

Variabilitas Suhu di Samudera India Pada Saat *Indian Ocean Dipole* Positif Tahun 2006

Septi Johan^{1*}, Ivonne M. Radjawane², Iskhaq Iskandar³, Henny Johan⁴ & Supiyati¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu, 38371, Indonesia

²Program Studi Oseanografi, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10, Bandung

³Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

⁴Pascasarjana S2 IPA FKIP, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author: septi_johan15@unib.ac.id

Received: 2024-12-28. Revised: 2025-01-05. Accepted: 2025-04-30

ABSTRACT

The Indian Ocean Dipole (IOD) is a phenomenon of ocean and atmosphere interaction characterized by differences in sea surface temperature between the eastern (90°E-110°E and 10°S-0°N) and western (50°E-70°E and 10°S-10°N) of Indian Ocean. This study examines the variability of the temperature of the Indian Ocean during the positive evolution of the Indian Ocean Dipole (IOD) in 2006. The data used in this research are Sea Surface Temperature (SST) data, wind data, monthly Sea Surface Height (SSH) data and current velocity data. zonal. These data were then analyzed using a low-pass filter with a 13-month cut-off period to observe the IOD phenomenon. The results of this study indicate that positive IOD evolution in 2006 was identified through the IOD Index, this is also supported by the results of temperature data analysis. Based on temperature data, there is a pattern of temperature differences between the eastern and western regions of the Indian Ocean. In May, the surface temperature begins to decrease, indicating the start of the IOD evolutionary phase. IOD began to occur in May with a temperature of -0.5°C. Over time, IOD evolution reaches a peak in September-October with a temperature of -1.8°C and begins to experience evolutionary decay in November-December with a temperature of -0.2°C. IOD evolution that occurs on the surface is influenced by zone currents and surface wind movements that move to the left. The positive IOD movement to the west also affects the decrease in sea level in the west coast of Sumatra which is marked by a negative value of SSHA.

Keywords: *Indian Ocean Dipole, Lowpass Filter, Temperature*

ABSTRAK

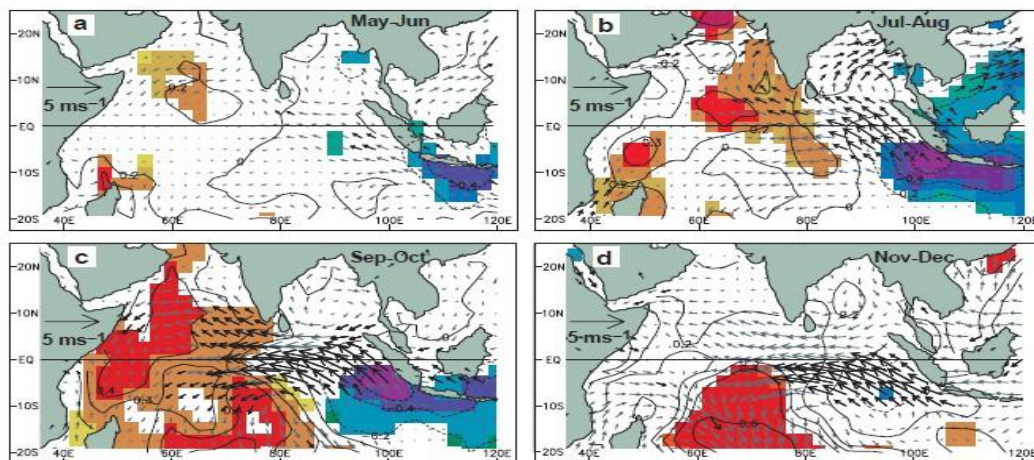
Indian Ocean Dipole (IOD) adalah fenomena interaksi laut dan atmosfer yang ditandai dengan adanya perbedaan suhu permukaan laut antara wilayah timur (90°E-110°E dan 10°S-0°N) dan barat (50°E-70°E dan 10°S-10°N) Samudra Hindia. Penelitian ini mengkaji tentang variabilitas suhu Samudera Hindia pada saat evolusi *Indian Ocean Dipole* (IOD) positif tahun 2006. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data *Sea Surface Temperatur* (SST), data Angin, data *Sea Surface Height* (SSH) bulanan dan data kecepatan arus zonal. Data-data ini kemudian dianalisis menggunakan *lowpass filter* dengan periode *cut off* sebesar 13-bulanan untuk melihat fenomena IOD. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa evolusi IOD positif tahun 2006 teridentifikasi melalui Indeks IOD, hal ini didukung juga dengan hasil analisis data suhu. Berdasarkan data suhu, terdapat pola perbedaan suhu antara wilayah timur dan wilayah barat Samudera Hindia. Pada bulan mei, suhu permukaan mulai mengalami penurunan yang menandakan dimulainya fase evolusi IOD. IOD mulai terjadi pada bulan mei dengan suhu -0,5°C. Seiring dengan berjalannya waktu, evolusi IOD mencapai puncak pada bulan September-Oktober dengan suhu -1,8°C dan mulai mengalami peluruhan evolusi pada bulan November-Desember dengan suhu -0,2°C. Evolusi IOD yang terjadi dipermukaan dipengaruhi karena adanya arus zona dan pergerakan angin permukaan yang bergerak ke kiri. Pergerakan IOD

