

**KARAKTERISTIK OSEANOGRAFI FISIK DI PERAIRAN SAMUDERA HINDIA TIMUR PADA SAAT FENOMENA INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) FASE POSITIF TAHUN 1994/1995, 1997/1998 DAN 2006/2007**

***CHARACTERISTIC OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY IN EAST INDIAN OCEAN DURING POSITIVE PHASE OF INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) OF 1994/1995, 1997/1998, AND 2006/2007***

**Pramudyo Dipo<sup>1</sup>, I Wayan Nurjaya<sup>2</sup>, dan Fadli Syamsudin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB, [pramudyo.dipo@gmail.com](mailto:pramudyo.dipo@gmail.com)

<sup>2</sup>Staf pengajar Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB.

<sup>3</sup>Teknologi Inventarisasi Sumber Daya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta, Indonesia.

**ABSTRACT**

*There is an inter-annual phenomenon in the Indian Ocean that occurs because of the interaction between atmosphere and ocean are known Indian Ocean Dipole (IOD). IOD is a bipolar structure that characterized by the difference of sea surface temperature to normal. The objectives of this study is to know the characteristic of physical oceanography in the eastern part of Indian Ocean during the formation phase, maturation phase and decay phases of positive IOD. The second objective was to determine the comparative characteristic of physical oceanography in the eastern Indian Ocean between the positive IOD in different years. The strengthening of the South Equatorial Current in transitional seasons I (March-May) followed by early cooling of the SST which is indicated by the formation phase of IOD. At the Southeast monsoon (June to August) and the beginning of the season transition II, there is a visible presence of upwelling in the south of Java, which is then further extends to the peak in September (maturation phase) and begin to disappear in October followed by warming of the SST on the East of Indian Ocean in November (decay phase).*

**Keywords:** *Indian Ocean Dipole, upwelling, Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis, Eastern Indian Ocean*

**ABSTRAK**

Terdapat fenomena antar-tahunan di Samudera Hindia yang terjadi karena adanya interaksi antara atmosfer dan laut yang dikenal dengan nama *Indian Ocean Dipole* (IOD). Fenomena IOD merupakan struktur dua kutub yang ditandai dengan adanya perbedaan suhu muka laut terhadap normalnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter oseanografi fisik di perairan Samudera Hindia Timur pada saat fase pembentukan, fase pematangan dan fase peluruhan dari fenomena IOD positif. Tujuan yang kedua ialah untuk mengetahui perbandingan karakter oseanografi fisik di perairan Samudera Hindia Timur antara fenomena IOD positif pada tahun yang berbeda. Menguatnya Arus Khatulistiwa Selatan (AKS) pada musim peralihan I (Maret – Mei) diikuti dengan mulai mendinginnya SPL yang merupakan indikasi dari pembentukan fenomena IOD. Pada saat Angin Muson Tenggara (Juni – Agustus) dan permulaan musim peralihan II, di daerah selatan Jawa terlihat adanya *upwelling* yang kemudian semakin meluas hingga pada puncaknya yaitu bulan September (fase pematangan) dan mulai menghilang dibulan Oktober dengan memanasnya SPL di Samudera Hindia Timur pada bulan November (fase peluruhan).

**Kata Kunci:** *Indian Ocean Dipole, upwelling, analisis Empirical Orthogonal Function (EOF), Samudera Hindia Timur*

## I. PENDAHULUAN

Tahun 1997 merupakan tahun yang tidak biasa untuk Samudera Hindia dan negara disekitarnya, di negara Somalia, Etopia, Kenya, Sudan dan Uganda terjadi banjir yang mengakibatkan ribuan meninggal, namun pada waktu yang sama di wilayah Indonesia terjadi bencana kekeringan yang hebat (Schott *et al.*, 2009). Saji *et al.* (1999), melaporkan adanya osilasi klimatologi yang terjadi di Samudera Hindia yang kemudian fenomena ini dikenal dengan nama *Indian Ocean Dipole (IOD)*. *Indian Ocean dipole* adalah suatu fenomena yang terjadi karena adanya interaksi antara atmosfer dan laut (Saji *et al.*, 1999). Fenomena IOD mempunyai dampak dalam bidang sosial ekonomi yang tidak hanya pada negara di sekitar Samudera Hindia tapi juga pada beberapa bagian di dunia (Sukresno, 2010).

Fenomena IOD ditunjukkan dengan adanya anomali SPL yang bernilai negatif atau lebih dingin dari normalnya di pantai barat Sumatera atau Samudera Hindia bagian timur ( $90^{\circ}\text{BT} - 110^{\circ}\text{BT}$ ,  $10^{\circ}\text{LS} - 0^{\circ}$ ) dan anomali positif di Samudera Hindia bagian barat ( $50^{\circ}\text{BT} - 70^{\circ}\text{BT}$ ,  $10^{\circ}\text{LS} - 10^{\circ}\text{LU}$ ). SPL di perairan Samudera Hindia Timur bersuhu lebih dingin di bawah normalnya saat fenomena IOD positif. Untuk fenomena IOD negatif, SPL di perairan Samudera Hindia Timur bersuhu lebih hangat diatas normal. *Dipole Mode Index (DMI)* digunakan untuk mengidentifikasi fenomena IOD positif atau negatif.

Siklus fenomena IOD diawali dengan munculnya anomali SPL negatif di sekitar Selat Lombok hingga perairan selatan Jawa pada sekitar bulan Mei – Juni dan semakin menguat serta meluas hingga perairan pantai barat Sumatera pada bulan Juli - Agustus. Pada saat yang sama di Samudera Hindia barat muncul pola anomali SPL positif. Adanya

perbedaan tekanan di antara keduanya, semakin memperkuat angin tenggara di sepanjang ekuator dan pantai barat Sumatera, sehingga akan terjadi persebaran SPL dari selatan Jawa hingga barat Sumatera. Siklus ini mencapai puncaknya pada bulan September – Oktober dan selanjutnya menghilang dengan cepat pada bulan November – Desember (Saji *et al.*, 1999).

Anomali SPL negatif yang terjadi di perairan selatan Jawa hingga perairan barat Sumatera merupakan salah satu tanda terjadinya *upwelling* pada daerah tersebut. Berdasarkan penelitian Susanto *et al* (2001), dari data SPL dan anomali tinggi paras laut (TPL) sepanjang pantai selatan Jawa hingga barat Sumatera, terungkap bahwa *upwelling* terjadi pada bulan Juni-Oktober dengan SPL yang dingin dan tinggi paras laut yang lebih rendah. Standar deviasi SPL bulanan rata-rata di daerah sepanjang pantai selatan Jawa dan barat Sumatera, menunjukkan variabilitas yang tinggi dan disimpulkan bahwa daerah dengan standar deviasi SPL yang tinggi berasosiasi dengan pusat *upwelling* (Susanto *et al.*, 2001). Letak geografis perairan selatan Jawa dan barat Sumatera yang berada pada sistem Angin Muson menyebabkan kondisi oseanografis di perairan ini dipengaruhi sistem Angin Muson (Wyrтки, 1961; Purba *et al.*, 1997), serta dipengaruhi oleh perubahan iklim global seperti *El Nino* dan *Indian Ocean Dipole Mode* (Saji *et al.*, 1999; Shinoda *et al.*, 2004).

