

ANALISIS PENGARUH FENOMENA INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) TERHADAP CURAH HUJAN DI PULAU JAWA

Nofiana Dian Rahayu, Bandi Sasmito, Nurhadi Bashit^{*)}

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
 Email : nofianadian.nd@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang hanya memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Secara umum, musim hujan di Indonesia terjadi pada bulan Maret sampai Oktober dan musim kemarau terjadi pada bulan April sampai September. Meskipun musim terjadi secara periodik tetapi musim dapat bergeser. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya pergeseran musim di wilayah Indonesia adalah fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Metode pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman untuk mengolah data suhu permukaan laut Reynolds dan data curah hujan TRMM. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola spasial dan hubungan antara suhu permukaan laut serta curah hujan saat terjadi fenomena IOD di Pulau Jawa. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh fenomena IOD terhadap intensitas curah hujan dan suhu permukaan laut terjadi secara bersamaan pada bulan Juli sampai bulan November. Saat IOD positif nilai suhu permukaan laut 23,949 °C - 29,179 °C sedangkan intensitas curah hujan 0,250 mm/hari - 14,308 mm/hari. Saat IOD negatif nilai suhu permukaan laut 26,425 °C - 30,036 °C sedangkan intensitas curah hujan 0,586 mm/hari -14,982 mm/hari. Korelasi curah hujan dan suhu permukaan laut menunjukkan korelasi searah yang sangat kuat. Hasil penelitian menunjukkan jika penurunan suhu permukaan laut saat IOD positif akan berpengaruh terhadap penurunan intensitas curah hujan dan peningkatan suhu permukaan laut saat IOD negatif berpengaruh terhadap peningkatan intensitas curah hujan.

Kata Kunci: Curah hujan, IOD, Suhu Permukaan Laut

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country which has two seasons, wet season and dry season. In general, wet season occurs in October to March and dry season occurs in April until september. Although the season occurs periodically but sometimes the seasons are shifting. One of the factors that caused the change of season is the Indian Ocean Dipole (IOD) phenomenon. Method of processing data in this research used programming language to processed sea surface temperature from Reynolds SST data and rainfall from TRMM data. The aim of this research is to determine the spatial pattern and relationship between sea surface temperature and rainfall during the IOD phenomenon in java island. The IOD phenomenon affects the rainfall intensity and sea surface temperature simultaneously in July to November. In positive IOD, sea surface temperature is 23.949 °C – 29.179 °C while rainfall intensity is 0.250 mm/day – 14.308 mm/day. In negative IOD, sea surface temperature is 26.425 °C – 30.036 °C while rainfall intensity is 0.586 mm/day -14.982 mm/day. The correlation of rainfall and SPL shows a high correlation. The results of this research show that decrease of sea surface temperature when IOD positive influence the decrease of rainfall intensity and increase of sea surface temperatire when IOD negatively influences the increase of rainfall intensity.

Keywords: Rainfall, IOD, Sea Surface Temperature

^{*)} Penulis, Penanggung jawab

I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang hanya memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Secara umum, musim hujan di Indonesia terjadi saat muson barat sedangkan musim kemarau terjadi saat muson timur. Meskipun musim terjadi secara periodik, namun musim dapat mengalami pergeseran seperti semakin lamanya musim penghujan dan semakin mundurnya musim kemarau. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya pergeseran musim di wilayah Indonesia adalah fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Fenomena IOD merupakan fenomena yang terjadi karena adanya perbedaan anomali suhu permukaan laut di Samudera Hindia bagian barat dengan bagian timur (Aldrian, E, 2008; Saji dkk., 1999). Fenomena IOD dapat menyebabkan penurunan maupun peningkatan suhu permukaan laut yang disertai dengan penurunan maupun peningkatan curah hujan.

Curah hujan dan suhu permukaan laut memiliki variabilitas yang tinggi sehingga membutuhkan data observasi yang panjang dengan sebaran spasial yang memadai (As-Syakur dan Prasetya, 2010). Penggunaan data observasi langsung dapat menggambarkan kondisi curah hujan dan suhu permukaan laut disuatu tempat dengan akurat tetapi ketersediaan data observasi masih terbatas. Salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan penggunaan data observasi langsung adalah menggunakan data satelit meteorologi. Satelit meteorologi dapat memberikan data dengan sebaran yang lebih baik dengan waktu yang kontinu (Xie dkk., 2007). Data TRMM dan Reynolds SST merupakan data satelit meteorologi yang telah banyak diaplikasikan dalam pemantauan iklim dan cuaca. Kedua data ini memiliki rentang waktu yang panjang sehingga dapat digunakan untuk meneliti sebuah fenomena termasuk fenomena IOD.

Penelitian tentang fenomena IOD lebih banyak difokuskan pada wilayah barat Indonesia terutama Pulau Sumatera. Pada wilayah lain terutama Pulau Jawa masih relatif kurang. Pulau Jawa merupakan salah satu pulau yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Adanya perubahan suhu permukaan laut di Samudera Hindia memungkinkan untuk mempengaruhi curah hujan di Pulau Jawa. Menurut As-syakur, A.R., (2012) aktifitas IOD berpengaruh kuat terhadap fluktuasi curah hujan saat musim kemarau.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pola spasial curah hujan dan suhu permukaan laut saat terjadi fenomena IOD di Pulau Jawa dari tahun 1998 sampai tahun 2016. Penelitian ini akan memberikan informasi tentang pola sebaran suhu permukaan laut dan curah hujan saat terjadi fenomena IOD dalam kurun waktu tersebut.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisis pola spasial curah hujan serta suhu permukaan laut di Pulau Jawa saat terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD)?
2. Bagaimana hasil validasi data curah hujan dan suhu permukaan laut pengolahan dengan data observasi?
3. Bagaimana hubungan suhu permukaan laut dan curah hujan saat terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD)?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

I.3.1 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pola spasial curah hujan serta suhu permukaan laut di Pulau Jawa saat terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD).
2. Mengetahui hasil validasi data curah hujan dan suhu permukaan laut pengolahan dengan data observasi
3. Mengetahui korelasi antara suhu permukaan laut dan curah hujan saat terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD).

