

MODEL PREDIKSI CURAH HUJAN DI WILAYAH INDONESIA DARI DATA SATELIT TRMM BERDASARKAN ANOMALI SUHU PERMUKAAN LAUT PASIFIK TROPIK

Parwati, Any Zubaidah, dan Orbita Roswintarti
Kedepatian Penginderaan Jauh
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Email: parwati_s@yahoo.com

Abstract

In this study, ENSO-related rainfall prediction model has been conducted using the tropical Pacific sea surface temperature (SST) using National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) data, and the rainfall over Indonesia region from Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) data. The ENSO-related climate prediction model was built from monthly data of SST anomaly and TRMM rainfall anomaly from period of 1998 to 2008 using Canonical Correlation Analysis (CCA) and Empirical Orthogonal Function (EOF) methods. The model output is the rainfall prediction in Indonesia with time lag of 1 to 5 months in year 2009. In order to investigate the skills of the predicted rainfall from TRMM in Indonesia, we also done the correlation analysis between the predicted rainfall and the observed rainfall from TRMM data during 2009. The result of the CCA shows that the SST anomaly over Pacific Tropic in July had a strong correlation ($r > 0.8$) with the TRMM anomaly over the Indonesia region. It has caused the high accuracy with $r > 0.8$ of TRMM prediction during June-July-August (JJA) season. Meanwhile in April not all of the TRMM anomaly in Indonesia region well correlated to the SST anomaly over Pacific Tropic. The weak correlation ($r < 0.5$) occurred in South Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Java, West Nusa Tenggara, and East Nusa Tenggara Islands. It may cause the lower accuracy with $r < 0.6$ of TRMM prediction during the March-April-May (MAM) season. The high predictability in the JJA season is at least partially due to the strongest El Niño signal during its mature phase. Meanwhile, the poor predictive skill in the MAM season may be from the weakest condition of the Southern Oscillation and from the so-called spring barrier in our predictive capabilities.

Key word: Pacific Tropic SST, TRMM, rainfall prediction, ENSO, CCA, EOF

Abstrak

Penelitian mengenai model prediksi iklim yang berkaitan dengan fenomena ENSO di wilayah Indonesia telah dilakukan berdasarkan suhu permukaan laut (SST) Pasifik Tropik dari satelit NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dan curah hujan di wilayah Indonesia dari data TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission). Model prediksi ini dibangun dari data bulanan tahun 1998 hingga 2008 menggunakan analisis CCA (Canonical Correlation Analysis) dan EOF (Empirical Orthogonal Function). Model ini digunakan untuk memprediksi curah hujan tahun 2009 dengan waktu tunda 1-5 bulan. Analisis korelasi juga dilakukan antara TRMM prediksi dengan TRMM hasil observasi selama tahun 2009 untuk mengetahui tingkat akurasi prediksi TRMM. Hasil analisis CCA menunjukkan bahwa anomali SST Pasifik Tropik pada bulan Juli mempunyai korelasi yang tinggi ($r > 0.8$) dengan anomali curah hujan dari TRMM di wilayah Indonesia. Hal tersebut menyebabkan tingginya akurasi ($r > 0.8$) hasil prediksi TRMM pada periode Juni-Juli-Agustus (JJA). Sementara itu, pada bulan April hanya sebagian wilayah Indonesia yang berkorelasi baik dengan anomali SST Pasifik Tropik. Korelasi yang rendah ($r < 0.5$) terjadi di Sumatera Selatan, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, NTB dan NTT. Hal ini menyebabkan rendahnya akurasi hasil prediksi TRMM di Indonesia pada periode Maret-April-Mei (MAM). Tingginya akurasi prediksi curah hujan (TRMM) pada musim JJA dipengaruhi oleh kuatnya intensitas El Niño yang dalam fase pematangan (mature phase), sedangkan rendahnya prediksi TRMM pada musim MAM disebabkan oleh melemahnya ENSO sehingga sulit untuk memprediksi curah hujan pada musim ini (spring barrier)

Kata Kunci: SST Pasifik Tropik, TRMM, prediksi curah hujan, ENSO, CCA, EOF

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu komponen iklim yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Secara global, kondisi curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh fenomena Monsun Asia-Australia, ENSO (*El Niño and The Southern Oscillation*) di Samudera Pasifik bagian Timur, dan *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) di Samudera Hindia. Fenomena ENSO dapat diidentifikasi melalui adanya penyimpangan suhu permukaan laut Pasifik Tropik (Nichol 1997, 1998; Page *et al* 2002). ENSO terdiri atas komponen El Nino dan Osilasi Selatan. Kondisi El Nino berkaitan erat dengan menghangatnya suhu permukaan laut di Pasifik Tropik bagian timur, sebaliknya pada kondisi La Nina suhu permukaan laut di Pasifik Tropik bagian timur mendingin. Sedangkan Osilasi Selatan menggambarkan kondisi perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti, dimana pada kondisi El Nino tekanan udara di Tahiti lebih rendah daripada di Darwin, dan sebaliknya yang terjadi pada kondisi La Nina.

Studi variabilitas curah hujan di wilayah Indonesia dan Malaysia berdasarkan fenomena ENSO dari data penginderaan jauh telah dilakukan oleh Nicholls 1981; Haylock and McBride 2001; Tangang 2001; Hendon 2003; Aldrian and Susanto 2003; Chang *et al.* 2003; Juneng and Tangang 2005, dan. Umumnya, kondisi curah hujan yang rendah di wilayah Indonesia dan sekitarnya berkaitan dengan fenomena El Nino. Sebaliknya kondisi curah hujan tinggi di wilayah Indonesia dan sekitarnya berkaitan dengan fenomena La Nina. Berdasarkan adanya hubungan antara suhu permukaan laut di Pasifik Tropik dan curah hujan di wilayah Tropik, maka dilakukan pemodelan untuk prediksi curah hujan di wilayah Tropik, terutama di wilayah Indonesia (Roswintiarti, 1997; Juneng and Tangang, 2005; Parwati *et al* 2008).

Pemodelan untuk prediksi curah hujan dengan waktu tunda 5 bulan ke depan berdasarkan data satelit telah dibangun oleh LAPAN sejak tahun 1997. Model prediksi yang digunakan adalah model korelasi statistik spasial yaitu CCA (Cannonical Corellation Analysis) dan EOF (Emphirical Orthogonal Function). Parameter yang digunakan adalah suhu permukaan laut Pasifik Tropik dan data OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) di wilayah Tropik dari satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Model prediksi ini dibangun berdasarkan data bulanan selama 22 tahun (1982 – 2003), dengan suhu permukaan laut sebagai input data, dan prediksi OLR sebagai outputnya. Data OLR dikonversi menjadi data curah hujan berdasarkan Data *Global Precipitation Climatological Project* (GPCP) dengan resolusi spasial $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ dari USA *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) untuk seluruh wilayah Indonesia. Hasil prediksi curah hujan dari data OLR mempunyai tingkat akurasi yang bervariasi antara 50 – 80% (Parwati *et al*, 2008). Korelasi yang baik diperoleh pada musim kemarau sekitar Juni-Juli-Agustus (JJA), sedangkan korelasi yang rendah diperoleh pada musim hujan sekitar Desember-Januari-Februari (DJF). Namun, kelemahan prediksi curah hujan dari data OLR terletak pada resolusi spasialnya yang rendah yaitu 2.5° atau sekitar 277 km^2 , sehingga kurang sesuai untuk menggambarkan kondisi curah hujan wilayah lokal.

