

PENGARUH EL NIÑO, LA NIÑA DAN INDIAN OCEAN DIPOLE TERHADAP CURAH HUJAN *PENTAD* DI WILAYAH INDONESIA

Ina J.^{1,2}, Ruminta^{1,3}, Bayong Tjasyono H. K.⁴, Atika L.⁴, Sriworo B. Harijono^{1,5}

¹ Sekolah Pasca Sarjana, FITB-ITB,

² Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Dr. Junjungan No. 133, Bandung
inajuaeni@yahoo.com

³ Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

⁴ Kelompok Keahlian Sains Atmosfer, FITB-ITB

⁵ Badan Meteorologi dan Geofisika

ABSTRAK

Tulisan ini berupa kajian terhadap perubahan distribusi frekuensi curah hujan *pentad* akibat fenomena El Niño, La Niña dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Data yang digunakan adalah data curah hujan *pentad* (lima harian) untuk lokasi-lokasi berikut: Aceh, Palembang, Lampung, Jakarta, Bandung, Balikpapan, Banjarmasin, Banjarbaru, Tegal, Banyuwangi, Denpasar, Sentani, dan Makassar. Pada periode normal, frekuensi curah hujan terbesar terjadi pada interval curah hujan *pentad* kedua (yaitu 1 sampai dengan 25 mm) kecuali di Balikpapan dan Palembang frekuensi terbesar ada pada interval ketiga (26-50 mm). La Niña dan IOD (-) menurunkan frekuensi curah hujan *pentad* interval ke 2 dan 3 di wilayah Indonesia (rata-rata masing-masing 19,2% dan 20%) dari kondisi normalnya, dan meningkatkan curah hujan *pentad* interval ke 4 dan seterusnya. Fenomena El Niño menyebabkan terjadinya peningkatan *pentad* kering di seluruh lokasi pengamatan, rata-rata 842%.

Kata kunci: Curah hujan *pentad*, frekuensi, interaksi atmosfer-laut

IMPACT OF EL NIÑO, LA NIÑA AND INDIAN DIPOLE MODE ON PENTAD RAINFALL OVER INDONESIA

ABSTRACT

This article is an assessment of pentad rainfall frequency distribution change caused by El Niño, La Niña and Indian Dipole Mode. Pentad rainfall data is used for the following locations: Aceh, Palembang, Lampung, Jakarta, Bandung, Balikpapan, Banjarmasin, Banjarbaru, Tegal, Banyuwangi, Denpasar, Sentani and Makassar. At normal period, pick of the rainfall frequency occurs in second interval (1-25 mm) except in Balikpapan and Palembang, where maximum frequency is in third interval (26-50 mm). La Niña and IOD (-) episode degrading pentad rainfall frequency in second interval (mean: 19,2%) and third interval (mean: 20%) over

Indonesia region compare to normal condition. La Niña and IOD (-) episode increases pentad rainfall frequency in fourth interval and higher interval. Phenomenon El Niño increases dry pentad in all locations with mean 842%.

Key words : Pentad rainfall, frequency, air-sea interaction

PENDAHULUAN

Sebagai hasil proses interaksi atmosfer-laut, fenomena El Niño Southern oscillation (ENSO) telah menjadi bahasan lebih dari satu abad karena dampaknya pada iklim global. Kemudian pada dekade terakhir muncul suatu fenomena hasil interaksi atmosfer-laut lain yang dianggap penting, yaitu *Indian Ocean Dipole* (IOD). IOD merupakan bentuk interaksi atmosfer-laut tropis lain selain El Niño dan La Niña (Saji *et al.*, 1999; Webster *et al.*, 1999; Behera *et al.*, 1999; Vinayachandran *et al.*, 1999; Murtugudde *et al.*, 2000; Rao *et al.*, 2002). Pada awalnya dampak IOD dianggap hanya terbatas di Lautan Hindia, namun ternyata IOD mempengaruhi osilasi selatan (Allan *et al.*, 2001; Dommengot dan Latif, 2002), curah hujan monsun (Ashok *et al.*, 2001) dan bahkan kondisi iklim musim panas di Asia (Yamagata *et al.*, 2002).

