiun Tanjung Priok, Halim Perdanakusuma, Kemayoran, dan Cengkareng. Dari Gambar tersebut tampak jelas selain adanya pola Monsunal yang beraturan setiap 12 bulan, namun juga terlihat bahwa curah hujan dengan intensitas tinggi di wilayah Jakarta terjadi pada selama bulan Januari-Februari-Maret dengan mencapai puncaknya di sekitar bulan Februari, dimulai tahun 1996, 2002, dan 2007 dengan intensitas di atas 600 mm/bulan. Ini sudah termasuk kelompok curah hujan esktrim sebagaimana dinyatakan BMKG, yakni bila mencapai di atas 400 mm/bulan.



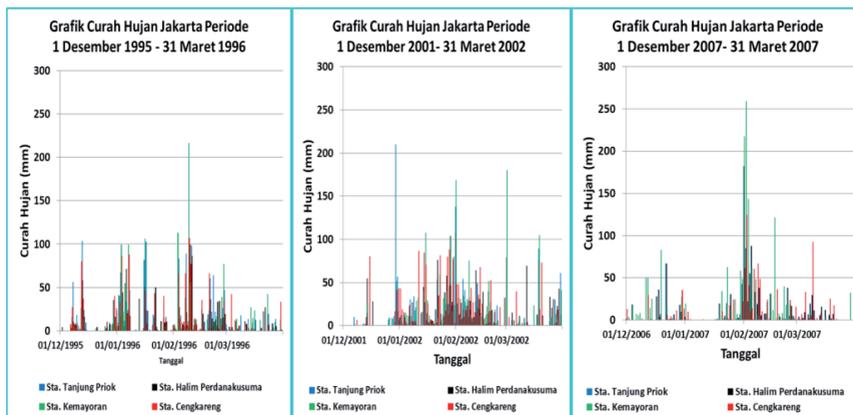
Gambar 5. Grafik curah hujan Jakarta periode Januari 1995–Desember 2008

Memang disini (analisis data curah hujan) tidak tampak adanya fenomena MJO. Ini disebabkan analisis data curah hujan yang digunakan merupakan rata-rata bulan (*monthly*). Hal yang tampak jelas adalah fenomena Monsun yang hampir mendekati osilasi sempurna sekitar 12 bulanan. Lalu, di mana kaitan antara Monsun dan MJO? Inilah yang menarik untuk dikaji lebih lanjut. Semula kita menganggap bahwa antara Monsun dan MJO adalah

dua fenomena yang berbeda, namun analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa ada keterkaitan yang erat antara Monsun dan MJO. Keterkaitannya adalah bahwa Monsun tidaklah terjadi begitu saja, melainkan ada faktor yang memicunya atau men-*trigger*-nya. Satu di antaranya adalah MJO. Hal ini tampak jelas ketika membahas masalah banjir besar yang melanda Jakarta tepatnya di bulan-bulan Januari dan Februari tahun 1996, 2002, dan 2007. Terlihat jelas dari waktu ke waktu intensitasnya semakin naik, mulai 700 mm di tahun 1996, 800 mm di tahun 2002, hingga di atas 1000 mm di tahun 2007. Dengan perkataan lain, aktivitas MJO semakin mengalami peningkatan. Tidak hanya intensitasnya barangkali, namun juga lama (durasi) terjadinya MJO di atas Jakarta. Pertanyaannya adalah, apakah meningkatnya aktifitas MJO juga menyebabkan meningkatnya intensitas curah hujan. Atau dengan kata lain, apakah hujan lebat dengan intensitas jauh di atas normal (ekstrem) yang menyebabkan banjir selalu diakibatkan oleh MJO. Jika iya, MJO yang bagaimana, MJO yang pada fase apa hal itu bisa terjadi?

Terkait dengan hasil analisis di atas maka dipandang perlu untuk disajikan bagaimana peran MJO indeks dalam menjelaskan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara banjir 1996 dengan 2002 dan 2007. Benarkah MJO fase aktif senantiasa menyebabkan terjadinya banjir di Jakarta. Atas dasar itulah, maka analisis ini difokuskan pada curah hujan ekstrim yang terjadi selama bulan basah, khususnya selama Januari dan Februari tahun 1996, 2002, dan 2007 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.

