

ESTIMASI DATANGNYA KEMARAU PANJANG 2012/2013 BERBASIS HASIL ANALISIS KOMBINASI DATA ESPI DAN DMI

Eddy Hermawan

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN, Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung 40173

E-mail : eddy_lapan@yahoo.com

ABSTRACT

This research was made with the main objective is to analyze the behavior of new atmospheric phenomena as the result of the crossing between El-Niño phenomenon represented by the data ESPI with DMI for 29 years observation for period of January 1979 to December 2008. Based on the results of analysis using wavelet analysis techniques as well as FFT, we find that the new oscillation ranges for about 180 monthly (~ 15 years). If the cycle is running perfectly (without any other factors that bothered it), then based on events in 1982 and 1997, estimated the year 2012/2013, we will experience a prolonged dry season like the 1997 incident. These results are of course still need to be sharpened again, such as the analysis of the 24 solar cycles, in addition to the utilization of CO₂ emission data in Indonesia. One thing the interesting point of this research is that the northern part of North Sumatra region, especially Aceh and Medan, they appear to be relatively safe from harm (impact) the long dry, since this region is relatively wet throughout the year results of data analysis GPCP for the same time observation of data analysis.

Keywords : ESPI, DMI, and long dry season

ABSTRAK

Penelitian ini dibuat dengan tujuan utamanya menganalisis perilaku fenomena baru atmosfer yang merupakan hasil silang antara fenomena El-Niño yang diwakili oleh data ESPI (ENSO Precipitation Index) dengan DMI (Dipole Mode Indeks) sebagai mini ENSO nya Indonesia untuk kawasan Pasifik Barat selama 29 tahun pengamatan periode Januari 1979 hingga Desember 2008. Berbasis kepada hasil analisis dengan menggunakan teknik analisis wavelet dan juga FFT (Fast Fourier Transform), kami mendapatkan bahwa osilasi baru tersebut berkisar sekitar 180 bulanan (~ 15 tahunan). Jika siklus ini berjalan sempurna (tanpa ada faktor lain yang menggangukannya), maka berbasis kejadian tahun 1982 dan 1997, diperkirakan tahun 2012/2013 nanti, kita akan mengalami musim kering yang berkepanjangan seperti kejadian tahun 1997. Hasil ini tentunya masih perlu dipertajam lagi, seperti analisis siklus ke-24 matahari, selain pemanfaatan data emisi CO₂ Indonesia. Satu hal yang menarik dari penelitian ini adalah bahwa kawasan Sumatera Utara bagian utara, khususnya Aceh dan Medan, mereka nampaknya akan relatif aman dari bahaya (dampak) kering yang panjang, mengingat kawasan ini relatif basah sepanjang tahun hasil analisis data GPCP (Global Precipitation Climatology Project) untuk analisis waktu pengamatan yang sama.

Kata kunci : ESPI, DMI, dan musim kering panjang

Naskah masuk : 9 Februari 2011

Naskah diterima : 2 Mei 2011

I. PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui bersama hampir sebagian besar wilayah permukaan bumi ini (sekitar 70%) diselubungi oleh lautan, dan sisanya oleh daratan. Dengan kata lain, ternyata air yang merupakan komponen utama yang mendominasi kawasan planet bumi yang kita huni ini. Satu diantara kawasan tersebut dikenal dengan nama Indonesia yang tidak lain merupakan suatu negara dengan luasan perairan relatif cukup besar (hampir 70%) yang memiliki karakteristik atmosfer yang berbeda dengan kawasan lainnya, walaupun sama-sama terletak di daerah sabuk (*belt*) khatulistiwa yang dikenal sebagai *Indonesia Maritime Continent* (IMC) atau lebih dikenal dengan istilah Benua Maritim Indonesia (BMI).

Hal ini disebabkan karena letak geografisnya yang unik, yakni diapit oleh dua benua besar (Asia dan Australia) dan dua samudera besar (Hindia dan Pasifik). Konsekwensinya, kawasan ini dianggap sebagai salah satu kawasan penting dunia sebagai penyimpan bahang (panas) terbesar bagi pembentukan awan-awan Cumulonimbus (Cb).¹⁾ Berdasarkan hal tersebut, maka sangat menarik apabila dilakukan pengkajian yang utuh, runut, dan terpadu mengenai lautan dan interaksinya baik itu dengan daratan, ataupun dengan atmosfer.

