

# DISTRIBUSI SPASIAL PARAMETER METEOROLOGI BERDASARKAN ANALISA EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION (EOF)

Iis Sofiati

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer-LAPAN  
Jl. dr. Djundjuran 133 Bandung, 40173  
sofiati07@gmail.com

## Abstract

*In this research, a systematic exploration of the meteorological parameters such as precipitation, pressure, relative humidity, and temperature, as well as the relationship with Outgoing Longwave Radiation (OLR) in Indonesia and the surrounding area. The purpose of this study to specific analyzes of spatial described and physical understanding of some meteorological parameters. The methods for analyzing which is used to decompose pentad time-series data (data of five daily) is Empirical Orthogonal Function (EOF), in describing the variability of the data pentad OLR. EOF is very effective method for describing the spatial distribution of meteorological parameters such as precipitation, pressure, relative humidity, and temperature. From the results it can be seen that the global pattern of the several meteorological parameters follow rainfall patterns distribution that have been studied previously. Northern Indonesia climatology conditions influenced by South East Asia Monsoon (SEAM) and Western North Pacific Monsoon (WNPM) monsoon regions, while southern Indonesia influenced by monsoon region North Australia Indonesia Monsoon (NAIM).*

**Keywords:** Spatial distribution, meteorology parameters, Empirical Orthogonal Function (EOF).

## Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan eksplorasi sistematis terhadap parameter meteorologi seperti curah hujan, tekanan, kelembaban relatif, dan suhu, serta hubungannya dengan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) di Indonesia dan daerah sekitarnya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa lebih spesifik gambaran spasial dan pengertian fisisnya dari beberapa parameter meteorologi. Metode untuk menganalisa data menggunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF), yang digunakan untuk mengkomposisikan kembali data *time-series* pentad (data lima harian) dalam menggambarkan variabilitas data pentad OLR. Metode EOF sangat efektif untuk menggambarkan distribusi spasial parameter meteorologi seperti curah hujan, tekanan, kelembaban relatif, dan suhu. Dari hasil dapat dilihat bahwa pola keempat parameter meteorologi tersebut secara global mengikuti distribusi pola curah hujan yang telah diteliti sebelumnya. Sebelah Utara Indonesia kondisi klimatologinya banyak dipengaruhi oleh daerah monsun *South East Asia Monsoon* (SEAM) dan *Western North Pacific Monsoon* (WNPM), sedangkan sebelah Selatan Indonesia banyak dipengaruhi oleh daerah monsoon *North Australia Indonesia Monsoon* (NAIM).

**Kata kunci:** Distribusi spasial, parameter meteorologi, *Empirical Orthogonal Function* (EOF).

## 1. PENDAHULUAN

Banyak penulis telah melaporkan mekanisme pengendali variasi curah hujan di Indonesia. Beberapa diantaranya adalah Yasunari (1981), dengan menggunakan data curah hujan bulanan di

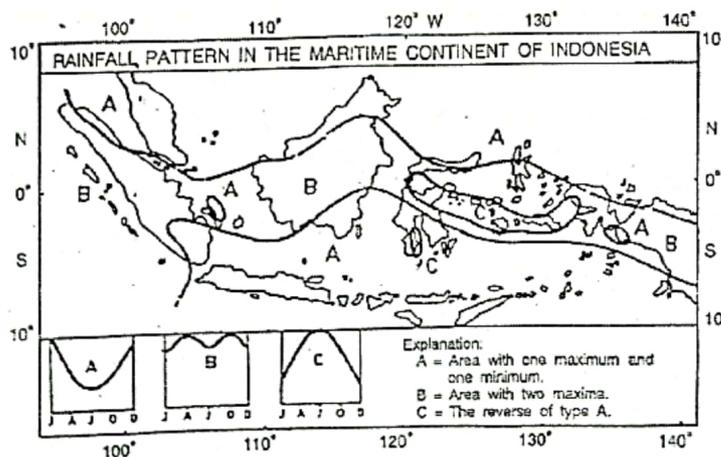
pulau Jawa untuk jangka waktu 46 tahun (1931-1976) di 18 stasiun, beberapa karakteristik antar-tahunan variabilitas dari wilayah Indonesia. Selanjutnya Hamada *et al.* (2002) menyelidiki variasi regional dan antar-tahunan musim hujan di Indonesia yang terbagi menjadi empat wilayah iklim.

