

**KARAKTERISTIK *OUTGOING LONGWAVE RADIATION* (OLR)
BERDASARKAN *EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION* (EOF) DAN
KAITANNYA DENGAN CURAH HUJAN DI WILAYAH INDONESIA
[CHARACTERISTICS OF *OUTGOING LONGWAVE RADIATION* (OLR)
BASED ON *EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION* (EOF) AND THEIR
RELATION TO RAINFALL IN INDONESIAN REGION]**

Iis Soflati

Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN

e_mail: sofati07@gmail.com

Diterima 20 Juli 2012; Disetujui 12 Oktober 2012

ABSTRACT

The Empirical Orthogonal Function (EOF) methods have been widely used in various studies for different disciplines, and one application for atmospheric research. The purpose of this study is to determine more specific characteristics of *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) variability and its relation to rainfall that can be explained by using the EOF method. EOF is a method that can be used to recompose *pentad* time-series data (data of five daily) OLR in describing their variabilities. From the analysis of the EOF scores-1 and scores -2 was obtained, which indicate OLR variation over time, in which scores-1 describes the characteristics of the annual, whereas scores-2 OLR describes the fluctuations associated with the *Southern Oscillation Index* (SOI) fluctuations. Analysis of the resulting correlation scores-1 of EOF was correlated with rainfall, with maximum values of correlation coefficients of 0.83. Other results of the EOF analysis indicated the value of the first proportion of 19.8% which illustrated the annual fluctuation of the OLR, where the opposite value occurred in the North and South of the Equator, and it is possibly related to the Hadley circulation. As for the value of the second proportion of 8.7% described the existence of the phenomenon *El Niño*, associated with the Walker circulation.

Keywords: *Outgoing Longwave Radiation* (OLR), *Rainfall*, *Empirical Orthogonal Function* (EOF).

ABSTRAK

Metode *Empirical Orthogonal Function* (EOF) telah banyak digunakan pada berbagai penelitian untuk berbagai disiplin ilmu, dan salah satu aplikasinya untuk penelitian atmosfer. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik yang lebih spesifik dari variabilitas *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) dan kaitannya dengan curah hujan dengan menggunakan metode EOF. EOF merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengkomposisikan ulang data deret waktu *pentad* (data lima harian) OLR dalam menggambarkan variabilitasnya. Dari hasil analisa EOF didapat bahwa *score-1* dan *score-2* menunjukkan variasi OLR terhadap waktu, dimana *score-1* menggambarkan karakteristik tahunannya, sedangkan *score-2* menggambarkan fluktuasi OLR yang berhubungan dengan fluktuasi *Southern Oscillation Index* (SOI). Analisa korelasi yang dihasilkan dari EOF *score-1* dengan curah hujan berkorelasi negatif, dengan nilai koefisien korelasi maksimum yang cukup baik sebesar 0,83. Hasil lain dari analisa EOF yang ditunjukkan dengan nilai proporsi pertama sebesar 19,8%

menggambarkan adanya fluktuasi tahunan dari OLR, dimana terjadi nilai yang berlawanan di wilayah Utara dan Selatan ekuator, dan hal ini dimungkinkan berkaitan dengan adanya sirkulasi *Hadley*. Sedangkan untuk nilai proporsi kedua sebesar 8,7% menggambarkan adanya fenomena El Niño, dan hal ini berkaitan dengan adanya sirkulasi *Walker*.

Kata kunci: *Outgoing Longwave Radiation* (OLR), *Curah hujan*, *Empirical Orthogonal Function* (EOF)

1 PENDAHULUAN

Untuk mempelajari sistem cuaca Indonesia yang unik dan kompleks kita perlu memperhitungkan sistem sirkulasi umum atmosfer Indonesia. Dua komponen sirkulasi umum yang ikut mempengaruhi sistem cuaca Indonesia yaitu sirkulasi utara selatan (meridional) yang disebut sebagai sirkulasi *Hadley* yang berkaitan dengan monsun (angin musim). Monsun Asia Musim Dingin umumnya berkaitan erat dengan musim hujan di Indonesia, sedangkan monsun Australia Musim Dingin bertalian erat dengan terjadinya musim kemarau di wilayah Indonesia (Sulistya, 1995).

Sirkulasi *Hadley* terjadi karena perbedaan sifat thermal antara lintang rendah (ekuatorial) dan lintang tinggi (sub-tropis), yang menggambarkan adanya arus naik disekitar khatulistiwa yang memiliki suhu lebih panas sepanjang tahun daripada lintang tinggi. Sirkulasi barat timur (zonal) lazim disebut sebagai sirkulasi *Walker*, berkaitan dengan fenomena *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) serta interaksi laut-atmosfer yang menyebabkan pergeseran pusat konveksi kuat di Pasifik Barat yang membentuk awan potensial hujan.

Iklim di Indonesia merupakan realisasi dari interaksi sirkulasi-sirkulasi global dan lokal, dan telah diketahui bahwa fenomena cuaca didaerah tropis mempengaruhi perubahan iklim global, karena sumber energi utama dari terbentuknya cuaca yaitu radiasi matahari berlimpah di daerah tropis. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian tentang karakteristik radiasi gelombang panjang (OLR) dan kaitannya dengan curah hujan untuk daerah-daerah yang memiliki pola curah hujan tertentu. Data radiasi gelombang panjang atau *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) telah banyak digunakan dalam mempelajari siklus tahunan konveksi dan curah hujan di lautan Pasifik dan Hindia tropis (Murakami *et al.*, 1986; Meehl 1987; Nitta *et al.*, 1992; Murakami dan Wang 1993; Murakami dan Matsumoto 1994), Amerika tropis (Horel *et al.*, 1989), dan tropis global (Heddinghaus dan Krueger, 1981; Wolter dan Hastenrath 1989; Mitchell dan Wallace 1992).