Kajian mengenai cuaca/iklim di BMI, sepertinya tidak akan lepas dari hubungan/interaksi antara daratan, lautan maupun udara (atmosfer) di wilayah tersebut. Pola pergerakan semu matahari terhadap bumi merupakan suatu sumber energi pembentuk cuaca/iklim yang berbeda di wilayah tropis, subtropis, dan kutub. Pola pergerakan semu matahari pada lintang yang berbeda membawa pengaruh terhadap jumlah energi yang diterima oleh wilayah-wilayah di permukaan bumi. Hal ini menyebabkan adanya interaksi antara daratan, lautan maupun udara. Pembahasan mengenai interaksi antara daratan, lautan, dan udara serta pengaruhnya merupakan suatu kajian yang menarik untuk memprediksi cuaca/iklim di masa mendatang.

Samudera Hindia adalah salah satu lautan terbesar di dunia, sehingga merupakan bahan kajian yang menarik untuk memahami variabilitas iklim di sekitar wilayah tersebut termasuk kawasan Indonesia.

Pada tahun 1997, dua kelompok peneliti dari Jepang menemukan suatu fenomena yang mirip dengan El Niño di daerah Samudera Hindia.

Fenomena tersebut menunjukkan bahwa suhu masa air di sepanjang ekuator Samudera Hindia cenderung berosilasi. Ada kalanya, massa air hangat ini terakumulasi di bagian timur Samudera Hindia dekat Indonesia, sementara massa air dingin terakumulasi di bagian barat Samudera Hindia dekat pantai timur Afrika. Hal ini mengakibatkan perubahan suhu muka laut (SST, *Sea Surface Temperature*) dalam skala besar, sehingga berpengaruh terhadap pola iklim di daerah sekitarnya, termasuk pola curah hujan yang terjadi di Indonesia.

Iklim di Indonesia yang secara geografis merupakan benua maritim, dicirikan oleh keragaman curah hujan yang cukup besar antar daerah. Selain mendapat pengaruh dari sirkulasi udara pada skala global maupun regional, pembentukan awan dan hujan di Indonesia juga dipengaruhi oleh kondisi lokal, seperti topografi dan suhu permukaan laut di perairan Indonesia.

Disini terlihat bahwa Indonesia merupakan satu kawasan daerah tropis yang unik dimana dinamika atmosfernya dipengaruhi oleh kehadiran angin pasat, aliran angin monsun, iklim *marine* dan pengaruh berbagai kondisi lokal. Cuaca dan iklim di Indonesia mempunyai karakteristik khusus yang hingga kini mekanisme proses pembentukannya belum banyak diketahui.

Terkait dengan fenomena di atas, Pulau Sumatera secara keseluruhan juga memiliki karakteristik iklim yang khas secara regional maupun lokal. Wilayahnya memiliki barisan pegunungan yang membujur dari utara sampai selatan (dikenal dengan istilah Bukit Barisan), dikelilingi oleh lautan yang terdiri dari Samudera Hindia, Laut Jawa, Selat Malaka, Selat Karimata, dan dekat dengan Laut Cina Selatan. Hal ini menyebabkan proses pembentukan awan dan hujan di Sumatera mendapat pengaruh dari kondisi alam tersebut selain pengaruh dari pergerakan posisi semu matahari dan sirkulasi global.

Karakteristik iklim, khususnya hujan di Pulau Sumatera dapat dianalisis secara akurat berdasarkan data iklim dari stasiun meteorologi. Namun untuk analisis spasial, hal ini sangat ditentukan oleh kerapatan jaringan penakar hujan. Untuk daerah-daerah dengan jaringan penakar hujan yang cukup rapat dan merata seperti di Pulau Jawa, hal tersebut tidaklah menjadi masalah. Namun untuk wilayah-wilayah seperti Pulau Sumatera, kerapatan jaringan penakar hujan tidak

sama untuk seluruh provinsi dan juga tidak sebanyak jaringan yang ada di Pulau Jawa.

