

**KAJIAN SUHU PERMUKAAN LAUT (SPL) MENGGUNAKAN ANALISIS DERET  
WAKTU DI PERAIRAN LAUT BANDA**  
**SEA SURFACE TEMPERATURE STUDIES USING TIME SERIES ANALYSIS IN  
BANDA SEA WATER**

Try Al Tanto<sup>1\*</sup> dan Riswanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, BRSDM KKP  
Jl. Raya Padang – Painan Km.16, Bungus, Kota Padang

<sup>2</sup>Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, BRSDM KKP

\*Corresponden author e-mail: [try.altanto@gmail.com](mailto:try.altanto@gmail.com)

Submitted: 21 April 2022 / Revised: 29 December 2022 / Accepted: 30 December 2022

<http://doi.org/10.21107/jk.v15i3.14386>

**ABSTRACT**

*Map of sea surface temperature is very important in the science of oceanography, some phenomena in the ocean can be seen by using it globally. One of them is in the form of upwelling events that occur in the Banda Sea, besides that, IOD and ENSO phenomena can occur because they are close to the Indian and Pacific Oceans. Time series analysis is used to predict possible phenomena that can occur in long SST variable data. The Fourier Transform analysis obtained from the study of sea surface temperature data produces temperature signals for the dominant annual (annual) and semi-annual (6 months) periods. The ENSO phenomenon also affects temperature variations that occur in the waters of the Banda Sea with the visible signal of the inter-annual period (2.8 years). The application of the SVD-based EOF method to SST data produces a dominant EOF mode which indicates that Arafura waters play a role in influencing the SST cycle that occurs in the Banda Sea.*

**Keywords:** sea surface temperature, EOF methods, time series analysis, fourier analysis, Banda Sea

**ABSTRAK**

*Peta suhu permukaan laut sangat penting dalam ilmu oseanografi, beberapa fenomena di laut dapat terlihat dengan menggunakannya secara global. Salah satunya berupa kejadian upwelling yang terjadi di Laut Banda, selain itu dapat berupa fenomena IOD dan ENSO, karena berada dekat dengan Samudera Hindia dan Pasifik. Analisis deret waktu (time series analysis) digunakan untuk memprediksi kemungkinan fenomena yang dapat terjadi pada data variabel SPL yang panjang. Analisis Fourier Transform yang diperoleh dari kajian data suhu permukaan laut menghasilkan sinyal suhu periode dominan annual (tahunan) dan semi-annual (6 bulanan). Fenomena ENSO juga mempengaruhi variasi suhu yang terjadi di perairan Laut Banda dengan terlihatnya sinyal periode inter-annual (2.8 tahunan). Penerapan metode EOF berbasis SVD pada data SPL menghasilkan satu mode EOF dominan yang menunjukkan perairan Arafura berperan dalam mempengaruhi siklus SPL yang terjadi di Laut Banda.*

**Kata kunci:** suhu permukaan laut (SPL), metode EOF, analisis deret waktu, analisis fourier, Laut Banda

**PENDAHULUAN**

Suhu merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut (Hutabarat dan Evans, 2014). Umumnya suhu air laut optimum untuk pertumbuhan plankton di laut tropis adalah antara 25 - 32°C. Kehidupan plankton dengan suhu air laut dalam kisaran luas disebut sebagai *eurythermal*, sementara mereka yang

hidup dalam rentang sempit disebut sebagai *stenothermal* (Wyrski, 1961; Hartoko, 2013). Suhu air laut juga dapat mempengaruhi ekosistem di wilayah pesisir, baik terhadap kehidupan ekosistem terumbu karang, lamun, dan mangrove, maupun terhadap organisme yang hidup di dalam ekosistem tersebut. Secara horizontal sebaran suhu perairan sangat bergantung pada letak lintang, secara umum suhu laut pada daerah sekitar khatulistiwa lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitar lintang tinggi. Daerah-daerah

yang paling banyak menerima panas dari matahari adalah daerah pada lintang 10 LU – 10 LS, sehingga suhu air laut tertinggi ditemukan di daerah khatulistiwa (Sverdrup *et al.*, 1942). Suhu permukaan laut (SPL) di perairan Indonesia secara umum berkisar antara 28 – 31°C (Nontji, 2007). Secara vertikal, sebaran suhu di laut dapat dibedakan menjadi 3 yaitu, lapisan homogen / tercampur (*mix layer*), lapisan termoklin, dan lapisan dasar.

