

## PENGEMBANGAN MODEL TELEKONEKSI ANTARA FENOMENA INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) DENGAN EL NIÑO MODOKI DAN PENGARUHNYA TERHADAP ANOMALI CURAH HUJAN EKSTRIM DI PULAU JAWA

### *DEVELOPMENT OF TELECONNECTION MODEL BETWEEN INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) PHENOMENA WITH EL NIÑO MODOKI AND THE EFFECT ON EXTREME RAINFALL ANOMALIES IN JAVA ISLAND*

Oleh: Novi Yoviyanti<sup>1)</sup>, Eddy Hermawan<sup>2)</sup>, Denny Darmawan<sup>1)</sup>

1) Universitas Negeri Yogyakarta

2) Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN

Email: nyoviyanti@gmail.com<sup>1)</sup>

#### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perilaku model dan pengaruh telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki terhadap anomali curah hujan di Semarang, Surabaya, dan Cilacap, serta memprediksi indeks hasil telekoneksi IOD dan El Niño Modoki untuk beberapa bulan ke depan. Wilayah kajian dalam penelitian ini meliputi Semarang, Surabaya, dan Cilacap dalam periode Januari 1981 – November 2017. Melalui metode Box-Jenkins, model prediksi yang didapatkan untuk data telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki adalah ARIMA (4,1,5) dengan persamaan  $Z_t = 1,4676 Z_{t-1} - 0,7158 Z_{t-2} + 0,8934 Z_{t-3} - 0,8046 Z_{t-4} + 0,1594 Z_{t-5} + 0,0000984 - 0,5145 a_{t-1} + 0,2196 a_{t-2} - 0,7085 a_{t-3} + 0,1696 a_{t-4} - 0,1551 a_{t-5}$ . Berdasarkan hasil analisis korelasi diketahui bahwa dampak telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki yang paling signifikan terjadi di wilayah Semarang dengan nilai koefisien korelasi -0,832 dan P-Value 0,000, dan lebih signifikan di musim basah daripada musim kemarau yang dijelaskan melalui analisis spasial. Hasil prediksi dengan menggunakan model ARIMA (4,1,5) untuk 6 bulan kedepan (Desember 2017 - Mei 2018) mengatakan bahwa nilai aSML IOD+EMI masih berada dalam kisaran nilai -0,5°C sampai 0,5°C yang berarti masih dalam kondisi normal.

**Kata Kunci:** IOD, El Niño Modoki, Curah Hujan Ekstrim.

#### Abstract

*The purpose of this study was to analyze model behavior and teleconnection effects between IOD and El Niño Modoki on rainfall anomalies in Semarang, Surabaya and Cilacap, and to predict index teleconnection results of IOD and El Niño Modoki for the next few months.. The areas of this study included Semarang, Surabaya and Cilacap in the period of January 1981 - November 2017. Through Box-Jenkins method, the prediction model obtained for teleconnection data between IOD and El Niño Modoki is ARIMA (4,1,5) with equation of  $Z_t = 1,4676 Z_{t-1} - 0,7158 Z_{t-2} + 0,8934 Z_{t-3} - 0,8046 Z_{t-4} + 0,1594 Z_{t-5} + 0,0000984 - 0,5145 a_{t-1} + 0,2196 a_{t-2} - 0,7085 a_{t-3} + 0,1696 a_{t-4} - 0,1551 a_{t-5}$ . Based on the result of correlation analysis, teleconnection impact between IOD and El Niño Modoki is the most significant in Semarang region with correlation coefficient value of -0,832 and P-Value of 0,000, and more significant in wet season than dry season as explained by spatial analysis. Prediction results using ARIMA model (4,1,5) for the next 6 months (December 2017 - May 2018) said that IOD + EMI SSTA value is still within the range of -0,5°C to 0,5°C which means it is still in normal condition.*

**Keywords:** IOD, El Niño Modoki, Extreme Rainfall.

#### PENDAHULUAN

Indonesia terletak di wilayah tropis yang dilalui oleh garis khatulistiwa, diapit oleh dua benua (Asia dan Australia), dan dua samudera (Pasifik dan Hindia). Letak geografis yang unik menyebabkan cuaca dan iklim di Indonesia sangat kompleks dan

dinamis. Kondisi cuaca dan iklim yang tidak normal di Indonesia sering terjadi karena pengaruh fenomena iklim global. Dalam membahas cuaca dan iklim tidak akan lepas dari interaksi antara daratan, lautan maupun udara di suatu wilayah. Berdasarkan hal tersebut maka sangat menarik apabila dilakukan

pengkajian mengenai interaksi antara daratan, lautan, dan udara serta pengaruhnya untuk memprediksi cuaca dan iklim.