Iklim dapat didefinisikan sebagai ukuran statistik cuaca untuk jangka waktu tertentu dan cuaca menyatakan status atmosfer pada sembarang waktu tertentu. Dua unsur utama iklim adalah suhu dan curah hujan. Indonesia sebagai daerah tropis ekuatorial mempunyai variasi suhu yang kecil, sementara variasi curah hujannya cukup besar. Oleh karena itu curah hujan merupakan unsur iklim yang paling sering diamati dibandingkan dengan suhu.

Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya pengaruh beberapa fenomena, antara lain sistem Monsun Asia-Australia, El-Niño, sirkulasi Timur-Barat (*Walker Circulation*) dan Utara-Selatan (*Hadley Circulation*), serta beberapa sirkulasi karena pengaruh lokal.²⁾ Variabilitas curah hujan di Indonesia sangatlah kompleks dan merupakan suatu bagian "*chaotic*" dari variabilitas monsun.^{3),4)}

Monsun dan pergerakan ITCZ (*Intertropical Convergence Zone*) berkaitan dengan variasi curah hujan tahunan dan semi-tahunan di Indonesia^{3),4)}, sedangkan fenomena El-Niño dan Dipole Mode berkaitan dengan variasi curah hujan antar-tahunan di Indonesia.

Pada makalah ini penulis ingin mengestimasi datangnya musim kering panjang yang diperkirakan bakal terjadi di sekitar bulan Oktober 2012/2013 berbasis kepada hasil analisis berbagai indeks data iklim global, khususnya kombinasi antara data DMI (*Dipole Mode Index*) dengan ESPI (*ENSO Precipitation Index*) sebagai parameter utama terjadinya anomali curah hujan ekstrim di Indonesia.

II. KOMPLEKSITAS DINAMIKA SISTEM ATMOSFER INDONESIA (REVIEW)

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*), DMI (*Dipole Mode Index*), dan faktor lokal juga berperan besar.⁵⁾ 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 yang secara umum senantiasa berulang/berosilasi 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.⁶⁾

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.^{7),8),9),10)}

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 melemahkan pengaruh ENSO. Peristiwa osilasi yang terjadi di wilayah barat Indonesia ini dikenal dengan sebutan DMI (*Dipole Mode Index*) setelah pertama kali di kemukakan oleh peneliti Jepang Yamanaga dan Saji di tahun 1992.

DMI 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 Pulau Sumatera, sehingga pusat-pusat konveksi bergeser ke arah pantai barat Pulau 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.^{11),12),13),14)} 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.^{11),15),16)}

Sementara penjalaran osilasi ke arah timur dengan periode antara 30-60 harian di atmosfer tropis pertama kali diteliti oleh Rolland Madden dan Paul Julian pada tahun 1971.¹⁷⁾ Osilasi ini merupakan sirkulasi skala besar yang terjadi di daerah ekuator dan berpusat di Samudera Hindia dan bergerak ke arah timur antara 10° LU dan 10°LS. Fenomena inilah yang biasa disebut dengan *Madden Julian Oscillation* (MJO).

Ada dua mekanisme utama yang biasa dipakai untuk menjelaskan proses pembentukannya, yaitu teori CISK (*Conditional Instability of the Second Kind*)¹⁸⁾, dan *Evaporation-wind feedback*.¹⁹⁾

Menganalisis variabilitas curah hujan tidak lepas dari pengetahuan tentang pola dasar curah hujan yang ada di wilayah Indonesia. Aldrian dan Susanto⁴⁾ 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 (*equatorial*). 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 di sekitar ekuator dari pulau Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

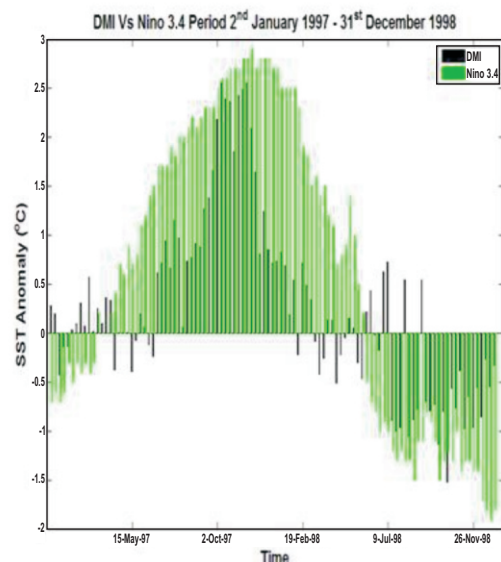
Terlepas dari itu semua, yang penting adalah dapatkah keberadaan data iklim global (dalam bentuk indeks) seperti ENSO, DMI, Monsun, dan MJO dapat digunakan dalam ikut mendukung penentuan awal musim di Indonesia, khususnya di kawasan sentra produksi tanaman pangan. Hal ini penting dilakukan agar kejadian ekstrim kering

berkepanjangan seperti yang terjadi di tahun 1982 dan 1997 dapat diantisipasi.

