

## ANALISIS PERILAKU CURAH HUJAN YOGYAKARTA DISAAT EL-NINO DAN DIPOLE MODE DATANG BERSAMAAN

### ANALYSIS OF THE RAINFALL BEHAVIOR OVER YOGYAKARTA WHEN EL-NINO AND DIPOLE COMES SIMULTANEOUSLY

---

**Eddy Hermawan**

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN

Jalan Djunjunan, Bandung

Email: eddy\_lapan@yahoo.com

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama mengkaji berapa besar sumbangsih kedua fenomena di atas (El-Niño dan Dipole Mode) terhadap perilaku anomali curah hujan yang terjadi di Yogyakarta hasil observasi menggunakan data satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) terhitung sejak Januari 1998 hingga Desember 2009. Pada waktu yang sama dianalisis pula data indeks El-Niño, khususnya data SST (Sea Surface Temperature) Niño3.4 dan DMI (Dipole Mode Index). Dengan menggunakan teknik analisis spektral dan aplikasi regresi linier berganda, maka diperoleh suatu model persamaan regresi curah hujan di Yogyakarta dengan formula sebagai berikut  $CH$  (Curah Hujan) Yogyakarta =  $-0.131(SST\ Nino\ 3.4) - 0.229(DMI) - 0.01$  dengan koefisien korelasi sebesar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku curah hujan yang terjadi di atas Yogyakarta dan kawasan sekitarnya relatif kecil dipengaruhi oleh El-Niño dan Dipole Mode. Namun demikian, analisis lebih menarik ketika kedua fenomena di atas saling berinteraksi satu dengan lainnya. Hasilnya menunjukkan bahwa anomali El-Nino yang diwakili oleh SST Nino 3.4 dan juga Dipole Mode (dalam bentuk DMI) relatif kecil bila dibandingkan dengan pengaruh Monsun yang hampir dominan di kawasan Yogyakarta. Hal ini tercermin dari nilai  $R^2$  yang relatif sangat kecil sebesar 5% akibat dampak berinteraksinya SST Nino 3.4 dan DMI, sementara dari fenomena Monsun memberikan kontribusi yang cukup besar, yakni dengan nilai  $R^2$  sebesar 84%.

**Kata kunci:** TRMM, El-Niño, DMI, dan anomali curah hujan Yogyakarta.

**Abstract:** This research was conducted with the aim of assessing how large the main contribution to both the above phenomena (El-Niño and Dipole Mode) to the anomalous behavior of rainfall that occurred in Yogyakarta observations using satellite data TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) as from January 1998 to December 2009. At the same time also analyzed the El-Niño index data, particularly data SST (Sea Surface Temperature) Niño3.4 and DMI (Dipole Mode Index). By using spectral analysis techniques and applications of multiple linear regression, then obtained a regression equation model of rainfall in Yogyakarta with the following formula  $CH$  (Rainfall) Yogyakarta =  $-0.131(SST\ Nino\ 3.4) - 0.229(DMI) - 0.01$  with a correlation coefficient of 5%. This suggests that the behavior of rainfall that occurred over the Yogyakarta and surrounding areas affected by relatively small-El Niño and Dipole Mode. However, the analysis is more interesting when both the above phenomena interact with one another. The results show that El-Nino anomaly represented by Nino SST Dipole Mode 3.4 and also (in the form of DMI) is relatively small when compared with Monsoon an almost dominant influence in the region of Yogyakarta. This is reflected in the value of  $R^2$  is relatively very small at 5% due to the impact of interactions SST Nino 3.4 and DMI, while the phenomenon of Monsoon provides a substantial contribution, ie, with  $R^2$  values of 84%.

**Keywords:** TRMM, El-Niño, DMI, and rainfall anomalies Yogyakarta.

## PENDAHULUAN

Pemerintah (dalam hal ini Dewan Ketahanan Pangan Nasional, DKPN) saat ini sedang giat-giatnya berupaya semaksimal mungkin menyelamatkan sentra produksi tanaman pangan yang tersebar di sebelas Provinsi di Indonesia akibat kondisi cuaca/iklim ekstrem yang

berkepanjangan, seperti sejak pertengahan Juni 2010 hingga sekarang kita mengalami musim basah yang relatif panjang, melebihi batasan normalnya yang hanya tiga bulan, khususnya bulan-bulan Desember-Januari-Februari (DJF). Kesebelas Provinsi tersebut adalah Sumatera Utara, Lampung, Sumatera Selatan, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB), Kalimantan Selatan, dan Sulawesi Selatan. Berbagai upaya telah dilakukan, mulai dari menyiapkan benih tanaman yang tahan dengan kondisi basah hingga pengaturan waktu tanam. Semua itu tidaklah cukup, manakala kondisi ekstrem, baik ekstrem kering ataupun ekstrem basah melanda kawasan sentra pangan tersebut di atas.