Dalam dua dekade terakhir, radiasi gelombang panjang atau *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) merupakan salah satu indikator yang baik untuk aktivitas konvektif, telah banyak digunakan dalam menyimpulkan konveksi siklus tahunan dan antar-tahunan di Pasifik tropis dan Samudra India (Murakami dan Wang, 1993; Murakami dan Matsumoto, 1994), dan di daerah tropis dunia (Wolter dan Hastenrath 1989, Mitchell dan Wallace, 1992)

Sebagian besar penelitian iklim di Indonesia telah berfokus pada curah hujan baik secara regional maupun lokal. Oleh karena itu, eksplorasi sistematis tidak hanya pada curah hujan tetapi juga pada tekanan, kelembaban relatif, dan suhu, serta hubungannya dengan OLR di Indonesia berikut daerah sekitarnya perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa lebih spesifik gambaran spasial dan pengertian fisisnya dari beberapa parameter meteorologi. Penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bayong (1996).

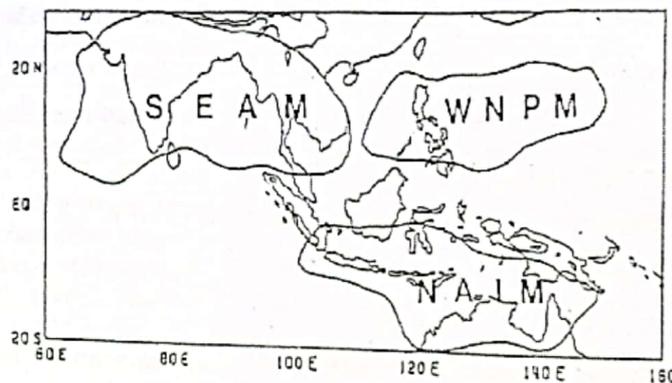
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pola curah hujan yang terdapat di benua maritim Indonesia menurut Bayong 1996, dibagi menjadi tiga pola yaitu A, B, dan C seperti yang terdapat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa daerah yang mempunyai pola curah hujan Tipe A adalah daerah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua bagian selatan, seluruh pulau Jawa, NTB, dan NTT. Sedangkan Tipe B adalah sebagian besar Sumatera, bagian tengah Kalimantan, Sulawesi, dan daerah Papua. Untuk Tipe C hanya terdapat di beberapa daerah lokal saja seperti daerah Sulawesi Tengah serta sebagian kepulauan Maluku.



**Gambar 1.** Pola sebaran curah hujan di Benua Maritim Indonesia (Sumber: Bayong, 1996).

Iklm di Indonesia dipengaruhi oleh ketiga sistem monsun disekitarnya seperti yang terlihat pada Gambar 2 (Murakami dan Mtsumoto, 1994). Sistem monsun tersebut adalah *South East Asia Monsoon* (SEAM), *Western North Pacific Monsoon* (WNPM), dan *North Australia Indonesia Monsoon* (NAIM). Di ketiga daerah sistem monsum tersebut, terjadi fase propagasi *onset* (permulaan) monsun secara sistematis yang bergerak kearah Utara secara lambat dengan kecepatan rata-rata 50 km/ hari dan 70 km/ hari bergerak ke arah Barat. Selama perjalanannya, monsun pertama berakhir mulai dari Barat Daya India pada pentad ke 50, dan secara bertahap akan melewati sebelah Tenggara India.



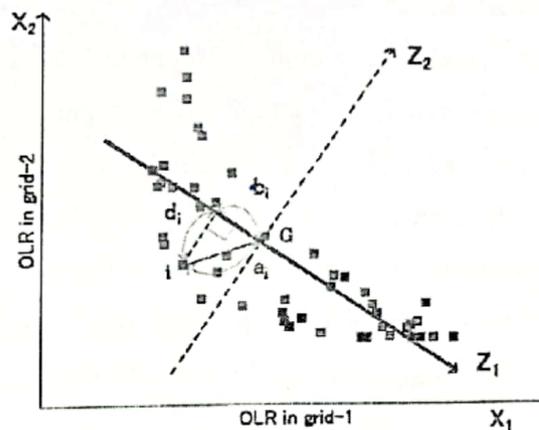
**Gambar 2.** Tiga daerah sistem monsun *South East Asia Monsoon* (SEAM), *Western North Pacific Monsoon* (WNPM), dan *North Australia Indonesia Monsoon* (NAIM). (Sumber: Murakami and Matsumoto, 1994).