IOD bisa muncul secara dominan terpisah dari ENSO atau bersama-sama dengan ENSO. Behera *et al.* (1999) menyatakan bahwa IOD sebenarnya bukan peristiwa baru. Data GISST yang diolahnya menunjukkan, bahwa anomali SST menunjukkan polaritas yang berlawanan di Lautan India barat dan timur selama 178 bulan mulai 1958 sampai 1999. Polaritas yang berlawanan dalam anomali SST ini bersesuaian dengan anomali angin zonal di Lautan Hindia ekuator. Pada saat terjadi anomali angin zonal, permukaan laut meningkat di timur (barat) Lautan Hindia pada saat IOD positif (negatif). Anomali muka laut teramati juga di lapisan permukaan bagian bawah (Rao *et al.*, 2002). Hal tersebut memperkuat keberadaan IOD, sedangkan Dommengot dan Latif (2002) sudah mulai mempertanyakan IOD pada saat meneliti SST secara statistik.

Penelitian antara hubungan IOD dan El Niño menunjukkan, bahwa korelasi antara IOD dan Niño-3 hanya 0.37. Korelasi yang kecil tersebut disebabkan adanya faktor non-orthogonalitas antara dua deret waktu. Non-orthogonalitas deret waktu tidak selalu berarti bahwa keduanya tidak dihubungkan secara fisis. Oleh karena itu, Allan *et al.* (2001) menyimpulkan bahwa IOD merupakan bagian dari ENSO.

Mekanisme yang menghubungkan IOD dan ENSO adalah sel Walker. Sel Walker di Lautan Hindia terlihat jelas pada peristiwa murni IOD (tanpa El Niño atau La Niña) bahkan jika IOD disertai El Niño atau La Niña (Yamagata *et al.*, 2002).

Lokasi lautan Hindia dan Pasifik yang berdekatan dengan wilayah Indonesia menjadi alasan dilakukan penelitian hubungan fenomena tersebut dengan iklim Indonesia. Studi hubungan curah hujan dengan SST di lautan Pasifik dan Hindia menunjukkan, bahwa pada musim kering korelasi antara curah hujan dan SST

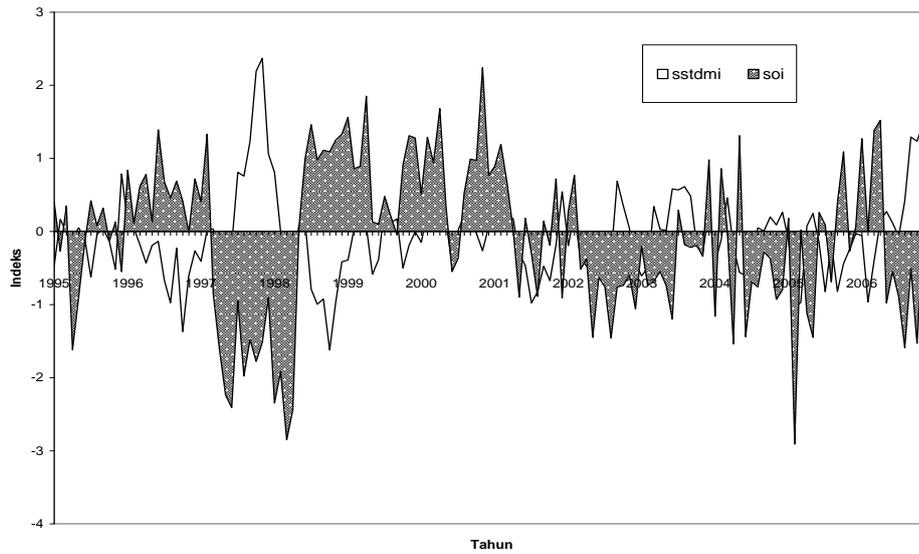
kuat. Sedangkan pada musim hujan, curah hujan tidak berkorelasi dengan SST (Hendon, 2003). Hendon (2003) juga menyebutkan bahwa perubahan SST di lautan Hindia ekuator dipacu oleh variasi interaksi atmosfer-laut di lautan Hindia sebelah timur sebagai respon terhadap ENSO di Pasifik. Keterkaitan antara ENSO dan variabilitas di lautan Hindia menunjukkan adanya penundaan waktu antara variasi di lautan India dengan kejadian ENSO (Reason, 2000; Kar, 2001).