Ada satu pokok permasalahan yang hingga kini belum juga terpecahkan dengan baik dan sempurna, yakni belum mampunya kita memprediksi dengan baik dan benar (apalagi tepat), bila awal musim kemarau atau berakhirnya musim penghujan di kesebelas kawasan sentra produksi tanaman pangan tersebut, khususnya dalam beberapa dekade waktu mendatang. Memang tidak salah, jika dikatakan saat ini LAPAN Bandung memiliki model prediksi iklim berbasis analisis statistik dan dinamik. Namun, harus dipahami bahwa model tersebut kiranya belumlah cukup valid untuk memprediksi perilaku curah hujan khususnya untuk jangka waktu yang relatif agak panjang (lebih dari tiga bulan), apalagi untuk satu kawasan yang relatif agak kecil (skala mikro, seperti Kecamatan/Kabupaten). Padahal, fakta menunjukkan bahwa kawasan sentra produksi tanaman tersebut umumnya berskala relatif kecil (sekitar 5-10 km<sup>2</sup>). Selain itu, model umumnya belum mempertimbangkan terjadinya koneksi/telekoneksi antar berbagai fenomena global yang ada saat ini. Oleh karena itu, maka dipandang perlu untuk mengkaji lebih jauh adanya satu indikasi kuat, katakanlah sebagai satu indikasi awal (*precursor*), bila anomali cuaca/iklim ekstrem itu akan terjadi. Hal ini hanya bisa dilakukan bila kita melibatkan semua faktor fenomena iklim global yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kompleksitas sistem dinamika atmosfer (khususnya curah hujan) di Indonesia.

Berbasis kepada hasil rekomendasi yang dihasilkan saat Symposium GEOSS (*Global Earth Observation System to System*) Maret tahun 2010 di Bali dan juga pertemuan sidang IPCC (*Intergovernmental Panel Climate Change*) saat membahas AR5 (*Assessment Report 5*) di Jakarta menetapkan bahwa “interkoneksi” atau “telekoneksi” berbagai fenomena iklim global amat sangat perlu untuk terus dikaji lebih lanjut secara menyeluruh (komprehensif). Berbagai fenomena iklim global tersebut adalah ENSO (*El-Niño-Southern Oscillation*), IOD (*Indian Ocean Dipole*), Monsun, MJO (*Madden Julian Oscillation*), dan PDO (*Pacific Decadal Oscillation*).

Atas dasar itulah, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama mengembangkan suatu model prediksi curah hujan di kawasan barat Indonesia (dalam hal ini Yogyakarta sebagai studi kasus), berbasis kepada hasil analisis indeks fenomena iklim global, khususnya kejadian El-Nino dan Dipole Mode disaat keduanya saling berinteraksi secara bersamaan dalam satu kurun waktu yang relatif sama atau hampir bersamaan, dikenal dengan istilah *simultan*.

## LANDASAN TEORI

Dinamika atmosfer Indonesia sangatlah kompleks. Tidak hanya faktor Monsun yang relatif dominan berperan, juga faktor lain seperti kombinasi interaksi antara fenomena ENSO (*El-Niño and Southern Oscillation*) dan IOD (*Indian Ocean Dipole*). Belum lagi masalah fenomena MJO (*Madden-Julian Oscillation*) yang hingga kini mekanisme pembentukannya

belum sepenuhnya diketahui dengan baik dan benar. Salah satu faktor terjadinya variabilitas iklim khususnya curah hujan antar tahunan di wilayah Indonesia adalah fenomena berskala global yang dikenal dengan nama ENSO. Secara umum peristiwa ENSO berulang antara 2-7 tahun. Di Indonesia, peristiwa ENSO diidentikkan dengan musim kering yang melebihi kondisi normalnya. Hal ini berbanding terbalik dengan peristiwa La-Niña yang justru menghasilkan curah hujan melebihi batasan normalnya.