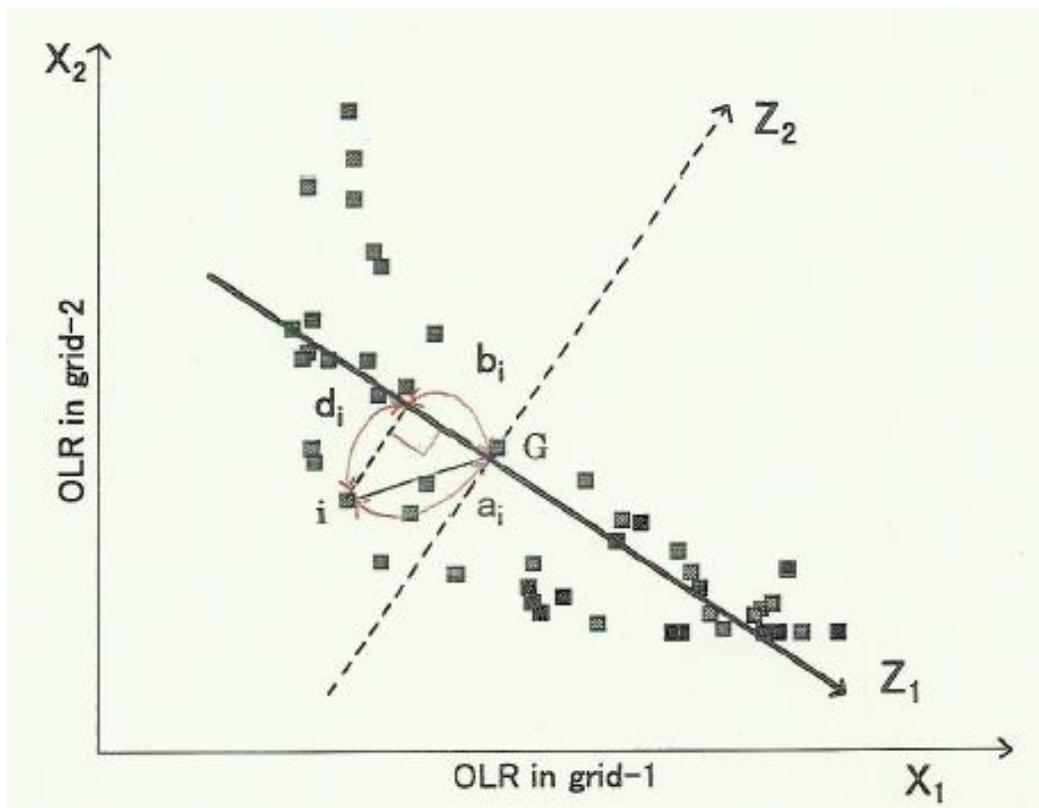
Penelitian ini penting guna menunjang pengamatan cuaca secara global serta menghasilkan hasil studi yang mendalam tentang dinamika atmosfer tropis. Disamping sirkulasi-sirkulasi seperti yang disebutkan di atas, interaksi antara atmosfer dan laut disekitar Indonesia juga berpengaruh terhadap keragaman hujan dan parameter meteorologi lainnya, seperti kejadian ENSO dan kejadian *Indian Ocean Dipole* (IOD) (Aldrian *et al.*, 2007; Hendon 2003, Aldrian dan Susanto 2003; Nichols 1988; Meehl 1987; Bayong dan Zadrach 1996; Hamada *et al.*, 2002). Aspek ini juga melengkapi pembahasan dalam makalah ini.

2 DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data lima harian OLR untuk daerah Indonesia dan sekitarnya (20°LS-20°LU, 80°BT-180°BT) dengan resolusi

2,5°x2,5°, data bulanan *Southern Oscillation Index* (SOI) untuk tahun 1988-1999 dari *Japan Meteorological Agency* (JMA), dan data harian curah hujan untuk periode selama 20 tahun, 1980-1999 dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Stasiun pengamatan yang dipilih sebanyak lima stasiun yaitu Bulaksumur-Yogyakarta (7°48'LS-110°21'BT), Dili-Timor Leste (8°34'LS-125°34'BT), Jakarta (6°10'LS-106°49'BT), Surabaya (7°13'LS-112°43'BT), dan Ujung Pandang (5°14'LS-119°41'BT). Pemilihan stasiun pengamatan berdasarkan kriteria pola curah hujan yang sama pada kelima tempat tersebut.

Metode untuk menganalisis data digunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF) yang merupakan salah satu teknik dalam statistika untuk memetakan data observasi menjadi suatu bentuk fungsi yang diekstraksi dari data itu sendiri. Metode EOF dapat mencari sejumlah kecil variabel independen yang dapat memberikan sebanyak mungkin informasi tetapi tidak berlebihan. Analisis EOF dapat digunakan untuk eksplorasi variabilitas data secara obyektif dan untuk menganalisa hubungan antara variabel. Teknik analisis EOF dikenal juga dengan nama *Principal Component Analysis* (PCA) (Preisendofer, 1988). EOF merupakan teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu data, dengan cara mentransformasi data secara linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum (Miranda *et al.*, 2008). Analisis komponen utama dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan (Johnson *et al.*, 1998; Zamzam dan The Houw Liong, 2009). Analisis komponen utama juga merupakan salah satu teknik statistik multivariat yang dapat menemukan karakteristik data yang tersembunyi.



Gambar 2-1: Skema ilustrasi dari distribusi data dan fungsi dasar dari EOF-1 (Z_1) dan EOF-2 (Z_2). Secara sederhana dan singkat hanya digambarkan dengan dua variabel yang mewakili data OLR. G , d_i , a_i , dan b_i adalah nilai rata-rata dari OLR, jarak dari ke i pentad OLR dari fungsi dasar Z_1 , jarak dari i kesekian pentad OLR dengan nilai rata-rata OLR, dan score dari i pentad, berturut-turut

EOF mengkomposisikan kembali data deret waktu *pentad* (data lima harian) dalam menggambarkan variabilitas data *pentad* OLR, yang merupakan fungsi dari ruang dan waktu kedalam peta spasial ortogonal. Peta ortogonal tersebut atau disebut fungsi dasar mempunyai kemampuan secara optimal dalam menggambarkan varian dari data asli kedalam beberapa mode. EOF merujuk pada hasil fungsi dasar secara ortogonal atau tidak saling berhubungan satu sama lain, dan didapatkan dari data secara empirik. Secara singkat, prosedur EOF dikerjakan dengan mengambil dua buah grid dari data OLR (Sofiati *et al.*, 1998). Setiap *pentad* OLR untuk *grid-1* dan *grid-2* dapat diplot kedalam bidang dua dimensi (Gambar 2-1), dimana X_1 dan X_2 adalah data OLR untuk *grid-1* dan *grid-2* berturut-turut. Sebagai contoh, pada saat OLR untuk *grid-1* mempunyai korelasi negatif dengan OLR untuk *grid-2*, dan distribusi data seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2-1.