### 3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian beberapa parameter meteorologi yaitu curah hujan, suhu, tekanan dan kelembaban relatif untuk perioda selama 20 tahun, 1980-1999 yang berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data OLR untuk daerah Indonesia dan sekitarnya ( $20^{\circ}\text{S}-20^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\text{E}-180^{\circ}\text{E}$ ) dengan resolusi  $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ , dari *Japan Meteorological Agency* (JMA). Stasiun pengamatan yang dipilih sebanyak 47 stasiun yaitu Amahai ( $3^{\circ}20'\text{S}-128^{\circ}55'\text{E}$ ), Ambon ( $3^{\circ}42'\text{S}-128^{\circ}5'\text{E}$ ), Balikpapan ( $1^{\circ}13'\text{S}-116^{\circ}51'\text{E}$ ), Bandung ( $6^{\circ}57'\text{S}-107^{\circ}37'\text{E}$ ), Bangkok ( $13^{\circ}45'\text{N}-100^{\circ}28'\text{E}$ ), Banjarbaru ( $7^{\circ}23'\text{S}-108^{\circ}32'\text{E}$ ), Bau-Bau ( $5^{\circ}30'\text{S}-122^{\circ}39'\text{E}$ ), Bengkulu ( $3^{\circ}48'\text{S}-102^{\circ}15'\text{E}$ ), Biak ( $1^{\circ}11'\text{S}-136^{\circ}7'\text{E}$ ), Broome-Australia ( $17^{\circ}57'\text{S}-122^{\circ}14'\text{E}$ ), Cagayan-Philippines ( $18^{\circ}26'\text{N}-121^{\circ}48'\text{E}$ ), Changi-Singapore ( $1^{\circ}21'\text{S}-103^{\circ}59'\text{E}$ ), Chiang Mai-Thailand ( $18^{\circ}47'\text{N}-98^{\circ}59'\text{E}$ ), Cocos Island-Australia ( $12^{\circ}07'\text{S}-96^{\circ}54'\text{E}$ ), Dili-Timor Leste ( $8^{\circ}34'\text{S}-125^{\circ}34'\text{E}$ ), Da Nang-Vietnam ( $16^{\circ}04'\text{N}-108^{\circ}14'\text{E}$ ), Darwin-Australia ( $12^{\circ}10'\text{S}-130^{\circ}50'\text{E}$ ), HoChiMinh-Vietnam ( $10^{\circ}46'\text{N}-106^{\circ}40'\text{E}$ ), Jakarta ( $6^{\circ}10'\text{S}-106^{\circ}49'\text{E}$ ).

Jayapura (7°45'S-112°20'E), Khon Kaen-Thailand (6°26'N-102°50'E), Kota Bharu-Malaysia (6°8'N-102°15'E), Kota Kinabalu-Malaysia (5°58'N-116°05'E), Kuala Lumpur-Malaysia (3°13'N-101°688'E), Kupang (10°12'S-123°35'E), Laoag-Philippines (18°10'N-120°31'E), Nanggroe Aceh Darusalam (5°31'N-95°26'E), Poso (1°24'S-120°47'E), Padang (0°57'S-100°21'E), Palu (0°50'S-119°54'E), Pontianak (0°5'S-109°22'E), Prachuap Khirikhan-Thailand (11°48'N-99°47'E), Samarinda (0°30'S-117°8'E), Sandakan Sabah-Malaysia (5°54'N-118°03'E), Semarang (7°0'S-110°30'E), Sicincin (3°4'S-104°2'E), Sorong (0°50'S-131°15'E), Surabaya (7°13'S-112°43'E), Townsville-Australia (19°15'S-146°49'E), Yap-Micronesia (9°32'N-138°07'E), Yogyakarta (7°48'S-110°21'E), Zamboanga-Philippines (6°54'N-122°4'E).

Metode untuk menganalisa data menggunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF), yang digunakan untuk mengkomposisikan kembali data *time-series* pentad (data lima harian) dalam menggambarkan variabilitas data pentad OLR. Teknik analisa EOF dikenal juga dengan nama *Principal Component Analysis* (PCA) (Preisendofer, 1988). Analisis komponen utama dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan (Johnson R. A and Wichern D.W., 1998).