Dalam memperkaya kajian perilaku curah hujan akibat fenomena hasil interaksi atmosfer-laut, kajian serupa perlu dikembangkan untuk skala waktu dan skala ruang yang lebih kecil, sehingga dapat dilihat sejauh mana interaksi atmosfer dan laut terjadi dalam skala tersebut. Terlebih jika fenomena-fenomena tersebut dikaitkan dengan curah hujan di wilayah Indonesia, karena curah hujan di wilayah ini mempunyai variasi yang tinggi dalam skala lokal serta memiliki dampak langsung terhadap kehidupan masyarakat. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengkaji keterkaitan fenomena El Niño atau La Niña dan *Indian Ocean Dipole* terhadap perubahan distribusi frekuensi curah hujan *pentad* (lima-harian) untuk beberapa lokasi di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Untuk penelitian ini digunakan data curah hujan *pentad* (lima harian) pada lokasi-lokasi berikut: Aceh, Palembang, Lampung, Jakarta, Bandung, Balikpapan, Banjarmasin, Banjarbaru, Tegal, Banyuwangi, Denpasar, Sentani, dan Makassar. Data curah hujan diklasifikasikan menjadi 12 interval yaitu 0 mm, 1 sampai dengan 25 mm, 26-50 mm, 51-75 mm, 76-100 mm, 101-125 mm, 126-150 mm, 151-175 mm, 176-200 mm, 201-225 mm, 226-250 mm dan > 250 mm. Sementara tahun kejadian fenomena El Niño atau La Niña dan *Indian Ocean Dipole* ditentukan berdasarkan *Southern Oscillation Index* (SOI) dan *Sea Surface Temperature Dipole Mode Index* (SSTDMI) seperti diperlihatkan pada Gambar 1. SOI dihitung dari perbedaan tekanan bulanan atau musiman antara Tahiti dan Darwin. SOI negatif berarti episode El Niño. Nilai positif SOI berhubungan dengan meningkatnya kekuatan angin pasat, atau lebih dikenal dengan episode La Niña. Sedangkan SSTDMI adalah perbedaan anomali SST antara grid (50°BT-70°BT, 10°LS-10°LU) dan (90°BT-120°BT, 10°LS-Ekuator).

Pada Gambar 1 di bawah ini diperlihatkan SOI dan SSTDMI dari tahun 1995 sampai dengan 2006.



Gambar 1. SSTDMI dan SOI 12 tahun terakhir

Berdasarkan dua indeks tersebut, maka diklasifikasikan episode ENSO (El Niño dan La Niña) dan episode IOD pada 10 tahun terakhir, yaitu:

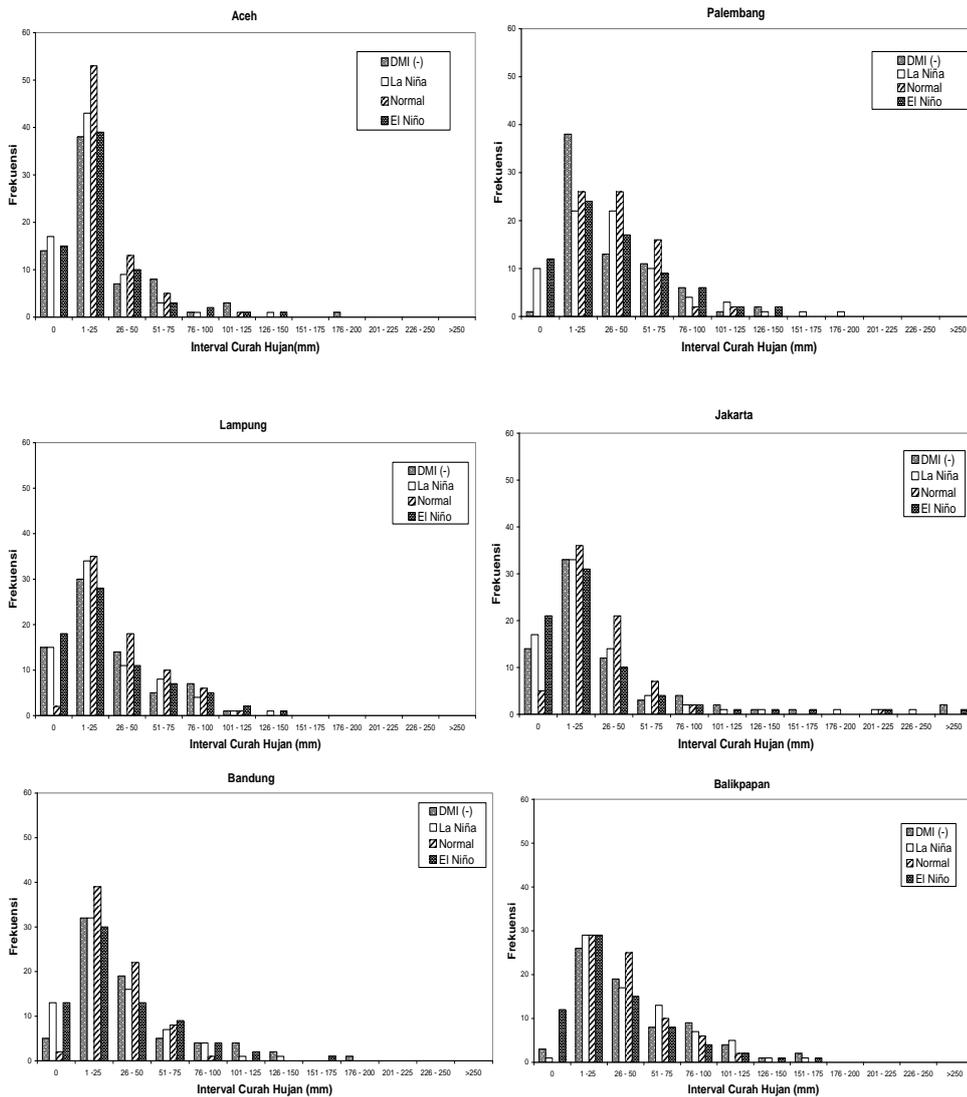
- Periode El Niño : 1997/1998, 2002/2003, 2005/2006,
- Periode La Niña : 1999/2000,
- Periode IOD positif : 1997,
- Periode IOD negatif : 1996,
- Periode normal : 1995, 2001, 2004

HASIL DAN PEMBAHASAN

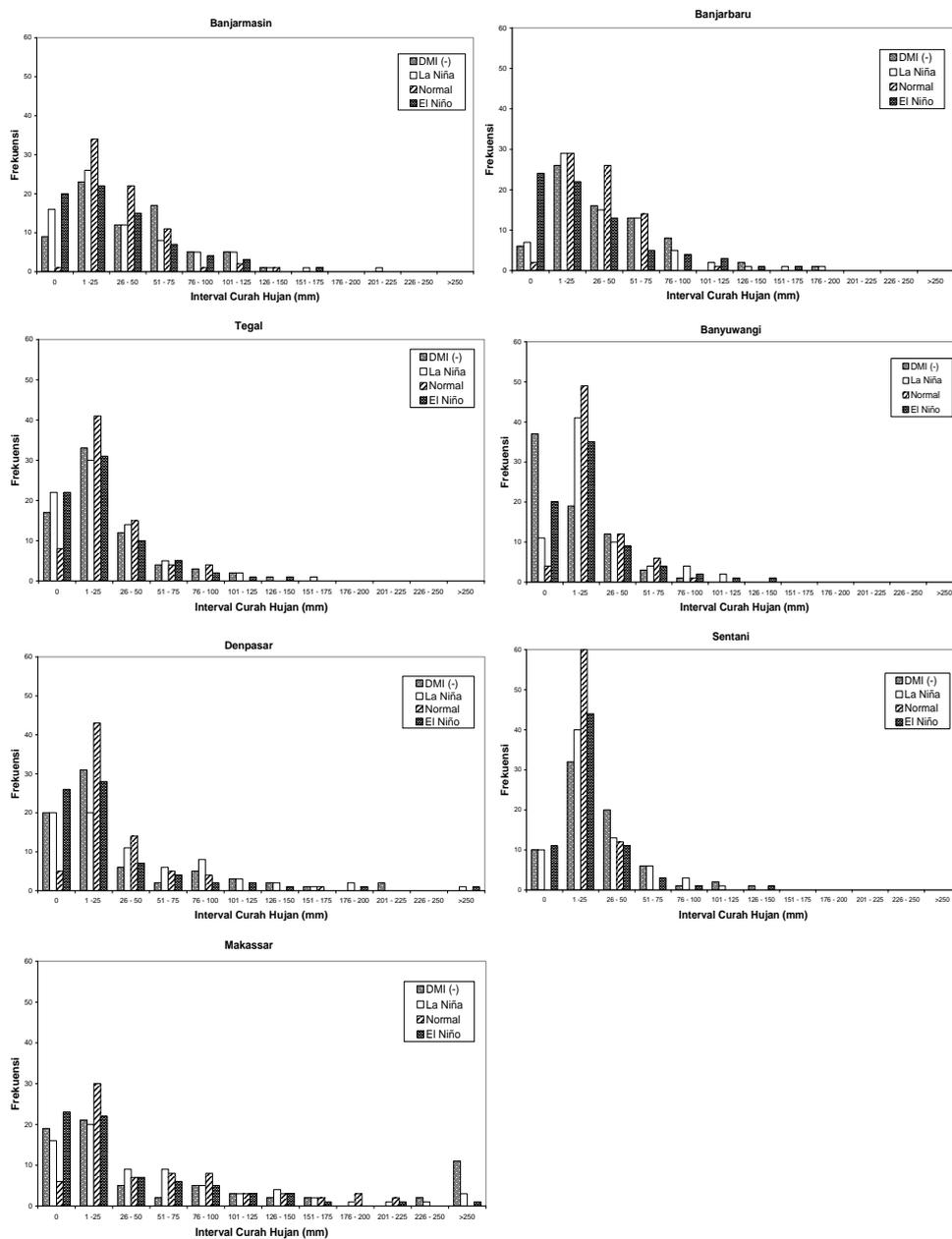
Distribusi frekuensi curah hujan *pentad* untuk seluruh lokasi pengamatan diperlihatkan pada Gambar 2.