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

$CH = f(ENSO, DMI, Monsun, MJO) + Error$
dimana CH = curah hujan

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-Niño dan DMI positif (+) terjadi secara simultan (bersamaan). Dengan kata lain, mereka ada kalanya saling menguatkan, namun kadang pula saling melemahkan seperti nampak pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Time series data DMI vs Nino 3.4 periode Januari 1997 - Desember 1998

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

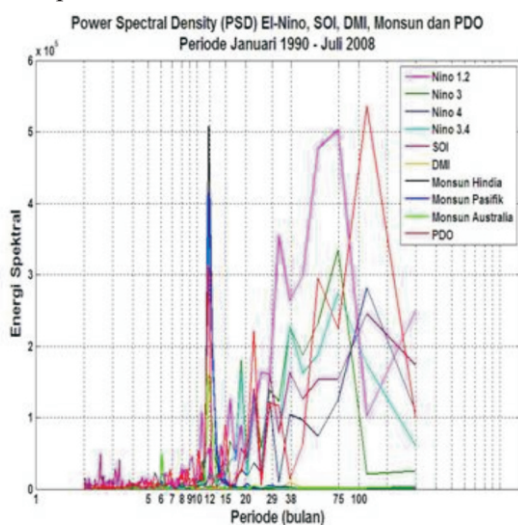
terhadap perilaku curah hujan di kawasan Indonesia bagian barat. Hal ini pun masih perlu dikaji lebih mendalam. Sampai saat ini belum ada satu model iklim pun yang mampu menjelaskan keterkaitan antara fenomena ENSO, IOD, Monsoon, dan MJO dengan pola distribusi curah hujan yang terjadi di wilayah sentra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

Perhatian utama dalam penulisan makalah ini ditujukan kepada estimasi datangnya kemarau panjang 2012/2013 berbasis kepada hasil analisis kombinasi data ESPI dan DMI.

III. DATA DAN METODE ANALISIS

Ada tiga data utama yang penulis gunakan dalam penelitian ini, yakni data *Dipole Mode Index* yang diperoleh dari <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod>, data SST Niño3.4 yang diperoleh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>, dan data ESPI (*ENSO Precipitation Index*) yang diperoleh dari <http://precip.gsfc.nasa.gov/ESPItable.html>.

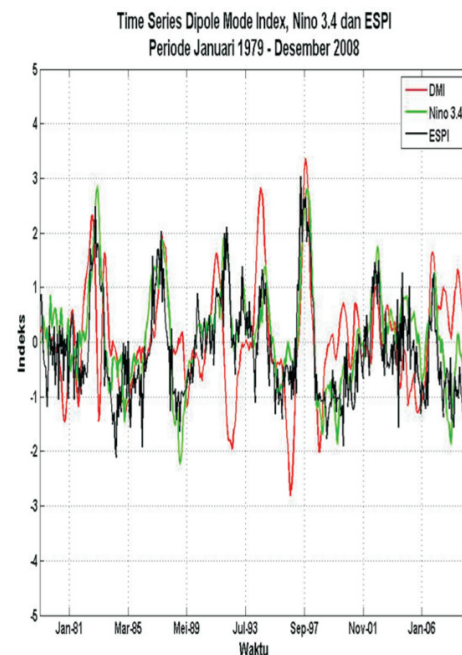
Perlu dicatat disini bahwa seluruh data di atas diset dari bulan Januari 1979 hingga Desember 2008. Sementara untuk data pendukung, kami gunakan data GPCP (*Global Precipitation Climatology Project*) periode Oktober 1996, 1997, dan 1998. Sementara metode analisis yang kami pakai utamanya adalah teknik spektral, yakni menggunakan analisis PSD (*Power Spectral Density*) untuk mengetahui osilasi dominan dari masing-masing indeks fenomena iklim dan cuaca global. Salah satu hasil analisis data di atas dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. PSD untuk berbagai data iklim global