Terdapat hubungan yang erat antara curah hujan di Indonesia dan indikator ENSO seperti dengan suhu permukaan laut (SST=*Sea Surface Temperature*) di wilayah Pasifik Timur (dikenal dengan daerah Niño) atau dengan Indeks Osilasi Selatan (SOI=*Southern Oscillation Index*) sebagaimana yang telah banyak dilaporkan oleh beberapa peneliti (Haylock dan McBride 2001; Hendon, 2003; Aldrian, 2002; Gunawan dan Gravenhorst, 2005).

Dalam dekade terakhir, fenomena yang mirip dengan ENSO, tetapi berada di Samudera Hindia telah mulai menarik perhatian para peneliti bidang atmosfer dan kelautan, karena ternyata memberi dampak yang saling menguatkan atau memperlemah pengaruh ENSO. Peristiwa osilasi yang terjadi di wilayah barat Indonesia ini dikenal dengan sebutan IOD (*Indian Ocean Dipole*) setelah pertama kali di kemukakan oleh peneliti Jepang Yamanaga dan Saji di tahun 1992 yang tidak lain merupakan fenomena interaksi antara laut dan atmosfer di Samudera Hindia yang ditetapkan berdasarkan selisih suhu permukaan laut di perairan sebelah timur benua Afrika dan di perairan Samudera Hindia sebelah barat pulau Sumatera. Selisih suhu permukaan laut kedua tempat tersebut disebut Indeks Dipole Mode (Dipole Mode Index, DMI).

Pada saat DMI positif, maka pusat tekanan rendah berada di pantai timur Afrika yang menyebabkan bergesernya pusat pusat konveksi di wilayah Indonesia bagian barat menuju ke arah timur sehingga intensitas curah hujan di wilayah Indonesia bagian barat umumnya rendah. Sebaliknya, pada saat DMI negatif, justru pusat tekanan rendah berada di pantai barat P. Sumatera, sehingga pusat pusat konveksi bergeser ke arah pantai barat P. Sumatera, intensitas curah hujan di wilayah Indonesia bagian barat umumnya akan relatif tinggi.

Selain itu, *Dipole Mode* umumnya terjadi secara bebas, tidak saling mengikat dengan El-Niño dan Osilasi Selatan serta merupakan fenomena kopel atmosfer-laut yang unik di Samudera Hindia Tropis (Saji *et al.*, 1999, 2003; Webster *et al.*, 1999; Ashok *et al.*, 2001, 2003; Behera and Yamagata, 2003). Kajian tentang peran El-Niño dan *Dipole Mode*, secara terpisah sebagai fenomena dalam sistem iklim di kawasan tropis telah banyak dilakukan. Namun perilaku dan peran fenomena tersebut secara bersama-sama, terhadap curah hujan belum banyak diketahui (Saji *et al.*, 1999).

Menganalisis variabilitas curah hujan tidak lepas dari pengetahuan tentang pola dasar curah hujan yang ada di wilayah Indonesia. Aldrian (2003) telah menggunakan data curah hujan periode 1961-1990 untuk mengelompokkan pola hujan kedalam tiga tipe hujan yaitu tipe Monsun, tipe anti Monsun, dan tipe dua puncak. Pengelompokkan ini didasarkan pada pola distribusi curah hujan bulanan. Tipe hujan Monsun, sesuai namanya dipengaruhi oleh sirkulasi monsun dengan puncak curah hujan berada pada bulan-bulan Desember-Januari-Februari (DJF) dan curah hujan rendah terjadi pada bulan-bulan Juni-Juli-Agustus (JJA).

Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki pola hujan seperti ini. Pola hujan tipe anti-monsun berpola kebalikan dari tipe hujan monsun dalam arti waktu terjadinya periode curah hujan maksimum dan minimum. Daerah yang memiliki pola ini tidak seluas tipe monsun, dan terdapat di daerah Sulawesi Tengah bagian timur, Maluku dan bagian utara Papua. Pola hujan tipe dua puncak terdapat disekitar ekuator dari pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi.