Karakter oseanografi fisik di Samudera Hindia Timur pada saat fenomena IOD memiliki karakter yang khas. Fase pembentukan, pematangan dan peluruhan fenomena IOD dapat diidentifikasi dengan melihat perubahan SPL, angin dan arus pada daerah tersebut. Kuat lemahnya fenomena IOD yang terjadi tidak selalu sama, hal ini dapat dilihat dari nilai DMI. Adanya

perbedaan kuat lemahnya fenomena IOD yang terjadi, mengakibatkan berubahnya karakter oseanografi fisik pada perairan tersebut. Namun demikian, belum banyak dikaji perbedaan karakter oseanografi fisik pada saat fenomena IOD positif ditahun berbeda yang memiliki kekuatan fenomena IOD yang berbeda pula. Untuk itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakter oseanografi fisik di perairan Samudera Hindia timur pada saat fase pembentukan, fase pematangan dan fase peluruhan di tahun yang berbeda. Menggunakan analisis *Empirical Orthogonal Function* (EOF) untuk menganalisis SPL secara spasial dan temporal.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai dari bulan Agustus 2010 hingga April 2011. Lokasi penelitian di perairan Samudera Hindia timur pada koordinat 10° LU - 15° LS dan 90° BT - 125° BT. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium *Data Processing* Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Institut Pertanian Bogor.

### 2.2. Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Untuk data suhu permukaan laut diperoleh dari *Geophysical Fluid Dynamic Laboratory* (GFDL) *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) pada situs [www.gfdl.noaa.gov](http://www.gfdl.noaa.gov) dengan data rata – rata bulanan dan resolusi spasial 1° x 1°, memiliki 50 tingkat kedalaman. Data yang digunakan yaitu tahun 1994 hingga 2007. Untuk tahun pengamatan yaitu tahun 1994, 1995, 1997, 1998, 2006 dan 2007. Data suhu ini hasil *asimilasi* pada program *Global Tropical Moored Buoy Array* yang dilakukan oleh NOAA bekerjasama dengan berbagai negara.

### 2.3. Metode Analisis Data

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) 4.1.3, Microsoft Excel 2007, Surfer 9 dan Matlab versi R2010a. Tahap pertama ditampilkan secara spasial dari suhu permukaan laut untuk melihat perubahan – perubahan yang terjadi, sehingga dapat menentukan fase - fase fenomena IOD. Tahap selanjutnya dilakukan pengolahan untuk data suhu perkolom hingga kedalaman 500 m, dengan tujuan untuk melihat perubahan batasan dari lapisan tercampur, termoklin dan dalam. Pada tahap ini digunakan dua garis yaitu garis 1 pada koordinat 10° LS dengan bujur 90° BT – 115° BT, untuk garis 2 pada bujur 94,5° BT dengan lintang 5° LU – 15° LS. Penggunaan 2 garis yang berbeda posisi ini untuk mengetahui pengaruh posisi lintang dan bujur dalam perubahan batasan lapisan – lapisan tercampur, termoklin dan dalam. Pada tahap terakhir yaitu melakukan analisis *Empirical Orthogonal Function* (EOF) untuk data suhu permukaan.

Tujuan utama dari analisis EOF adalah untuk mengurangi sejumlah besar variable data menjadi hanya beberapa variable, tanpa merubah sebagian besar varians yang akan dijelaskan (Hannachi, 2004). Analisis EOF dapat didefinisikan setelah anomali data matriks telah ditentukan, kovarians dari matriks kemudian ditentukan dengan persamaan (Hannachi, 2004):

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} X'X$$

X merupakan matriks dari suhu permukaan, sehingga dari perkalian di atas didapatkan kovarian dari matriks X sedangkan X' merupakan matriks invers dari X. Setelah kovarian dari matriks ditentukan maka selanjutnya menggunakan *Eigen Value Problem* (EVP) untuk mendapatkan *eigen value* dan *eigen vector* dengan menggunakan persamaan (Hannachi, 2004):

$$\sum a = \lambda a$$

$a$  adalah *eigen vector* dari matriks  $\sum$  dengan  $\lambda$  (lambda) merupakan *eigen value*. *Eigen value* umumnya digunakan untuk menulis perbedaan yang dapat dijelaskan dalam persamaan persen berikut dimana  $k$  ialah mode dalam EOF ( $k=1, 2, 3, \dots, p$ ):

$$\frac{100 \lambda_k}{\sum_{k=1}^p \lambda_k} \%$$

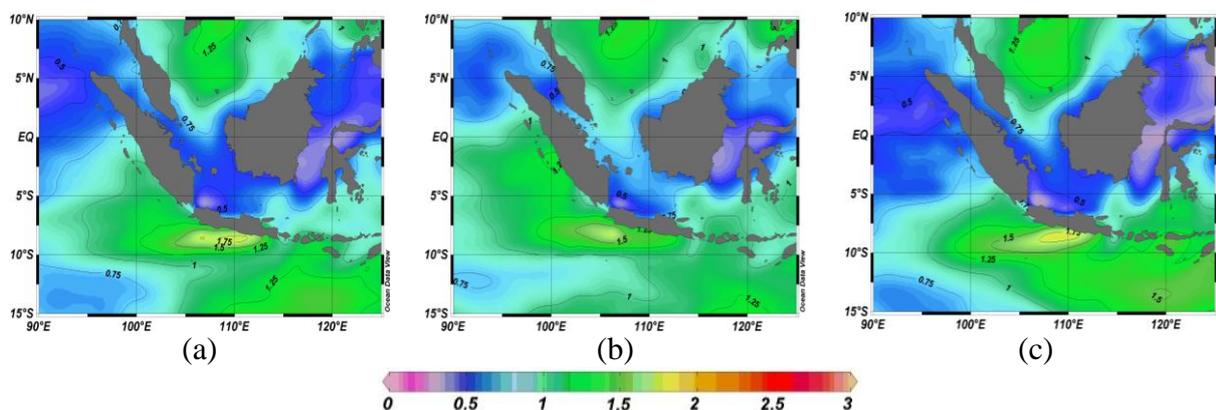
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Sebaran SPL

Hasil kontur standar deviasi sebaran spasial dari rata – rata SPL pada tahun 1994-1995, tahun 1997-1998 dan tahun 2006-2007, didapatkan wilayah dengan standar deviasi tertinggi pada tiap rata – rata tahun 1994-1995, 1997-1998 dan 2006-2007 (Gambar 1). Untuk tahun 1994-1995, standar deviasi tertinggi berada di wilayah perairan selatan Jawa dengan nilai 1,75. Pada tahun 1997-1998 standar deviasi tertinggi dengan nilai 1,5 juga berada di wilayah perairan selatan Jawa, namun di wilayah perairan barat Sumatera terjadi peningkatan nilai standar deviasi dan luasan wilayah yang lebih ke utara jika dibandingkan pada tahun 1994-1995. Pada tahun 2006-2007,

standar deviasi tertinggi dengan nilai 1,75 berada di wilayah selatan Jawa. Wilayah perairan selatan Jawa pada tiap tahun pengamatan, memiliki nilai standar deviasi tertinggi. Namun pada tahun 1997-1998, wilayah barat Sumatera mengalami peningkatan nilai standar deviasi yang diikuti juga dengan wilayah yang lebih meluas ke utara. Pada tahun 1997-1998 ini wilayah Samudera Hindia timur dominan memiliki nilai standar deviasi lebih dari 0,5. Hal ini mengindikasikan pada tahun 1997-1998, secara umum SPL di wilayah Samudera Hindia timur lebih berfluktuatif dibandingkan dengan tahun 1994-1995 dan tahun 2006-2007.