I.3.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Segi Keilmuan
Penelitian ini memiliki manfaat untuk memberikan kontribusi dalam ilmu penginderaan jauh dan oseanografi terhadap permasalahan dalam penelitian yang di teliti.
- b. Segi Kerekayasaan
Penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui pola spasial curah hujan dan suhu permukaan ketika terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) berdasarkan teknik penginderaan jauh sehingga lebih efisien dalam segi waktu dan biaya.

I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode deskriptif dan statistik yang ditunjukkan untuk menggambarkan fenomena *Indian Dipole Mode* (IOD).
2. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu permukaan laut dan curah hujan.
3. Suhu permukaan laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu permukaan laut Samudera Hindia di selatan Pulau Jawa.
4. Analisis data dilakukan secara klimatologi ketika kondisi normal dan saat kondisi IOD.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

I.5.1 Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian tugas akhir ini berada pada koordinat 6 °LS – 10 °LS dan 96 °BT- 115 °BT. Wilayah penelitian ini meliputi Pulau Jawa dan wilayah perairan disekitarnya.

I.5.2 Alat Penelitian dan Data Penelitian

Alat dan data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Lunak yang dibutuhkan pada penelitian adalah : IDL 8.3, WinSCP, *Microsoft Office*, SPSS dan ArcGIS versi 10.4.
2. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini :
 - a. Citra Reynold SST level 3 tahun 1998-2016 dari <http://eclipse.ncdc.noaa.gov>.
 - b. Citra curah hujan TRMM level 3 tahun 1998-2016 dari <http://disc.gsfc.nasa.gov>.
 - c. Data curah hujan BMKG tahun 1998-2016.
 - d. Data suhu permukaan Laut observasi tahun 2010-2014 dari <https://www.pmel.noaa.gov>.

II Tinjauan Pustaka

II.1 Pulau Jawa

Pulau Jawa terdiri dari tiga zona utama yaitu utara, tengah dan selatan (Raffles 1965 dalam Mulyanti, H, 2012). Zona utara merupakan dataran rendah dengan topografi sangat datar sampai mendekati pegunungan. Bagian tengah Pulau Jawa adalah jajaran gunung berapi, hutan dan sungai. Jawa bagian barat memiliki kompleks gunung api yang lebih rapat dibandingkan bagian lainnya (Mulyanti, H, 2012). Bagian selatan Pulau Jawa adalah jajaran tebing karena berhadapan langsung dengan samudera .

Menurut Aldrian dan Dwi Susanto, R (2003), iklim di Pulau Jawa termasuk dalam region A yang memiliki satu puncak hujan dan satu kemarau. Wilayah Pulau Jawa bagian timur lebih kering dari pada bagian barat. Daerah terbasah di Pulau Jawa adalah kelompok Pegunungan Ragajembangan di Jawa Tengah (Whitten, dkk, 1999).

II.2 Fenomena Indian Ocean Dipole

Indian dipole mode (IOD) adalah anomali iklim yang terjadi akibat adanya interaksi atmosfer dengan laut yang terjadi di Samudera Hindia. Aktifitas IOD dapat diidentifikasi dengan sebuah indeks yang disebut dengan *Dipole Mode Index* (DMI). *Dipole Mode Index* didefinisikan sebagai perbedaan anomali suhu muka laut di *Western Tropical Indian Ocean* (WTIO atau 50°E-70° / 10° S – 10° N) dengan anomali suhu permukaan laut di *Southeastern Tropical Indian Ocean* (SETIO atau 90°E- 110°E / 10°- ekuator) (Saji dkk., 1999; Vinayachandran dkk., 2001).

IOD diidentifikasi kedalam dua fase yaitu fase positif dan negatif. *Dipole Mode* positif dicirikan dengan meningkatnya suhu permukaan laut di WTIO dan menurunnya suhu permukaan laut di SETIO. Jika suhu permukaan laut di WTIO lebih dingin dari

netralnya sedangkan di SETIO lebih hangat dari netralnya, maka kondisi ini akan dinyatakan sebagai *Dipole Mode* negatif (Saji dkk., 1999; Vinayachandran dkk., 2001)

II.3 Pengindraan Jauh

Pengindraan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi suatu objek, area atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa kontak langsung (Lillesand, dkk., 2008 dalam Danoedoro, P, 2012). Berdasarkan sumber energi yang digunakan, pengindraan jauh dibagi menjadi pengindeaan jauh aktif dan pasif. Sistem pengindraan jauh yang merekam energi yang tersedia secara alami disebut sensor pasif. Sensor aktif menyediakan sumber energi sendiri untuk menerangi target. Pada pengindraan jauh terdapat empat konsep resolusi yaitu resolusi spasial, spektral, radiometrik dan temporal.

II.4 Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST)

Analisis suhu permukaan laut global secara *real time* telah dikembangkan oleh Richard Reynolds dari *National Climatic Data Center* (NCDC). Analisis *Optimum Interpolation* (OI) harian atau dikenal sebagai Reynolds SST memiliki resolusi 0,25°. Analisis menggunakan data hasil pengamatan satelit dan pengamatan secara langsung (*in situ*). Data-data *in situ* yang digunakan terdiri dari data observasi kapal dan pelampung (*buoy*). Data satelit menggunakan *Advance Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) dan data gabungan AVHRR dengan *Advanced Microwave Scanning Radiometer* (AMSR).

II.5 Satelit TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)

TRMM adalah satelit pertama yang dirancang untuk mengamati curah hujan didaerah tropis yang sangat mempengaruhi iklim global dan perubahan lingkungan. Misi utama satelit TRMM adalah memantau tingkat hujan tropis secara kuantitatif serta, memperjelas kondisi aktual perubahan secara temporal dan spasial dari curah hujan tropis dan efek mekanisme dari sirkulasi atmosfer. Produk *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) *Multisatellite Precipitation Analysis* (TMPA) merupakan produk hasil gabungan antara TRMM dengan satelit-satelit yang membawa gelombang mikro.

II.6 Suhu Permukaan Laut

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan komponen penting yang dapat mengendalikan cuaca dan iklim. Secara musiman karakteristik suhu permukaan laut di wilayah Indonesia sangat bergantung pada sirkulasi muson (Habibie dan Nuraeni, 2014). Muson merupakan angin musiman yang bersifat periodik. Angin ini terjadi karena adanya perbedaan pemanasan bumi antara belahan bumi utara dan belahan bumi selatan. Angin muson berembus

setiap setengah tahun sekali dan selalu berganti arah. Setiap enam bulan sekali terjadi perubahan musim seiring dengan berembusnya angin muson.