Terlepas dari itu semua, yang penting adalah dapatkah keberadaan data iklim global (dalam bentuk indeks) seperti ENSO, DMI, Monsun dan MJO dapat digunakan dalam ikut mendukung penentuan awal musim di Indonesia, "khususnya di kawasan sentra produksi

tanaman pangan”. Hal ini penting dilakukan agar kejadian ekstrim kering berkepanjangan seperti yang terjadi di tahun 1982 dan 1997 dapat diantisipasi kehadirannya.

Dengan asumsi bahwa curah hujan (CH) yang terjadi atau turun di suatu wilayah dipengaruhi oleh iklim global, maka besarnya curah hujan yang akan turun di suatu wilayah merupakan fungsi (f) dari fenomena global di atas yang dapat disederhanakan menjadi:

$$CH = f(\text{ENSO, IOD}) + \text{error} \quad (1)$$

Yang perlu diingat adalah adanya keterkaitan (interaksi) yang erat antara fenomena iklim global satu dengan lainnya. Kejadian ekstrim kering tahun 1997, terjadi akibat dua fenomena global yakni El-Nino dan DMI(+) terjadi secara simultan (bersamaan). Dengan kata lain, mereka ada kalanya saling menguatkan, namun kadang pula saling melemahkan.

Apa yang menyebabkan adanya perbedaan pola distribusi curah hujan di satu wilayah sentra produksi tanaman pangan dengan wilayah lainnya hingga kini belum banyak dilakukan orang. Belum banyak diketahui tentang perilaku interaksi yang terjadi diantara fenomena iklim global yang ada, baik antara ENSO dengan Dipole Mode, ENSO dengan Monsun, ENSO dengan MJO, Dipole Mode dengan Monsun, Dipole Mode dengan MJO, ataupun antara Monsun dengan MJO.

Apakah Dipole Mode di Samudra Hindia mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap perilaku curah hujan di kawasan Indonesia bagian barat. Hal ini pun masih perlu dikaji lebih mendalam. Sampai saat ini belum ada satu model iklim pun yang mampu menjelaskan keterkaitan antara fenomena ENSO, IOD, Monsoon, dan MJO dengan pola distribusi curah hujan yang terjadi di wilayah sentra produksi tanaman pangan.

## DATA DAN METODE ANALISIS

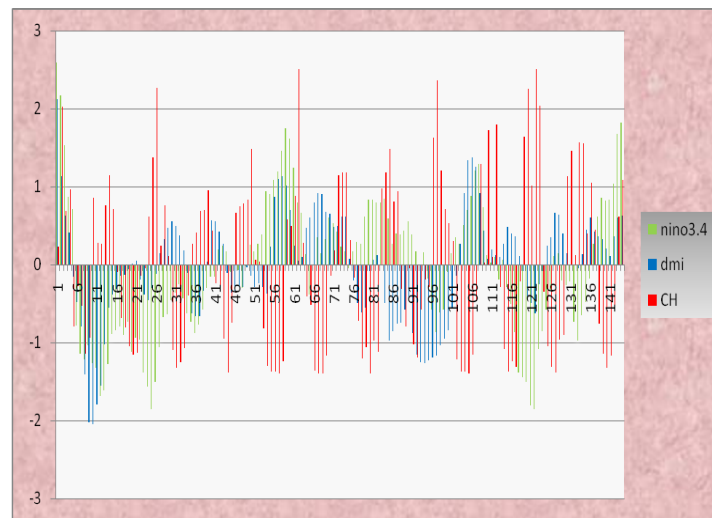
Data utama yang digunakan dalam analisis karakteristik sirkulasi udara di atas Indonesia secara analisis zonal (timur-barat) adalah data SST El Nino, DMI, dan SOI periode Januari 1958-Desember 2009 serta data curah hujan Yogyakarta periode Januari 1998-Desember 2009. Data SST El Nino 3.4 diperoleh dari web site: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>, data DMI (*Dipole Mode Index*) diperoleh dari: <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/>.

Sementara data curah hujan Yogyakarta diperoleh melalui data satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) pada periode yang sama. Kami juga menggunakan data indeks Monsun global yang dinyatakan dalam parameter ISMI (*Indian Summer Monsoon Index*), WNPMI (*Western North Pacific Monsoon Index*), dan AUSMI (*Australian Monsoon Index*) pada periode yang sama dengan data anomali curah hujan Yogyakarta.