Dengan mendapatkan nilai a_{11} dan a_{12} untuk meminimalisasi total jarak (d_i) diantara setiap data dan fungsi dasar baru (Z) atau untuk memaksimalkan deviasi dari setiap data sepanjang Z , EOF yang pertama dapat diperoleh sebagai Z , dimana:

$$Z = a_{11}.X_1 + a_{12}.X_2 \tag{2-1}$$

Dengan kondisi bahwa,

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 = 1 \tag{2-2}$$

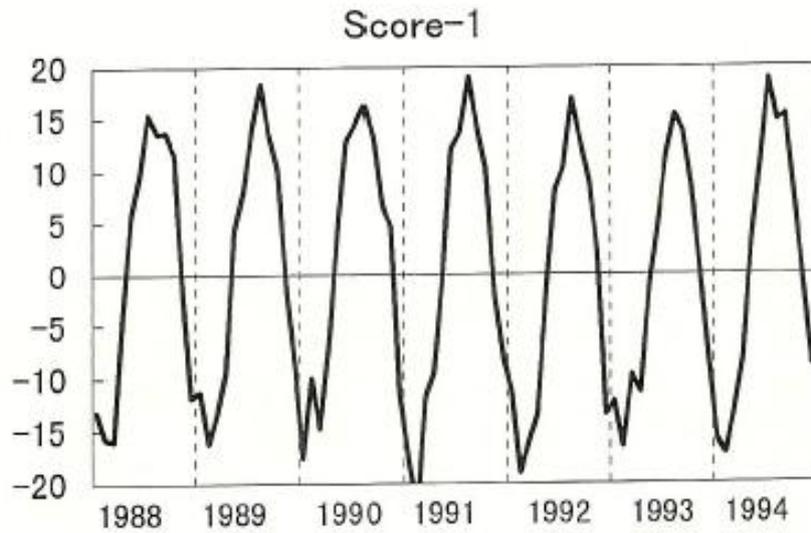
EOF kedua didapat melalui cara yang sama, kecuali untuk Z_1 , dan nilai proporsi didapat dengan menjumlahkan perbandingan dari a_i terhadap *score* dari b_i . EOF yang digunakan dalam penelitian ini hanya EOF-1 dan EOF-2. Pemilihan tersebut berdasarkan hasil yang didapat dari setiap varians untuk komponen EOF-1 dan EOF-2 dipandang sebagai ikhtisar terbaik pertama dan kedua yang dihasilkan oleh masing-masing EOF.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variabilitas OLR Lima Harian

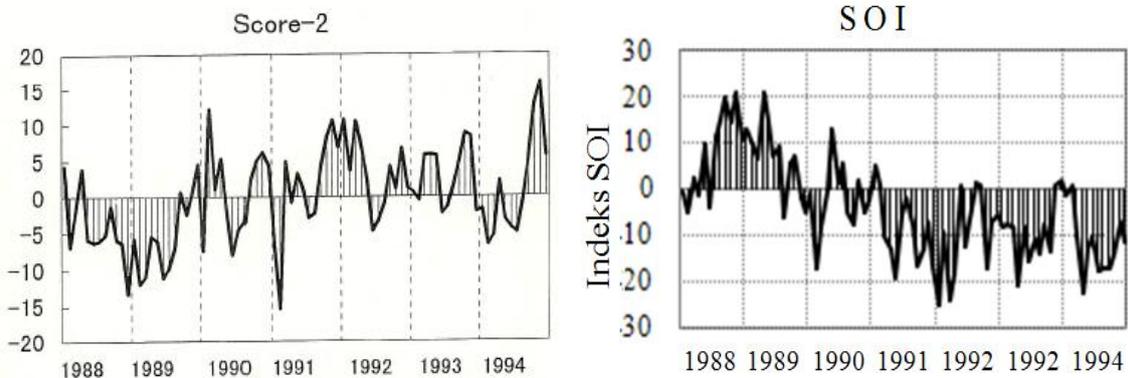
Untuk mengetahui karakteristik yang lebih spesifik dari variabilitas OLR dapat dijelaskan dengan menggunakan EOF yang merupakan metode untuk mengkomposisikan kembali data deret waktu *pentad* (lima harian) OLR dalam menggambarkan variabilitasnya, dan dalam makalah ini dianalisis untuk EOF-1 dan EOF-2.

Gambar 3-1 memperlihatkan hasil dari EOF-1 untuk *score-1*, dan terlihat bahwa *score-1* menggambarkan variabilitas tahunan OLR. *Score* EOF merupakan intensitas koefisien untuk setiap model variasi dari OLR lima harian, dan dari EOF-1 *score-1* terlihat adanya osilasi tahunan dari OLR. Nilai negatif OLR terlihat pada awal dan akhir tahun untuk setiap data pengamatan, keadaan tersebut berkaitan dengan bulan basah, atau dengan kata lain bersamaan dengan bertambahnya awan konvektif yang terjadi rata-rata pada bulan Desember-Januari-Februari (Sofiati *et al.*, 1998). Sedangkan nilai positif OLR terlihat pada pertengahan tahun dan berkaitan dengan bulan kering yang terjadi rata-rata pada bulan Juni-Juli-Agustus (Sofiati *et al.*, 1998)