Nilai suhu permukaan laut terendah adalah saat musim timur dan musim peralihan II. Suhu permukaan laut mulai mengalami kenaikan saat musim barat dan mencapai puncak saat musim peralihan I. Pada musim peralihan I kecepatan angin biasanya lemah dan laut tenang sehingga proses pemanasan permukaan lebih kuat (Rahmawa, H, 2004).

II.7 Curah Hujan

Menurut Aldrian dan Dwi Susanto, R, (2003) pola hujan di Indonesia di bagi menjadi tiga region yaitu region A, region B dan Region C. Setiap region memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Region A memiliki satu puncak hujan dan satu puncak kemarau. Region B memiliki dua kali puncak hujan yaitu pada bulan Oktober-November dan pada bulan Maret- Mei. Kedua puncak tersebut terkait dengan pergerakan selatan dan utara dari *inter tropical convergence zone* (ITCZ). Region C memiliki satu puncak hujan yaitu pada bulan Juli sampai Juni dan satu puncak kemarau pada bulan November sampai Februari.

II.8 Interactive Data Language (IDL)

Interactive Data Language (IDL) merupakan bahasa pemrograman berbasis *array* yang terstruktur yang memiliki kemampuan memproses dan menampilkan citra secara terintegrasi (Research System, 2000). Bahasa pemrograman IDL adalah bahasa tingkat tinggi yang khusus dibuat untuk pemrograman ilmiah dan analisis data. IDL memungkinkan pengguna untuk menuliskan perintah dan melihat hasilnya secara langsung.

II.9 Uji Statistik

II.9.1 Distribusi normal

Distribusi normal dikenal juga dengan distribusi Gasuss merupakan distribusi yang simetris sempurna (Hasan,M., 2003). Kurva untuk data terdistribusi normal berbentuk lonceng. Kurva normal memiliki bentuk yang berbeda-beda. Kurva distribusi normal dipengaruhi oleh rata-rata dan simpangan baku. Semakin kecil nilai simpangan baku dan rata-rata maka kurva semakin runcing.

II.9.2 Analisis korelasi

Analisis korelasi merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antar variabel. Apabila ada perubahan antar variabel maka perubahan yang terjadi pada salah satu variabel akan mempengaruhi variabel lainnya. Korelasi yang terjadi antar variabel dapat berupa korelasi positif, korelasi negatif, tidak ada korelasi maupun korelasi sempurna (Hasan, M. Iqbal, 2003).

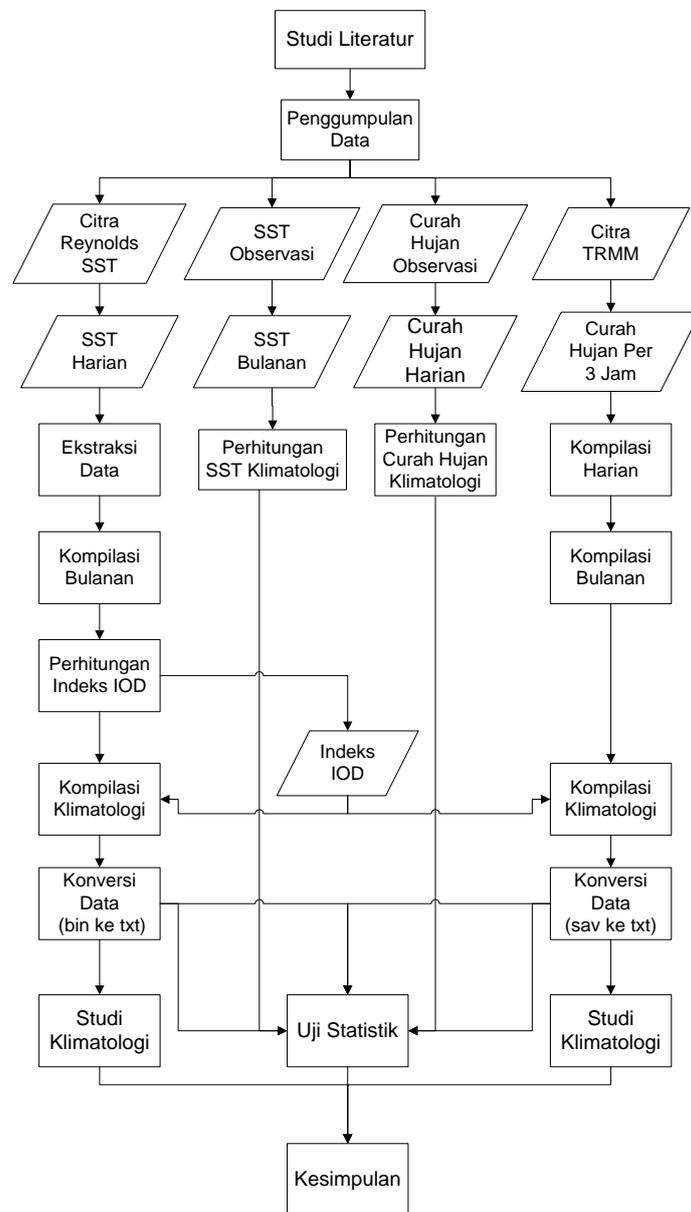
Nilai korelasi diperoleh dengan uji Pearson maupun uji Spearman. Syarat dalam melakukan korelasi Pearson adalah data harus terdistribusi normal, sedangkan pada uji Spearman data tidak harus

terdistribusi normal (Sarwono, J dan Budiono, H, 2012).

III Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1 Diagram Penelitian

III.2 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi:

1. Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan untuk menyiapkan semua data yang diperlukan dalam penelitian. Tahap persiapan meliputi persiapan data citra dan data observasi.