Pada Gambar 1 terlihat wilayah selatan Jawa lebih berfluktuasi dibandingkan dengan wilayah Samudera Hindia timur lainnya, hal ini mengindikasikan bahwa di wilayah perairan selatan Jawa terdapat *upwelling*. Kontur SPL pada bulan Juni, September dan November digunakan untuk melihat pola SPL di wilayah Samudera Hindia timur pada tiap tahun pengamatan dan melihat daerah terbentuknya *upwelling*. Hal ini dilakukan untuk menentukan siklus dari fenomena IOD. Gambar 2 merupakan kontur SPL pada bulan Juni



Gambar 1. Kontur standar deviasi sebaran spasial rata – rata SPL tahun (a) 1994-1995 (b) 1997-1998 (c) 2006-2007

tiap tahun pengamatan. Pada Gambar 2 terlihat adanya pola SPL yang berbeda dilihat dari suhu dan luasan dari daerah isoterm. Tahun 1998 merupakan tahun dengan SPL terhangat dibandingkan dengan 5 tahun lainnya, terlihat dari SPL yang dominan hangat di perairan Samudera Hindia timur. Untuk tahun dengan SPL yang dominan dingin terdapat ditahun 1994. SPL rata – rata pada tahun 1994 berkisar antara 27 °C hingga 30 °C, sedangkan untuk tahun 1998 SPL berkisar antara 28 °C hingga 31°C. Untuk tahun – tahun lainnya, SPL berkisar antara 27 °C hingga 30 °C. Perairan selatan Jawa merupakan perairan dengan SPL yang lebih dingin dibandingkan daerah perairan barat Sumatera. Pada bulan Juni, SPL di perairan selatan Jawa khususnya di bagian Jawa Timur hingga Bali mulai mendingin, hal ini merupakan indikasi awal terbentuknya daerah *upwelling* di selatan Jawa.

Pola SPL pada bulan September untuk tahun pengamatan ditampilkan pada Gambar 3. Pada bulan September, di perairan selatan Jawa umumnya terjadi *upwelling*. Daerah *upwelling* ini dapat mencapai hingga perairan di selatan Sumatera. Daerah *upwelling* pada tiap tahun pengamatan memiliki SPL dan luasan yang berbeda, namun pada tahun 1998 tidak ditemukan *upwelling* di perairan selatan Jawa. SPL terhangat di bulan September terjadi pada tahun 1998, sedangkan SPL terdingin dari tahun pengamatan terjadi pada tahun 1994. SPL pada tahun 1994 berkisar antara 24 °C hingga 28°C, sedangkan pada tahun 1998 SPL berkisar antara 28 °C hingga 30.5 °C. SPL tahun – tahun lainnya berkisar antara 25 °C hingga 30 °C.

Pola SPL pada bulan November mulai menghangat dibandingkan dengan bulan September pada tiap tahunnya. *Upwelling* yang ditemukan pada bulan September mulai menghilang di bulan

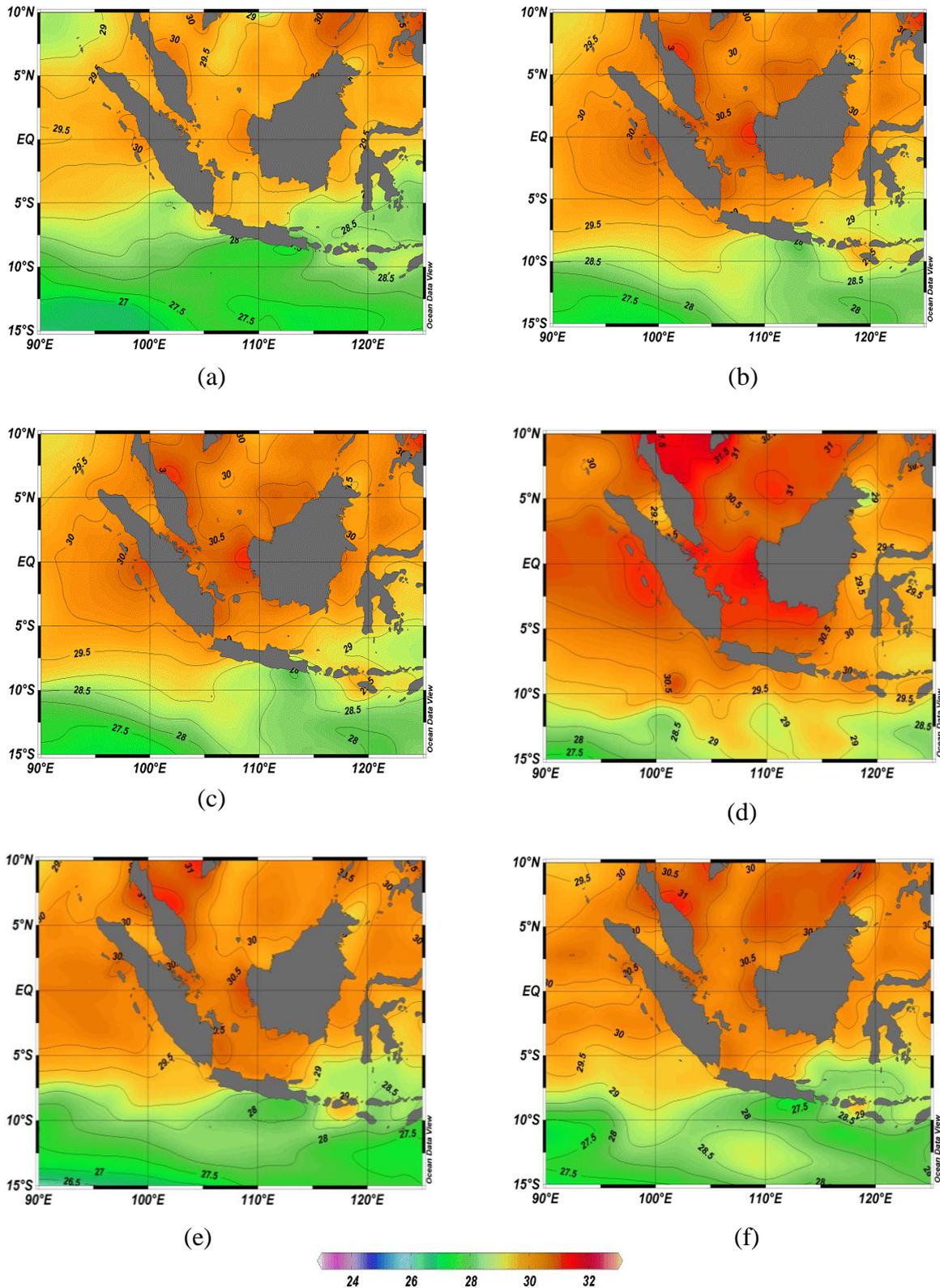
November, namun pada tahun 1997 masih terlihat adanya *upwelling* di perairan selatan Jawa. Hal ini juga terdapat pada tahun 1994 namun dengan daerah dan suhu yang lebih hangat. Wilayah perairan barat Sumatera pada tahun 1995, 1998 dan 2007 memiliki SPL yang hangat dibandingkan dengan tahun – tahun lainnya. Tahun 1997 memiliki dominan SPL yang lebih dingin dibandingkan dengan tahun lainnya, dengan kisaran nilai SPL 25 °C hingga 29,5 °C. Tahun 1998 merupakan tahun dengan dominan SPL terhangat dengan kisaran SPL 27,5 °C hingga 30 °C.