Pada tahun 1997, dua kelompok peneliti dari Jepang menemukan suatu fenomena yang mirip dengan El Niño di daerah Samudera Hindia. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa suhu masa air di sepanjang ekuator Samudera Hindia cenderung berosilasi yang mengakibatkan perubahan suhu permukaan laut dalam skala besar sehingga berpengaruh terhadap pola iklim di daerah sekitarnya, termasuk pola curah hujan di Indonesia. Fenomena ini dikenal dengan sebutan IOD (*Indian Ocean Dipole*). *Dipole mode* umumnya terjadi secara bebas dan merupakan fenomena kopel atmosfer-laut di Samudera Hindia Tropis (Saji *et al.*, 1999; Webster *et al.*, 1999; Ashok *et al.*, 2001).

Fenomena IOD positif ditunjukkan dengan pusat tekanan rendah berada di pantai timur Afrika yang menyebabkan bergesernya pusat konveksi di wilayah Indonesia bagian barat menuju ke arah timur Afrika sehingga intensitas curah hujan di wilayah Indonesia relatif rendah. Sebaliknya, saat IOD negatif pusat tekanan rendah berada di pantai barat Pulau Sumatera sehingga pusat konveksi bergeser dari timur Afrika ke pantai barat Pulau Sumatera, yang menghasilkan curah hujan yang relatif tinggi di wilayah Indonesia.

Sementara di Samudera Pasifik Tropis, Ashok *et al.* (2007) telah melakukan kajian terhadap anomali suhu muka laut yang terjadi pada tahun 2004 terkait dengan pola penghangatan dan pola interaksinya. Hasil kajian tersebut memperkenalkan suatu istilah yang menggambarkan pola anomali penghangatan suhu muka laut yang berbeda dari biasanya, yang dikenal dengan istilah El Niño Modoki. Kejadian El Niño Modoki ditunjukkan dengan adanya kolam panas yang terkonsentrasi

hanya di bagian tengah Samudera Pasifik ekuator, sedangkan di bagian timur dan baratnya tetap dingin.

Penelitian Konrad (1997) menyatakan bahwa telekoneksi sering diamati pada kejadian iklim yang terpisah pada jarak ribuan kilometer. Hal ini konsisten dengan kejadian IOD dan El Niño Modoki yang mana kejadian tersebut berlangsung di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Kajian tentang peran IOD dan El Niño Modoki secara terpisah sebagai fenomena dalam sistem iklim di kawasan tropis telah banyak dilakukan. Namun peran dan dampak fenomena tersebut jika terjadi secara bersamaan terhadap curah hujan di Indonesia belum banyak diketahui. Berdasarkan hal tersebut perlu untuk dilakukan analisis lebih lanjut mengenai dampak IOD dan El Niño Modoki saat keduanya terjadi secara bersamaan untuk memprediksi cuaca atau iklim di Indonesia.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN (Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional) Bandung. Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2018 sampai Juli 2018.

### **Teknik Pengambilan Data**

Proses pengambilan data yang dilakukan yaitu mengunduh data bulanan iklim global yaitu indeks IOD dan Indeks El Niño Modoki di web [www.jamstec.go.jp](http://www.jamstec.go.jp) serta mengunduh data satelit curah hujan bulanan CHIRPS di 3 stasiun penelitian untuk wilayah Semarang, Surabaya, dan Cilacap melalui web <https://iridl.ldeo.columbia.edu>. Masing-masing data diambil dalam periode Januari 1981 – November 2017.