2. Tahap Pengolahan

Tahap pengolahan data meliputi tahap ekstraksi dan kompilasi data menggunakan skrip bahasa pemrograman IDL dan

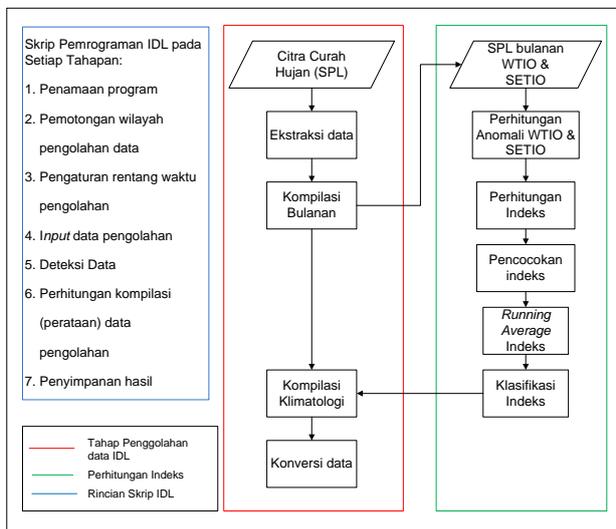
perhitungan indeks IOD. Proses ekstrak data sampai konversi data dilakukan menggunakan pemrograman IDL sedangkan pembuatan indeks dilakukan menggunakan excel. Data hasil kompilasi bulanan dikelompokkan berdasarkan indeks IOD yang telah dibuat sebelum dilakukan kompilasi klimatologi.

3. Tahap Uji Statistik

Tahap uji statistik dilakukan untuk mengetahui nilai korelasi antara data hasil pengolahan dengan data observasi, korelasi antara indeks JAMSTEK dengan indeks hasil perhiungan, korelasi antara curah hujan dengan suhu permukaan laut saat fenomena IOD dan korelasi antara curah hujan dan suhu permukaan laut dengan indeks IOD.

Korelasi antara data hasil pengolahan dengan data observasi menggunakan data *buoy* dan data curah hujan BMKG. Data *buoy* yang digunakan berada pada posisi 5 °LS 95 °BT karena data yang tersedia paling bagus diantara yang lain. Data curah hujan observasi yang digunakan adalah Stasiun Klimatologi Malang, Stasiun Metereologi Juanda dan Stasiun Metereologi Ahmad Yani. Validasi data curah hujan dilakukan secara klimatologi.

Uji statistik meliputi uji normalitas dan uji korelasi. Korelasi yang dilakukan berdasarkan pada normalitas data. Jika data terdistribusi normal maka dilakukan uji Pearson. Jika data tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji Spearman.



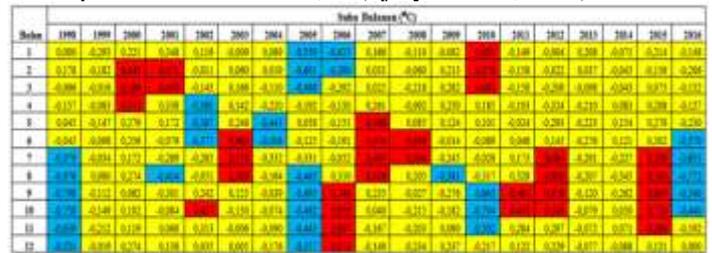
Gambar 2 Diagram Alir Pengolahan Data

IV Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Dipole Mode Index (DMI)

Fenomena IOD diidentifikasi dengan sebuah indeks yang menunjukkan adanya anomali suhu permukaan laut di Samudera Hindia bagian barat dengan bagian timur. Hasil perhitungan DMI dikelompokkan menjadi IOD negatif dan IOD positif

berdasarkan nilai *threshold*. *Threshold* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,35 (Tjasyono dkk, 2008).

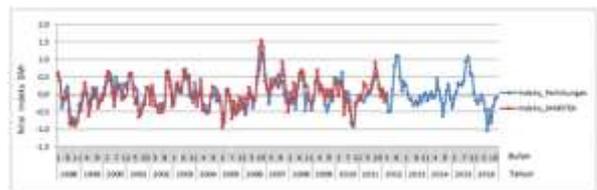


Gambar 3 Klasifikasi Indeks IOD

Keterangan:



Indeks hasil pengolahan dibandingkan dengan indeks yang dikeluarkan JAMSTEK. Hal ini dilakukan untuk melihat ketepatan indeks hasil perhitungan. Gambar 4 menunjukkan jika indeks hasil perhitungan memiliki pola yang hampir sama dengan indeks yang dikeluarkan oleh JAMSTEK.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Indeks DMI

Tabel 1 menunjukkan korelasi antara indeks hasil perhitungan dengan indeks JAMSTEK sebesar 0,851. Hal ini menunjukkan jika hubungan antara keduanya searah dan sangat kuat.

Tabel 1 Korelasi Indeks

		Indeks_DMI	Indeks_Jamstek
Indeks_DMI	Pearson Correlation	1	0,851**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	N	171	171
Indeks_Jamstek	Pearson Correlation	,851**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	N	171	171

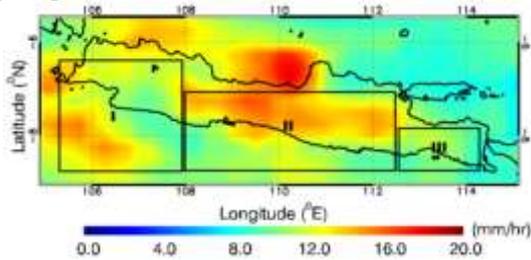
** Korelasi signifikan pada level 0,01

IV.2 Hasil dan Analisis Variabilitas Curah Hujan dan Suhu Permukaan Laut

Pengkajian variabilitas suhu permukaan laut akan dilakukan secara klimatologi dari Januari 1998 sampai Desember 2016 ketika kondisi normal dan ketika berlangsung fenomena IOD. Klasifikasi dilakukan berdasarkan indeks IOD.

Curah hujan di Pulau Jawa memiliki intensitas yang berbeda untuk setiap wilayah. Pulau Jawa bagian timur lebih kering dari bagian barat. Wilayah terbasah di Pulau Jawa adalah kelompok Pengunungan Rogojembangan di Jawa Tengah (Whitten, dkk., 1999). Oleh karena itu, analisis variabilitas suhu permukaan laut dan curah hujan dilakukan pada tiga

wilayah. Pembagian wilayah dilakukan berdasarkan persebaran intensitas curah hujan pada bulan Februari seperti pada Gambar 5.