Pada periode normal, *pentad* kering atau *pentad* dengan curah hujan 0 mm frekuensinya sangat kecil (0-8). Frekuensi curah hujan terbesar terjadi untuk curah hujan interval kedua (1-25 mm). Pada umumnya frekuensi terbesar berkisar antara 29 sampai 43 kecuali di Aceh dan Banyuwangi frekuensi terbesar mencapai 49 dan 53.

Pengaruh El Niño, La Niña dan *Indian Ocean Dipole* terhadap Curah Hujan *Pentad* di Wilayah Indonesia (Ina J. dkk.)



Gambar 2. Distribusi frekuensi curah hujan *pentad* di 13 lokasi pengamatan



Lanjutan Gambar 2

Bahkan di Sentani frekuensi mencapai 60, berarti 83% dari seluruh kejadian hujan di Sentani pada periode normal mempunyai intensitas *pentad* 1 sampai 25 mm. Curah hujan interval ketiga (26-50 mm) mempunyai frekuensi terbesar kedua (rata-rata 28%) dan curah hujan interval keempat (51-75 mm) mempunyai frekuensi lebih kecil (~14%) dibanding interval kedua dan ketiga. Curah hujan dengan intensitas yang lebih tinggi dari 75 mm mempunyai frekuensi yang rendah. Frekuensi paling tinggi, yaitu 8, terjadi di Makassar. Fenomena atmosfer baik El Niño, La Niña maupun IOD membuat distribusi frekuensi curah hujan *pentad* di seluruh lokasi pengamatan berubah. Tiga fenomena tersebut membuat curah hujan *pentad* interval pertama (0 mm) atau *pentad* kering meningkat di seluruh lokasi pengamatan (rata-rata 21% pertahun). Sedangkan pada periode normal hanya 0 sampai 11% pertahun. Curah hujan interval kedua pada periode El Niño, La Niña maupun IOD lebih rendah dibanding pada periode normal.