### **Pengolahan Data**

Model hasil telekoneksi IOD dan El Niño Modoki yang dihasilkan kemudian digunakan untuk memprediksi data telekoneksi untuk beberapa bulan kedepan dan model juga diaplikasikan ke dalam kondisi ekstrim terakhir, yaitu pada musim kemarau panjang pada tahun 2015 dan musim basah panjang tahun 2016. Selanjutnya diamati *time series* antara curah hujan dengan model telekoneksi IOD dan El Niño Modoki untuk melihat bagaimana hubungan kejadian antara keduanya. Hubungan keduanya juga diperkuat dengan adanya analisis korelasi. Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara anomali curah hujan terhadap IOD dan El Niño Modoki di setiap wilayah kajian. Keeratan hubungan ini dijelaskan melalui nilai koefisien korelasi (*r*). Dengan menggunakan periode data bulanan 2015-2016, diperoleh koefisien korelasi curah hujan untuk masing-masing wilayah kajian. Selanjutnya untuk mempermudah melihat distribusi curah hujan bulanan pada kondisi ekstrim maka dilakukan teknik analisis spasial, salah satunya dengan cara plot Hovmoller. Teknik ini digunakan untuk melihat bagaimana pergerakan curah hujan secara spasial.

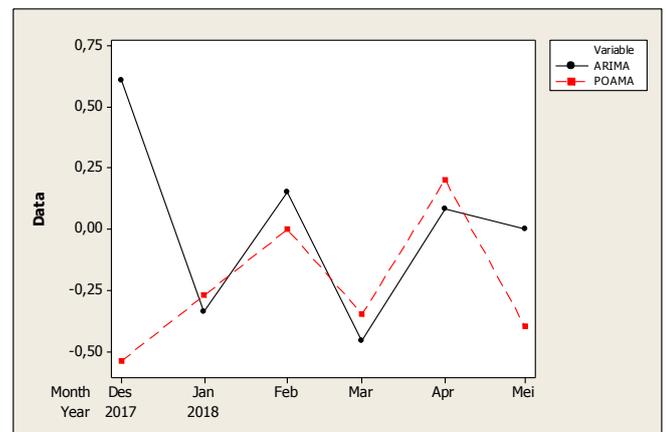
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Melalui metode Box-Jenkins, model prediksi yang didapatkan untuk data telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki adalah ARIMA (4,1,5) dengan persamaan  $Z_t = 1,4676 Z_{t-1} - 0,7158 Z_{t-2} + 0,8934 Z_{t-3} - 0,8046 Z_{t-4} + 0,1594 Z_{t-5} + 0,0000984 - 0,5145 a_{t-1} + 0,2196 a_{t-2} - 0,7085 a_{t-3} + 0,1696 a_{t-4} - 0,1551 a_{t-5}$ . Model tersebut digunakan untuk memprediksi data telekoneksi hingga Mei 2018 yang ditunjukkan pada Tabel 1. Selanjutnya adalah mengidentifikasi pola data indeks IOD+EMI yang telah diprediksi. Hal ini dilakukan dengan cara mengplot data hasil prediksi (Gambar 1). Data hasil prediksi menunjukkan bahwa data tersebut masih berada dalam kisaran nilai -0,5°C

sampai 0,5°C yang berarti masih dalam kondisi normal. Hal ini juga didukung oleh hasil prediksi dari POAMA (*Predictive Ocean Atmosphere Model for Australia*), sehingga pada tahun ini kondisi telekoneksi IOD dan El Niño Modoki masih normal, dengan kata lain diduga faktor monsunal yang akan mendominasi dalam mempengaruhi perilaku curah hujan di tahun 2018.

Tabel 1. Nilai Prediksi Indeks IOD+EMI Hasil Model ARIMA dan Hasil POAMA

Bulan	Prediksi ARIMA	Prediksi POAMA	Selisih
Des-17	0,61	-0,54	1,15
Jan-18	-0,34	-0,27	0,07
Feb-18	0,15	0,00	0,15
Mar-18	-0,46	-0,35	0,11
Apr-18	0,08	0,20	0,12
Mei-18	0,00	-0,40	0,40
Rerata	0,01	-0,23	0,33



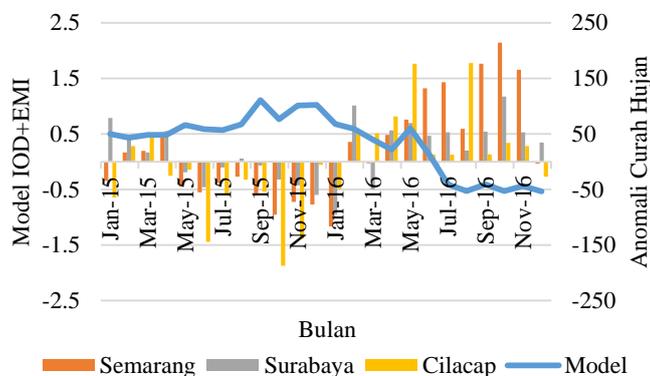
Gambar 1. Plot Data Hasil Prediksi IOD+EMI dengan Model ARIMA (4,1,5) dan POAMA Periode Desember 2017- Mei 2018

Selanjutnya dilakukan aplikasi terhadap kondisi curah hujan ekstrim.