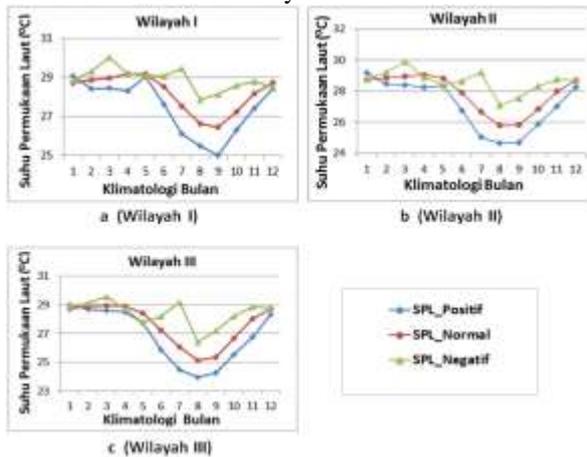


Gambar 5 Wilayah Penelitian

IV.2.1 Variabilitas suhu permukaan laut

Secara klimatologi, nilai suhu permukaan laut tertinggi terjadi saat musim barat dan musim peralihan I sedangkan nilai terendah terjadi saat musim timur dan musim peralihan II. Penurunan suhu permukaan laut saat musim timur disebabkan oleh meningkatnya intensitas angin muson tenggara. Angin muson tenggara yang kuat pada musim timur menyebabkan *upwelling* sehingga suhu permukaan laut menurun. Peningkatan suhu permukaan saat musim peralihan karena pada periode tersebut matahari berada di ekuator sehingga suhu permukaan laut tinggi.

Nilai suhu permukaan laut juga dipengaruhi oleh fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang memiliki dua fase yang berbeda yaitu IOD positif dan IOD negatif. Pengaruh terjadinya fenomena IOD berupa peningkatan atau penurunan suhu permukaan laut dari keadaan normalnya.



Gambar 6 Grafik Suhu Permukaan Laut

Gambar 6 menunjukkan fenomena IOD mempengaruhi suhu permukaan laut hampir disemua bulan. Fluktuasi suhu permukaan laut saat kondisi normal dan saat terjadi fenomena IOD hampir sama saat bulan Juni sampai November.

Pada Gambar 6 terdapat perbedaan pola suhu permukaan laut bulan Mei saat IOD positif dan bulan Maret, Juli saat IOD negatif. Bulan Mei saat IOD negatif hanya terdapat satu indeks yang memenuhi ketentuan pengklasifikasian indeks yaitu tahun 2007. Saat dilakukan perhitungan untuk klimatologi IOD positif diperoleh adalah nilai suhu permukaan laut pada tahun itu saja.

Bulan Maret saat IOD negatif juga hanya memiliki satu indeks yang memenuhi ketentuan pengklasifikasian indeks yaitu tahun 2005. Bulan Juli memiliki dua indeks yang memenuhi ketentuan pengklasifikasian indeks yaitu tahun 1998 dan 2016. Nilai suhu permukaan laut pada tahun 1998 dan 2016 tetap tinggi sehingga saat dilakukan perhitungan klimatologi hasilnya juga tinggi.

Pada wilayah I nilai suhu permukaan laut tertinggi saat IOD positif terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 29,046 °C dan terendah pada bulan September dengan nilai sebesar 25,002 °C. Nilai suhu permukaan laut terendah saat kondisi normal terjadi pada bulan September dengan nilai sebesar 26,434 °C dan tertinggi terjadi pada bulan Mei dengan nilai SPL sebesar 29,175 °C. Saat IOD negatif suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 30,036 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 27,585 °C.

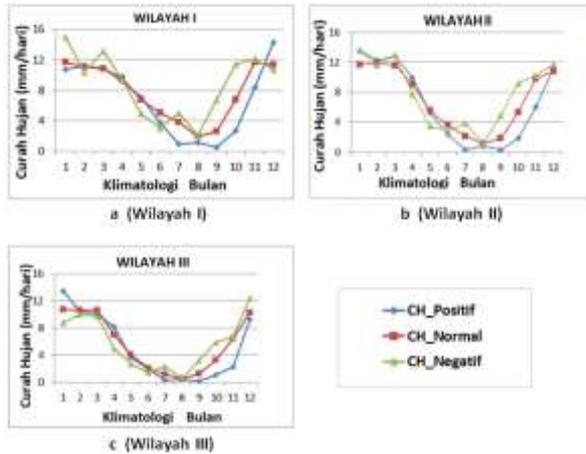
Pada wilayah II nilai suhu permukaan laut maksimum saat IOD positif terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 29,179 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 24,655 °C. Saat kondisi normal suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada bulan April dengan nilai sebesar 29,045 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 25,801 °C. Saat IOD negatif suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 29,903 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 27,107 °C.

Pada wilayah III nilai suhu permukaan laut maksimum saat IOD positif terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 29,009 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 23,949 °C. Saat kondisi normal klimatologi suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 28,950 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 25,801 °C. Saat IOD negatif suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai sebesar 29,574 °C dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai sebesar 26,425 °C.

IV.2.2 Variabilitas curah hujan

Curah hujan di Pulau Jawa mencapai puncak tertinggi saat musim barat di mana angin bertiup dari Asia menuju Australia sehingga membawa banyak uap air. Curah hujan mulai menurun saat musim peralihan I dan mencapai nilai minimum saat musim timur. Penurunan curah hujan saat muson timur terjadi karena angin yang bertiup dari Australia menuju Asia hanya membawa sedikit uap air.

Pengaruh terjadinya fenomena IOD terhadap curah hujan juga berupa peningkatan atau penurunan intensitas curah hujan dari keadaan normalnya. Meskipun curah hujan saat fenomena IOD mengalami peningkatan atau penurunan tetapi pola yang ditunjukkan tetap sama Saat fenomena IOD baik IOD positif maupun IOD negatif curah hujan terendah tetap terjadi di musim timur dan tertinggi terjadi di musim barat.



Gambar 7 Grafik Curah Hujan

Gambar 7 menunjukkan fenomena IOD mempengaruhi curah hujan saat bulan Juni sampai November. Pada bulan lain pengaruh fenomena IOD tidak terlihat jelas. Hal ini terlihat dari pola curah hujan saat IOD positif, normal, dan IOD negatif yang tidak beraturan.

Gambar 7 menunjukkan adanya perbedaan pola curah hujan pada bulan Januari serta April saat IOD positif dan bulan Januari, Maret serta Juli. Bulan Januari dan April saat IOD negatif hanya memiliki satu indeks yang memenuhi ketentuan pengklasifikasian indeks. Nilai curah hujan saat IOD positif pada bulan Januari dan April adalah nilai pada tahun tersebut.