Pola SPL yang terjadi pada bulan Juni, September dan November memberikan gambaran dari siklus fenomena IOD. Pada bulan Juni, terlihat adanya indikasi fenomena IOD yang dapat dilihat dari mulai mendinginnya SPL di perairan selatan Jawa hingga selatan Bali, sehingga fase pembentukan fenomena IOD terjadi di bulan Juni. Untuk puncak fase pematangan IOD normalnya terjadi pada bulan September dengan SPL terdingin dan daerah *upwelling* terluas. Namun pada tahun 1997 SPL terdingin tidak terjadi pada bulan September, melainkan pada bulan November. Untuk pola SPL pada bulan November selain tahun 1997, *upwelling* sudah mulai menghilang. *Upwelling* berakhir berkaitan dengan pembalikan arah angin pada Muson Barat Laut dan pengaruh datangnya gelombang Kelvin, sehingga normalnya fase peluruhan terjadi pada bulan November.

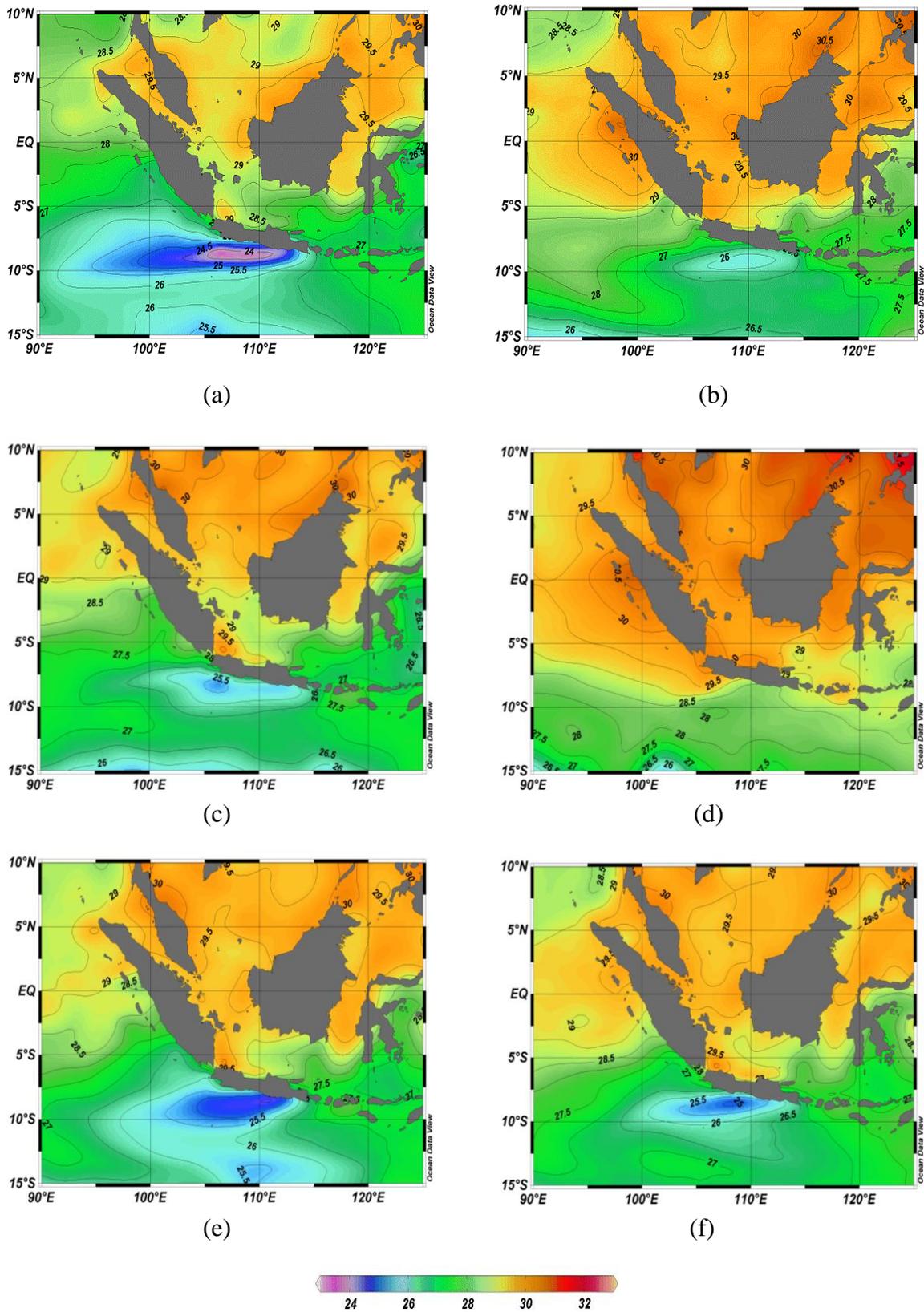
### 3.2. Sebaran Vertikal Suhu

Hasil standar deviasi dari sebaran vertikal suhu menunjukkan fluktuasi suhu pada setiap kedalaman. Kontur standar deviasi pada 2 garis yang berbeda ditampilkan pada Gambar 5. Pada garis 1 yaitu lintang 9,7 °LS dengan bujur 90,5 °BT hingga 115,5 °BT, untuk tahun 1994-1995, nilai standar deviasi terbesar