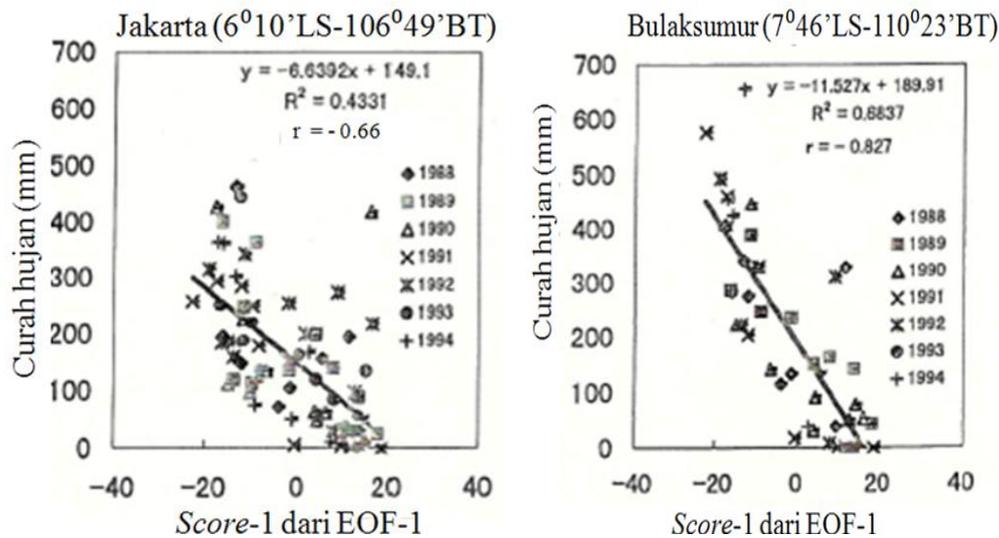
Gambar 3-1: Deret waktu rata-rata bulanan untuk OLR yang dihasilkan dari *score-1*

Gambar 3-2 menunjukkan hasil analisa EOF-2 untuk *score-2*, dimana *score-2* tersebut dapat menggambarkan fluktuasi OLR yang berkaitan dengan fluktuasi *Southern Oscillation Index* (SOI). Dari Gambar 3-2 terlihat bahwa nilai dari *score-2* berbanding terbalik dengan nilai SOI, dimana rata-rata nilai negatif pada *score-2* yang terjadi pada tahun 1988 sampai 1989 bersamaan dengan nilai positif pada SOI pada tahun yang sama, dan hal ini menunjukkan adanya kejadian La Niña pada tahun tersebut. Sedangkan nilai positif dari *score-2* bersamaan dengan nilai negatif pada SOI yang terjadi pada tahun 1991-1994.



Gambar 3-2: Deret waktu rata-rata bulanan OLR yang dihasilkan dari *score-2* EOF-2 (kiri) dan SOI (kanan) tahun 1988 sampai 1994

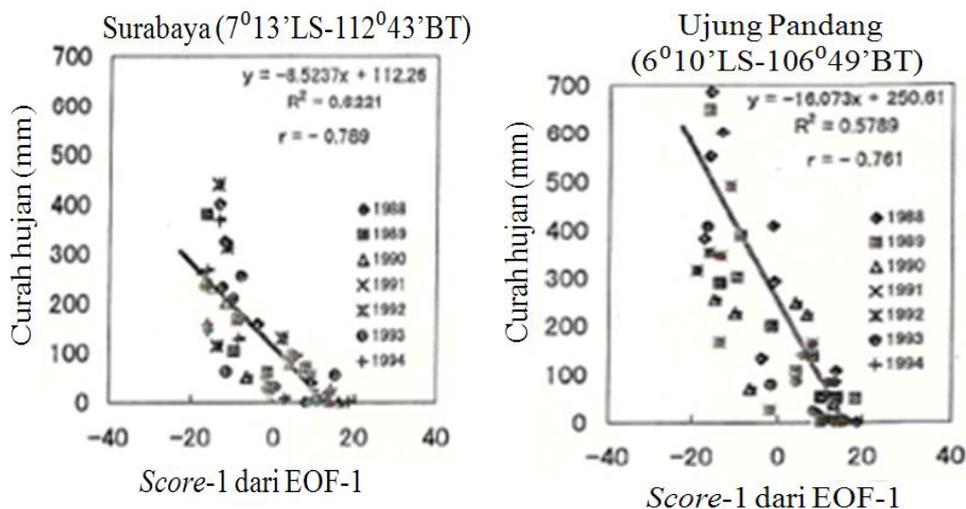
Nilai negatif dari SOI menunjukkan indikasi fenomena El Niño, nilai negatif yang terus menerus dari SOI dan mempunyai nilai lebih besar dari -8 menunjukkan episode El Niño (Nitta, *et al.*, 1992 dan Joseph, *et al.*, 1994). Nilai-nilai negatif biasanya disertai dengan terjadinya kondisi kering di Indonesia, pemanasan yang terus menerus dari tengah dan Timur tropis Samudera Pasifik, penurunan kekuatan *trade winds* di Pasifik, dan penurunan curah hujan musim dingin dan musim semi di daerah Timur Australia. Sebaliknya, nilai positif yang terus menerus dari SOI dan lebih besar dari +8 menunjukkan episode La Niña. Hal tersebut berhubungan dengan kondisi basah di Indonesia, meningkatnya kekuatan *trade winds* di Pasifik dan suhu laut yang lebih hangat di sebelah utara Australia. Perairan di tengah dan timur tropis Samudera Pasifik menjadi relatif dingin selama waktu ini.



Gambar 3-3: Korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dengan curah hujan bulanan di Kota Jakarta dan Kota Yogyakarta selama tahun 1988 sampai 1994

Selanjutnya, dilakukan analisis untuk melihat korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dan curah hujan bulanan yang terjadi di Kota Jakarta, Yogyakarta, Surabaya, Ujung Pandang, dan Dili. Score EOF (untuk score-1 dan score-2) dihasilkan dari intensitas koefisien untuk setiap model variasi dari OLR lima harian. Gambar 3-3 menunjukkan korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dengan curah hujan bulanan di Jakarta (kiri) dan Yogyakarta (kanan).