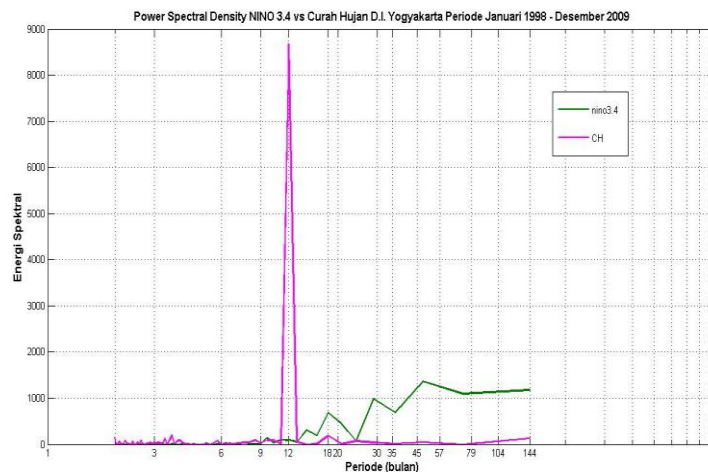
Pengambilan data curah hujan di daerah Yogyakarta dilakukan dengan menggunakan software Grads. Mula-mula mendownload data global yang kemudian dianalisis dengan memasukkan letak geografisnya kedalam software Grads. Untuk mengklasifikasikan karakteristik dari masing-masing sirkulasi udara yang terjadi di atas Indonesia secara analisis zonal secara temporal, maka menggunakan analisis power spektral (PSD=*Power Spectral Density*) untuk mengetahui osilasi dominan dari masing-masing indeks fenomena iklim dan cuaca global. PSD yang dimaksud yaitu dengan menggunakan teknik FFT (*Fast Fourier Transform*). Untuk mengetahui hubungan dan kelayakan antara curah hujan di Yogyakarta dengan sirkulasi udara menggunakan regresi linear dengan menggunakan software SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

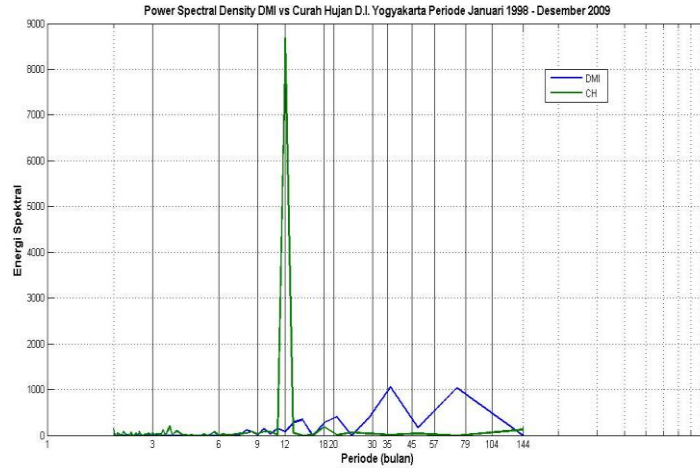
Langkah pertama yang kami lakukan adalah menunjukkan data time-series SST Nino 3.4, DMI, dan anomali curah hujan rata-rata bulanan periode Januari 1998 hingga Desember 2009 seperti nampak pada gambar 4-1 berikut. Dari gambar tersebut terlihat jelas adanya pola keteraturan data anomali curah hujan Yogyakarta yang berosilasi antara 6 dan 12 bulan, dikenal dengan istilah SAO (*Semi Annual Oscillation*) dan AO (*Annual Oscillation*). Hal ini jauh berbeda dengan perilaku SST Nino 3.4 dan DMI yang tidak berpola SAO ataupun AO, dimana keduanya lebih mendekati adanya osilasi sekitar 5 dan 3 tahunan seperti nampak masing-masing pada gambar 1 dan 2.



**Gambar 1.** Data time-series SST Nino 3. 4, DMI, dan anomali curah hujan rata-rata bulanan di atas Yogyakarta dihitung sejak Januari 1998 hingga Desember 2009.