**Gambar 3.** 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. (Sumber: Sofiati, I., 1998).

EOF merupakan metode untuk mengkomposisikan kembali data observasi, 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. Istilah EOF merujuk pada hasil fungsi dasar secara ortogonal, atau pada kenyataannya hasil fungsi dasar adalah ortogonal atau tidak saling berhubungan satu sama lain, dan

didapatkan dari data secara empirik. Secara sederhana, penjelasan EOF dikerjakan dengan mengambil dua buah grid dari data OLR (Sofiati, I.,1998).

Setiap pentad OLR untuk grid-1 dan grid-2 dapat di plot kedalam bidang dua dimensi (Gambar 2), 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 negative dengan OLR untuk grid-2, dan distribusi data seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. 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:

$$Z = a_{11}.X_1 + a_{12}.X_2 \dots\dots\dots (1)$$

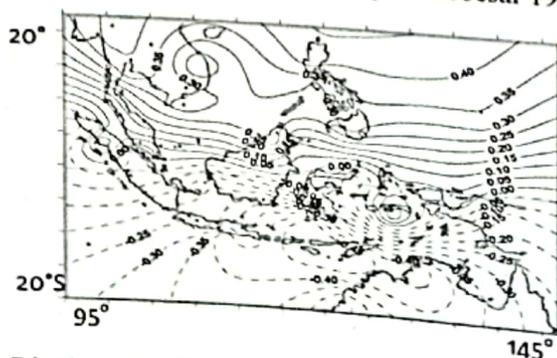
Dengan kondisi bahwa,

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 = 1 \dots\dots\dots (2)$$

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 pada penelitian ini hanya EOF-1.

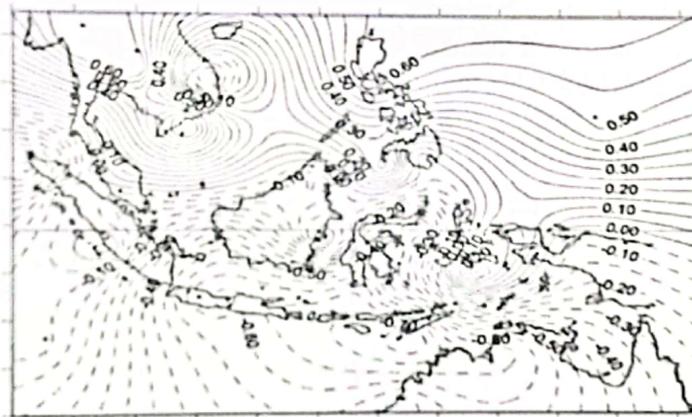
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Merujuk pada hasil makalah sebelumnya (Bayong, 1996), pada penelitian ini dilakukan analisa tidak hanya terhadap curah hujan, tetapi terhadap parameter meteorologi lainnya yaitu tekanan, kelembaban relatif dan suhu. Sebaran pola curah hujan juga disampaikan oleh Aldrian E., 2003, yang menganalisa curah hujan dan hubungannya dengan *Sea Surface Temperature* (SST). Gambar 4 menunjukkan distribusi koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi curah hujan. *Score* pada EOF-1 menunjukkan nilai variabel yang dihasilkan dari proses turunan EOF pada tahap pertama dengan proporsi sebesar 19.8%.



**Gambar 4.** Distribusi koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi curah hujan. Interval kontur adalah 0.05. Garis putus-putus menunjukkan nilai yang kurang dari nol.