Selain data OLR yang mempunyai data historis cukup panjang, terdapat data satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) mulai dari Januari 1998 hingga sekarang. Satelit TRMM merupakan misi kerjasama antara NASA dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) dalam memantau dan mempelajari curah hujan di wilayah tropik. Data TRMM mempunyai keunggulan, antara lain tersedia secara near real-time setiap tiga jam sekali, konsisten, daerah cakupan yang luas yaitu wilayah tropik, resolusi spasial yang cukup tinggi ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$), dan dapat diakses secara gratis. Berbagai penelitian, validasi, serta aplikasi data TRMM telah banyak dilakukan (Meneghini *et al.*

2004, Mori et al. 2004, Wolff et al. 2005, Ichikawa and Yasunari 2006, Shige *et al.* 2007). Roswintiarti *et al* 2008 menunjukkan bahwa ada korelasi yang cukup tinggi antara data curah hujan TRMM dengan data curah hujan dari stasiun pengamatan di wilayah Indramayu (Jawa Barat) dan Palangkaraya (Kalimantan Tengah). Oleh karenanya perlu dikembangkan model prediksi curah hujan bulanan di Indonesia dari data TRMM untuk membantu pengguna dalam memperoleh informasi prediksi curah hujan yang wilayahnya lebih lokal.

Penelitian ini ditujukan untuk memahami hubungan antara ENSO dan anomali curah hujan di Indonesia, membangun model prediksi curah hujan di Indonesia berdasarkan data anomali TRMM Indonesia dan anomali suhu permukaan laut Pasifik Tropik, serta menganalisis akurasi hasil prediksi TRMM di wilayah Indonesia.

2. DATA DAN METODE

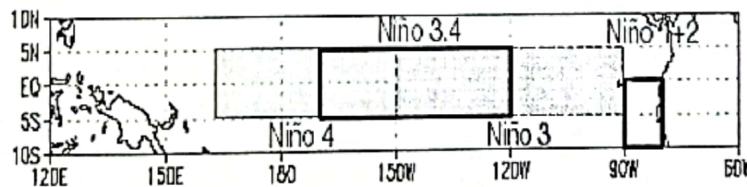
2.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data anomali SST Pasifik Tropik dan data TRMM wilayah Indonesia periode tahun 1998 – 2008. Keterangan data SST dan TRMM yang digunakan secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Data TRMM dan SST Pasifik Tropik yang digunakan

Jenis Data	SST Pasifik Tropik	TRMM Indonesia
Cakupan wilayah	89.5°S – 89.5°N; 0.5°E - 359.5°W (180 x 360)	91.125°E – 154.125°E; 13.875°S – 9.125°N (64 x 24)
Resolusi Spasial	1° x 1°	1° x 1°
Resolusi Temporal	Jan 1998 – Dec 2008 (132 bulan)	Jan 1998 – Dec 2008 (132 bulan)
Sumber	Optimum Interpolation SST (NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA)	TRMM (NASA)

Wilayah analisis SST Pasifik Tropik mencakup 4 wilayah Nino, yaitu: Niño-1+2 (0°-10°S, 90°-80°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°-90°W), Niño-3.4 (5°N-5°S, 170°-120°W), dan Niño-4 (5°N-5°S, 160°E-150°W). Umumnya kondisi ENSO yang berpengaruh terhadap iklim di Indonesia adalah di wilayah Niño-3.4. Pembagian wilayah Niño dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pembagian wilayah Nino di Samudera Pasifik Tropik (Sumber: Climate Prediction Center /NCEP).

2.2. Model prediksi TRMM Indonesia dari data SST Pasifik Tropik

Metode statistik yang digunakan dalam penelitian adalah metode EOF (*Empirical Orthogonal Function*) dan CCA (*Canonical Correlation Analysis*). Metode EOF digunakan untuk mengetahui kejadian El Nino/La Nina secara spasial dan temporal dengan menggunakan anomali SST dan anomali TRMM yang dihitung berdasarkan selisih antara nilai SST atau TRMM observasi dengan rata-rata klimatologinya. Roswintiarti (1997) dalam penelitiannya mengemukakan bentuk persamaan umum dari metode EOF sebagai berikut:

$$(R - \lambda I) E = 0 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$C = E^T F \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

R= matriks covariant anomali TRMM atau SST; E= eigenvector; λ = eigenvalue; I = matriks invers dari R; C = komponen utama; E^T = matriks transfer dari E; F = matriks anomali TRMM yang terdiri dari MxN elemen; M = nilai observasi dan N = waktu.

Metode CCA digunakan untuk menganalisis korelasi spasial antara anomali TRMM Indonesia dan anomali SST Pasifik Tropik yang hasilnya digunakan untuk memprediksi anomali TRMM. Setiap bulannya, data suhu permukaan laut Pasifik Tropik yang menjadi input model prediksi TRMM ini terbaharui melalui *website* NASA ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/noaa.oisst.v2/oisst201001120100_sst.mnmean.nc. Adapun persamaan untuk memprediksi anomali TRMM dari anomali SST adalah (Roswintiarti,1997):

$$\hat{T}(x', t) = \left[\sum_{j=1}^q \mu_j u(t) h_j(x') \right] \left[1/q - 1 \sum_{x'=1}^q T(x', t)^2 \right]^{0.5} + C \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

$\hat{T}(x', t)$ = anomali TRMM Indonesia yang diprediksi

$T(x', t)$ = anomali SST Pasifik Tropik

μ_j = korelasi kanonik antara anomali SST Pasifik Tropik dengan anomali TRMM Indonesia