**1. Analisis Temporal**

Aplikasi terhadap kondisi cuaca ekstrim dilakukan dengan menganalisis jangka pendek pada tahun terakhir terjadinya kondisi ekstrim kemarau dan ekstrim basah yaitu pada tahun 2015 dan 2016.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa data curah hujan dan data model IOD+EMI memiliki fase yang berbeda. Saat IOD+EMI berfase positif, curah hujan di wilayah kajian mengalami penurunan.



Gambar 2. Time Series Anomali Curah Hujan dan Model IOD+EMI Periode 2015-2016

Sebaliknya, ketika IOD+EMI berada pada fase negatif, curah hujan di wilayah kajian mengalami kenaikan curah hujan. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa puncak positif kejadian IOD+EMI terjadi pada bulan September 2015 sedangkan puncak negatif kejadian IOD+EMI terjadi pada bulan Oktober 2016.

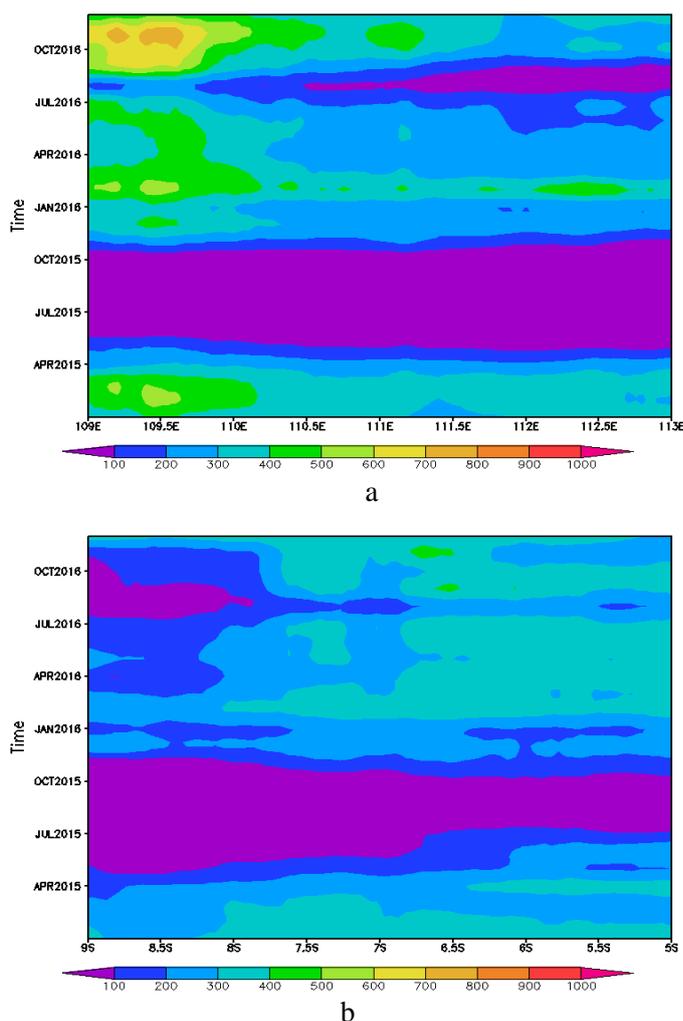
## 2. Analisis Spasial

Plot Hovmoller digunakan secara luas dalam oseanografi dan meteorologi. Pada penelitian ini digunakan untuk melihat bagaimana pergerakan curah hujan spasial terhadap waktu pada kondisi ekstrim. Gambar 3 menunjukkan distribusi spasial curah hujan bulanan pada kondisi ekstrim kemarau 2015 dan esktrim basah 2016. Pada kondisi ekstrim kemarau 2015, hampir seluruh Pulau Jawa mengalami penurunan curah hujan yang dimulai dari bulan Mei 2015 hingga November 2015, sedangkan pada kondisi ekstrim 2016, wilayah Cilacap ( $109^{\circ}$ BT) dan Semarang ( $110^{\circ}$ BT) sudah mengalami hujan dari bulan Januari 2016, kemudian disusul Surabaya ( $112^{\circ}$ BT) pada bulan Februari 2016, dan memiliki puncak musim basah pada Oktober 2016.