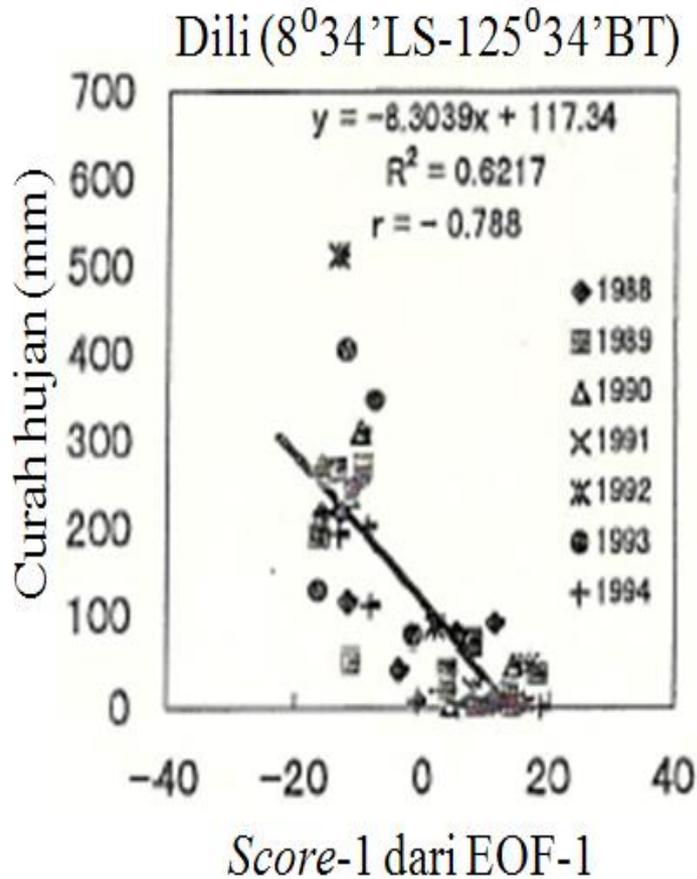
Dari hasil terlihat bahwa korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dan curah hujan bulanan di Jakarta berbanding terbalik atau berkorelasi negatif (artinya pada saat nilai OLR kecil curah hujan bernilai besar dan sebaliknya pada saat nilai OLR besar curah hujan bernilai kecil) dengan nilai koefisien korelasinya $r = -0,66$. Sedangkan untuk Yogyakarta, korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dengan curah hujan bulanan juga berkorelasi negatif dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0,83$.



Gambar 3-4: Sama seperti Gambar 3-3, tetapi untuk Kota Surabaya dan Ujung Pandang

Dengan tahapan analisa yang sama, selanjutnya dilakukan untuk Surabaya dan Ujung Pandang seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3-4. Dari hasil terlihat bahwa korelasi antara OLR untuk score-1 EOF-1 dengan curah hujan bulanan di Surabaya

berkorelasi negatif dengan nilai koefisien korelasi $r = -0,79$. Untuk Ujung Pandang, didapat korelasi negatif antara OLR untuk *score-1* EOF-1 dengan curah hujan bulanan dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0,76$. Nilai koefisien korelasi yang didapat untuk korelasi antara OLR untuk *score-1* EOF-1 di Kota Surabaya dan Ujung Pandang cukup baik.



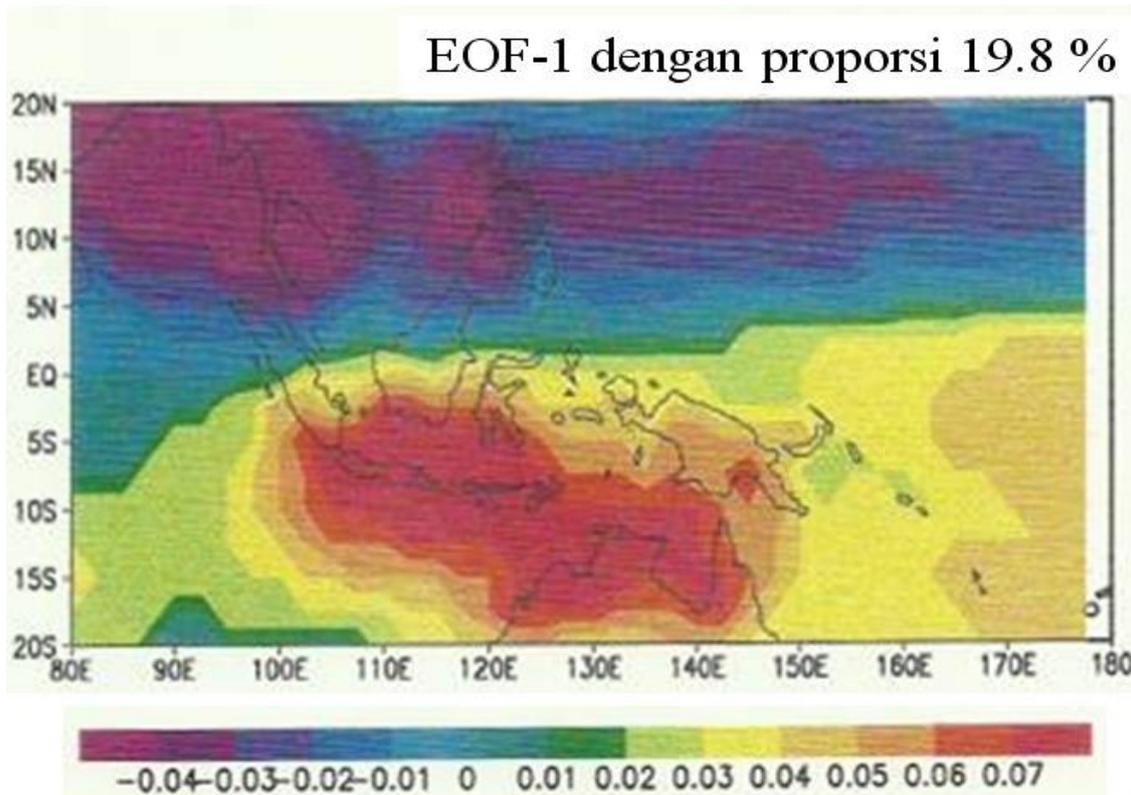
Gambar 3-5: Sama seperti Gambar 3-3, tetapi untuk Kota Dili-Timor Leste

Analisa selanjutnya adalah korelasi antara OLR untuk *score-1* EOF-1 dengan curah hujan bulanan untuk Kota Dili-Timor Leste seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3-5. Dari hasil terlihat bahwa korelasi antara OLR untuk *score-1* EOF-1 dengan curah hujan bulanan di Dili berkorelasi negatif dengan nilai koefisien korelasi $r = -0,79$.