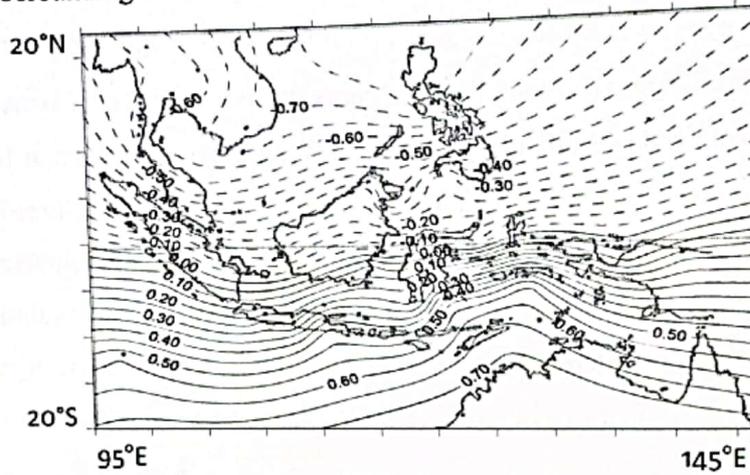
Dari hasil didapat bahwa koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan curah hujan bernilai positif untuk wilayah Indonesia bagian Utara termasuk beberapa daerah di Kepulauan Nusa Tenggara Timur (NTT) sebagian kecil wilayah Sumatera Utara, wilayah negara Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, dan Philippines. Sebaliknya koefisien korelasi bernilai negatif di wilayah Indonesia bagian Selatan termasuk wilayah negara Micronesia, Cocos Island, dan Australia. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pola curah hujan yang terjadi di wilayah Utara dan Selatan Indonesia adalah berlawanan. Dari analisa data observasi curah hujan didapat bahwa di daerah Utara Indonesia (disebut Tipe C sesuai dengan pernyataan Bayong 1996) mempunyai puncak curah hujan rata-rata pada bulan Juni-Juli-Agustus. Sebaliknya wilayah Selatan Indonesia (disebut Tipe A), mempunyai puncak curah hujan rata-rata pada bulan Desember-Januari-Februari. Pada daerah di sekitar ekuator (disebut 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. Dengan demikian hasil analisa pada penelitian ini sesuai dengan pernyataan peneliti sebelumnya.



**Gambar 5.** Sama seperti Gambar 4, tetapi untuk kelembaban relatif.

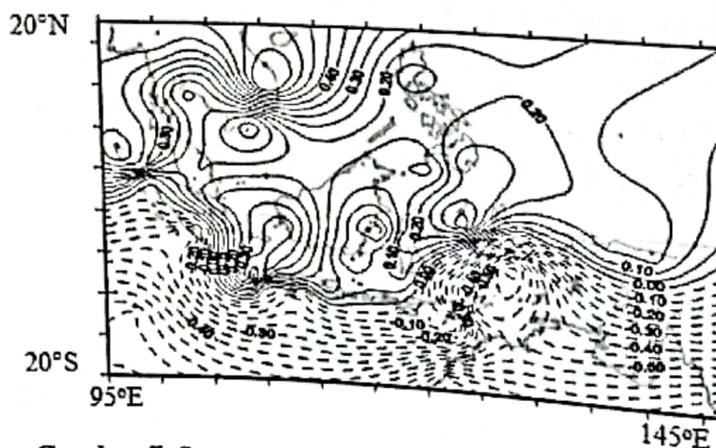
Gambar 5 menunjukkan distribusi koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi kelembaban relatif. Distribusi yang hampir sama dengan curah hujan dimana dari hasil didapat bahwa koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan kelembaban relatif bernilai positif untuk wilayah Indonesia bagian Utara termasuk beberapa daerah di Kepulauan Nusa Tenggara Timur (NTT) sebagian kecil wilayah Sumatera Utara, wilayah negara Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, dan Philippines. Sebaliknya koefisien korelasi bernilai negatif di wilayah Indonesia bagian Selatan termasuk wilayah negara Micronesia, Cocos Island, dan Australia. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pola kelembaban relatif yang terjadi di wilayah Utara dan Selatan Indonesia adalah berlawanan.

Selanjutnya menganalisa koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi tekanan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil didapat bahwa distribusi koefisien korelasi di wilayah Indonesia Utara dan Selatan berlawanan, artinya pada saat terjadinya nilai tekanan minimum di wilayah Utara Indonesia bersamaan dengan terjadinya nilai tekanan maksimum di wilayah Selatan Indonesia. Pola tekanan tahunan di wilayah Utara dan Selatan Indonesia berbanding terbalik.



Gambar 6. Sama seperti Gambar 4, tetapi untuk tekanan.

Hasil lain dari analisa untuk *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi suhu seperti yang terlihat pada Gambar 7. Dari hasil dapat dilihat bahwa distribusi koefisien korelasi *score* EOF-1 dengan parameter meteorologi suhu bernilai positif di wilayah Utara Indonesia termasuk seluruh wilayah Sumatera kecuali daerah Sumatera Barat, seluruh wilayah Kalimantan, Jawa, Bali, Sumbawa, Sumba, sebagian kecil wilayah Utara Papua, wilayah negara Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, dan Philippines.