Bulan Maret saat IOD negatif juga hanya memiliki satu indeks yang memenuhi ketentuan pengklasifikasian indeks yaitu tahun 2005. Bulan Juli memiliki dua indeks yang memenuhi ketentuan yaitu tahun 1998 dan 2016. Saat dilakukan perhitungan nilai curah hujan klimatologi tetap tinggi.

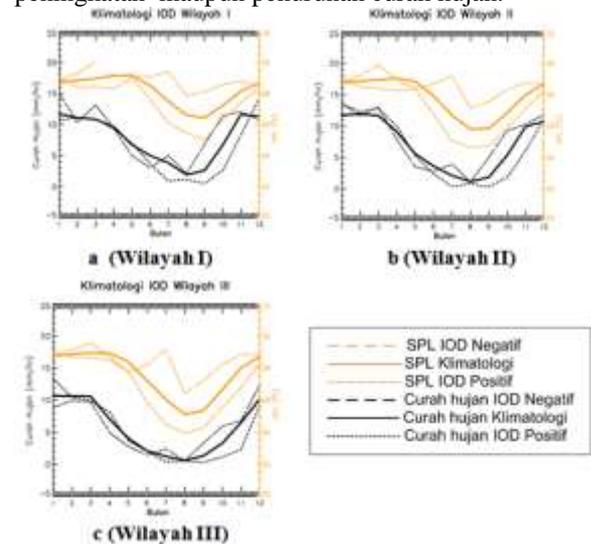
Pada wilayah I, curah hujan tertinggi saat IOD positif terjadi pada bulan Desember dengan intensitas 14,308 mm/hari dan terendah pada bulan September dengan intensitas 0,519 mm/hari. Saat kondisi normal intensitas curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 11,706 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 1,910 mm/hari. Saat IOD negatif curah hujan tertinggi pada bulan Januari dengan intensitas sebesar 14,982 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 2,112 mm/hari

Pada wilayah II nilai curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan intensitas 13,567 mm/hari dan terendah pada bulan September dengan intensitas 0,295 mm/hari. Saat kondisi normal intensitas curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan nilai sebesar 11,943 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 1,161 mm/hari. Saat IOD negatif curah hujan tertinggi pada bulan Januari dengan intensitas sebesar 13,620 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 1,105 mm/hari.

Pada wilayah III nilai curah hujan tertinggi saat IOD positif terjadi pada bulan Januari dengan intensitas 13,427 mm/hari dan terendah pada bulan September dengan intensitas 0,250 mm/hari. Saat kondisi normal intensitas curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan nilai sebesar 10,689 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 0,559 mm/hari. Saat IOD negatif curah hujan tertinggi pada bulan Desember dengan intensitas sebesar 12,411 mm/hari dan terendah pada bulan Agustus dengan intensitas sebesar 0,586 mm/hari.

IV.2.3 Pengaruh SPL terhadap curah hujan

Perubahan suhu permukaan laut yang disebabkan oleh fenomena IOD akan mempengaruhi intensitas curah hujan. Menurut Aldrian, E. (2008) peningkatan suhu muka laut dapat mengakibatkan peningkatan suplai uap air yang mendorong tingginya curah hujan. Peningkatan maupun penurunan suhu permukaan laut akan menyebabkan terjadinya peningkatan maupun penurunan curah hujan.



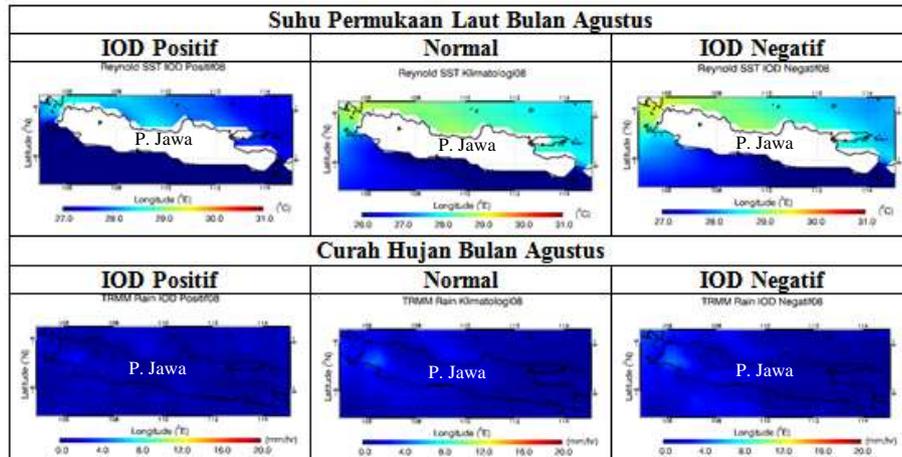
Gambar 8 Grafik Curah Hujan dan SPL

Gambar 8 menunjukkan keterkaitan antara suhu permukaan laut dan curah hujan. Perubahan suhu permukaan laut mempengaruhi curah hujan pada bulan Juli sampai november. Hasil ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa fenomena IOD mempengaruhi curah hujan saat musim timur dan musim peralihan II. Pada musim barat dan peralihan I pengaruh fenomena IOD tidak terlihat jelas karena IOD sudah menghilang pada periode ini. Hal ini berkaitan dengan siklus IOD dimana IOD mulai muncul pada bulan Mei sampai Juni kemudian mencapai puncak di bulan Oktober dan menghilang dengan cepat pada bulan November.