positif ke arah barat turut mempengaruhi turunnya tinggi permukaan laut di wilayah pantai barat sumatera ditandai dengan nilai negatif dari SSHA.

Kata Kunci: *Indian Ocean Dipole, Lowpass Filter, Suhu*

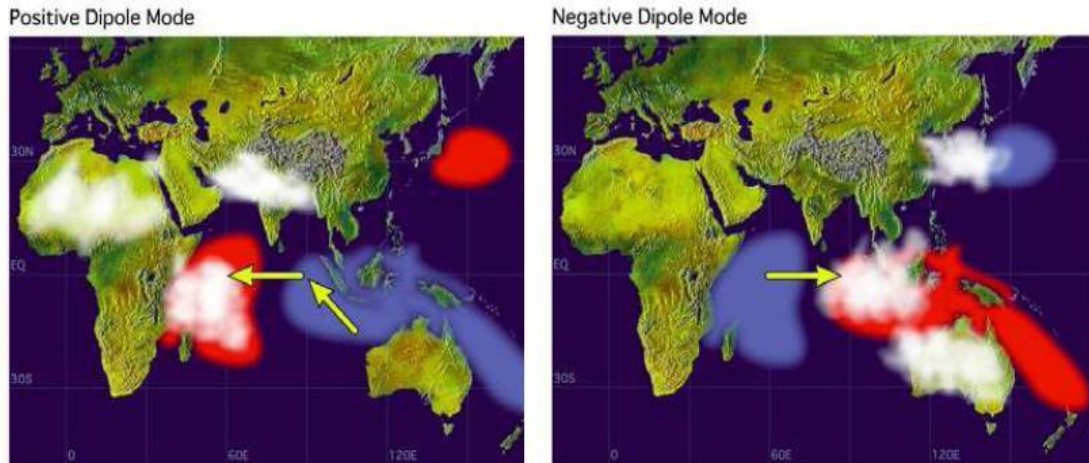
PENDAHULUAN

Dinamika osilasi arus dalam skala antar-tahunan yang terjadi di Samudra India salah satunya disebabkan oleh fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). IOD terindikasi berdasarkan perbedaan suhu permukaan laut antara wilayah timur (90°E - 110°E dan 10°S - 0°N) dan barat (50°E - 70°E dan 10°S - 10°N) Samudra Hindia (Saji, *dkk.*, 1999). Perbedaan kedua wilayah ini dapat dilihat dari variasi data angin permukaan, data SST (*Sea Surface Temperatur*), data SSH (*Sea Surface Height*), data curah hujan dan data OLR. Evolusi IOD dimulai dengan mendinginnya (menghangatnya) wilayah timur Samudra India pada bulan Mei-Juni, seiring dengan bertambahnya waktu evolusi mencapai puncak pada bulan September-Oktober dan mulai meluruh pada bulan November-Desember yang menandakan berakhirnya evolusi IOD positif (negatif) di permukaan (Saji, *dkk.*, 1999; Vinayachandran, *dkk.*, 2002; Rao, *dkk.*, 2002; Iskandar, 2012; Iskandar, *dkk.*, 2014; Sakova, 2010) seperti yang terlihat pada Gambar 1.