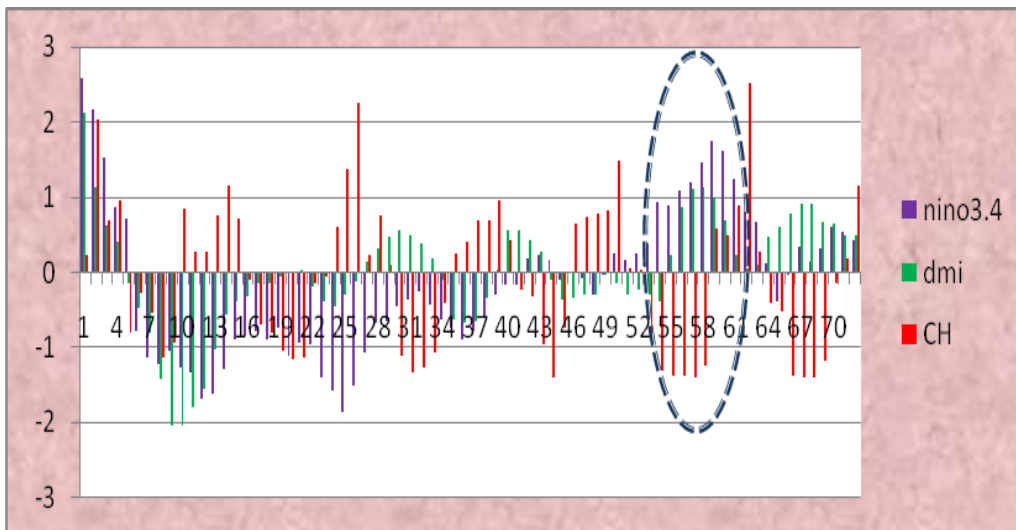


**Gambar 2.** Grafik FFT perbandingan antara data anomali SST Nino 3.4 dan anomali curah hujan bulanan Yogyakarta periode Januari 1998-Desember 2009.

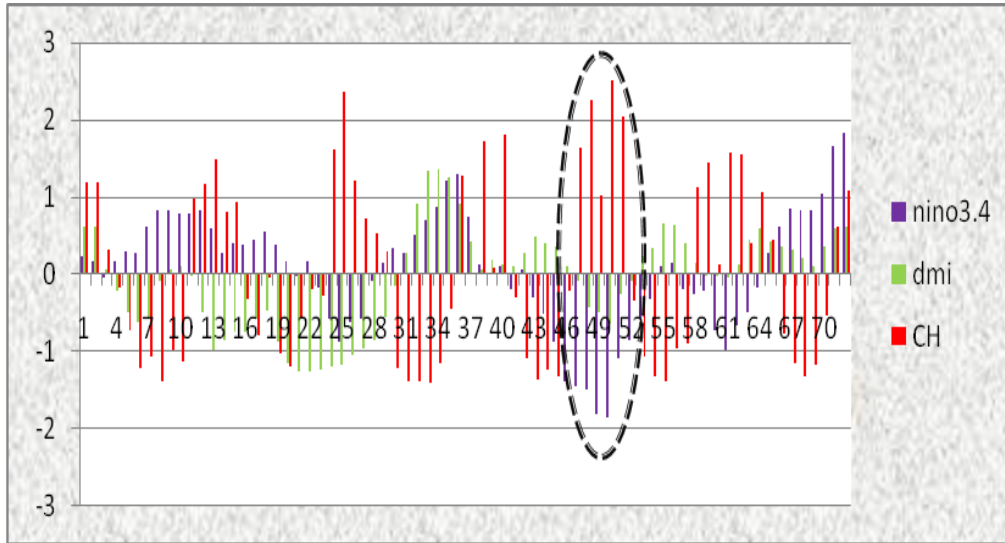


**Gambar 3.** Sama dengan gambar 2, tetapi untuk data anomali DMI pada periode yang sama.

Hal yang menarik disini adalah adanya satu kondisi dimana SST Nino 3.4 dan DMI saling bertemu (saling menguatkan) dan saling berpisah (saling melemahkan), dan berakibat dengan naik turunnya intensitas curah hujan yang terjadi di atas Yogyakarta seperti ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 berikut ini.