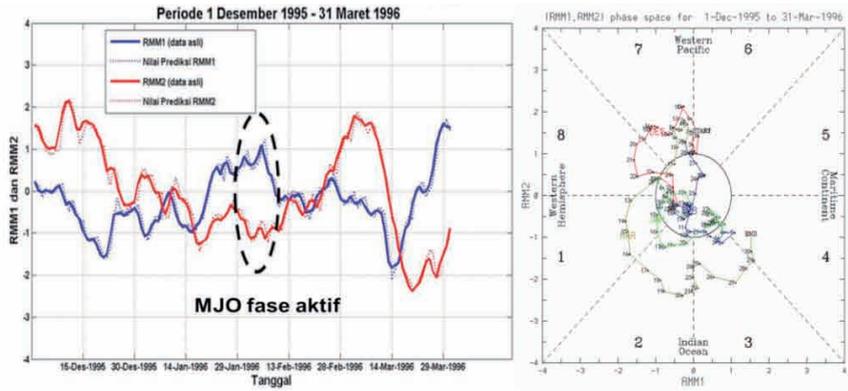
Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir



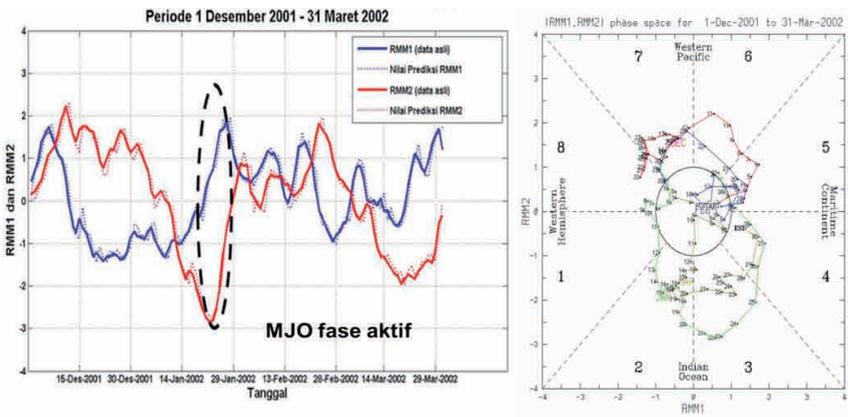
Gambar 6. Grafik curah hujan di atas Jakarta selama bulan basah terhitung sejak 1 Desember 1995–31 Maret 1996 (kiri), 1 Desember 2001–31 Maret 2002 (tengah) dan 1 Desember 2006–31 Maret 2007 (kanan)

Dari gambar di atas, terlihat jelas bahwa curah hujan esktrim terjadinya di awal tahun 2007, dibandingkan tahun 2002 ataupun 1996. Hal ini juga tercermin dari dampak yang dihasilkannya, di mana kondisi banjir besar tahun 2007 jauh lebih besar dibandingkan tahun 2002 dan 1996. Ini adalah fakta di lapang yang ada, lalu bagaimana MJO menjelaskan adanya perbedaan yang cukup signifikan ini. Benarkah MJO dianggap yang paling bertanggung jawab terjadinya perbedaan ini. Berikut disajikan bagaimana posisi MJO pada saat banjir itu terjadi, baik tahun 1996, 2002, ataupun 2007 seperti ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.

Benarkah Mjo Fase Aktif Senantiasa Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta

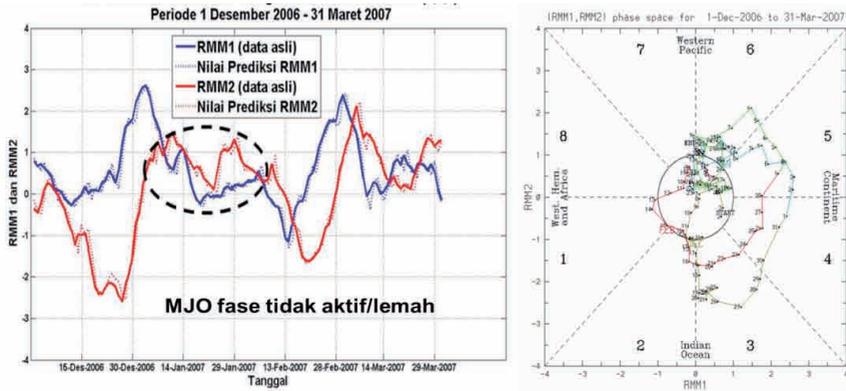


Gambar 7. Perbandingan data RMM1 dan RMM2 periode 1 Desember 1995 hingga 31 Maret 1996 saat terjadinya terjadinya MJO fase aktif



Gambar 8. Sama dengan Gambar 6, tetapi untuk periode 1 Desember 2001 hingga 31 Maret 2002 saat terjadinya terjadinya MJO fase aktif