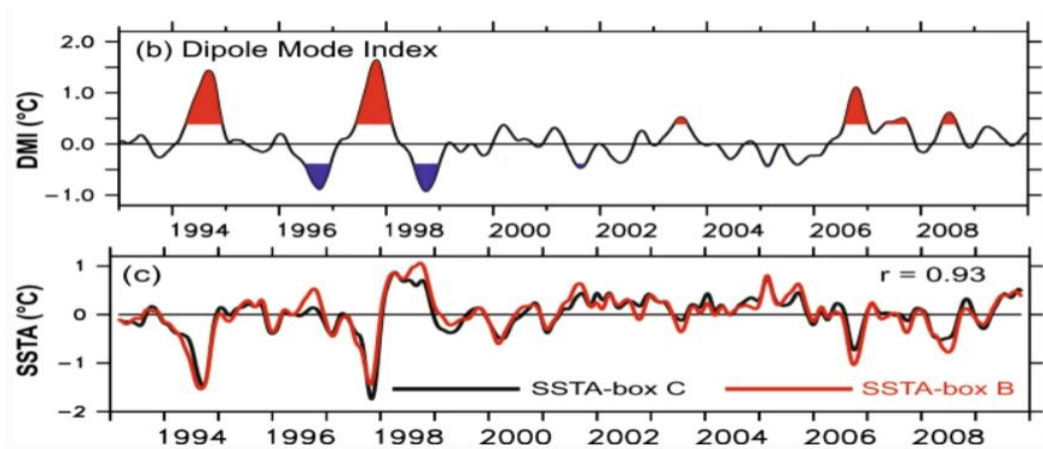
Gambar 1. Evolusi IOD positif berdasarkan data anomali SST dan anomali Angin permukaan (Sumber: Saji *dkk.*, 1999).

Ketika wilayah timur memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah barat, tekanan di wilayah timur menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah barat. Akibatnya, menimbulkan anomali aliran angin ke arah barat yang dinamakan sebagai angin timuran. Pergerakan anomali angin ke arah barat ini akan menggerakkan massa air yang berada di bawahnya, sehingga mengakibatkan turunnya tinggi permukaan laut di wilayah timur dan naiknya tinggi permukaan laut di wilayah barat. Kejadian ini disebut sebagai IOD positif. Hal sebaliknya jika temperatur di wilayah barat lebih rendah dibandingkan dengan temperatur di wilayah timur (Saji, *dkk.*, 1999; Webster, *dkk.*, 1999; Murtugude, *dkk.*, 2000). Perbedaan temperatur ini mengakibatkan timbulnya aliran anomali angin ke arah timur yang dinamakan angin baratan. Pergerakan anomali angin ke arah timur mengakibatkan turunnya tinggi permukaan laut di wilayah barat dan naiknya tinggi permukaan laut di wilayah timur. Kejadian ini disebut sebagai IOD negative seperti yang terlihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. (a) IOD positif dan (b) IOD negatif. Warna merah menyatakan massa air dengan temperatur yang tinggi dan warna biru menyatakan massa air dengan temperatur yang rendah. Arah panah menyatakan arah pergerakan massa air ketika evolusi berlangsung. Warna putih menyatakan lokasi terbentuknya awan konvektif yang besar (Sumber: <http://www.jamstec.go.jp/frege/research/dl/iod/>)

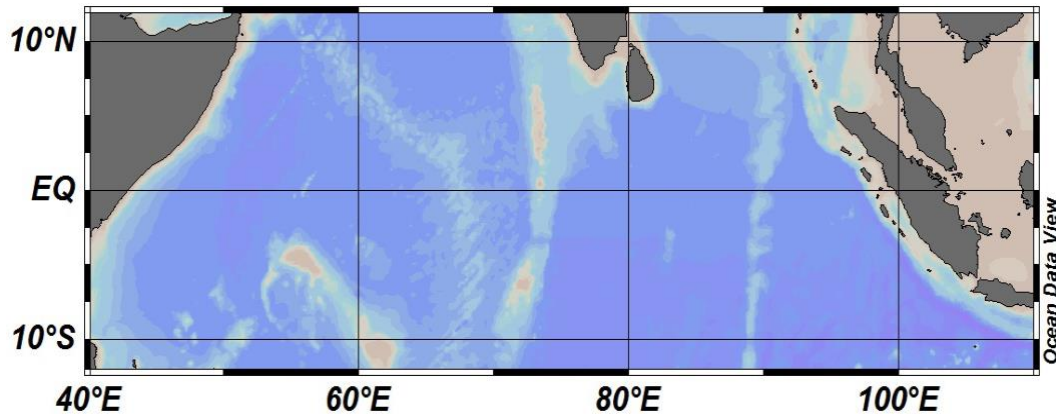
Beberapa fokus penelitian yang telah dilakukan adalah melihat evolusi IOD baik IOD positif maupun IOD negatif yang terjadi di permukaan dengan menggunakan data angin permukaan dan data *Sea Surface Temperatur* (SST). Selama evolusi IOD positif 1994 dan 1997, angin timuran mendominasi wilayah Samudra (Vinayachandra, *dkk.*, 1999; Iskandar, *dkk.*, 2014; Iskandar, 2012) dan selama evolusi IOD negatif 1996 angin baratan mendominasi wilayah Samudra India (Vinayachandra, *dkk.*, 1999). Berdasarkan DMI *dipole mode indeks*, IOD positif kuat Kembali terjadi pada tahun 2006 seperti yang terlihat pada Gambar 3 dibawah ini. Penelitian ini bertujuan untuk melihat evolusi IOD positif tahun 2006 berdasarkan data suhu (SST), angin, arus zonal dan tinggi permukaan laut (SSH).