Puncak musim kemarau di Pulau Jawa adalah bulan Agustus. Pada bulan Agustus suhu permukaan laut juga memiliki nilai terendah. Penurunan suhu permukaan laut pada bulan ini terkait dengan terjadinya *upwelling*. Saat IOD positif suhu permukaan semakin menurun yang dikarenakan *upwelling* semakin menguat. Suhu permukaan laut saat IOD negatif

hampir sama dengan kondisi normal. Secara visual, perubahan curah hujan saat terjadi fenomena IOD dengan kondisi normal tidak banyak perbedaan. Hal

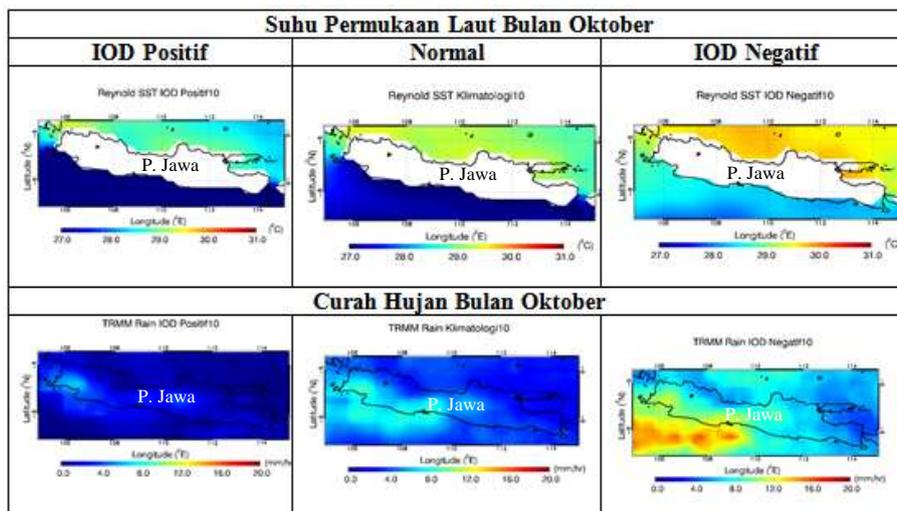
ini karena peningkatan maupun penurunan curah hujan belum terlalu besar dari keadaan normalnya.



Gambar 9 SPL dan Curah Hujan Bulan Agustus

Bulan Oktober merupakan puncak terjadinya fenomena IOD. Saat IOD positif suhu permukaan laut masih rendah dari normalnya. Hal ini disertai dengan penurunan curah hujan disemua wilayah di Pulau Jawa. Saat IOD negatif peningkatan suhu permukaan

laut mencapai selatan Jawa Timur. Peningkatan suhu permukaan laut ini disertai dengan peningkatan curah hujan. Peningkatan curah hujan terjadi disemua wilayah. Secara visual terlihat jika wilayah barat mengalami peningkatan curah hujan paling tinggi.



Gambar 10 SPL dan Curah Hujan Bulan Oktober

IV.2.4 Pengaruh fenomena IOD terhadap wilayah penelitian

Wilayah yang menerima dampak fenomena IOD paling besar adalah wilayah Indonesia bagian barat. Penelitian ini menunjukkan jika fenomena IOD berpengaruh pada semua wilayah penelitian baik wilayah I, II dan III. Pengaruh fenomena IOD terbesar diterima oleh wilayah I sedangkan dampak terkecil terima oleh wilayah II.

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan jika fenomena IOD paling berpengaruh pada wilayah jawa bagian barat (wilayah I). Secara visual terlihat jika suhu permukaan laut dan curah hujan di Jawa bagian barat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan normalnya saat IOD negatif. Saat IOD positif nilai

suhu permukaan laut dan curah hujan lebih rendah dari normalnya.

Korelasi antara indeks IOD dengan anomali curah hujan dan anomali suhu permukaan laut menunjukkan jika fenomena IOD paling berpengaruh pada semua wilayah di Pulau Jawa. Berdasarkan Tabel 2 terlihat jika fenomena IOD lebih mempengaruhi suhu permukaan laut dibandingkan dengan curah hujan.

Tabel 2 juga menunjukkan jika wilayah I memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Korelasi antara suhu permukaan laut dengan indeks IOD menunjukkan korelasi negatif yang kuat. Korelasi curah hujan dan indeks IOD menunjukkan korelasi negatif yang cukup untuk

wilayah I dan korelasi negatif yang sangat lemah untuk wilayah II dan III.

Tabel 2 Korelasi Indeks, SPL dan Curah Hujan

	Curah Hujan - Indeks IOD		Suhu Permukaan Laut - Indeks IOD	
	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi
Wilayah I	-0,322**	0,000	-0,674**	0,000
Wilayah II	-0,207**	0,002	-0,548**	0,000
Wilayah III	-0,169*	0,010	-0,486**	0,000

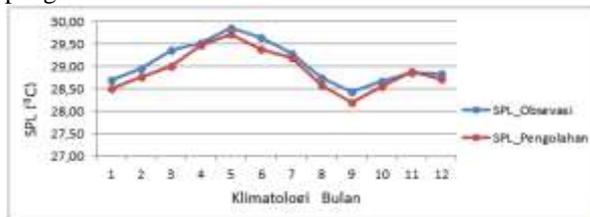
* Korelasi signifikan pada level 0,05

**Korelasi signifikan pada level 0,01

IV.3 Hasil dan Analisis Validasi Data

IV.3.1 Validasi Suhu Permukaan Laut

Secara klimatologi, nilai suhu permukaan laut hasil observasi pada koordinat 5 °LS 95 °BT hampir sama dengan nilai suhu permukaan laut hasil pengolahan.



Gambar 11 Grafik Suhu Permukaan Laut

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan jika data suhu permukaan laut hasil pengolahan memiliki fluktuasi yang sama dengan suhu pengamatan hasil pengamatan buoys. Saat suhu permukaan laut observasi meningkat maka suhu permukaan laut hasil pengolahan juga meningkat.

Tabel 3 Korelasi SPL Observasi dan Pengolahan

	SPL_Observasi	SPL_Pengolahan
SPL_Observasi Pearson Correlation	1	0,974**
Sig. (2-tailed)		0,000
N	12	12
SPL_Pengolahan Pearson Correlation	0,974**	1
Sig. (2-tailed)	0,000	
N	12	12

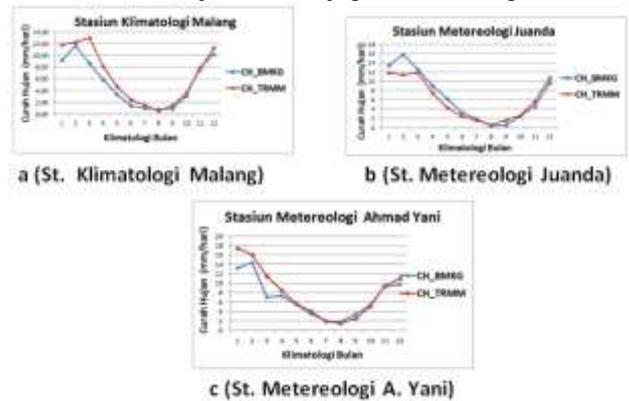
** Korelasi signifikan pada level 0,01

Tingkat keeratan hubungan suhu permukaan laut observasi dan hasil pengolahan diketahui melalui nilai korelasinya. Tabel 3 menunjukkan suhu permukaan laut observasi dan hasil pengolahan memiliki nilai korelasi positif yang sangat kuat dengan nilai korelasi 0,974. Nilai Sig hasil korelasi adalah 0,000 atau Sig < 0,01 sehingga korelasi suhu permukaan laut observasi dan hasil pengolahan signifikan.