$u(t)$ = fungsi temporal kanonikal anomali SST Pasifik Tropik

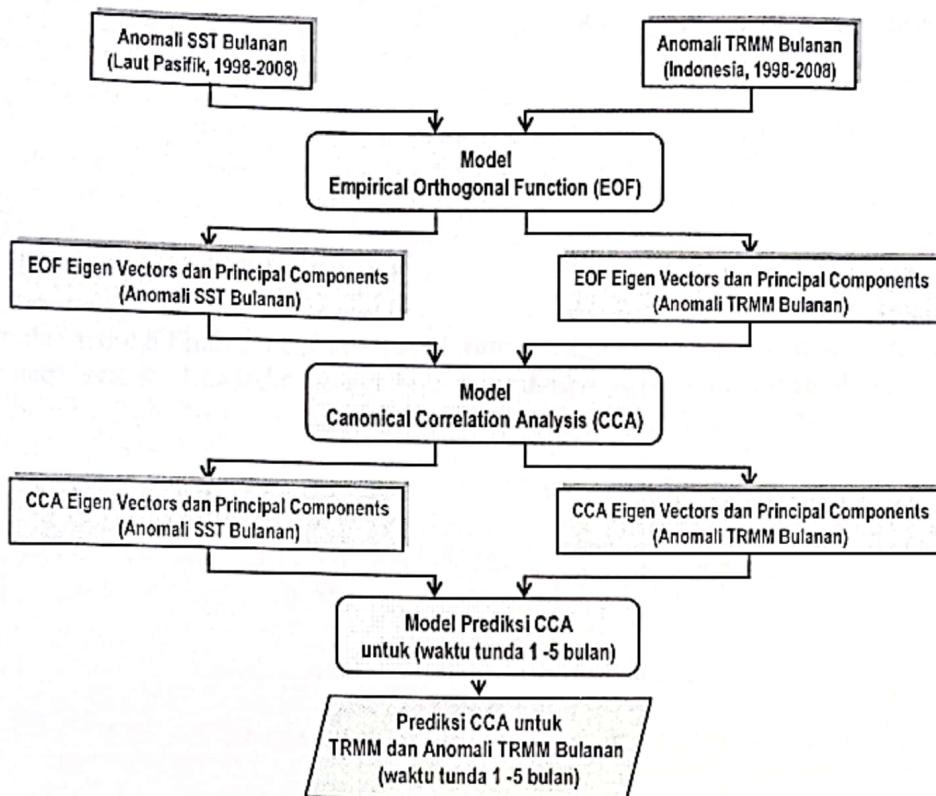
$h_j(x')$ = eigenvektor dari anomali TRMM Indonesia

q = jumlah mode dari anomali TRRR Indonesia

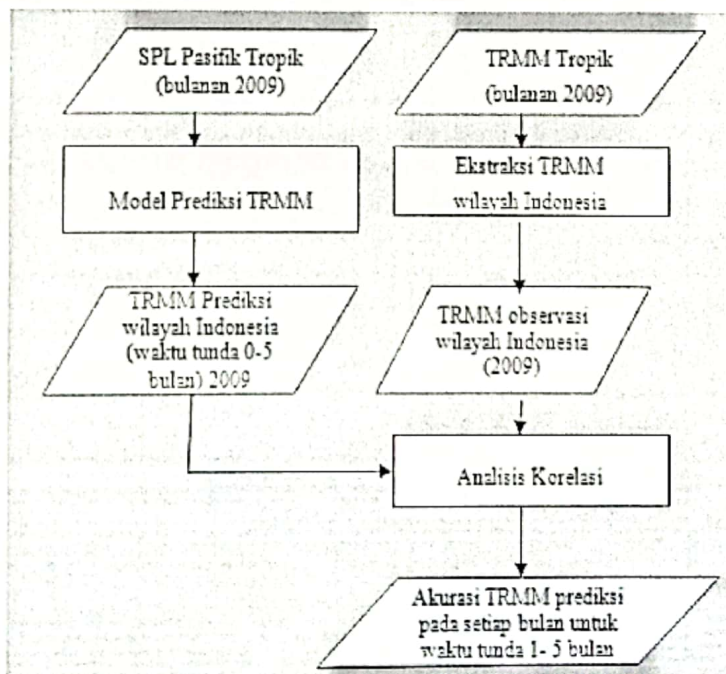
q'' = dipilih 1 atau 2

C = faktor koreksi.

Untuk mengetahui tingkat akurasi prediksi TRMM, maka pada penelitian ini juga dilakukan analisis korelasi linier antara data TRMM hasil prediksi dengan TRMM observasi selama tahun 2009 untuk waktu tunda 1-5 bulan. Diagram alir pengolahan dan analisis data dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3 berikut ini.



Gambar 2.2. Diagram Alir Pengolahan Data untuk Membangun Model Prediksi TRMM dengan metode EOF dan CCA.

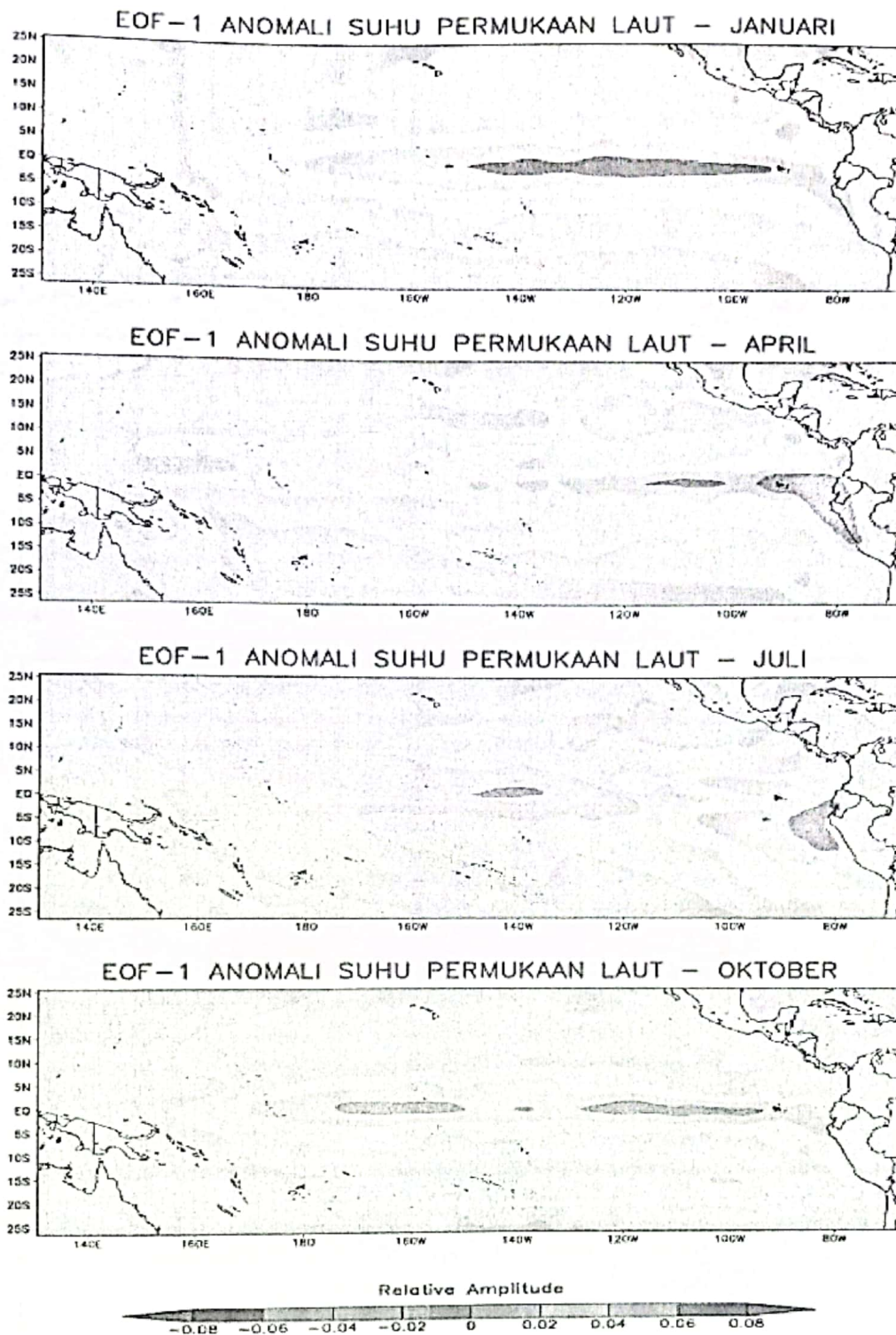


Gambar 2.3. Diagram Alir Pengolahan Data untuk Membangun Model Prediksi TRMM dengan metode EOF dan CCA.