Dari hasil keseluruhan menunjukkan bahwa osilasi bulanan dari OLR berupa *score-1*, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3-1, rata-rata berkorelasi negatif terhadap curah hujan pada daerah yang sama. Dengan kata lain, pada saat terjadinya curah hujan bersamaan dengan nilai OLR yang kecil, yang menunjukkan munculnya awan konvektif. Pola curah hujan di stasiun pengamatan yang dipilih pada penelitian ini termasuk pola curah hujan Tipe A (Bayong dan Zadrach, 1996). Dari studi sebelumnya (Sofiati, 1998) didapat bahwa wilayah yang mempunyai pola curah hujan Tipe A, menghasilkan nilai koefisien korelasi yang lebih baik dibandingkan dengan wilayah yang mempunyai pola curah hujan Tipe B dan Tipe C. Perbedaan nilai koefisien korelasi tersebut disebabkan perbedaan OLR dan curah hujan yang diterima di setiap stasiun pengamatan karena posisi geografis dan topografinya.

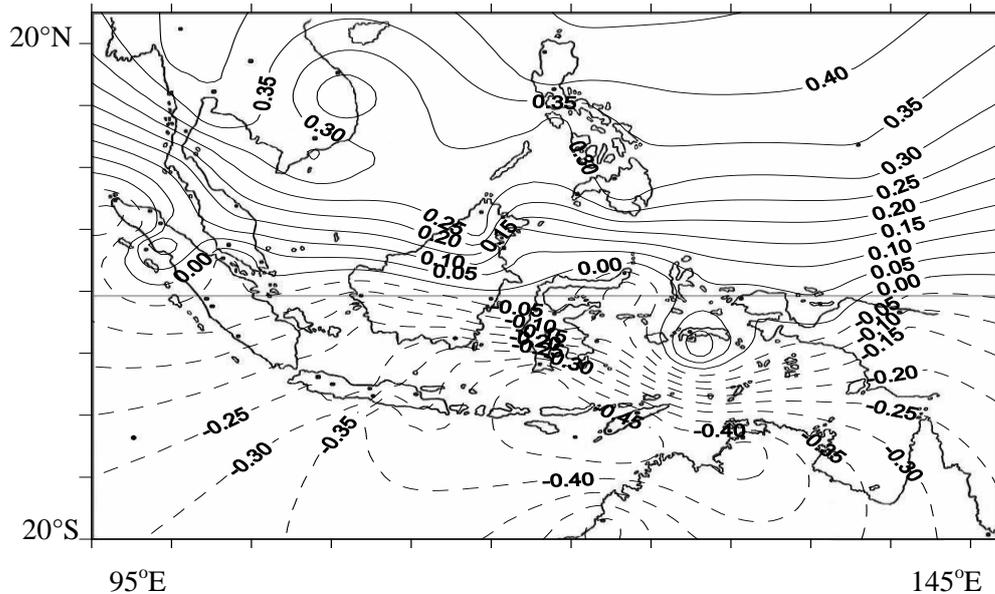
Seperti yang sudah disebutkan di atas, dalam makalah ini dianalisa EOF-1 dan EOF-2 untuk mengetahui variabilitas OLR. Gambar 3-6, menunjukkan model pertama

(EOF-1) dengan proporsi sebesar 19,8%, dan model kedua (EOF-2) yang ditunjukkan oleh Gambar 3-8 dengan proporsi sebesar 8,7%. Dari kedua model EOF tersebut membentuk sepasang komponen yang mewakili variabilitas musiman dari data yang dihasilkan oleh variasi periodik dari EOF itu sendiri. Gambar 3-6 memperlihatkan model pertama (EOF-1) dengan proporsi sebesar 19,8% dari varians. Sedangkan nilai varians tersebut menunjukkan adanya siklus musiman yang cukup kuat dari deret waktu OLR.



Gambar 3-6: Pola spasial dari model pertama OLR dengan besar proporsi 19,8%, yang didapat dari analisis EOF-1 untuk tahun 1988 sampai 1994

Gambaran OLR spasial secara jelas terlihat dengan adanya komponen Utara-Selatan dari osilasi musiman, dengan nilai negatif menunjukkan *updraft* yang kuat di sebelah Utara Indonesia, dan nilai positif menunjukkan *downdraft* yang kuat di sebelah Selatan Indonesia. Perbedaan intensitas OLR antara bagian Utara dan Selatan Indonesia diduga berhubungan dengan sirkulasi *Hadley*. Dihubungkan dengan *score-1* yang terlihat seperti pada Gambar 3-1, dimana *score-1* menunjukkan deret waktu rata-rata bulanan untuk OLR. Pada saat *score* bernilai positif (Gambar 3-1), daerah *updraft* dari *Hadley circulation* terjadi pada saat EOF bernilai negatif (Gambar 3-6), sedangkan daerah *downdraft* dari *Hadley circulation* bernilai positif. Hasil tersebut di atas telah dikonfirmasi dengan hasil penelitian Berg dan Avery (1994) yang menyatakan bahwa variabilitas curah hujan di daerah Pasifik tropis sebelah Utara berbanding terbalik dengan daerah sebelah Selatannya. Karakteristik lain yang menarik dari EOF-1 adalah adanya perbedaan yang kontras antara Utara dan Selatan Indonesia, yang menghasilkan perbedaan variasi musiman di daerah tersebut. Pada saat musim panas di belahan bumi Selatan, bagian Selatan Indonesia mengalami musim basah, sebaliknya ketika di belahan bumi Selatan terjadi musim dingin bagian Selatan Indonesia mengalami musim kering.