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

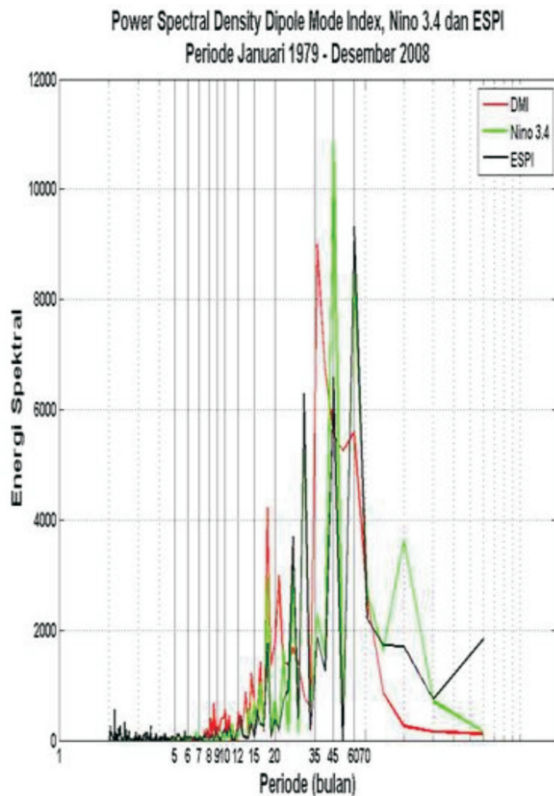
Langkah pertama yang kami tunjukkan adalah menganalisis time series data DMI (*Dipole Mode Index*), SST (*Sea Surface Temperature*) Niño3.4, ESPI (*ENSO Precipitation Index*) periode Januari 1979 hingga Desember 2008 seperti nampak pada Gambar 3 berikut. Perlu dicatat disini bahwa data ESPI diunduh dari web berikut: <http://precip.gsfc.nasa.gov/ESPItable.html>.



Gambar 3. Time series DMI, SST Niño3.4, dan ESPI periode Januari 1979- Desember 2008.

Dari Gambar 3 di atas terlihat jelas adanya kesamaan pola yang dihasilkan oleh data ESPI (ditunjukkan dengan warna hitam) dan SST Niño3.4 (ditunjukkan dengan warna hijau), sementara data DMI (ditunjukkan dengan warna merah) menunjukkan pola yang sedikit agak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kesamaan pola antara data ESPI dan SST Niño3.4, sehingga kita boleh menggunakan salah satu diantara keduanya.

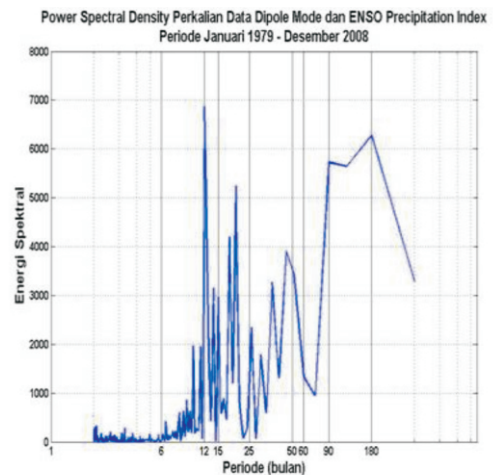
Agar diperoleh hasil analisis yang lebih tajam (akurat), maka dilakukanlah analisis osilasi dominan daripada ketiga parameter di atas menggunakan teknik spektral berbasis FFT (*Fast Fourier Transform*) dan juga WL (*wavelet*) seperti nampak pada Gambar 4 berikut.