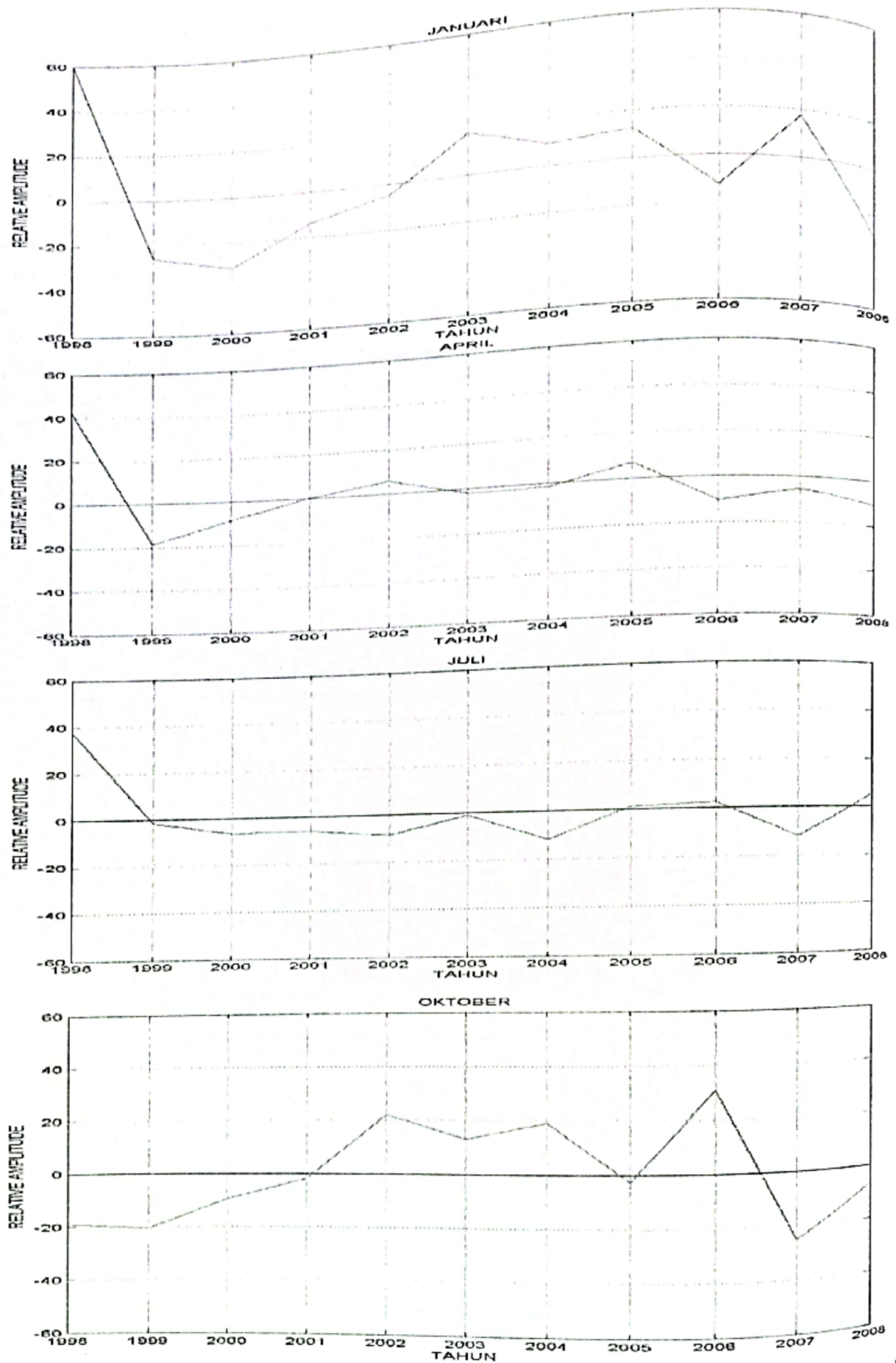
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil analisis EOF antara anomali curah hujan (TRMM) Indonesia dan anomali SST Pasifik Tropik.

Analisis EOF pada penelitian ini digunakan untuk memilih data anomali curah hujan TRMM di Indonesia dan anomali SST Pasifik Tropik secara spasial dan temporal pada kondisi El Nino. Analisis ini dilakukan untuk setiap bulan dari Januari – Desember periode tahun 1998-2008. Sebagai contoh, pada Gambar 3.1 dan 3.2 dapat dilihat hasil analisis EOF terhadap anomali SST Pasifik Tropik secara spasial dan temporal masing-masing pada bulan Januari, sedangkan untuk bulan April, Juli, dan Oktober selama tahun 1998 – 2008 dapat dilihat pada Lampiran 1. Pada Gambar 3.1 secara spasial dapat dijelaskan bahwa anomali SST Pasifik Tropik tampak kuat terjadi dari wilayah Niño 3 (5°N - 5°S , 150° - 90°W) hingga ke wilayah Niño-3.4 (5°N - 5°S , 170° - 120°W) pada bulan Oktober, kemudian kekuatan intensitas ENSO mulai merapat ke wilayah barat pada bulan Januari, April, hingga di wilayah Nino 1+2 pada bulan Juli. Analisis spasial ini kemudian diintegrasikan dengan analisis temporal pada bulan-bulan yang sama periode tahun 1998 – 2008, sehingga dapat diketahui waktu (bulan dan tahun) yang berpotensi menjadi ENSO (Gambar 3.2).