Gambar 7. Sama seperti Gambar 4, tetapi untuk suhu.

Distribusi yang hampir sama dengan curah hujan dimana dari hasil didapat bahwa koefisien korelasi untuk *score* EOF-1 dengan suhu bernilai negatif di wilayah Indonesia bagian Selatan termasuk wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) dan sebagian besar wilayah selatan Papua, wilayah negara Micronesia, Cocos Island, dan Australia. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pola suhu yang terjadi di wilayah Utara dan Selatan Indonesia adalah berlawanan seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Analisa dengan menggunakan metode EOF sangat efektif untuk menggambarkan distribusi spasial parameter meteorologi seperti curah hujan, tekanan, kelembaban relatif, dan suhu. Dari hasil dapat dilihat bahwa pola keempat parameter meteorologi tersebut secara global mengikuti pola curah hujan yang telah diteliti sebelumnya. Sebelah Utara Indonesia kondisi parameter meteorologi banyak dipengaruhi oleh daerah monsoon SEAM dan WNPM, sedangkan sebelah Selatan Indonesia banyak dipengaruhi oleh daerah monsoon NAIM. Hal ini terjadi karena pola parameter meteorologi di daerah tersebut sama (Yasunari 1988), misalnya musim hujan terjadi pada bulan Desember-Januari-Februari, dan musim kemarau terjadi pada bulan Juni-Juli-Agustus. Untuk daerah diantara ketiga daerah monsoon atau yang sebelumnya disebut daerah curah hujan Tipe B, kondisi parameter meteorologi tidak mengikuti pola dua daerah sebelumnya. Hal ini lebih disebabkan oleh adanya dua kali lintasan matahari melalui garis ekuator (Mitchell, T.P. and Wallace, J.M., 1992).

## 5. KESIMPULAN

Metode EOF sangat efektif untuk menggambarkan distribusi spasial parameter meteorologi seperti curah hujan, tekanan, kelembaban relatif, dan suhu. Dari hasil dapat dilihat bahwa pola keempat parameter meteorologi tersebut secara global mengikuti distribusi pola curah hujan yang telah diteliti sebelumnya. Dengan menganalisa kesamaan karakteristik untuk setiap parameter meteorologi, disebelah Utara Indonesia kondisi parameter meteorologi banyak dipengaruhi oleh daerah monsoon SEAM dan WNPM, sedangkan sebelah Selatan Indonesia banyak dipengaruhi oleh daerah monsoon NAIM.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian E., and Susanto, R. D., 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, 2003.
- Bayong, T.H.K. and L.D. Zadrach., 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, 1996.
-

- Hamada, J.I., M.D. Yamanaka, J. Matsumoto, S. Fukao, P.A. Winarso, and T. Sribimawati., Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO, *J. Meteor. Soc. Japan*, 80, 285-310, 2002.
- Johnson, Richard A & Wichern, Dean W., *Applied Multivariate Statistical Analysis* (New Jersey: Prentice-Hall International Inc), 1998.
- Mitchell, T.P. and J.M. Wallace., Annual cycle in equatorial convection and sea surface temperature. *J. Climate*, 5, 1140-1156, 1992.
- Murakami, T., and B. Wang., Annual variations of the equatorial east-west circulation over the Indian and Pacific Oceans. *J. Climate*, 6, 932-952, 1993.
- Murakami, T, and J. Matsumoto., Summer monsoon over the Asian continent and western north Pacific. *Journal Meteorology Society Japan*, 72, 719-745, 1994.
- Preisendorfer, R.W., *Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*. Elsevier, 425 pp, 1988.
- Sofiati, I., Tanaka H., Nagao, I., 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, 1998.
- Wolter, K. and S. Hastenrath., Annual cycle and long term trends of circulation and climate variability over the tropical oceans. *J. Climate*, 2, 1329-1351, 1989.
- Yasunari, T., Temporal and Spatial Variations of Monthly Rainfall in Java- Indonesia, *Southeast Asian Studies*, 19, 170-180, 1981.
- Yasunari, T. and R. Suppiah., Some Problem on the Inter-annual Variability of Indonesian monsoon rainfall. *Tropical Rainfall Measurements*, A. Deepak Publishing, p.113-121, 1988.