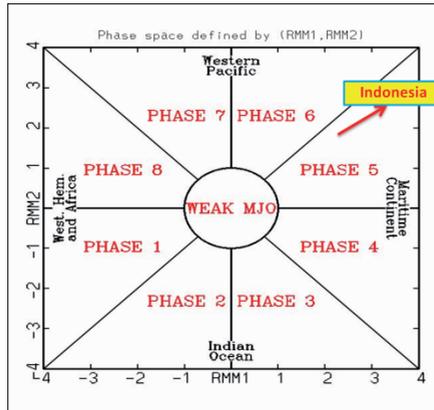
Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir



Gambar 9. Sama dengan Gambar 6, tetapi untuk periode 1 Desember 2006 hingga 31 Maret 2007 saat terjadinya terjadinya MJO fase tidak aktif/lemah

Berdasarkan gambar di atas terlihat jelas bahwa terjadinya banjir besar di tahun 1996 dan 2002 terjadi di saat MJO pada posisi aktif. Ini adalah normal dan wajar mengingat MJO senantiasa terkait erat dengan perubahan OLR yang menyebabkan intensitas curah hujan dapat bervariasi setiap saat. Jika teori ini benar, bagaimana dengan kejadian banjir besar yang justru lebih parah. Namun terjadi disaat MJO berfase lemah atau tidak aktif. Untuk menjelaskan fenomena ini, ada baiknya kita kaji kembali apa makna aktif dan makna tidak aktif atau lemah sebagaimana tampak pada Gambar 10 berikut.

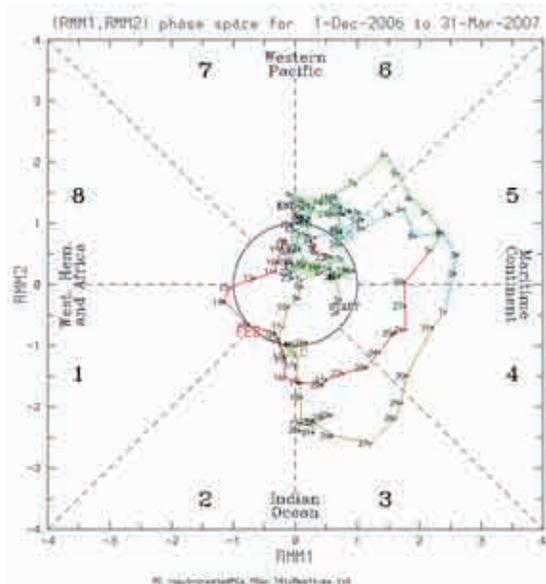
Benarkah Mjo Fase Aktif Senantiasa Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta



Gambar 10. Diagram posisi fase (*phase*) RMM1 dan RMM1 mulai dari fase 1 hingga 8, di mana Indonesia termasuk pada fase 4 dan 5 (<http://www.bom.gov.au/.../RMM/composites/phasediag>)

Gambar ini menunjukkan RMM (*Real-time Multivariate MJO*) yang didasarkan kepada pada dua fungsi ortogonal empiris (EOFs) dari gabungan rata-rata angin zonal 850 hPa, angin zonal 200 hPa, dan data keluaran satelit dari radiasi gelombang panjang (OLR=*Outgoing Longwave Radiation*). Bagaimana posisi RMM1 dan RMM2 di awal tahun 2007? Inilah yang kiranya perlu dikaji lebih lanjut sebagaimana tampak pada Gambar 11.

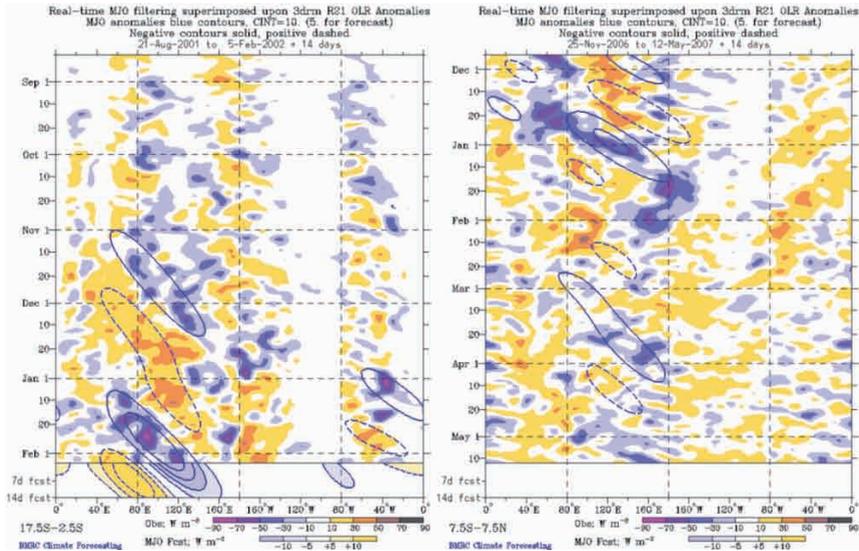
Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh
untuk Mitigasi Bencana Banjir