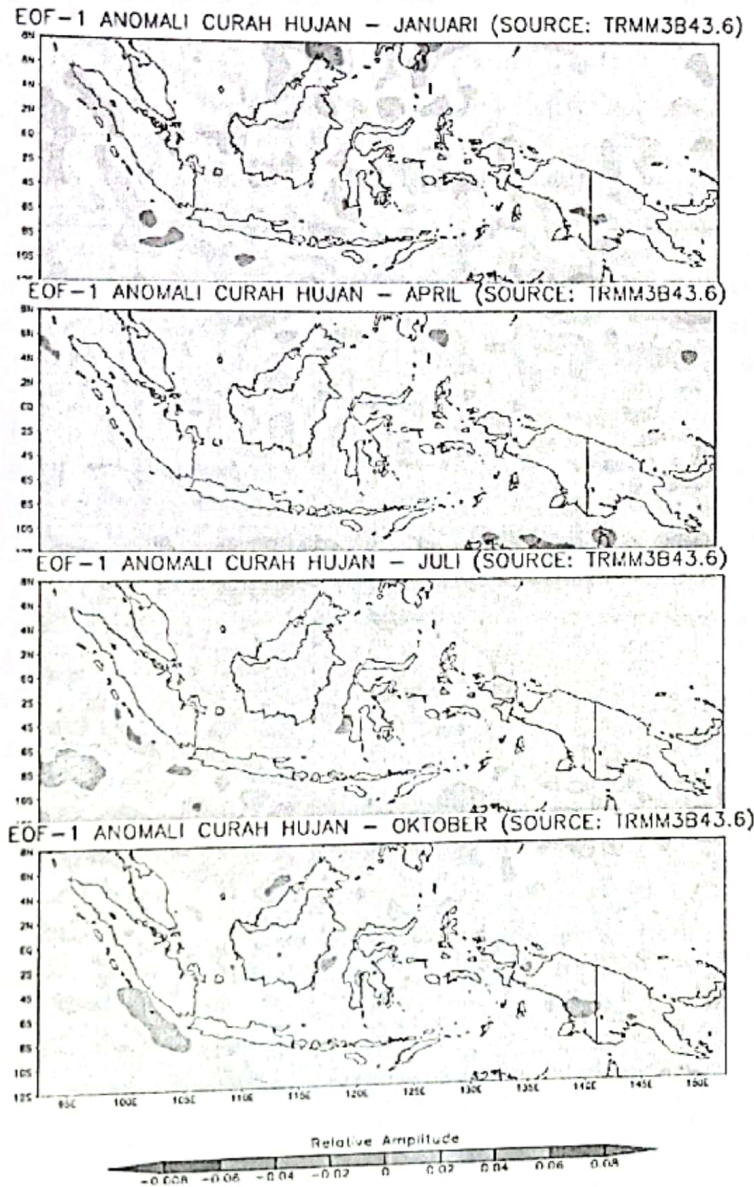
Gambar 3.1. Hasil Analisis EOF terhadap anomali SST Pasifik Tropik secara spasial pada bulan Januari, April, Juli, dan Oktober (1998 – 2008).



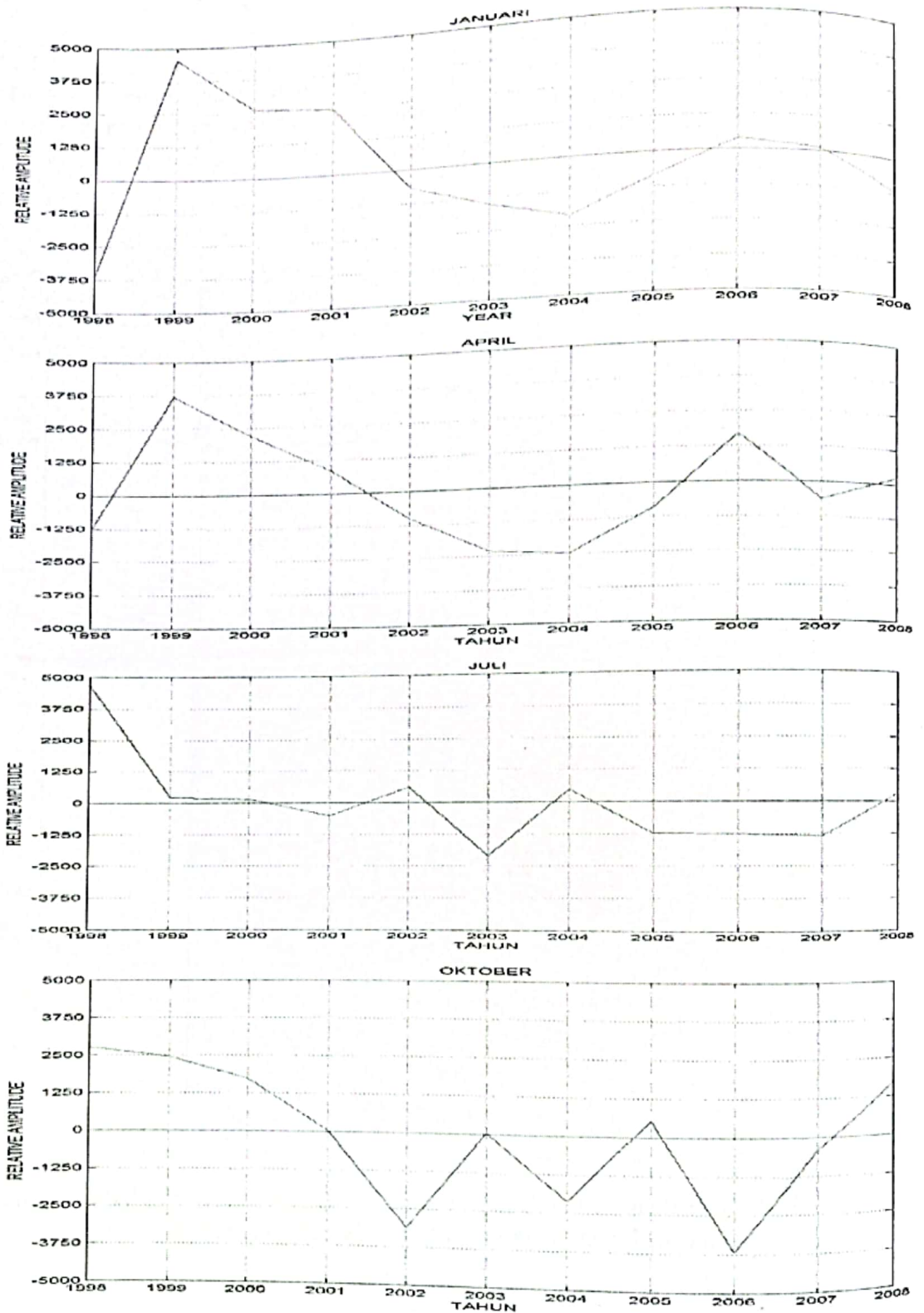
Gambar 3.2. Hasil Analisis EOF terhadap anomali SST Pasifik Tropik secara temporal (1998 – 2008) pada bulan Januari, Juli, dan Oktober.

Sementara itu, contoh hasil analisis EOF terhadap anomali curah hujan TRMM di Indonesia pada bulan Januari, April, Juli, dan Oktober secara spasial (dari barat hingga timur, serta dari utara hingga selatan) dan temporalnya dari tahun 1998 – 2008 dapat

dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4. Secara spasial, umumnya pada bulan Juli dan Oktober sebagian wilayah Indonesia mempunyai anomali curah hujan yang cukup kuat (direpresentasikan oleh warna jingga hingga merah), sedangkan pada bulan Januari dan Juli relatif lebih rendah anomali curah hujannya.



Gambar 3.3. Hasil Analisis EOF terhadap anomali curah hujan TRMM di Indonesia secara spasial pada bulan Januari, April, Juli, dan Oktober (1998 – 2008).