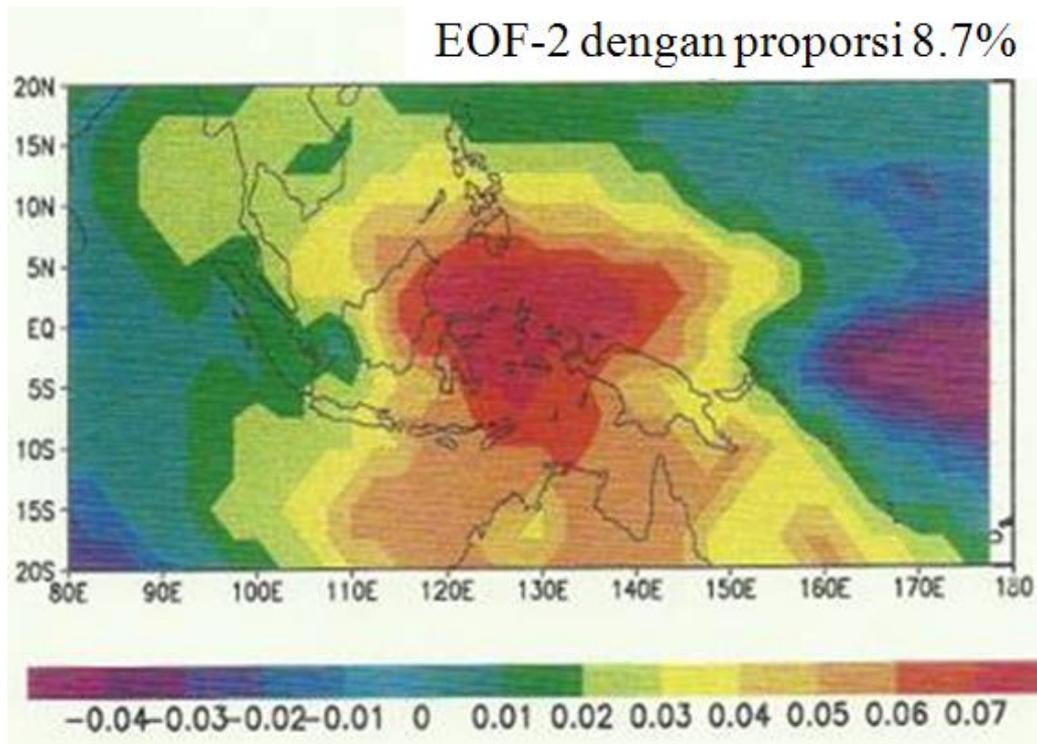
Gambar 3-7: Distribusi koefisien korelasi untuk *score-1* EOF-1 dengan parameter meteorologi curah hujan. Interval kontur adalah 0,05. Garis putus-putus menunjukkan nilai yang kurang dari nol (Sumber: Sofiati, 2012)

Hasil analisa tersebut di atas semakin menguatkan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang menghubungkan *score-1* dari EOF-1 dengan parameter iklim seperti curah hujan, kelembaban relatif, suhu, dan tekanan di wilayah Indonesia dan sekitarnya (Sofiati, 2012). Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa koefisien korelasi untuk *score-1* EOF-1 dengan curah hujan bernilai positif untuk wilayah Utara ekuator Indonesia termasuk beberapa daerah di Kepulauan Maluku, sebagian kecil wilayah Sumatera Utara, wilayah negara Singapura, Malaysia, Vietnam, Thailand, dan Filipina. Sebaliknya koefisien korelasi bernilai negatif di wilayah Selatan ekuator Indonesia termasuk wilayah negara Micronesia, Cocos Island, dan Australia. Perbedaan nilai positif dan negatif menunjukkan bahwa pola curah hujan yang terjadi di wilayah Utara dan Selatan ekuator Indonesia pada umumnya berlawanan seperti yang terlihat pada Gambar 3-7.

Dari analisa data observasi curah hujan didapat bahwa di daerah Utara Indonesia (Tipe C) sesuai dengan pernyataan Bayong dan Zadrach (1996) mempunyai puncak curah hujan rata-rata pada bulan Juni-Juli-Agustus. Sebaliknya, wilayah Selatan Indonesia (Tipe A), mempunyai puncak curah hujan rata-rata pada bulan Desember-Januari-Februari. Pada daerah di sekitar ekuator (Tipe B), termasuk sebagian wilayah Sumatera Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi Utara, dan sebagian wilayah Papua, mempunyai dua waktu puncak curah hujan, yaitu sekitar bulan April dan November.

Analisis EOF-2 menggambarkan pergerakan Barat-Timur OLR yang disebabkan oleh siklus musimannya. Nilai negatif terjadi di sebelah Barat Pasifik sedangkan nilai positif terjadi di sebagian besar wilayah Timur Indonesia seperti yang terlihat pada Gambar 3-8. Meskipun proporsi dari EOF-2 sebesar 8,7% dari total varians, tetapi hasil tersebut dapat menggambarkan variabilitas OLR secara signifikan. Analisis penelitian dengan menggunakan metode EOF akan menghasilkan total varians yang optimum dengan analisis tambahan yang dinamakan rotasi EOF (diskusi pribadi dengan Setiawan, S., 2013). Variabilitas distribusi spasial untuk EOF-2 menunjukkan adanya pergeseran daerah konvergensi ke arah Barat dan adanya pergerakan Timur-Barat dari variabilitas OLR. Keadaan ini sesuai dengan kejadian sirkulasi *Walker* dimana terjadi

pergeseran musim dari Samudera Pasifik sebelah Barat ke sekitar Indonesia (Berg dan Avery, 1994). Hasil penelitian ini juga memperkuat pernyataan Philander (1990) bahwa sirkulasi *Walker* merupakan pergerakan zona udara hangat yang meningkat di sebelah Barat Samudera Pasifik tropis dan turun berupa udara dingin di sebelah Timur.



Gambar 3-8: Pola spasial dari model kedua OLR dengan besar proporsi 8,7%, yang didapat dari analisis EOF-2 untuk tahun 1988 sampai 1994

Samudera Pasifik yang menghasilkan angin pasat yang kuat dari sebelah Timur. Keadaan sirkulasi ini sesuai dengan perubahan tekanan permukaan antara Timur dan Barat Samudera Pasifik tropis, dimana tekanan permukaan di sebelah Timur lebih tinggi daripada sebelah Barat. Dengan demikian udara dengan tekanan permukaan yang lebih tinggi di sebelah Timur akan bergerak ke arah Barat dengan tekanan permukaan yang lebih rendah.