Gambar 3. *Dipole Mode Indeks* dan Suhu rata-rata selama tahun 1994-2008(sumber: <https://geoscienceletters.springeropen.com/>)

MATERI DAN METODE

Daerah kajian penelitian ini adalah Samudera Hindia yang berada pada posisi 12°S hingga 12°N dan 40°E hingga 110°E seperti yang terlihat pada Gambar 4 di bawah ini. Data yang digunakan pada penelitian ini data suhu (*Sea Surface Temperatur*) yang diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) pada situs <ftp://ftp.cdc.noaa.gov/dataset/noaa.oisst.v2.highes>. data angin diperoleh dari situs ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), data tinggi permukaan (SSH) diperoleh pada *Simple Ocean Data Assimilation* (SODA) pada situs GIESEL.SODA.v2p2p4. Dan data arus diperoleh dari *Ocean Surface Current Analysis-Real Time* (OSCAR) pada situs www.oscar.noaa.gov/datadisplay/oscar.datadownload.php/pagetype-nonjava..

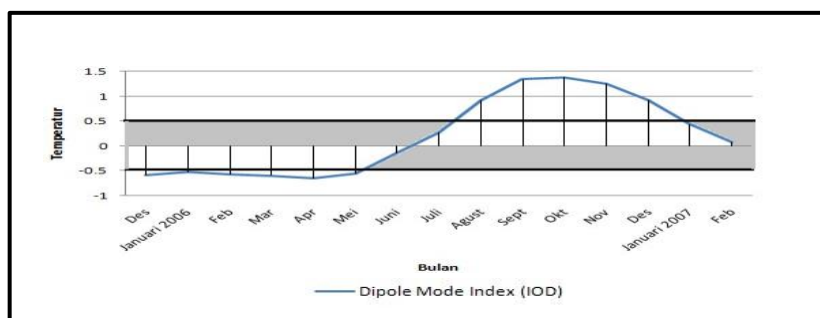


Gambar 4. Wilayah kajian (Sumber: Ocean Data View, 2011)

Data yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang data 10 tahun (1998-2008) dengan tahun pengamatan adalah tahun 2006. Pengolahan data dilakukan menggunakan software *Grid Analysis and Display System* (GrADS). Pengolahan data dimulai dengan mencari anomali dari masing-masing data. Setelah mendapatkan data anomali, kemudian dilakukan filtering. Filtering yang digunakan adalah metode *lowpass filter* (Emery, dkk., 2004). Untuk mengetahui pengaruh fenomena antar tahun (*Indian Ocean dipole*) pada setiap data, dilakukan *lowpass filter* untuk menghilangkan pengaruh musiman dengan periode *cut off* sebesar 13 bulanan.