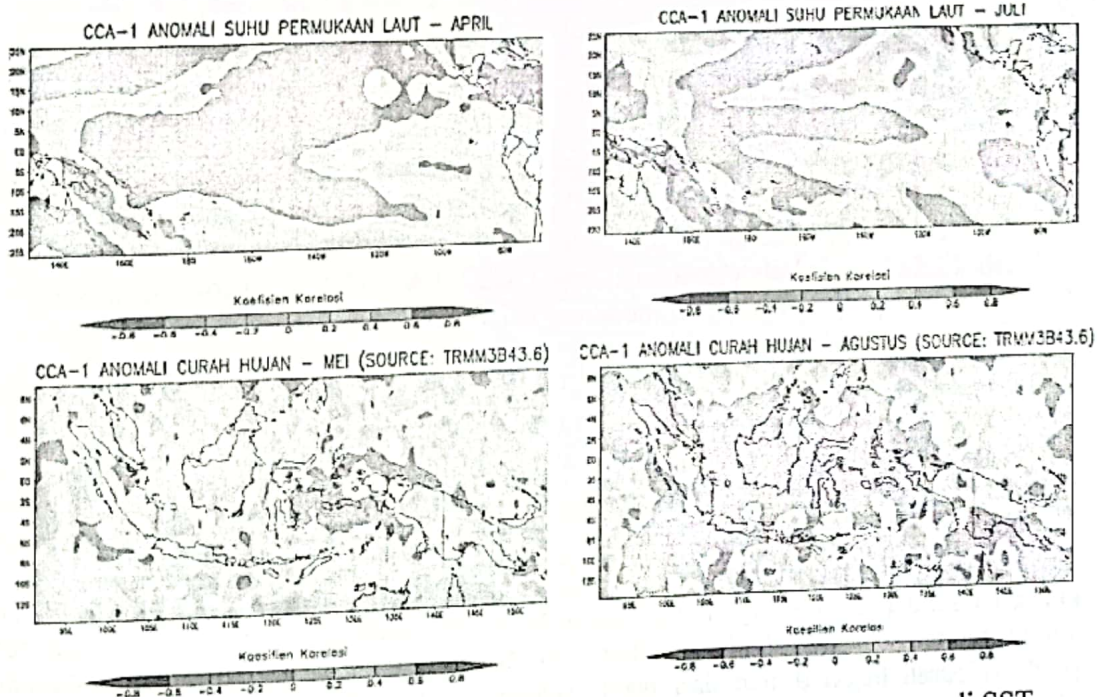
Gambar 3.4. Hasil Analisis EOF terhadap anomali curah hujan TRMM di Indonesia secara temporal pada bulan Januari, April, Juli, dan Oktober (1998 – 2008).

3.2. Hasil analisis CCA antara anomali curah hujan (TRMM) Indonesia dan anomali SST Pasifik Tropik.

Hasil analisis EOF selanjutnya digunakan sebagai input untuk melakukan analisis korelasi dengan metode CCA antara anomali curah hujan Indonesia terhadap anomali SST Pasifik Tropik. Analisis ini juga dilakukan setiap bulan (Januari – Desember) periode tahun 1998 -2008. Sebagai contoh pada tulisan ini ditampilkan hasil CCA dari anomali SST Pasifik Tropik bulan April dan anomali curah hujan Indonesia bulan Mei (Gambar 3.5) untuk merepresentasikan periode MAM, serta hasil CCA dari anomali SST Pasifik Tropik bulan Juli dan anomali curah hujan Indonesia bulan Agustus untuk merepresentasikan periode JJA (Gambar 3.6). Sedangkan hasil analisis CCA untuk periode SON dan DJF dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8.

Hasil korelasi yang cukup tinggi antara anomali SST Pasifik Tropik dan anomali curah hujan TRMM Indonesia ditandai dengan warna merah. Pada Gambar 3.5, kondisi anomali SST Pasifik Tropik bulan April yang mempunyai nilai korelasi tinggi ($r = 0.8$) lebih dominan berada di wilayah Niño-4 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$, $160^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{W}$), sementara di lokasi Niño-3.4 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$, $170^{\circ}-120^{\circ}\text{W}$) korelasinya lemah ($r < 0.6$). Hal ini menyebabkan rendahnya korelasi anomali curah hujan Indonesia pada bulan Mei. Pada Gambar 3.5 dapat dilihat bahwa wilayah yang mempunyai korelasi tinggi untuk anomali curah hujan Indonesia pada bulan Mei hanya terdapat di wilayah Maluku dan sebagian Papua.

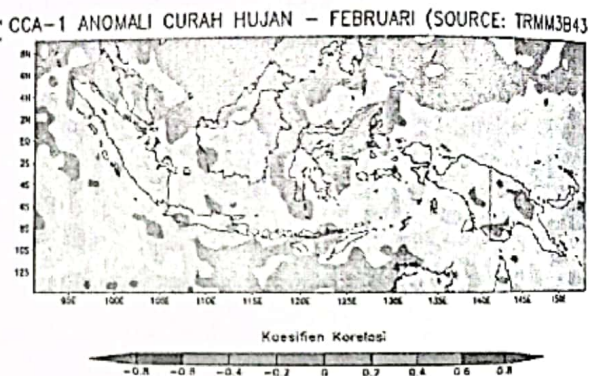
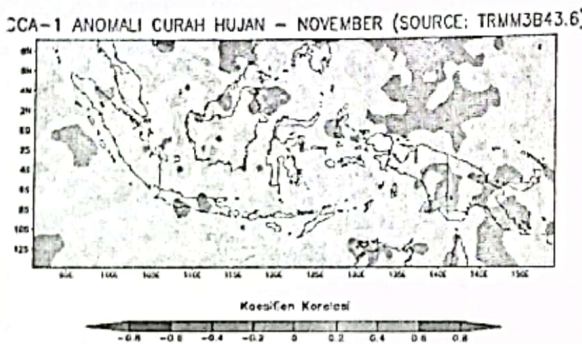
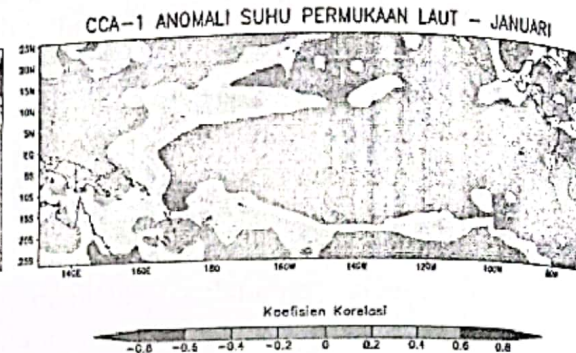
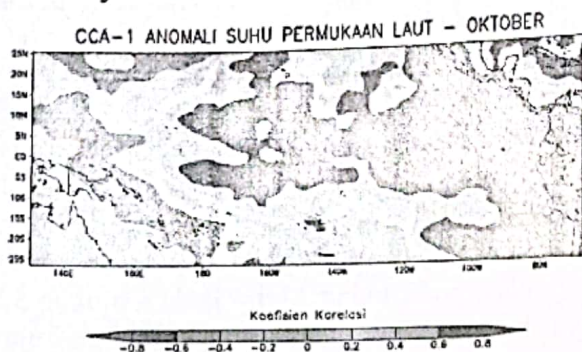
Pada Gambar 3.6, kondisi anomali SST Pasifik Tropik bulan Juli yang mempunyai nilai korelasi tinggi ($r = 0.8$) berada di lokasi Niño-3.4 ($5^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}$, $170^{\circ}-120^{\circ}\text{W}$). Hal ini menyebabkan tingginya korelasi anomali curah hujan Indonesia pada bulan Agustus. Pada Gambar 3.6 dapat dilihat bahwa wilayah yang mempunyai korelasi tinggi untuk anomali curah hujan Indonesia pada bulan Agustus hampir berada di seluruh wilayah Indonesia.