Berikut adalah uraian fluktuasi frekuensi curah hujan *pentad* untuk masing-masing periode. Curah hujan *pentad* interval ke 2 (1-25 mm) pada saat IOD negatif (1996) mempunyai frekuensi yang lebih rendah dibandingkan hal serupa pada periode La Niña kecuali di Aceh, Lampung, Balikpapan, Banjarmasin, Banjarbaru, Banyuwangi, dan Sentani. Sementara di Palembang, Tegal, Denpasar, dan Makassar curah hujan 1 s/d 25 mm pada periode IOD (-) mempunyai frekuensi yang lebih tinggi (berturut-turut 72%, 10%, 55% dan 5%) dibanding pada periode La Niña. Jika dibandingkan terhadap periode normal *pentad* interval kedua pada periode IOD (-) pada umumnya mengalami penurunan frekuensi. Penurunan berkisar 8% sampai 61%. Tetapi di Palembang frekuensi *pentad* kedua mengalami kenaikan 46%. Curah hujan *pentad* interval ke 3 (26-50 mm) frekuensinya pada periode IOD (-) lebih rendah dari frekuensi periode normal, kecuali di Banyuwangi dan Sentani. Pada curah hujan interval keempat (51-75 mm), frekuensi periode IOD (-) lebih rendah daripada periode normal, kecuali di Aceh, Banjarmasin, dan Sentani. Periode IOD (-) meningkatkan frekuensi curah hujan pada interval *pentad* kelima di Palembang, Lampung, Jakarta, Balikpapan, Banjarmasin, dan Banjarbaru. Sementara peningkatan frekuensi interval *pentad* keenam pada periode IOD (-) yang cukup signifikan (>50% dari periode normal) terjadi di Aceh, Bandung, Banjarmasin, Banjarbaru, Denpasar, dan Sentani. Periode IOD (-) juga meningkatkan frekuensi curah hujan pada interval ketujuh dan seterusnya dengan prosentase yang kecil (kecuali di Makassar) dibanding periode normal. Distribusi frekuensi periode IOD (-) tampak sangat berubah di Makassar. Kurva distribusi frekuensi curah hujan *pentad* di Makassar melebar ke arah curah hujan tinggi (Gambar 2).

Pada periode La Niña, frekuensi *pentad* interval ke satu di Aceh, Palembang, Jakarta, Bandung, Banjarmasin, Banjarbaru, dan Tegal lebih tinggi dibanding periode normal dan periode IOD (-), tetapi lebih rendah dari frekuensi periode IOD (-) di Balikpapan, Banyuwangi, dan Makassar. Di Aceh, Lampung, Banjarmasin, Banjarbaru, Banyuwangi, Sentani, dan Makassar, curah hujan dengan interval 1-25 mm mempunyai frekuensi yang lebih rendah pada periode La Niña dibanding

periode normal tetapi lebih tinggi dibanding periode IOD (-), tetapi di Palembang, Balikpapan, Tegal, dan Denpasar, curah hujan interval kedua tersebut lebih rendah dibanding pada periode normal dan periode IOD (-).

Periode El Niño meningkatkan *pentad* kering (0 mm) di seluruh lokasi pengamatan dengan prosentase kenaikan (terhadap periode normal) yang bervariasi. Prosentase kenaikan *pentad* kering di wilayah tengah sampai timur lebih tinggi dibandingkan di wilayah Indonesia barat.