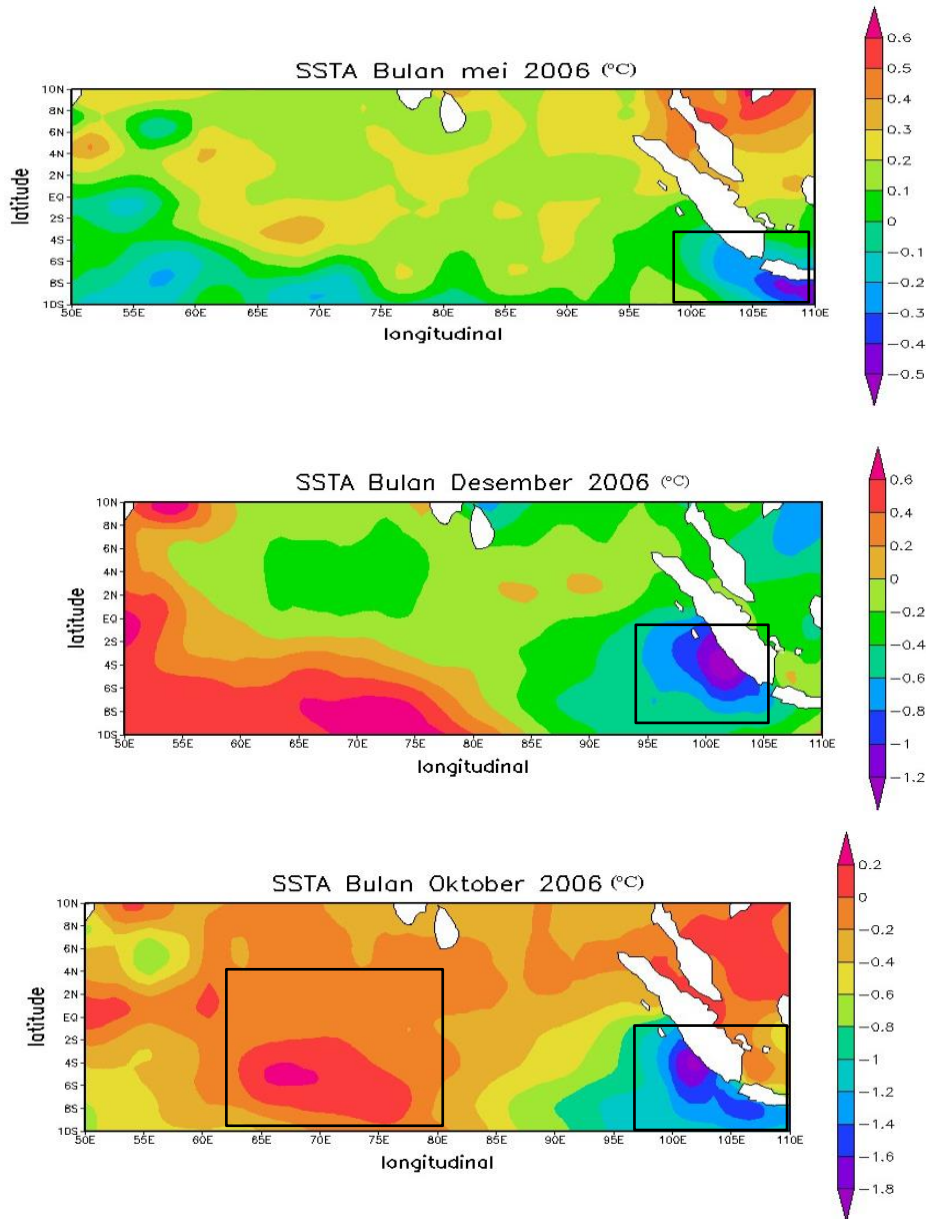
HASIL DAN PEMBAHASAN

Evolusi IOD positif tahun 2006 teridentifikasi melalui Indeks IOD (*Dipole Mode Index* atau DMI) yang diberikan pada Gambar 5. Berdasarkan gambar, nilai indeks IOD mulai mengalami kenaikan pada bulan Mei 2006, mencapai puncak pada bulan September-Oktober dan mulai mengalami penurunan pada bulan November-Desember yang menandakan berakhirnya evolusi IOD positif di permukaan.