Gambar 3.5. CCA antara anomali SST Pasifik bulan Januari dan anomali curah hujan Indonesia bulan Februari.

Gambar 3.6. CCA antara anomali SST Pasifik bulan Juli dan anomali curah hujan Indonesia bulan Agustus

Pada periode SON, kondisi anomali SST Pasifik Tropik bulan Oktober yang mempunyai nilai korelasi tinggi ($r = 0.8$) berada di wilayah Niño-3.4 (5°N - 5°S , 170° - 120°W), namun korelasi anomali curah hujan Indonesia pada bulan November bervariasi dari rendah hingga tinggi (Gambar 3.7). Sementara itu, pada Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa sinyal El Nino di wilayah Niño 3.4 kuat pada bulan Januari, namun curah hujan di wilayah Indonesia yang berkorelasi kuat pada bulan Februari terdapat di wilayah utara Indonesia dan selatan Indonesia. Bervariasinya korelasi curah hujan pada periode DJF, kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh monsun serta suhu permukaan laut lokal di wilayah Indonesia.



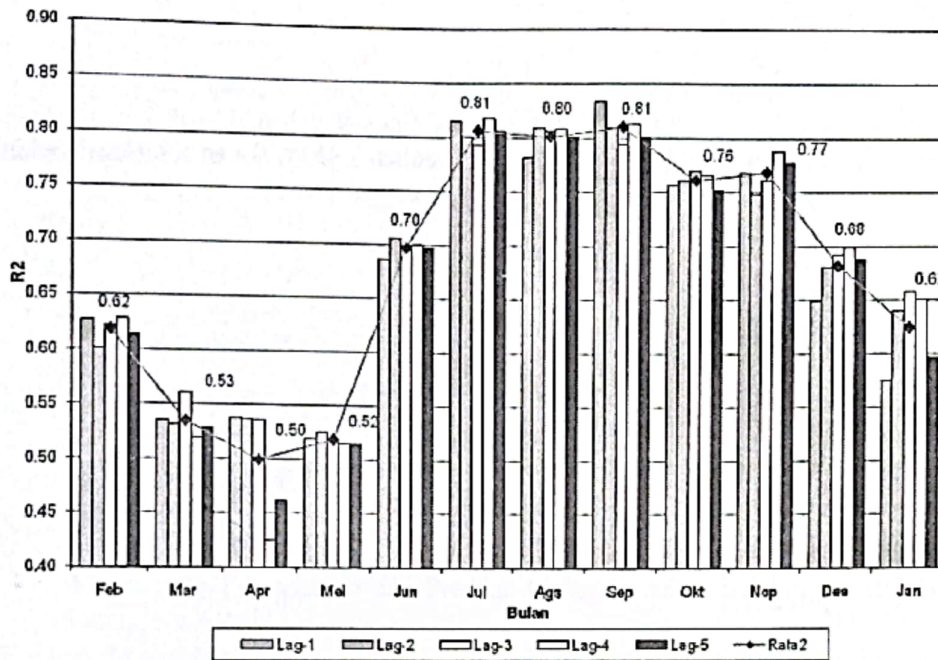
Gambar 3.7. CCA antara anomali SST Pasifik bulan Oktober dan anomali curah hujan Indonesia bulan November.

Gambar 3.8. CCA antara anomali SST Pasifik bulan Januari dan anomali curah hujan Indonesia bulan Februari.

3.3. Hasil analisis korelasi antara curah hujan prediksi dengan observasi dari data TRMM di Indonesia

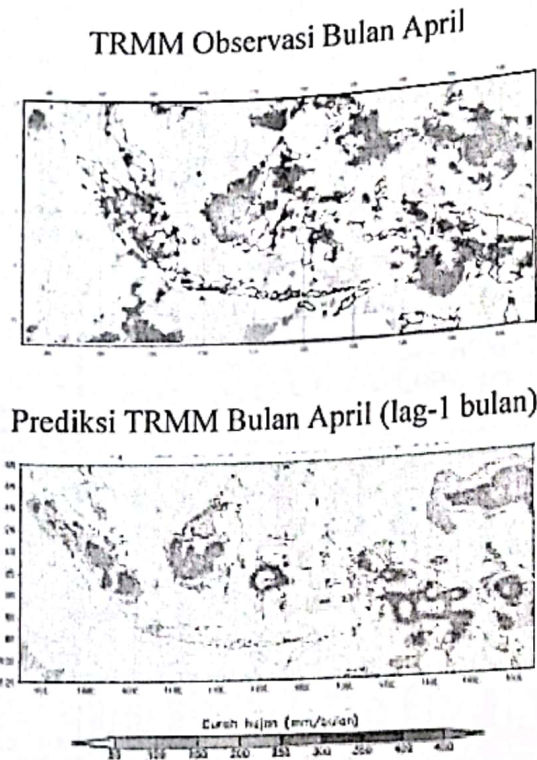
Berdasarkan hasil analisis korelasi antara curah hujan prediksi dan curah hujan observasi dari data TRMM di wilayah Indonesia periode tahun 2009 secara bulanan (Januari – Desember) dapat diketahui bahwa tingkat akurasi curah hujan prediksi yang direpresentasikan dari nilai koefisien determinasi (R^2) mencapai nilai tertinggi pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) dengan nilai rata-rata per-waktu tundanya sekitar 0.80, sedangkan akurasi terendah terjadi pada bulan Maret-April-Mei (MAM) dengan nilai rata-rata per-waktu tundanya sekitar 0.50 (Gambar 3.9). Selain itu dapat diketahui bahwa akurasi prediksi curah hujan dilihat dari waktu tundanya relatif tidak semakin rendah dengan semakin panjangnya waktu tunda yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa umumnya model prediksi TRMM dapat memberikan hasil yang cukup baik untuk prediksi iklim jangka panjang (5 bulan ke depan). Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Haylock and McBride (2001), serta Juneng and Tangang (2005), dan Parwati et al (2008) yang menyatakan bahwa curah hujan di wilayah Indonesia secara

spasial berkorelasi kuat dengan kejadian ENSO yang berlangsung pada musim kering (JJA) dan peralihan musim kering ke hujan (SON), sedangkan kondisi curah hujan di Indonesia pada musim hujan (DJF) serta peralihan musim hujan ke musim kemarau (MAM) tidak mempunyai korelasi yang signifikan terhadap kejadian ENSO. Sehingga pada periode MAM sulit untuk mendapatkan akurasi prediksi curah hujan yang baik.