# Karakteristik Oseanografi Fisik Di Perairan Samudera Hindia Timur...

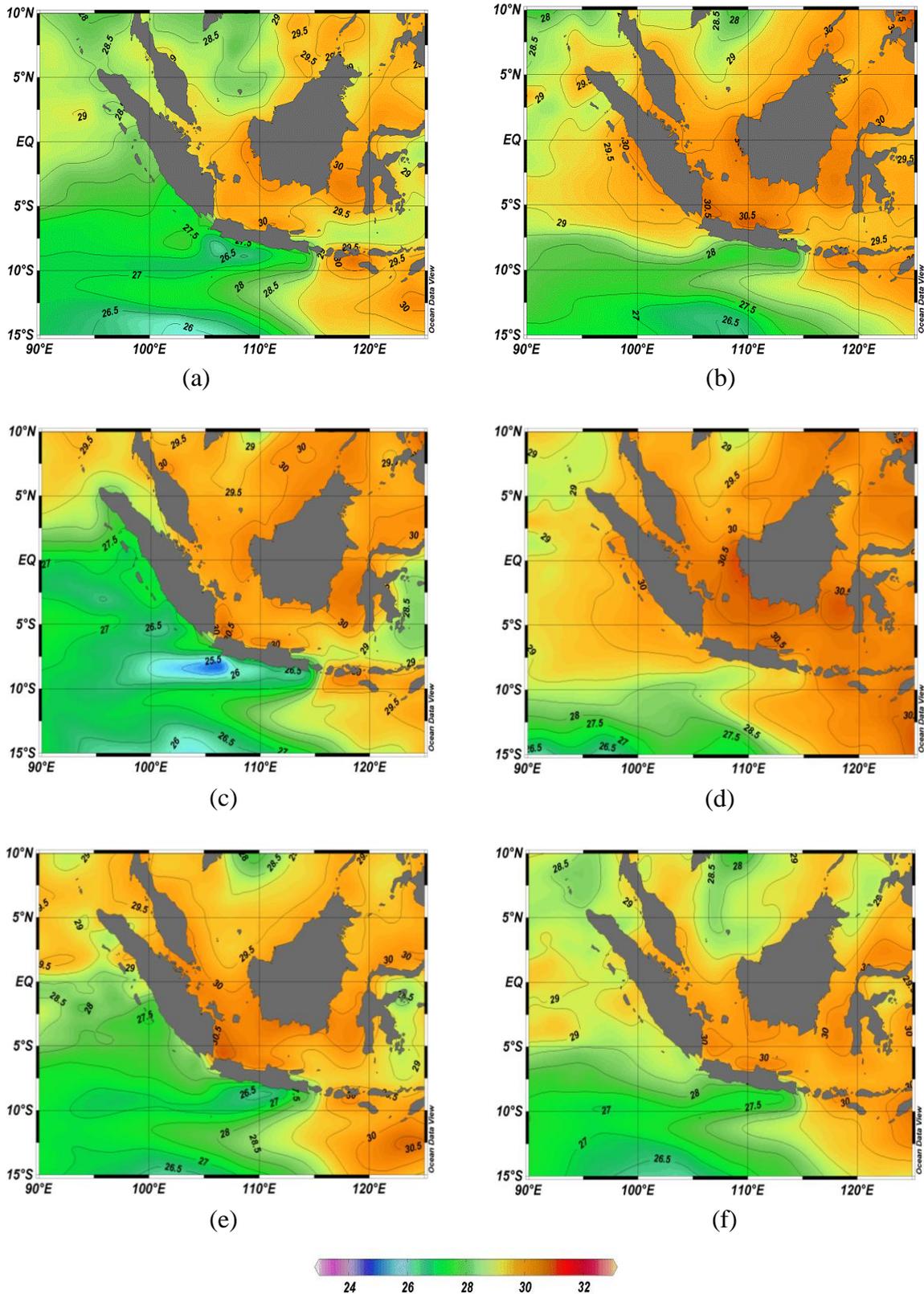


Gambar 2. Kontur SPL bulan Juni pada tiap tahun pengamatan :  
(a)1994 (b)1995 (c)1997 (d)1998 (e)2006 (f)2007



Gambar 3. Kontur SPL bulan September pada tiap tahun pengamatan :  
(a)1994 (b)1995 (c)1997 (d)1998 (e)2006 (f)2007

Karakteristik Oseanografi Fisik Di Perairan Samudera Hindia Timur...

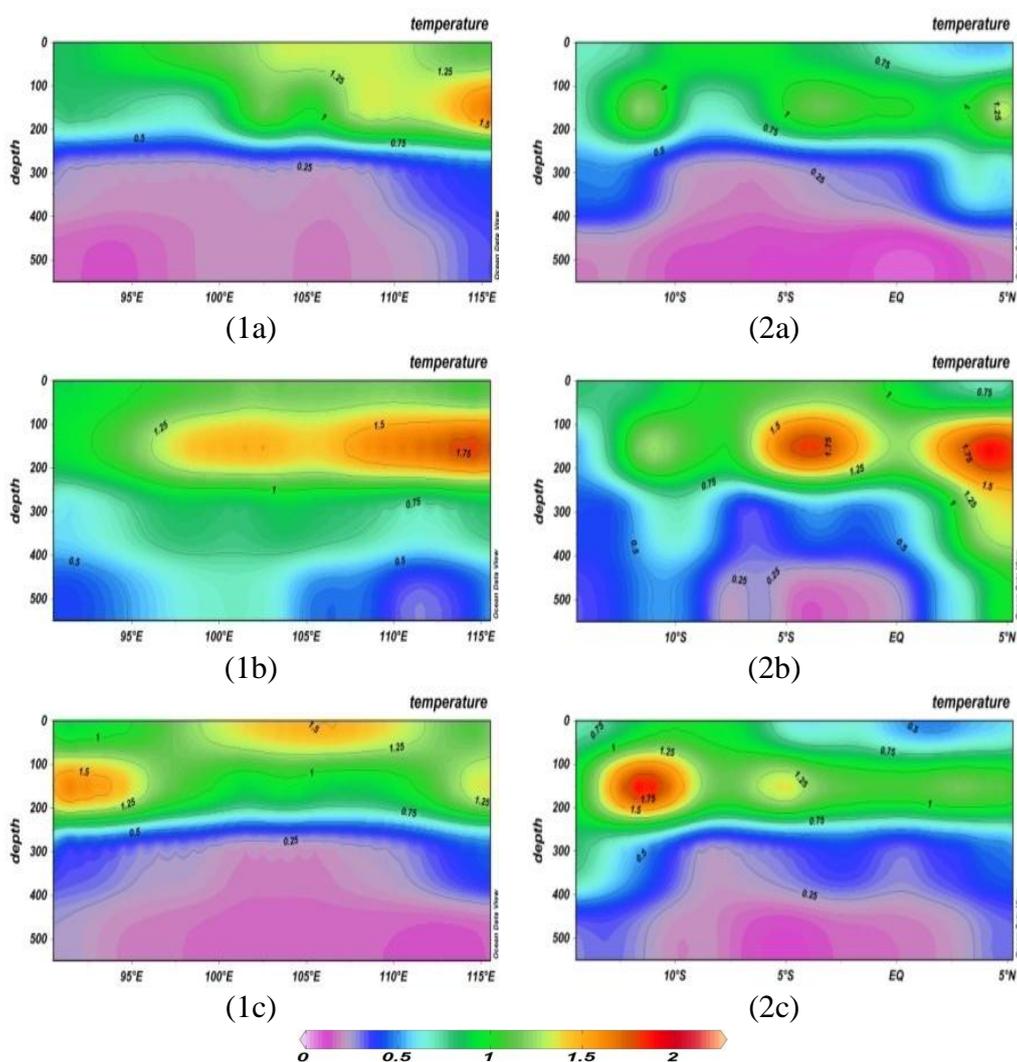


Gambar 4. Kontur SPL bulan November pada tiap tahun pengamatan :  
 (a)1994 (b)1995 (c)1997 (d)1998 (e)2006 (f)2007

bernilai 1,5 yang berada pada koordinat 112,5 °BT hingga 115 °BT pada kedalaman antara 100 m hingga 200 m. Pada tahun 1997-1998 nilai standar deviasi terbesar bernilai 1.75 yang berada pada koordinat 115 °BT dengan kedalaman 150 m, namun pada kedalaman yang sama di koordinat 97,5 °BT hingga 115,5 °BT, terlihat adanya nilai standar deviasi juga tinggi dengan kisaran 1,25 hingga 1,5. Standar deviasi terbesar di tahun 2006-2007 bernilai 1,5 di koordinat 90 °BT hingga 95 °BT pada kedalaman 100 m hingga 200 m. Namun pada lapisan permukaan di koordinat 100

°BT hingga 111 °BT terdapat standar deviasi yang tinggi bernilai 1,5.