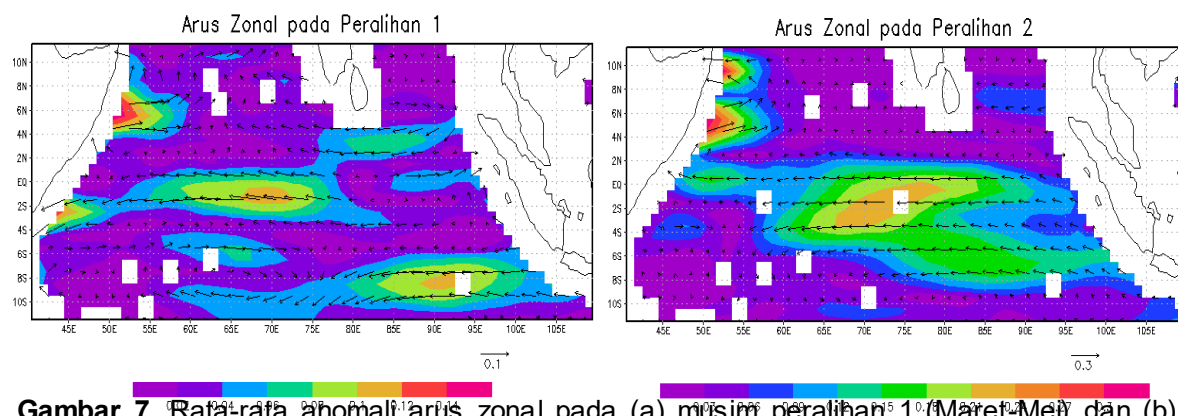
Gambar 5. Indeks IOD tahun 2006

Berdasarkan data anomali SST tahun 2006, evolusi IOD di permukaan dimulai dengan mendinginnya wilayah timur Samudra India (pantai Selatan Jawa) pada bulan Mei dengan nilai anomali negatif sebesar $-0,5^{\circ}\text{C}$. Seiring dengan berjalannya waktu, evolusi IOD mencapai puncak pada bulan Oktober dengan nilai anomali negatif sebesar $-1,8^{\circ}\text{C}$. Ketika wilayah timur mengalami pendinginan maksimum, wilayah barat menghangat dengan nilai anomali positif sebesar $-0,2^{\circ}\text{C}$. Pada bulan November- Desember nilai anomali negatif mulai mengalami pengurangan yang mendakan mulai meluruhnya evolusi IOD positif di permukaan. Evolusi IOD di permukaan sesuai dengan Indeks IOD positif yang ditunjuk oleh Gambar 5. Evolusi IOD di permukaan diberikan pada Gambar 6.

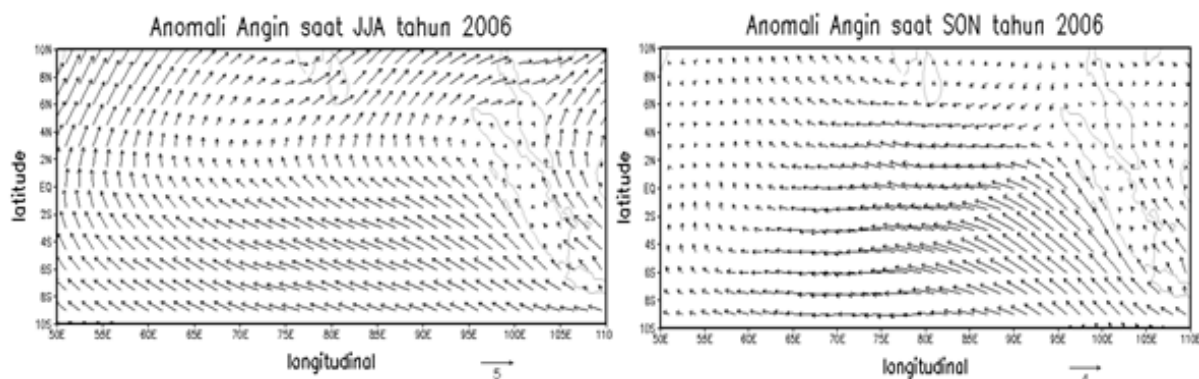


Gambar 6. Anomali SST selama evolusi IOD positif di permukaan. (a) Fase pendinginan, dan (b) Fase puncak c adalah fase peluruhan. Warna biru adalah nilai anomali negatif SST yang menandakan terjadinya pendinginan dan warna merah adalah nilai anomali positif SST yang menandakan terjadinya penghangatan.

Selama evolusi IOD positif berlangsung, permukaan didominasi oleh nilai anomali negatif arus zonal. Nilai anomali negatif menyatakan arus bergerak ke kiri atau bergerak ke arah barat Samudra India dan turut mempercepat evolusi IOD positif di permukaan. Pergerakan arus zonal permukaan ke arah barat dibangkitkan oleh angin timuran selama evolusi IOD positif tahun 2006 berlangsung. Ketika arus zonal terjadi pada tahun-tahun dimana sedang terjadi IOD, baik IOD positif maupun IOD negatif, pergerakan arus zonal di permukaan dipengaruhi oleh evolusi IOD. Arus zonal akan menguat ketika terjadi IOD negatif dan melemah bahkan berubah arah ketika terjadi IOD positif (Vinayachandran, *dkk.*, 2002). Berdasarkan data arus zonal permukaan, selama evolusi IOD arus zonal bergerak ke arah barat seperti yang terlihat pada Gambar 7 Arus ini dipengaruhi oleh angin timuran yang berhembus sepanjang ekuator ke arah barat selama evolusi IOD positif tahun 2006 berlangsung. Anomali arus zonal yang bergerak ke arah barat berperan penting dalam pendinginan yang terjadi di wilayah timur Samudra India yang merupakan mulainya evolusi IOD positif di permukaan (Rao, *dkk.*, 2009).