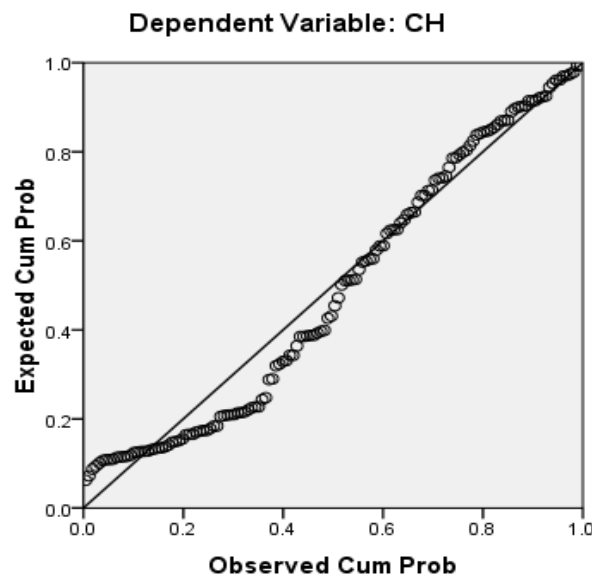


**Gambar 4.** Sama dengan gambar 1, hanya saja untuk kondisi dimana SST Nino 3.4 dan DMI saling menguatkan.

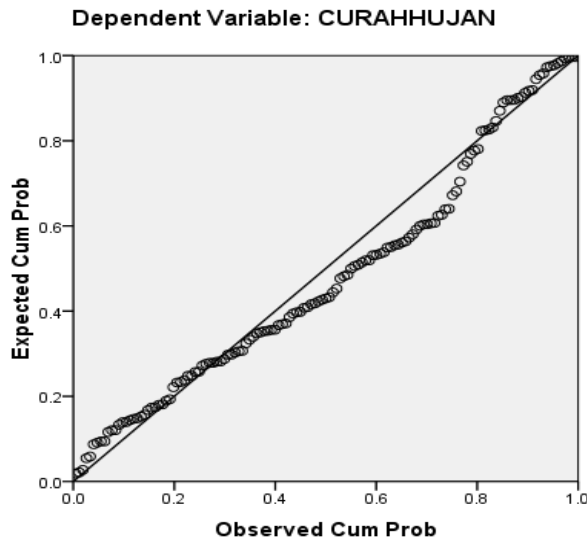


**Gambar 5.** Sama dengan gambar 1, hanya saja untuk kondisi dimana SST Nino 3.4 dan DMI saling melemahkan.

Dari rangkaian gambar di atas, terlihat bahwa Yogyakarta nampaknya lebih didominasi oleh pengaruh Monsun ketimbang pengaruh kombinasi SST Nino 3.4 dan DMI, walaupun ada beberapa kejadian yang menunjukkan bahwa naik/turunnya anomaly curah hujan di atas Yogyakarta sepertinya berbanding terbalik dengan naik/turunnya SST Nino 3.4 dan DMI. Terkait dengan ini, rangkaian gambar 4-6 dan 4-7 berikut ini menunjukkan hasil analisis statistik sederhana berbasis hasil analisis menggunakan regresi linier berganda masing-masing berbasis SST Nino 3.4 dan Monsun.



**Gambar 6.** Analisis regresi linier berganda (*multivariate*) antara data anomaly curah hujan rata-rata bulanan curah hujan Yogyakarta dengan data SST Nino 3.4+DMI.



**Gambar 7.** Sama dengan gambar 6, tetapi untuk data anomali curah hujan rata-rata bulanan curah hujan Yogyakarta dengan data indeks Monsun global.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa untuk gambar 6 diperoleh persamaan regresi linier anomali curah hujan DI Yogyakarta (dilambangkan dengan symbol  $y$ ) sebagai berikut:

$$y = -0.131 \text{ SST Nino } 3.4 - 0.229 \text{ DMI} - 0.01 \tag{2}$$

Dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 5% menunjukkan bahwa hanya 5% dari anomali curah hujan Yogyakarta yang dapat dijelaskan oleh perubahan dalam variabel DMI dan SST Nino 3.4, yang terjadi sebagai akibat adanya perbedaan osilasi dominan yang relatif besar diantara mereka. Hal ini terjadi jelas karena osilasi yang tidak sama terhadap ketiganya. Hasil ini berbeda, jika dibandingkan dengan data indeks Monsun global, maka bentuk persamaan regresi untuk data anomali curah hujan Yogyakarta ( $y$ ) sebagai berikut:

$$y = -0.239 \text{ ISMI} - 0.127 \text{ WNPMI} + 0.32 \text{ AUSMI} + 0.379 \tag{3}$$

Dengan  $R^2$  sebesar 84,1%, dapat dijelaskan bahwa kondisi curah hujan di Yogyakarta ternyata dipengaruhi kuat oleh pengaruh fenomena Monsoon. Hal ini juga dibuktikan dengan karakteristik osilasi yang sama antara curah hujan Yogyakarta dengan osilasi Monsun. Hasil mempertegas hasil hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aldrian and Susanto (2003) tentang pola curah hujan Monsunal P. Jawa, dan juga peneliti lain, seperti Mustofa (2000) dan juga Sipayung (1995).