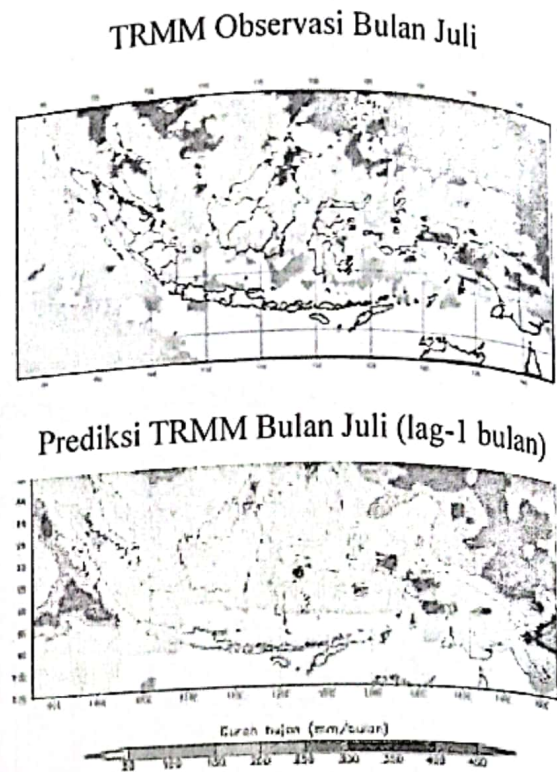


Gambar 3.9. Koefisien determinasi (R^2) antara OLR observasi dan OLR prediksi per-waktu tunda (0-5 bulan) periode 2004-2007.

Secara spasial hasil prediksi curah hujan bulanan untuk bulan April dan Juli serta nilai observasi TRMMnya untuk waktu tunda (lag) 1 bulan dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan 3.11. Pada Gambar 3.10 dapat dilihat bahwa secara spasial curah hujan maksimum (berwarna biru tua) pada bulan April 2009 dapat direpresentasikan secara baik dari hasil prediksi TRMM, namun untuk curah hujan minimum (berwarna putih) pada data TRMM observasi bulan April tidak dapat direpresentasikan oleh hasil prediksi TRMM. Wilayah yang kurang berkorelasi adalah wilayah Bali, NTB dan NTT. Korelasi antara TRMM Observasi dan TRMM prediksi (lag 1 bulan) pada bulan April relatif rendah yaitu 0.54. Sedangkan pada Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa nilai maksimum dan minimum curah hujan pada TRMM observasi bulan Juli 2009 dapat direpresentasikan kembali oleh hasil prediksi TRMM untuk waktu tunda 1 bulan. Tingkat korelasi TRMM Observasi dan TRMM prediksi (lag 1 bulan) pada bulan Juli relatif tinggi yaitu 0.81.



Gambar 3.10. Spasial TRMM observasi dan prediksi lag-1 bulan pada April 2009.



Gambar 3.11. Spasial TRMM observasi dan prediksi lag-1 bulan pada Juli 2009.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data TRMM Indonesia dan SST Pasifik Tropik periode 1998-2008 dapat disimpulkan bahwa hasil dari analisis EOF dan CCA menunjukkan kejadian ENSO berpengaruh kuat pada kondisi iklim di Indonesia. Kondisi panas(dingin) SST Pasifik Tropik menyebabkan menurunnya(meningkatnya) curah hujan di Indonesia. Tingkat korelasi (CCA) antara anomali SST Pasifik Tropik dan anomali TRMM Indonesia bervariasi menurut musim, dimana pada periode JJA memiliki akurasi yang tinggi ($r > 0.8$), sedangkan pada periode MAM memiliki akurasi yang rendah ($r < 0.6$). Tingginya akurasi prediksi curah hujan (TRMM) pada musim JJA dipengaruhi oleh kuatnya intensitas El Nino yang dalam fase pematangan (mature phase), sedangkan rendahnya prediksi TRMM pada musim MAM disebabkan oleh melemahnya ENSO sehingga sulit untuk memprediksi curah hujan pada musim ini. Pengaruh suhu permukaan laut lokal di wilayah Indonesia juga perlu dipertimbangkan dalam memprediksi curah hujan pada periode ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian E, and Susanto RD, 2003, Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to seasurface temperature, *Int J Climatol* 23:1435-1452.
- Chang CP, Wang Z, Ju J, and Li T, 2003, On the relationship between western Maritime Continent rainfall and ENSO during northern winter, *J Clim* 17:665-672.
- Haylock, M, and McBride, J., 2001, Spatial coherence and predictability of Indonesian wet season rainfall, *J. Clim* 14, 3882-3887.

- Hendon, HH., 2003, Indonesia rainfall variability: Impacts of ENSO and local air-sea interaction, *J Clim* 16:1775–1790.
- Juneng, L and FT. Tangang., 2005, Evolution of ENSO-related rainfall anomalies in Southeast Asia region and its relationship with atmosphere–ocean variations in Indo-Pacific sector, *Climate Dynamics* (2005) 25: 337–350.
- Nichol, J., 1997, Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia, *Atmos Environ* 31:1209–1219.
- Nicholls, N., 1981, Air–sea interaction and possibility of long-range weather prediction in the Indonesian Archipelago, *Mon Weather Rev* 109:2435–2443.
- Parwati, A. Zubaidah, and O. Roswintiarti., 2008, Predicted Skills of Long-Term Convection Prediction over Indonesia Related to El Niño/Southern Oscillation (ENSO), Proceedings of International Symposium on Equatorial Monsoon System. Yogyakarta, 16-18 September 2008. BMKG.
- Roswintiarti, O., 1997, Peran Penginderaan Jauh untuk Mendukung Prediksi Anomali Iklim Akibat ENSO dan Dampaknya pada Pola Tanam Padi. Laporan Riset Unggulan Terpadu III Bidang Teknologi Perlindungan Lingkungan Tahun 1995-1997, LAPAN, Jakarta.
- Roswintiarti, O., 1999, Statistical analysis and numerical simulations of the Internatropical Convergence Zone during normal and ENSO years, Ph. D. Dissertation submitted to the Department of Marine, Earth and Atmospheric, Sciences, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Roswintiarti, O., Parwati, A.Zubaidah., 2008, Pemanfaatan Data TRMM dalam Mendukung Pemantauan dan Prediksi Curah Hujan di Indonesia, *Majalah Berita Inderaja*, LAPAN.
- Haylock, M and McBride, J., 2001, Spatial coherence and predictability of Indonesian wet season rainfall, *J Clim* 14:3882–3887.
- Tangang, FT., 2001, Low frequency and quasi-biennial oscillations in the Malaysian precipitation anomaly, *Int J Climatol* 21(10):1199–1210.
- Tangang FT, and Juneng, L., 2004, Mechanisms of Malaysia rainfall anomalies, *J Clim* 17:3616–3622.
- Waliser, D.E., N.E. Graham, and C. Gautier., 1993, Comparison of highly reflective cloud and outgoing longwave radiation datasets for use in estimating tropical deep convection, *J. Climate*, 6:331-353.
- IRI, 2007, Overview of ENSO system: Predicting ENSO. <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/>.
- Van Oldenborgh, G.J., 2003, To What Extent Have Enso Forecast Models Breached The Spring Barrier?, *Geophysical Research*, Vol. 5, 02803, 2003, European Geophysical Society 2003.