Gambar 11. Sama dengan Gambar 10, hanya menunjukkan diagram posisi fase (*phase*) RMM1 dan RMM1 mulai dari fase 1 hingga 8, periode 1 Desember 2006 hingga 31 Maret 2007 (<http://www.bom.gov.au/.../RMM/composites/phasediag>)

Dari gambar di atas terlihat jelas memang posisi MJO saat ini yang ada di atas Indonesia, khususnya berada pada posisi di dalam lingkaran kecil yang ada di dalam. Sesuai dengan definisi di atas (Gambar 10), maka benar adanya jika saat ini posisi MJO adalah lemah atau tidak aktif, walaupun terletak di atas Indonesia. Mengapa masih terjadi banjir pada saat itu?. Kami menduga bahwa ada mekanisme lain yang masih perlu dikaji lagi atau ada fenomena lain yang dalam penelitian ini kami anggap tidak terlalu signifikan berpengaruh, yakni serangan massa udara dingin (dikenal dengan istilah *Seruak Dingin* atau *Cold Source*). Gambar 12 berikut barangkali dapat dijadikan pemikiran bagaimana distribusi data OLR di awal tahun 2002 dan 2007. Jelas terlihat bahwa sebaran OLR di tahun 2002 relatif jauh lebih banyak dibandingkan tahun 2007, namun sekali lagi mengapa justru tahun 2007 banjir di Jakarta relatif jauh lebih dahsyat atau parah dibandingkan tahun 2002.

Benarkah Mjo Fase Aktif Senantiasa Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta



Gambar 12. Perbandingan distribusi OLR global di awal tahun 2002 dan 2007 (<http://www.bmrc.climateforecasting>)

5. KESIMPULAN

MJO dalam fase aktif tidak selalu diikuti dengan hujan deras di Indonesia. MJO aktif berpeluang menimbulkan hujan deras di wilayah Indonesia ketika terjadi pada bulan basah (DJFM). Pada tahun 1996 dan 2002 MJO menjadi salah satu penyebab hujan deras (mencapai di atas 100 mm/hari) yang menyebabkan banjir (studi kasus: Jakarta). Namun kejadian hujan deras yang menyebabkan banjir pada Februari 2007 terjadi ketika MJO dalam fase lemah sehingga diduga ada fenomena lain yang menyebabkan hujan deras tersebut. Andaikan terjadi sebaliknya, tidak terjadi banjir, tetapi MJO pada posisi aktif, maka harus dikaji kembali pada saat itu MJO pada posisi fase ke berapa.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Sains dan Teknologi (PSTA) LAPAN-Bandung dan Geofisika dan Meteorologi, IPB, Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian E., Susanto R.D. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology* 23:1435–1452.
- Donald A., Meinke H., Power B., Maia A. H. N., Wheeler M. C., White N., Stone R. C., Ribbe J. 2006. Near-global impact of the Madden-Julian Oscillation on rainfall. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L09704, doi: 10.1029/2005GL025155.
- Kubota H., Shiroka R., Ushiyama T., Chen J., Chuda T., Takeuchi K., Yoneyama K., Katsumata M. 2006. Observations of the structures of deep convections and their environment during the active phase of an Madden-Julian Oscillation event over Equatorial Western Pacific. *Journal Of The Meteorology Society Of Japan*, 84(1):115.
- Madani, N., 2012: Pengembangan Model Prediksi *Madden-Julian Oscillation* (MJO) Berbasis Hasil Analisis Data Wind Profiler Radar (WPR) [Skripsi] Departement Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB), 41 hal.
- Madden R. A., Julian P. 1971. Detection of a 40 ± 50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J Atmos Sci* 28: 702–708.
- Madden R. A., Julian P. 1972. Description of global-scale circulation cells in tropics with a 40–50 day period. *Journal Atmospheric Sciences* 29:1109–1123.
- Madden R. A., Julian P. 1994. Observations of the 40–50 day tropical oscillation. *Month Weather Rev* 122:814–837.

**Benarkah Mjo Fase Aktif Senantiasa
Menyebabkan Terjadinya Banjir di Jakarta**

- Matthews A. J. 2000. Propagation mechanisms for the Madden-Julian Oscillation. *Quart J Roy Meteor Soc* 126: 2637–2652.
- Ramage, C. S. 1968: Role of tropical “Maritime Continent” in the atmospheric circulation. *Mon. Wea. Rev.*, 96: 365–370.
- Wheeler M, Hendon H. H. 2004. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Month Weather Rev* 132:1917–1932.