Analisis spasial Hovmoller pada Gambar 3a menunjukkan bahwa wilayah barat Pulau Jawa

mengalami peningkatan curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan wilayah timur yang ditandai dengan warna yang semakin merah pada kawasan barat. Hal ini disebabkan angin muson barat yang membawa

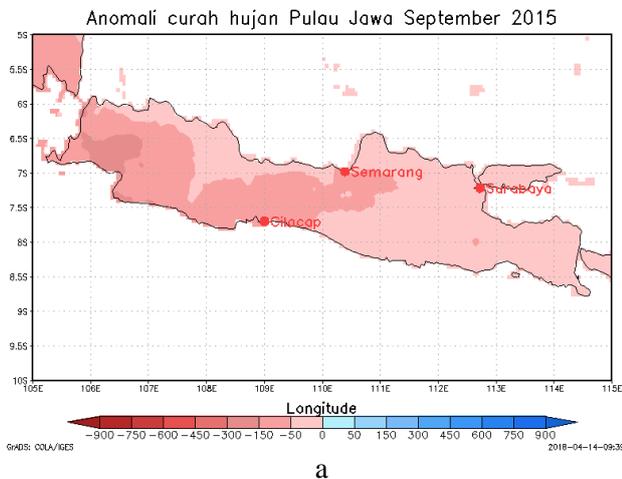
banyak uap air melewati kawasan Indonesia barat sehingga curah hujan di kawasan barat lebih banyak.



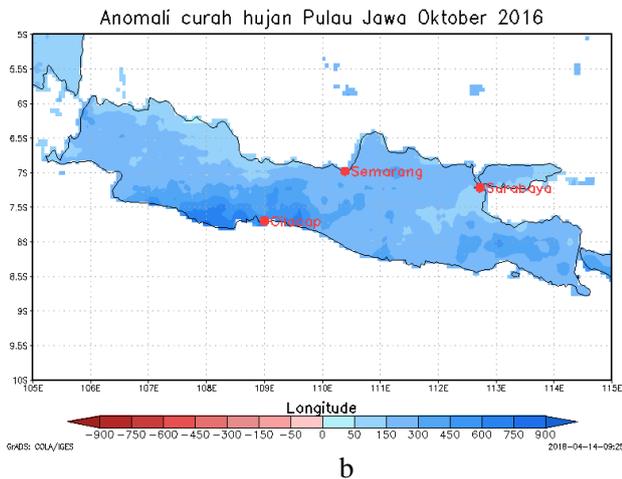
Gambar 3. Analisis Spasial Hovmoller Curah Hujan Bulanan Plot (a) Bujur dan (b) Lintang Pulau Jawa Pada Saat Kondisi Ekstrim 2015-2016

Berdasarkan Gambar 3b dapat dilihat bahwa Pulau Jawa bagian selatan akan mengalami penurunan curah hujan lebih panjang dibandingkan dengan wilayah utara. Hal ini dipengaruhi oleh garis lintang, dimana semakin jauh dari garis lintang  $0^{\circ}$ ,

suhu semakin rendah sehingga tidak terjadi penguapan air dan menyebabkan hujan tidak banyak turun.



a



b

Gambar 4. Distribusi Anomali Curah Hujan Pulau Jawa Pada Puncak Kondisi (a) Ekstrim Kemarau 2015 dan (b) Ekstrim Basah 2016

Dari Gambar 4 dapat dilihat adanya dua puncak kondisi yang sangat berbeda, yaitu kondisikemarau dan kondisi basah. Pada Gambar 4a seluruh Pulau Jawa saat puncak kemarau 2015 digambarkan oleh warna merah dengan anomali curah hujan bernilai negatif yang berarti curah hujan berada di bawah normal atau mengalami penurunan curah hujan. Hal sebaliknya terjadi pada puncak musim basah (Gambar 4b) dimana hampir seluruh Pulau Jawa berwarna biru dengan anomali bernilai positif yang menunjukkan curah hujan di atas normal.

Dengan adanya telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki mengakibatkan suhu muka laut semakin hangat dan memicu terbentuknya awan konvektif sehingga kondisi akan semakin basah pada musim hujan. Ketika musim kemarau, suhu muka laut mendingin dan menyebabkan bergesernya awan konvektif sehingga kondisi akan semakin kering.