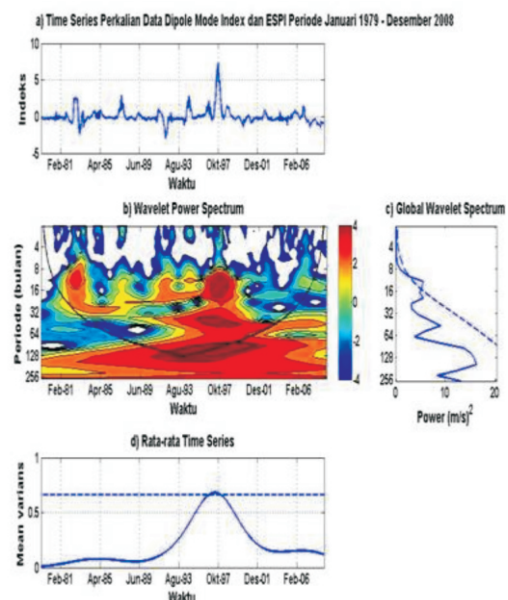
Gambar 4. PSD data DMI, SST Niño3.4, dan ESPI periode Januari 1979 - Desember 2008.

Disini terlihat jelas bahwa SST Niño3.4 memiliki nilai PSD paling besar, sementara dua parameter lainnya (DMI dan ESPI) memiliki nilai yang hampir relatif sama. Yang perlu dicatat disini adalah nilai osilasi dominan daripada ketiga parameter di atas, yakni 45 bulanan (~ 3.8 tahun), 60 bulanan (~ 5 tahun), dan 36 bulanan (~ 3 tahun), masing-masing untuk data SST Niño3.4, ESPI, dan DMI.

Dengan asumsi data SST Niño3.4 dapat diwakili oleh data ESPI, maka sesuai dengan landasan teori sebelumnya yang menyatakan bahwa akan terjadi kering yang relatif sangat panjang melebihi kondisi normal (lebih dari 6 bulan), bila kedua fenomena alam tadi bertemu secara bersamaan (*simultan*) dalam satu kurun waktu yang sama atau relatif sama. Atas dasar itulah, maka yang sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut adalah bila kedua parameter di atas, yakni ESPI dan DMI digandakan/dikalikan, yakni 60×3 bulan = 180 bulan (~ 5 tahun). Artinya ditemukan adanya osilasi baru (dikenal sebagai osilasi 15 tahunan) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 yang masing-masing berbasis hasil analisis FFT dan wavelet.



Gambar 5. Sama dengan Gambar 2, tetapi hasil silang (digandakan atau dikalikan) antara data DMI dan data ESPI

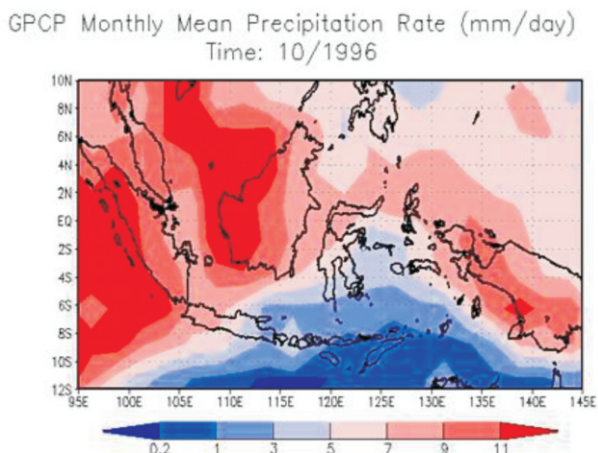


Gambar 6. Sama dengan Gambar 4, tetapi menggunakan analisis wavelet

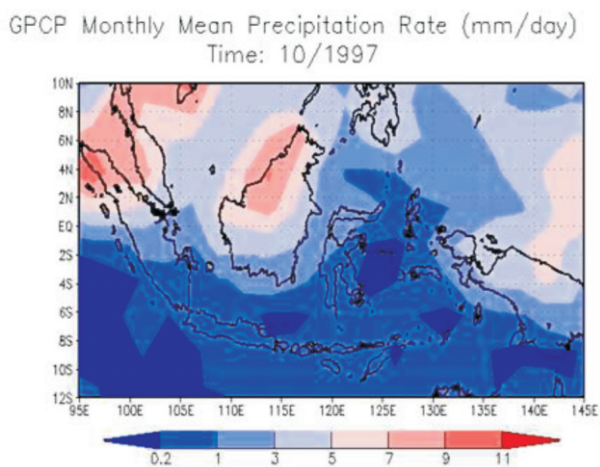
Perlu dicatat disini bahwa data yang kami gunakan kiranya cukup valid (sekitar 29 tahun, periode 1979-2008). Jadi bisa dianggap hampir mendekati data klimatologis 30 tahunan. Ada satu asumsi yang perlu kami tekankan disini, yakni osilasi 15 tahunan tersebut haruslah berjalan sempurna. Artinya tidak ada faktor pengganggu lain yang akan menyebabkan osilasi ini terganggu, seperti adanya pengaruh monsun yang mungkin saja dapat menyebabkan osilasi ini menjadi tidak dapat berjalan dengan sempurna. Ini dapat dimungkinkan mengingat monsun merupakan osilasi dominan di kawasan ini.