## KESIMPULAN

Dengan menggunakan teknik analisis spektral dan aplikasi regresi linier berganda, maka diperoleh suatu model persamaan regresi curah hujan di Yogyakarta dengan formula sebagai berikut bahwa anomali CH (Curah Hujan) Yogyakarta =  $-0.131(\text{SST Nino } 3.4) - 0.229(\text{DMI}) - 0.01$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku curah hujan yang terjadi di atas Yogyakarta dan kawasan sekitarnya relatif kecil dipengaruhi oleh El-Niño dan Dipole Mode. Namun demikian, analisis akan lebih menarik ketika kedua fenomena di atas saling berinteraksi satu dengan lainnya, baik di saat keduanya berfase sama, ataupun di saat berfase tidak sama. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa pengaruh anomali El-Nino yang diwakili oleh SST Nino 3.4 dan juga Dipole Mode (dalam bentuk DMI) relatif kecil bila dibandingkan dengan pengaruh Monsun yang hampir dominan di kawasan Yogyakarta. Hal ini tercermin dari nilai  $R^2$  yang relatif sangat kecil sebesar 5% akibat dampak berinteraksinya SST Nino 3.4 dan DMI, sementara dari fenomena Monsun memberikan kontribusi yang cukup besar, yakni dengan nilai  $R^2$  sebesar 84%.

## Daftar Pustaka

- Ashok, K., Z. Guan, and T. Yamagata. "Impact of the Indian Ocean Dipole and the Relationship between the Indian Monsoon Rainfall." Gheophysical Research Letter 28 (2001): 4499-4502.
- Ashok, K. Z. Guan, Saji N. H., and T. Yamagata. "The Influence of the Indian Ocean Dipole on the Indian. Summer Monsoon Rainfall: A Detailed Study." Journal of Climate 17 (2003): 3141-3155.
- Aldrian, E. "Spatial Patterns of ENSO Impact on Indonesian Rainfall." J. Sains & Tek. Mod. Cuaca, BPP Teknologi 3 (2002): 5-15.
- Aldrian, E., dan D. Susanto. "Simulations of Indonesian Rainfall with a Hierarchy of Climate Models." Disertasi pada Hamburg, Jerman, (2003)
- Behera, S. K., and T. Yamagata. "Impact of the Indian Ocean Dipole on the Southern Oscillation." Journal Meteorology Society of Japan 81 (2003): 169-177.
- Gunawan, D., and G. Gravenhorst. "Correlation between ENSO Indices and Indonesian precipitation." Journal Meteorologi dan Geofisika 6 (4) (2005): 54-62.
- Haylock, M., and J. Mc. Bride. "Spatial Coherence and Predictability of Indonesian Wet Season Rainfall." J. Clim. 14 (2001): 3882-3887.
- Hendon, H. H. "Indonesian Rainfall Variability: Impact of ENSO and Local Air Sea Interaction." J. Climate 16 (2003): 1775-1790.
- Mustofa, M.A. "Identifikasi daerah Monsun dan Curah Hujan berdasarkan Sifat Angin Permukaan di Indonesia Bagian Barat, *Tesis Magister*, Institut Teknologi Bandung (ITB), (2000).
- Sipayung, S.B. "The Spectrum Analysis of Meteorologi Elements in Indonesia", *Tesis Magister, Institute for Hydrospheric-Atmospheric Science (IHAS)*, Nagoya University. Japan, (1995).
- Saji, N. H., B. N. Goswami, P. N. Vinaychandran, and T. Yamagata. "A Dipole Mode in The Tropical Indin Ocean." Nature 401 (1999): 360-363.
- Webster, P. J., A. M. Moore, J. P. Losching, and R. R. Leben. "Coupled Ocean-Atmosphere Dynamics in The Indian Ocean During 1997-98." Nature 401 (1999): 356-360.