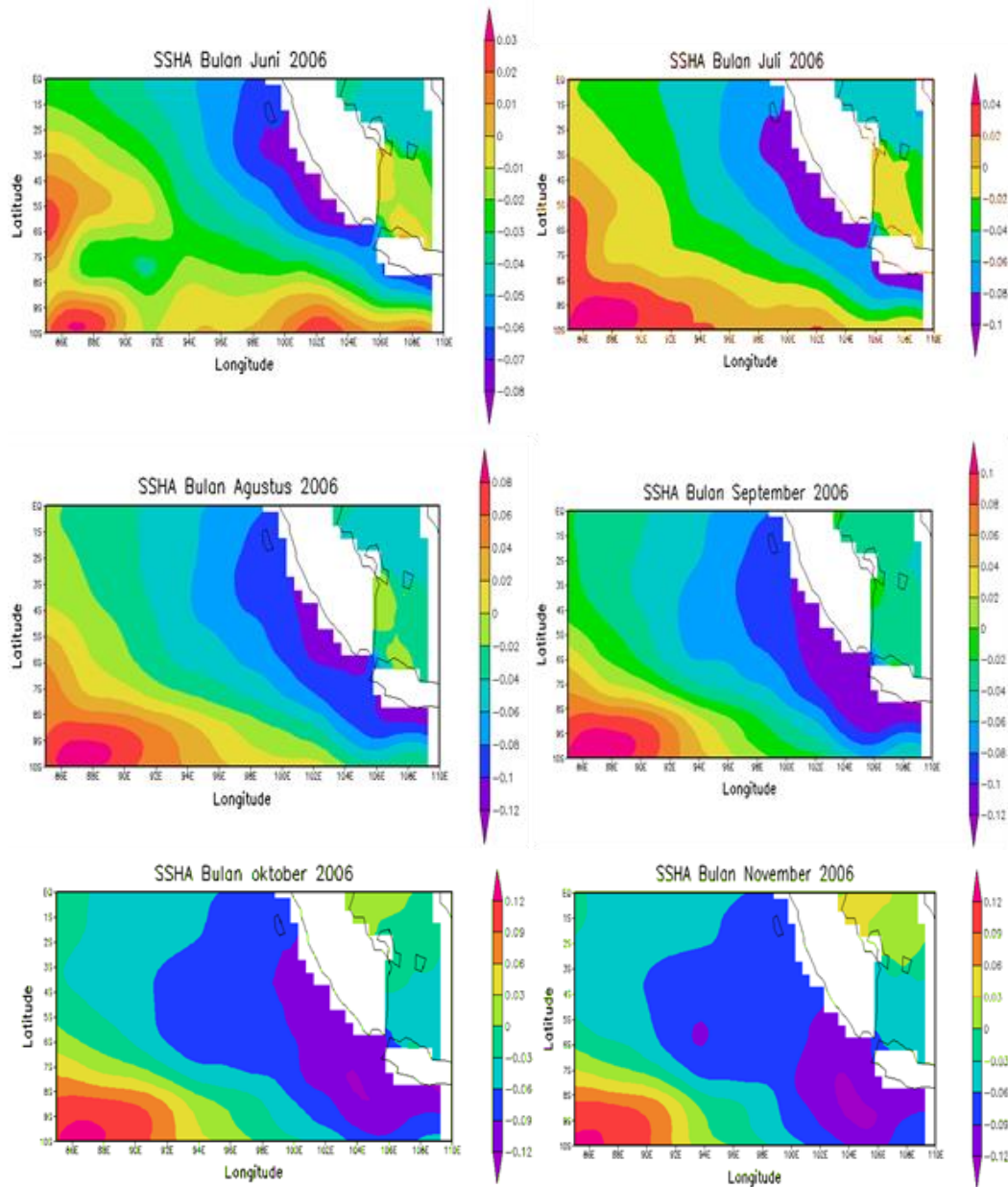


Gambar 7. Rata-rata anomali arus zonal pada (a) musim peralihan 1 (Maret-Mei) dan (b) musim peralihan 2 (September-November) selama evolusi IOD positif tahun 2006. Data arus zonal diolah menggunakan metode *Lowpass Filter* dengan periode *cut off* sebesar 13-bulanan.