### 3. Analisis Korelasi

Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara anomali curah hujan terhadap IOD dan El Niño Modoki di setiap wilayah kajian. Keeratan hubungan ini dijelaskan melalui nilai koefisien korelasi ( $r$ ). Dengan menggunakan periode data bulanan 2015-2016, diperoleh koefisien korelasi curah hujan untuk masing-masing wilayah kajian.

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa IOD di masing-masing wilayah memiliki pengaruh yang lebih kuat, ditandai dengan hubungan korelasi yang lebih besar dan signifikan dibandingkan dengan El Niño Modoki. Nilai signifikansi ( $P$ -Value) El Niño Modoki di wilayah Surabaya dan Cilacap jauh melebihi batas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa El Niño Modoki tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada kedua wilayah tersebut. Pada saat telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki, wilayah Semarang mendapatkan dampak telekoneksi yang paling signifikan, hal itu dilihat dari nilai koefisien korelasi yang besar dan signifikan dibandingkan dengan wilayah yang lainnya.

Tabel 2. Koefisien Korelasi Anomali Curah Hujan Terhadap IOD dan El Niño Modoki

Kota	Korelasi					
	IOD	$P$ -Value	EMI	$P$ -Value	IOD+EMI	$P$ -Value
Semarang	-0,729	0,000	-0,661	0,000	-0,832	0,000
Surabaya	-0,601	0,002	-0,296	0,161	-0,532	0,007
Cilacap	-0,597	0,002	-0,261	0,218	-0,509	0,011

Nilai korelasi negatif pada Tabel 2 mengindikasikan variabel memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan gradien negatif. Artinya, pada saat anomali SML IOD dan El Niño Modoki meningkat, maka curah hujan wilayah Indonesia khususnya yang bertipe Monsun akan menurun, hal sebaliknya juga berlaku.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan penelitian tentang model telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki dan pengaruhnya terhadap anomali curah hujan ekstrim di Pulau Jawa, maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Untuk kondisi ekstrim 2015-2016 dampak telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki yang paling signifikan terjadi di wilayah Semarang dengan nilai koefisien korelasi  $-0,832$  dan  $P\text{-Value}$   $0,000$ . Faktor yang dominan untuk semua wilayah kajian pada kondisi ekstrim 2015-2016 adalah IOD.
2. Hasil prediksi dengan menggunakan model ARIMA (4,1,5) untuk 6 bulan ke depan (Desember 2017 - Mei 2018) menunjukkan bahwa nilai anomali suhu muka laut IOD+EMI masih berada dalam kisaran nilai  $-0,5^{\circ}\text{C}$  sampai  $0,5^{\circ}\text{C}$  yang berarti masih dalam kondisi normal. Hal ini juga didukung oleh hasil prediksi dari POAMA, sehingga pada tahun ini kondisi telekoneksi IOD dan El Niño Modoki masih normal, dengan kata lain diduga faktor Monsun

yang akan mendominasi perilaku curah hujan di tahun ini.

### Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Dalam menganalisis dampak telekoneksi antara IOD dan El Niño Modoki diharapkan juga dapat memasukkan fenomena Monsun di dalamnya.
2. Selain itu, untuk pemilihan wilayah kajian diusahakan pada wilayah yang lebih sensitif misalnya pada kawasan pantura Jawa dan sepanjang pantai barat Sumatera.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ashok, K., Z. Guan, and T. Yamagata. 2001. Impact of the Indian Ocean dipole on the relationship between the Indian monsoon rainfall and ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4499– 4502.
- Ashok K, Behera SK, Rao SA, Weng H, dan Yamagata T. 2007. El Niño Modoki and Its Teleconnection. *J Geophys Res* 112: C11007. doi:10.1029/2006JC003798.
- Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. 2018. El Niño Modoki Index Monthly Data. Diakses dari <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/DATA/emi.monthly.txt>. pada tanggal 20 Februari 2018.
- Saji NH, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran and T. Yamagata. 1999. *A Dipole Mode in The Tropical Indian Ocean*. in Macmillan Magazines Ltd, *Nature*, Vol.401.
- Webster, P. J., A. Moore, J. Loschnigg, and M. Leber. 1999. Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997 – 98. *Nature*, 401, 356 – 360.