4 KESIMPULAN

Penggunaan metode EOF sangat efektif untuk menggambarkan distribusi spasial yang lebih spesifik dari OLR dan parameter meteorologi seperti curah hujan. Gambaran OLR secara spasial jelas terlihat dengan adanya komponen Utara-Selatan dari osilasi musiman, dengan nilai negatif menunjukkan *updraft* yang kuat di sebelah Utara ekuator Indonesia, dan nilai positif menunjukkan *downdraft* yang kuat di sebelah Selatan ekuator Indonesia. Perbedaan intensitas OLR antara bagian Utara dan Selatan ekuator Indonesia berhubungan dengan sirkulasi *Hadley*. Sedangkan analisis EOF-2 yang menggambarkan pergerakan Barat-Timur OLR yang disebabkan oleh siklus musimannya. Nilai negatif terjadi di sebelah Barat Pasifik sedangkan nilai positif terjadi di sebagian besar wilayah Timur Indonesia, dengan demikian terlihat adanya pergerakan daerah konvergensi Timur-Barat dari variabilitas OLR. Keadaan ini sesuai dengan kejadian sirkulasi *Walker* dimana terjadi pergeseran musim dari Samudera Pasifik sebelah Barat.

DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian E., dan Susanto, R. D., 2003. *Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature*, International Journal of Climatology, Vol.23, No. 12, 1435-1452.
- Aldrian, E., L.D. Gates, dan F. H. Widodo, 2007. *Seasonal Variability of Indonesian Rainfall in ECHAM4 Simulations and in The Reanalyses: The Role Of ENSO*. Theor. Appl. Climatol., 87. 41–59.
- Bayong, T.H.K. dan L.D. Zadrach, 1996. *The Impact of El Niño on Season in Indonesian Monsoon Region*. Proceeding of International workshop on the climate system of monsoon Asia, Kyoto International Community House, Kyoto, Japan, p. 263-266.
- Berg, W. K., dan Avery, S. K., 1994. *Rainfall Variability Over The Tropical Pacific from July 1987 Through December 1991 as Inferred Via Monthly Estimates From SSM/I*. J. Appl. Meteor., 33, 1468-1485.
- Hamada, J.I., M.D. Yamanaka, J. Matsumoto, S. Fukao, P.A. Winarso, dan T. Sribimawati, 2002. *Spatial AAnd Temporal Variations of The Rainy Season Over Indonesia and Their Link to ENSO*, J.Meteor. Soc. Japan, 80, 285-310.
- Heddinghaus, T.R. dan A.F. Krueger, 1981. *Annual and Interannual Variations in Outgoing Longwave Radiation over The Tropics*. Mon. Wea. Rev., 109, 1208-1218.
- Hendon, H.H., 2003. *Indonesian Rainfall Variability: Impacts of ENSO And Local Air–Sea Interaction*, Journal of Climate, 16, 1775–1790.
- Horel, J. D., Hahmann, A. N., dan Geisler, J. E., 1989. *An Investigation of The Annual Cycle of Convective Activity Over The Tropical Americas*. J. Climate, **2**, 1388-1403.
- Johnson, Richard A & Wichern, Dean W., 1998. *Applied Multivariate Statistical Analysis* (New Jersey: Prentice-Hall International Inc,.). ISBN 0-13-080084-8.
- Joseph, V. P., Eischeid, J. K. dan Pyle, R. J., 1994. *Interannual Variability of The Onset of The Indian Summer Monsoon and its Association With Atmospheric Features, El Niño, and sea surface temperature anomalies*, J. Climate, 81-105.
- Meehl, G.A., 1987. *The Annual Cycle and Interannual Variability in The Tropical Pacific and Indian Ocean Regions*. Mon. Wea. Rev., 115, 27-50.
- Miranda A, A., Y. A. Le Borgne, dan G. Bontempi, 2008. *New Routes from Minimal Approximation Error to Principal Components*, Neural Processing Letters, Volume 27, Number 3, June, Springer.
- Mitchell, T.P. dan J.M. Wallace, 1992. *Annual Cycle in Equatorial Convection and Sea Surface Temperature*. J. Climate, 5, 1140-1156.
- Murakami, T., L.X Chen, dan A. Xie, 1986. *Relationship Among Seasonal Cycles, Low-Frequency Oscillations, and Transient Disturbances as Revealed from Outgoing Long Wave Radiation Data*. Mon. Wea. Rev., 113, 1456-1465.
- Murakami, T., dan B. Wang, 1993. *Annual Variations of The Equatorial East-West Circulation Over The Indian and Pacific Oceans*. J. Climate, 6, 932-952.
- Murakami, T., dan J. Matsumoto, 1994. *Summer Monsoon Over The Asian Continent and Western North Pacific*. Journal Meteorology Society Japan, 72, 719-745.
- Nitta, T., Mizuno, T., dan Takahashi, K., 1992. *Multi-Scale Convective Systems During The Initial Phase of The 1986/87 El Niño*. J. Met. Soc. Japan, 70, 447-466.
- Philander, S. G H., 1990. *El Niño, La Niña, and Southern Oscillation*. Academic Press, 289 pp.
- Sofiati, I., Tanaka H., Nagao, I., 1998. *Characteristics of Rainfall and Outgoing Longwave Radiation (OLR) in Indonesia and Surrounding Regions*, Master Thesis, Institute

- for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Graduate School of Sciences, Nagoya University, Japan, 78 pp.
- Sofiati. I., 2012. *Distribusi Spasial Parameter Meteorologi Berdasarkan Analisa Empirical Orthogonal Function (EOF)*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa 2012, Deputi Bidang Sains Pengkajian dan Informasi Kedirgantaraan-LAPAN, 27 November 2012, PUSPIPTEK-Serpong-Tangerang.
- Setiawan, S., 2013. *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Geofisika dan Meteorologi*, Institute Pertanian Bogor.
- Sulistya, W., 1995. *Application D'une Methode D'analyse Factorielle En Composantes Principales Par Rapport Aux Distributions De Precipitations En Indonesie*. Univ. Blaise Pascal, France. Rapport De Tague.
- Wolter, K. dan S. Hastenrath, 1989. *Annual Cycle and Long Term Trends of Circulation and Climate Variability Over The Tropical Oceans*. J. Climate, 2, 1329-1351.
- Zamzam A. J., dan The Houw Liong, 2009. *Analisis Faktor Spektral Frekuensi Anomali Curah Hujan Pulau Jawa*, Prosiding Seminar Nasional Statistika, Institut Pertanian Bogor.