Pada garis 2 yaitu bujur 94,5 °BT dengan lintang dari 5,3 °LU hingga 14,5 °LS, di tahun 1994-1995 nilai standar deviasi terbesar bernilai 1.25 yang berada pada daerah di sekitar 5°LU pada kedalaman antara 100 m hingga 200 m. Pada tahun 1997-1998 nilai standar deviasi terbesar bernilai 1,75 yang berada pada 2 wilayah berbeda yaitu pada 3 °LU hingga 5 °LU dan pada 2,5 °LS hingga 5 °LS di kedalaman 100 m hingga 200 m, namun di wilayah 5 °LU di kedalaman



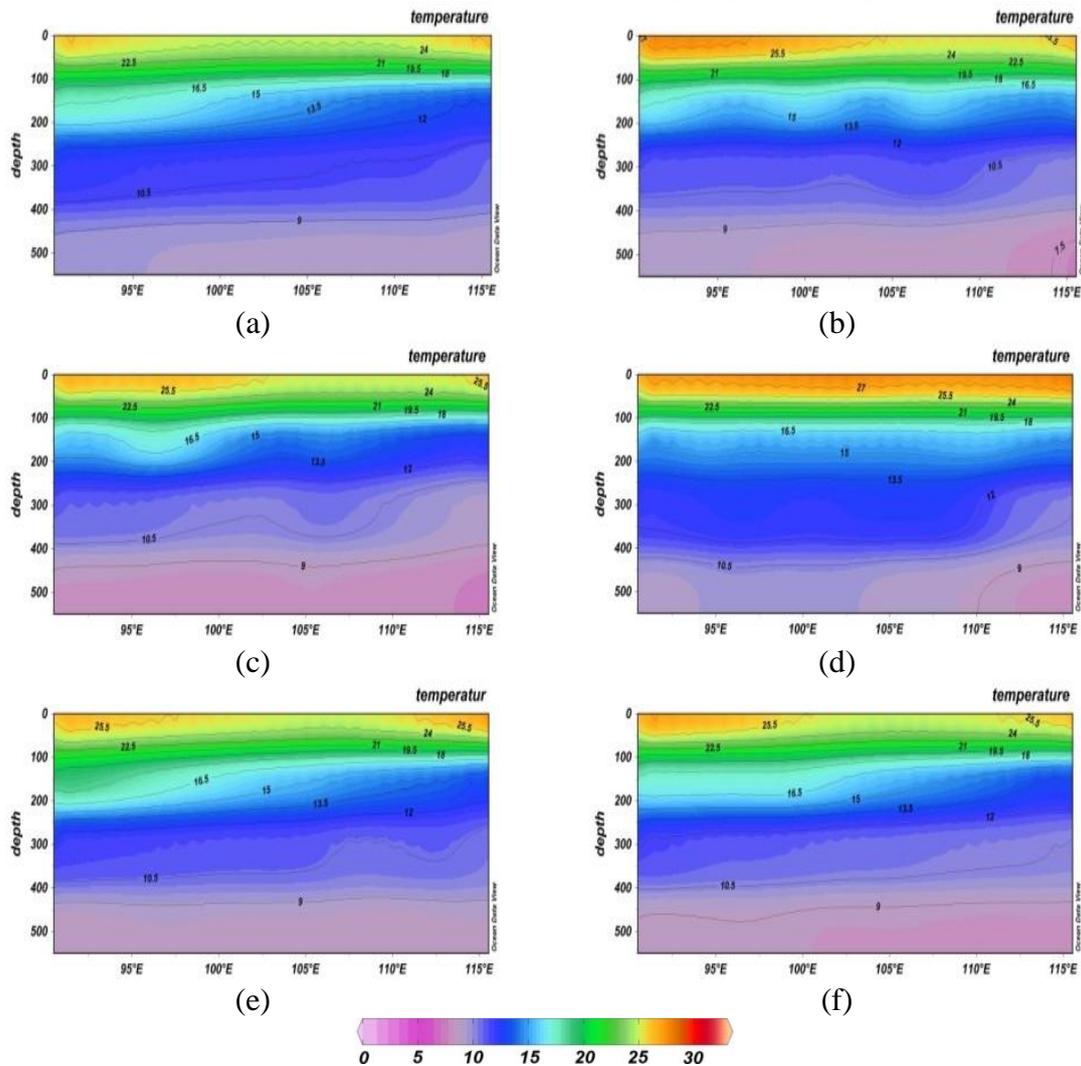
Gambar 5. Kontur standar deviasi sebaran vertikal rata – rata Suhu:  
 (a) Tahun 1994-1995 (b) Tahun 1997-1998 (c) Tahun 2006-2007

100 m hingga 400 m, memiliki standar deviasi yang cukup tinggi berkisar 1,25 hingga 1,5. Untuk tahun 2006-2007 nilai standar deviasi terbesar berada di wilayah 10 °LS hingga 15 °LS pada kedalaman 100 m hingga 200 m, dengan kisaran nilai 1,75 hingga 1,25.

Sebaran vertikal suhu pada garis 1 di bulan September pada tahun 1994-1995, 1997-1998 dan 2006-2007 ditampilkan pada Gambar 7. Tampilan sebaran vertikal suhu yang hanya pada bulan September dikarenakan jika dilihat dari kontur SPL dibulan September (Gambar 3) terdapat *upwelling* di perairan selatan Jawa. Untuk itu sebaran

vertikal suhu digunakan dalam melihat pola sebaran suhu perkolom saat terjadinya *upwelling*. Sebaran suhu vertikal dibulan September pada tahun menunjukkan bahwa terjadi kenaikan lapisan termoklin.