Hasil di atas menunjukkan, bahwa pada periode normal di wilayah Indonesia tidak ada *pentad* kering, walaupun ada frekuensinya sangat kecil. Pada periode IOD (-), bagian timur laut Hindia (barat laut wilayah Indonesia) mengalami peningkatan suhu yang berdampak pada meningkatnya proses konveksi di wilayah tersebut. Konveksi yang aktif akan menyebabkan curah hujan menjadi tinggi. Namun ternyata curah hujan yang tinggi tidak terdeteksi di wilayah Indonesia, bahkan di Aceh lokasi yang sangat berdekatan dengan sel konveksi aktif. IOD (-) justru menurunkan curah hujan *pentad* interval 1-25 mm di wilayah Indonesia (kecuali di Palembang) serta meningkatkan *pentad* kering (0 mm). Hal tersebut menunjukkan, bahwa IOD tidak meningkatkan curah hujan *pentad* dari kondisi normalnya di Sumatera dan wilayah Indonesia lainnya. Hal yang sama terjadi pada periode La Niña. Pada periode tersebut bergesernya sel konveksi ke atas wilayah Indonesia menjadi jaminan akan curah hujan yang tinggi di wilayah tersebut, namun hal itu tidak nampak pada curah hujan *pentad*. Dengan kata lain La Niña dan IOD (-) menurunkan frekuensi curah hujan *pentad* interval 2 dan 3 di wilayah Indonesia (rata-rata masing-masing 19,2% dan 20%) dari kondisi normalnya, dan meningkatkan curah hujan *pentad* interval ke 4 dan seterusnya. Fenomena El Niño menyebabkan terjadinya peningkatan *pentad* kering di seluruh lokasi pengamatan, rata-rata 842%. Peningkatan *pentad* kering pada periode El Niño di wilayah Indonesia tengah (Banjarmasin, Banjarbaru, Makassar, Tegal, Banyuwangi, dan Denpasar) lebih tinggi dibanding wilayah Indonesia barat. Bahkan di Sentani lokasi pengamatan yang dekat dengan kolam hangat Pasifik, jumlah *pentad* kering sebanding dengan jumlahnya di lokasi pengamatan yang jauh dari lautan Pasifik. Ini menunjukkan bahwa dampak El Niño di Wilayah Indonesia bagian barat terutama di Aceh dan Palembang tidak terlalu kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada distribusi frekuensi curah hujan *pentad* pada periode normal yang ditandai dengan frekuensi maksimum pada curah hujan interval kedua (1-25 mm) dan frekuensi minimum pada curah hujan interval ke satu (0 mm), maka disimpulkan bahwa fenomena La Niña dan IOD (-) menurunkan frekuensi curah hujan *pentad* dengan intensitas rendah dan meningkatkan curah hujan *pentad* dengan intensitas tinggi (>50 mm). Fenomena El Niño menyebabkan terjadinya peningkatan *pentad* kering di seluruh lokasi pengamatan. Dengan kata lain, perubahan distribusi frekuensi curah hujan *pentad* berkaitan dengan

fenomena El Niño, La Niña dan *Indian Ocean Dipole* di 13 lokasi pengamatan di Indonesia.

Informasi fluktuasi curah hujan dalam skala waktu yang pendek seperti yang dilakukan dalam penelitian ini sangat berguna bagi masyarakat misalnya dalam bidang hidrologi untuk menentukan program kegiatan yang disesuaikan dengan ketersediaan air. Dengan demikian perlu dilakukan lebih banyak kajian seperti ini, misalnya dengan memperbanyak lokasi pengamatan dan memperpanjang periode pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, R., D. Chambers, W. Drosowsky, H. Hendon, M. Latif, N. Nicholls, I. Smith, R. Stone, Y. Tourre, 2001: Is there an Indian Ocean dipole, and is it independent of the El Niño - Southern Oscillation? *CLIVAR Exchanges*, 6, No. 3, International CLIVAR Project Office, Southampton, UK, 18-22.
- Ashok, K., Z. Guan, and T. Yamagata, 2001: Impact of the Indian Ocean Dipole on the Decadal relationship between the Indian monsoon rainfall and ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4499-4502.
- Behera, S.K., R. Krishnan, and T. Yamagata, 1999: Unusual ocean-atmosphere conditions in the tropical Indian Ocean during 1994. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 3001-3004.
- Dommenges, D., and M. Latif, 2002: A cautionary note on the interpretation of EOFs. *J. Climate*, 15, 216-225.
- Murtugudde, R.G., J.P. McCreary, and A.J. Busalacchi, 2000: Oceanic processes associated with anomalous events in the Indian Ocean with relevance to 1997-1998. *J. Geophys. Res.*, 105, 3295-3306.
- Rao, S.A., S.K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2002: Interannual variability in the subsurface tropical Indian Ocean. *Deep-Sea Res. II*, 49, 1549-1572.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata, 1999: A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, 401, 360-363.
- Vinayachandran, P.N., N.H. Saji, and T. Yamagata, 1999: Response of the equatorial Indian Ocean to an anomalous wind event during 1994. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1613-1616.
- Webster, P.J., A.M. Moore, J.P. Loschnigg, and R.R. Leben, 1999: Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature*, 401, 356-360.

Yamagata, T, Swadhin K. Behera, Suryachandra A. Rao, Zhaoyong Guan, Karumuri Ashok and Hameed N. Saji, 2002: The Indian Ocean Dipole: a Physical entity. *Exchanges* No. 24.