Satu hal lagi adalah bahwa data tersebut sudah mewakili kejadian ekstrim kering (yakni kemarau panjang) di tahun 1997, dimana terlihat jelas terutama di Gambar 5, adanya kenaikan yang sangat signifikan daripada data hasil kawin silang antara data DMI dengan ESPI yang terjadi di "sekitar" bulan Oktober 1997. Kita tahu, pada saat itu, hampir seluruh kawasan Indonesia dilanda musim kering yang berkepanjangan seperti nampak pada Gambar 7(a), (b), dan (c) berikut.

Disini terlihat dengan jelas, adanya perbedaan yang sangat signifikan intensitas curah hujan di atas Indonesia sebelum, selama, dan setelah kejadian ekstrim kering di bulan Oktober 1997. Hal yang menarik lainnya adalah bahwa kawasan Sumatera Utara bagian utara dan juga Kalimantan utara sepertinya tidak akan terpengaruh oleh kondisi ekstrim kering seperti nampak di ketiga rangkaian gambar di atas.

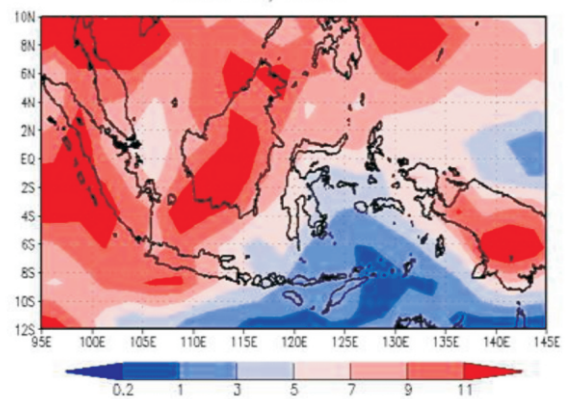


Gambar 7(a). Intensitas curah hujan rata-rata selama bulan Oktober 1996 di atas Indonesia