Pada garis 1, lapisan termoklin berada pada kedalaman 50 m hingga 120 m. terjadinya *upwelling* mengakibatkan naiknya lapisan termoklin pada daerah *upwelling*. Tahun 1994 merupakan tahun dengan daerah *upwelling* terluas dan SPL terdingin dibandingkan dengan tahun – tahun pengamatan lainnya. Daerah *upwelling* yang diindikasikan dengan mendinginnya SPL pada tahun 1994

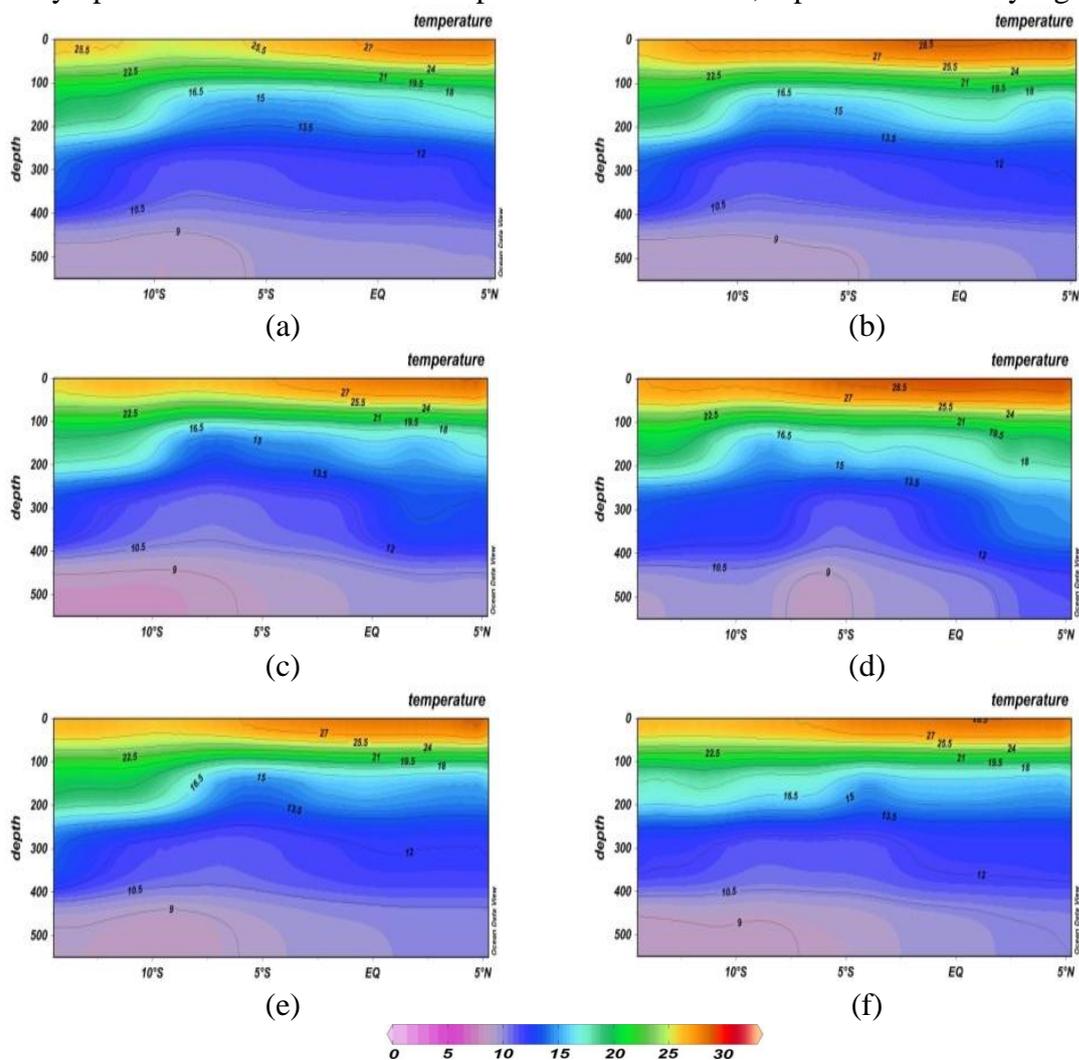


Gambar 6. Kontur sebaran vertikal suhu bulan September pada garis 1: (a)1994 (b)1995 (c)1997 (d)1998 (e)2006 (f)2007

terjadi pada wilayah 96 °BT hingga 111 °BT dengan SPL bernilai 24 °C. Untuk tahun 1995 dan 1997, daerah *upwelling* lebih ke timur yaitu pada koordinat 104 °BT hingga 114 °BT dengan SPL berkisar 25,5 °C, sedangkan pada tahun 2006 dan 2007, daerah *upwelling* berada pada wilayah 100 °BT hingga 110 °BT dengan SPL berkisar 25,5 °C. Tahun 1998 merupakan tahun dengan tidak terlihatnya kenaikan lapisan termoklin yang berada pada kedalaman 50 m hingga 100 m dengan SPL berkisar 27 °C.

Pada garis 2 daerah terjadinya *upwelling* tidak terlihat dengan jelas, hanya pada tahun 1994 kenaikan lapisan

termoklin dapat terlihat pada wilayah 5 °LS hingga 10 °LS dengan SPL berkisar 25,5 °C. Tidak terlihat dengan jelasnya kenaikan lapisan termoklin dikarenakan pada tahun – tahun pengamatan lainnya daerah *upwelling* tidak seluas pada tahun 1994. Pada garis 2, lapisan termoklin berada pada kedalaman 80 m hingga 120 m pada wilayah 5°LU hingga 10 °LS dan untuk wilayah 10 °LS hingga 15 °LS lapisan termoklin lebih tebal yaitu di kedalaman 80 m hingga 200 m. Hal ini terjadi pada tiap tahun pengamatan terkecuali pada tahun 2007, ketebalan dari lapisan termoklin sama yaitu di kedalaman 80 m hingga 120 m. Pada tahun 1998, lapisan termoklin yang lebih



Gambar 7. Kontur sebaran vertikal suhu bulan September pada garis 2: (a)1994 (b)1995 (c)1997 (d)1998 (e)2006 (f)2007

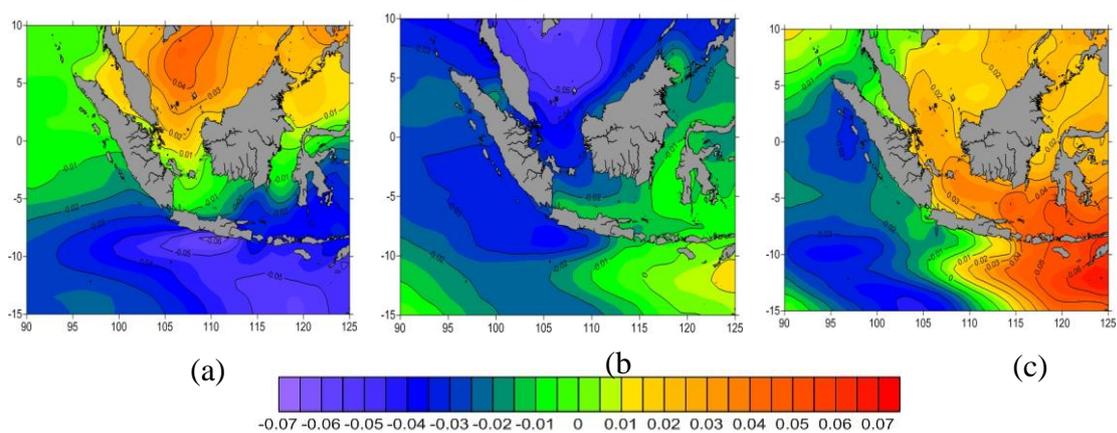
tebal terdapat di 2 wilayah yaitu 10 °LS hingga 15 °LS dan 5 °LU hingga 2 °LU.