Gambar 8 Rata-rata anomali angin pada (a) musim peralihan 1 (Maret-Mei) dan (b) musim peralihan 2 (September-November) selama evolusi IOD positif tahun 2006. Data angin diolah menggunakan metode *Lowpass Filter* dengan periode *cut off* sebesar 13-bulanan.

Pergerakan anomali angin ke arah barat mengakibatkan turunnya tinggi permukaan laut di wilayah timur (pantai barat sumatera). Dari data anomali SSH pada Gambar 9 menunjukan bahwa pola ketika sedang terjadi IOD positif. Ketika IOD positif, tinggi permukaan laut di wilayah timur Samudra India (pantai Barat Sumatra dan pantai Selatan Jawa) turun yang ditandai dengan nilai anomali SSH negatif sedangkan naiknya tinggi permukaan laut di wilayah barat ditandai dengan nilai anomali SSH positif.



Gambar 9. Anomali SSH pada bulan Juni hingga September selama evolusi IOD positif 2006 di permukaan berlangsung. Warna biru adalah nilai anomali negatif SSH yang artinya sedang terjadi penurunan tinggi permukaan laut dan warna merah adalah anomali positif SSH yang artinya sedang terjadi kenaikan tinggi permukaan laut. Data anomali SSH diolah menggunakan metode *Lowpass Filter* dengan periode *cut off* sebesar 13-bulanan.

KESIMPULAN

Berdasarkan data suhu evolusi IOD di permukaan dimulai pada bulan Mei dengan nilai anomali negatif sebesar -0.50°C . Seiring berjalannya waktu, evolusi mencapai puncak pada bulan Oktober dengan nilai anomali negatif sebesar -1.80°C kemudian meluruh pada bulan Desember dengan nilai anomali -1.20°C . Selama IOD positif, wilayah Samudera India didominasi angin timuran. Pergerakan angin membangkitkan arus zonal yang arah alirannya searah dengan arah angin. Pergerakan massa air ke arah barat karena adanya arus zonal, menyebabkan turunnya tinggi permukaan laut di wilayah timur Samudera India pada saat IOD positif.

DAFTAR PUSTAKA

- Emery, W.J. dan Thomson, R.E., 2004: Data analysis method in physical oceanography. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Iskandar, I., 2012: The Role of Equatorial Oceanic Wave in the Activation of the 2006 Indian Ocean Dipole, *J. Sci.*, Vol: 44A, No: 2, 113-128.
- Iskandar, I., Mardiansyah, W., Setiabududaya, D., Poerwono, P., Kurniawati, N., Syamsudin, F. dan Nagura, M., 2014: Equatorial Oceanic Waves and the Evolution of 2007 Positive Indian Ocean. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol: 25, No: 6, 847-856.
- Murtugudde, R., J.P. McCreary, dan A.J. Busalacchi, 2000: Oceanic Process associated with anomalous event in the Indian Ocean with relevance to 1997-98. *J. Geophys. Res.*, **105**, 3295-3306.
- Rao, S.A., Behera, S.K., Masumoto, Y. dan T. Yamagata, 2002: Interannual Subsurface Variability in the Tropical Indian Ocean with a Special Emphasis on the Indian Ocean Dipole, *Deep-Sea Res.*, **49**, pp. 1549-1572.
- Saji, N.H., Goswami, B.N., Vinayachandran, P.N. dan T. Yamagata, 1999: A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean, *Nature*, **410**, pp. 360-363.
- Sakova, I.V., 2010: *Low Frequency Modes of Variability of the Indian Ocean and their Connection with the Indian Ocean Dipole*. Disertasi: University of Tasmania.
- Vinayachandran, P. N., Lizuka, S. and T. Yamagata, 1999: Indian Ocean Dipole event in an Ocean General Circulation Model. *Deep-Sea Research II*. No: 49, 1573-1596.
- Vinayachandran, P. N., N. H. Saji, and T. Yamagata, 2002: Response of the Equatorial Indian Ocean to an unusual wind event during 1994. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1613-1616, doi: 10.1029/1999GL900179.
- Webster, P.S., A.M. Moore, J.P. Loschnigg, dan R.R. Leben, 1999: Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature*. **401**, 356-360, doi: 10.1038/43840.
- Dipole Mode Indeks dan Suhu rata-rata selama tahun 1994-2008*
(<https://geoscienceletters.springeropen.com/>)