Gambar 7(b). Sama dengan Gambar 7(a), tetapi untuk bulan Oktober 1997

GPCP Monthly Mean Precipitation Rate (mm/day)
Time: 10/1998



Gambar 7(c). Sama dengan Gambar 7(a), tetapi untuk bulan Oktober 1998

V. KESIMPULAN

Walaupun ENSO dan Dipole Mode (DM) bukanlah merupakan osilasi dominan dalam sistem dinamika atmosfer Indonesia yang memang tergolong unik dan kompleks, namun kehadiran keduanya, apalagi jika keduanya bergabung menjadi satu dalam waktu yang bersamaan (simultan), maka akan menimbulkan dampak yang sangat serius (*severe*). Hasil analisis berbasis spektral menggunakan teknik FFT dan wavelet menunjukkan adanya osilasi baru hasil gabungan kedua fenomena di atas sekitar 180 bulanan (~ 15 tahunan). Dengan asumsi bahwa keduanya fenomena atmosfer di atas bersilasi sempurna, dan dengan menggunakan standar masa kering panjang tahun 1982 dan 1997, maka diduga tahun 2012/2013 nanti, tepatnya di sekitar bulan Oktober, Indonesia kembali akan dilanda musim kering panjang seperti halnya di tahun 1997. Hasil ini tentunya masih perlu dipertajam lagi, seperti analisis siklus ke-24 matahari, selain pemanfaatan data emisi CO₂ Indonesia. Satu hal yang menarik disini adalah bahwa kawasan Sumatera Utara bagian utara, seperti Aceh dan Medan, nampaknya akan relatif aman dari bahaya (dampak) kering yang panjang, mengingat kawasan ini relatif basah sepanjang tahun hasil analisis data GPCP (*Global Precipitation Climatology Project*) selama 29 tahun pengamatan. Ini tentunya membuka peluang baru bagi pihak pemodelan atmosfer Indonesia untuk mengkaji apakah estimasi ini akan benar terjadi atau tidak. Selain itu, masalah *lag-time*, juga perlu diperhatikan agar didapat korelasi silang yang optimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- ¹⁾Hermawan, E. (2003), The Characteristics of Indian Ocean Dipole Mode: Preliminary study of the Monsoon variability in the western part of Indonesian region. *Jurnal Sains Dirgantara*, 1(1), 65-75.
- ²⁾Bannu (2003), *Analisis Interaksi Monsun, ENSO, dan Dipole Mode serta Kaitannya dengan Variabilitas Curah Hujan dan Angin Permukaan di Benua Maritim Indonesia*. Tesis, Magister GM ITB Bandung.
- ³⁾Aldrian, E. (2002), Spatial Patterns of ENSO impact on Indonesian Rainfall, *J. Sains & Tek. Mod. Cuaca, BPP Teknologi*, 3, 5-15.
- ⁴⁾Aldrian, E., & D. Susanto (2003), Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature, *Int. J. Climatol.*, 23, 1435-1452.
- ⁵⁾Prawirowardoyo, S. (1996), *Meteorologi*. Penerbit ITB. Bandung.
- ⁶⁾Ropelewski, C.F., and M.S. Halpert (1987), Global and regional scale rainfall pattern associated with the El Niño Southern Oscillation (ENSO). *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606 - 1626.
- ⁷⁾Haylock, M., & J. McBride (2001), Spatial coherence and predictability of Indonesian wet season rainfall. *Journal of Climate*, 14, 3882 - 3887.
- ⁸⁾Hendon, H.H. (2003), Indonesian rainfall variability: impacts of ENSO and local air-sea interaction. *Journal of Climate*, 16, 1775 - 1790.
- ⁹⁾Gunawan, D., & G. Gravenhorst (2005), Correlation between ENSO indices and Indonesian precipitation. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 6(4), 54-62.
- ¹⁰⁾Mulyana, E. (2001), *Interannual Variation of Rainfall over Indonesia and Its Relation to the Atmospheric Circulation, ENSO and Indian Ocean Dipole Mode*. Hokaido University. Japan.
- ¹¹⁾Saji NH, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, T. Yamagata (1999). A Dipole Mode in the tropical Indian Ocean, *Nature*, 401, 360-363.
- ¹²⁾Webster, P.J., Moore, A.M., Loschnigg, J.P. & Leben, R.R. (1999), Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-1998, *Nature*, 401, 356-360.
- ¹³⁾Ashok, K., Z. Y. Guan, & T. Yamagata (2001), Impact of the Indian Ocean Dipole on the relationship between the Indian Monsoon rainfall and ENSO, *Geophys. Res. Lett.*, 28 (23), 4499-4502.
- ¹⁴⁾Ashok, K., Z. Guan, & T. Yamagata (2003), A Look at the Relationship between the ENSO and the Indian Ocean Dipole. *J. Meteor. Soc. Jpn.*, 81 (1), 41-56.
- ¹⁵⁾Saji NH., and T. Yamagata (2001). The Tropical Indian Ocean Climate System from The Vantage Point of Dipole Mode Events. *J. of Climate*..
- ¹⁶⁾Mukarami, Takio, & Z. L. Dupe (2000), Interannual variability of convective intensity index over Indonesia and its relationship with ENSO, *J. Meteorologi dan Geofisika*, 1(4), 1-23.
- ¹⁷⁾Chang, C. P., & H. Lim (1988), Kelvin wave-CISK: A possible mechanism for the 30-50 day oscillations, *J. Atmos. Sci.*, 45, 1709-1720.
- ¹⁸⁾Lau, K.M., & L. Peng (1987), Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere. Part I: Basic theory. *J. Atmos. Sci.*, 44, 950-972.
- ¹⁹⁾Neelin, Held, & Cook (1987), Evaporation-Wind Feedback and Low-Frequency Variability in the Tropical Atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, 44(16), 2341-2348.