### 3.3. Variabilitas SPL

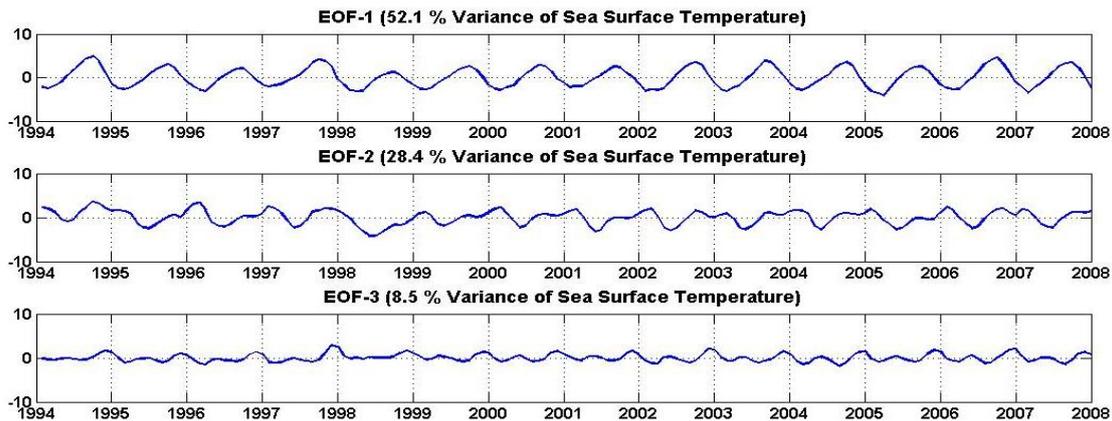
Untuk variabilitas SPL di Samudera Hindia timur dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai variabilitas SPL di Samudera Hindia timur berkisar antara -0,07 hingga 0,07. Pada mode 1 hasil analisis menunjukkan bahwa perairan selatan Jawa hingga selatan Sumatera, memiliki nilai variabilitas yang tinggi yaitu berkisar -0,02 hingga -0,06. Hal ini menandakan tingginya fluktuasi SPL pada daerah tersebut jika dibandingkan dengan daerah lainnya. Variabilitas SPL di perairan Samudera Hindia timur pada mode-1, rata-rata memiliki nilai negatif yang berkisar antara 0 hingga -0,06 dengan satu kutub (*monopole*) yang berpusat di perairan selatan Jawa. Untuk mode 2 menunjukkan nilai variabilitas SPL yang tinggi berada di perairan barat Sumatera dengan nilai -0,03. Dari Hasil yang ditampilkan pada mode 2 variabilitas SPL diperairan Samudera Hindia timur rata-rata bernilai negatif, hanya di tenggara Samudera Hindia timur variabilitas SPL yang dimiliki bernilai negatif. Pada mode 3 variabilitas SPL di

Samudera Hindia timur memiliki dua titik dengan nilai variabilitas yang tinggi namun berlawanan, yaitu di perairan pada bujur 90°BT hingga 108°BT juga pada perairan barat Sumatera yang memiliki variabilitas dengan nilai negatif berkisar -0,02 hingga -0,03 dan di perairan pada bujur 110°BT hingga 125°BT yang memiliki variabilitas dengan nilai positif berkisar 0,01 hingga 0,06.

Selain kontur variabilitas SPL, analisis EOF juga menghasilkan grafik temporal. Grafik temporal ini menunjukkan amplitudo dari setiap mode EOF. Dari grafik analisis temporal pada 3 mode awal yang dihasilkan dari parameter SPL, pada mode-1 terlihat adanya siklus periode tahunan dengan *variance explained* 52,1% yang diduga mengikuti siklus dari angin Muson. Untuk mode-2 menggambarkan siklus periode antar-tahunan dengan *variance explained* 28,4% yang diduga merupakan fenomena IOD, sedangkan mode-3 menggambarkan siklus musiman. Jika dilihat pada mode-2, tahun 1994, 1997 dan 2006 di setiap akhir tahunnya memiliki amplitudo yang bernilai positif dengan nilai amplitudo terbesar pada tahun 1994.



Gambar 8. Kontur variabilitas SPL pada mode EOF awal (a) mode-1 (b) mode-2 (c) mode-3



Gambar 9. Grafik temporal pada 3 mode EOF awal

#### IV. KESIMPULAN

Pola SPL di Samudera Hindia timur saat fenomena IOD menunjukkan bahwa fase pembentukan fenomena IOD terjadi pada bulan Juni, fase pematangan umumnya mencapai puncaknya pada bulan September dan untuk fase peluruhan terjadi pada bulan November. Dari tiap tahun pengamatan fenomena IOD positif, tahun 1994 merupakan fenomena IOD terkuat yang selanjutnya berturut-turut terjadi pada tahun 2006 dan 1997. Pada fase pembentukan, pematangan dan peluruhan, tahun 1994 memiliki SPL yang umumnya lebih dingin dibandingkan dengan tahun – tahun lainnya dalam tahun pengamatan. Tahun 1998 sangat berbeda dengan tahun – tahun lainnya, karena memiliki SPL yang dominan hangat dan tidak terdapatnya daerah *upwelling*. Pada tahun 1997 terdapat pergeseran fase fenomena IOD, sehingga SPL pada bulan November di Samudera Hindia timur masih dingin dan masih terdapat pula daerah *upwelling* di selatan Jawa. Dari hasil analisis EOF menunjukkan bahwa fenomena IOD merupakan proses dominan yang membentuk pola variasi SPL di Samudera Hindia timur. Mode-2 dari analisis EOF menunjukkan fenomena IOD dengan menggunakan 28,4% dari

total varians SPL dengan variabilitas tertinggi berada di perairan selatan Jawa Barat hingga barat Sumatera.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hannachi, A. 2004. A Primer for EOF Analysis of Climate Data. Departement of Meteorology, University of Reading. UK.
- NOAA - Geophysical Fluid Dynamic Laboratory (GFDL). 2010. <http://gfdl.noaa.gov>
- Purba, M., I. N. M. Natih, and Yuli Naulita. 1997. Karakteristik dan Sirkulasi Massa Air di Perairan Selatan Jawa-Sumbawa, 5 Maret-2April dan 23 Agustus-30 September, 1990. Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan IPB-BPP Teknologi. Bogor.
- Saji, N. H., B. N. Goswami, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata. 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401:360-363.
- Schoot, F.A., S.P. Xie, and J.P. McCreary. 2009. Indian Ocean Circulation and Climate Variability. *Rev. Geophys.* 47: 1-46.
- Shinoda, T., Harry. H. Hendon, and M. A. Alexander. 2004. Surface and

- Subsurface Dipole Variability in The Indian Ocean and Its Relation with ENSO. *Deep Sea Res I.* 51: 619-635.
- Sukresno, B. 2010. Empirical Orthogonal Functions (EOF) Analysis of SST Variability in Indonesian Water Concerning With ENSO and IOD. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science Journal*, 38(8):116-121.
- Susanto, D., A.L. Gordon, and Q. Zheng. 2001. Upwelling Along The Coast of Java and Sumatera and Its Relation to ENSO. *Geophys. Res. Lett.* 28(8):1599–1602.
- Wrytki, K. 1961. Physical Oceanography of South East Asian Water. *Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography.* The University of California, La Jolla. California.