IV.3.2 Validasi curah hujan

Pola curah hujan pada Gambar 12 menunjukkan pola muson dimana setiap tahun hanya terjadi satu puncak musim kemarau dan satu puncak musim penghujan. Secara umum, Intensitas curah

hujan TRMM memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai curah hujan BMKG. Fluktuasi intensitas curah hujannya tidak jauh berbeda artinya saat intensitas curah hujan BMKG meningkat maka intensitas curah hujan TRMM juga akan meningkat.



Gambar 12 Grafik CH_BMKG dan CH_TRMM

Gambar 12 menunjukkan adanya perbedaan pola curah hujan pada bulan Januari, Februari dan Maret. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan nilai curah hujan bulanan di tahun-tahun tertentu pada bulan tersebut. Perbedaan curah hujan bulanan dikarenakan adanya selisih curah hujan harian yang cukup besar.

Tabel 4 Korelasi CH_BMKG dan CH_TRMM

	CH_BMKG	CH_TRMM		CH_BMKG	CH_TRMM
CH_BMKG Pearson Correlation	1	0,966**	CH_BMKG Pearson Correlation	1	0,964**
Sig. (2-tailed)		0,000	Sig. (2-tailed)		0,000
N	12	12	N	12	12
CH_TRMM Pearson Correlation	0,966**	1	CH_TRMM Pearson Correlation	0,964**	1
Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000	
N	12	12	N	12	12

** Korelasi signifikan pada level 0,01

** Korelasi signifikan pada level 0,01

a (St. Klimatologi Malang)

b (St. Meteorologi Juanda)

	CH_BMKG	CH_TRMM
CH_BMKG Pearson Correlation	1	0,969**
Sig. (2-tailed)		0,000
N	12	12
CH_TRMM Pearson Correlation	0,969**	1
Sig. (2-tailed)	0,000	
N	12	12

** Korelasi signifikan pada level 0,01

c (St. Meteorologi A. Yani)

Koefisien korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara dua data. Korelasi antara curah hujan TRMM dan curah hujan BMKG menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat. Tabel 4 menunjukkan korelasi curah hujan BMKG dengan curah hujan TRMM sebesar 0,966 pada Stasiun Klimatologi Malang, 0,964 pada Stasiun Meteorologi Juanda dan 0,969 pada Stasiun Meteorologi Ahmad Yani. Nilai Sig hasil korelasi adalah 0,000 atau Sig < 0,01 sehingga korelasi curah hujan observasi dan hasil Pengolahan signifikan.

V.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir, berikut saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Penambahan parameter lain seperti angin, arus serta *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya karena fenomena yang terjadi dilaut terutama fenomena IOD merupakan suatu hasil interaksi yang kompleks dan tidak terbatas pada suhu permukaan laut saja.
2. Pemahaman mengenai skrip bahasa pemrograman IDL perlu ditingkatkan untuk memudahkan peneliti saat memperbaiki eror yang terjadi saat menjalankan program.
3. Bagi penelitian selanjutnya, penelitian dapat difokuskan untuk tahun-tahun tertentu sehingga dapat dilakukan perbandingan parameter-parameter penelitian antar tahunnya.
4. Bagi penelitian selanjutnya, dapat menganalisis kondisi curah hujan pada wilayah yang lebih spesifik sehingga dapat memberikan informasi yang lebih tepat dan akurat dalam pengaplikasiannya.
5. Penambahan analisis mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan karena curah hujan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kondisi topografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. dan R. Dwi Susanto. (2003). Identification of Three Dominant Rainfall Region within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *Int. J. Climatol.* 23, 1435–1452.
- Aldrian, E. (2008). *Metereologi Laut Indonesia* (Jakarta: Badan Metereologi dan Geofisika).
- As-Syakur dan Prasetia (2010). Pola Spasial Anomali Curah Hujan Selama Maret Sampai Juni 2010 di Indonesia; Komparasi Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43 Dengan Stasiun Pengamat Hujan. *Penelit. Lingkung. Hidup Indones.* 505–515.
- As-syakur, A.R. (2012). Pola Spasial Hubungan Curah Hujan dengan ENSO dan IOD di Indonesia - Observasi Menggunakan Data TRMM 3B43. *Bunga Rampai Penginderaan Jauh Indones.*
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Habibie dan Nuraeni (2014). Karakteristik dan Tren Perubahan Suhu Permukaan Laut di Indonesia Periode 1982-2009. *J. Metereologi Dan Geofis.* 15 No.1, 27–49.
- Hasan, M. Iqbal. (2003). *Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif)*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Mulyanti, H. (2012). Pengaruh El Nino Southern Oscillation terhadap Curah Hujan Bulanan Pulau Jawa. *Skripsi. Departemen Pendidikan*

Nasional. Fakultas Geografi. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.

- Rahmawati, H. (2004). *Studi Karakteristik Massa Air dan Arus Geostropis di perairan Selatan Jawa Barat pada bulan Desember 2011*. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Research System (2000). *Envi Tutorial*.
- Saji, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran dan T. Yamagata. (1999). A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature Vol. 401*, 360–363.
- Vinayachandran, P. N., S. Lizuka dan T. Yamagata.. (2001). Indian Ocean Dipole Mode Events in an Ocean General Circulation Model. *Deep-Sea Res. II* 49 2002 1573–1596.
- Whitten, T., R. E. Soeriaatmadja dan Suraya A. Afif. (1999). *Ekologi Jawa dan Bali*. Jakarta: Prenhallindo.
- Xie, P., A. Yatagai, M. Chen, T. Hayasaka, Y. Fukushima, C. Liu dan S. Yang. (2007). A Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation over East Asia. *Journal of Hydrometeorology Vol. 8*: 607–626.