Peta SPL sangat penting dalam ilmu oseanografi, beberapa fenomena di laut dapat terlihat dengan menggunakannya secara global. Beberapa kegunaan dari sebaran SPL adalah untuk fenomena *upwelling* dan *downwelling*, pemetaan distribusi hujan salju, pemetaan banjir, analisa kelembaban tanah regional, pendeteksian kebakaran hutan, pemantauan badai, gunung api meletus, analisis fenomena El Nino, La Nina, IODM, *sea level heigh*, *sea level rises*, perubahan iklim global, pergerakan arus laut (*Gulf Stream*), dan lain-lainnya. Suhu permukaan laut di Indonesia umumnya sekitar 28 – 31°C (Nontji, 2007), ditemukannya fenomena *upwelling* terjadi, seperti Laut Banda. Kejadian *upwelling* di lihat dari tingkat penurunan SPL, yaitu *upwelling* dikatakan terjadi jika anomali sekitar 0.5°C di bawah suhu rata-rata dan terjadi peningkatan *net primary productivity* (NPP) rata-rata (Kemili dan Putri, 2012). SPL juga dapat melihat variasi arus laut secara spasial dan temporal. Salah satunya berupa fenomena *Gulf-Stream*, adalah arus laut kuat yang merupakan arus panas yang bergerak dari daerah tropis menuju lintang tinggi. Selain itu SPL juga dapat melihat arus berputar yang membentuk *gyres* atau *eddy current*.

Analisis deret waktu (*time series analysis*) merupakan metode yang mempelajari deret waktu, baik dari segi teori yang menaunginya maupun untuk membuat peramalan (prediksi). Peramalan deret merupakan penggunaan model untuk memprediksi nilai di waktu mendatang berdasarkan peristiwa yang telah terjadi. Ada beberapa asumsi penting yang harus dipenuhi agar data deret waktu dapat digunakan dalam keperluan proyeksi / peramalan. Beberapa diantaranya adalah adanya ketergantungan antara kejadian masa mendatang terhadap masa sebelumnya atau lebih dikenal dengan istilah autokorelasi. Asumsi berikutnya adalah aktivitas pada masa depan mengikuti pola yang terjadi pada masa lalu dan hubungan / keterkaitan pada masa lalu dapat ditentukan dengan pengamatan atau penelitian.

Transformasi *Fourier* merupakan metode untuk mengubah sinyal dengan domain waktu menjadi sinyal dengan domain frekuensi. Dengan menggunakan metode ini, dapat dilihat frekuensi-frekuensi yang terdapat pada suatu sinyal deret waktu. Dalam kajian ini, kita dapat mengetahui pengaruh dari pola monsoonal, pola ekuatorial, dan pola lokal yang mempengaruhi periode suhu permukaan perairan. Metode *empirical orthogonal function* (EOF) merupakan suatu metode untuk menentukan pola-pola dominan pada data yang berevolusi dalam ruang dan waktu. EOF dikatakan sebagai transformasi *hotelling* yang merupakan sebuah teknik untuk menyederhanakan suatu himpunan data. Himpunan data tersebut direduksi menjadi lebih kecil dengan mempertahankan sebanyak mungkin variasi dalam himpunan data asal. Peubah baru yang merepresentasikan data dengan dimensi yang lebih kecil disebut dengan komponen utama, dalam kajian ini disebut sebagai mode EOF. Tujuan metode EOF adalah menghasilkan sebuah kombinasi linear yang sesuai dengan ruang dan waktu, agar dapat memisahkan keterkaitan data spasial dan temporal. Analisis dilakukan menggunakan transformasi *Fourier* dan metode EOF berbasis *Eigen Value Problem* (EVP) untuk mereduksi data tersebut. Selanjutnya akan dianalisis pola spasial dan pola temporal dari hasil reduksi data dan dianalisis sinyal dominan yang memengaruhi suhu permukaan laut di wilayah perairan Laut Banda. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis data deret waktu suhu permukaan laut pada perairan Laut Banda menggunakan metode *Fourier Transform* (FT) dan *Empirical Orthogonal Function*.

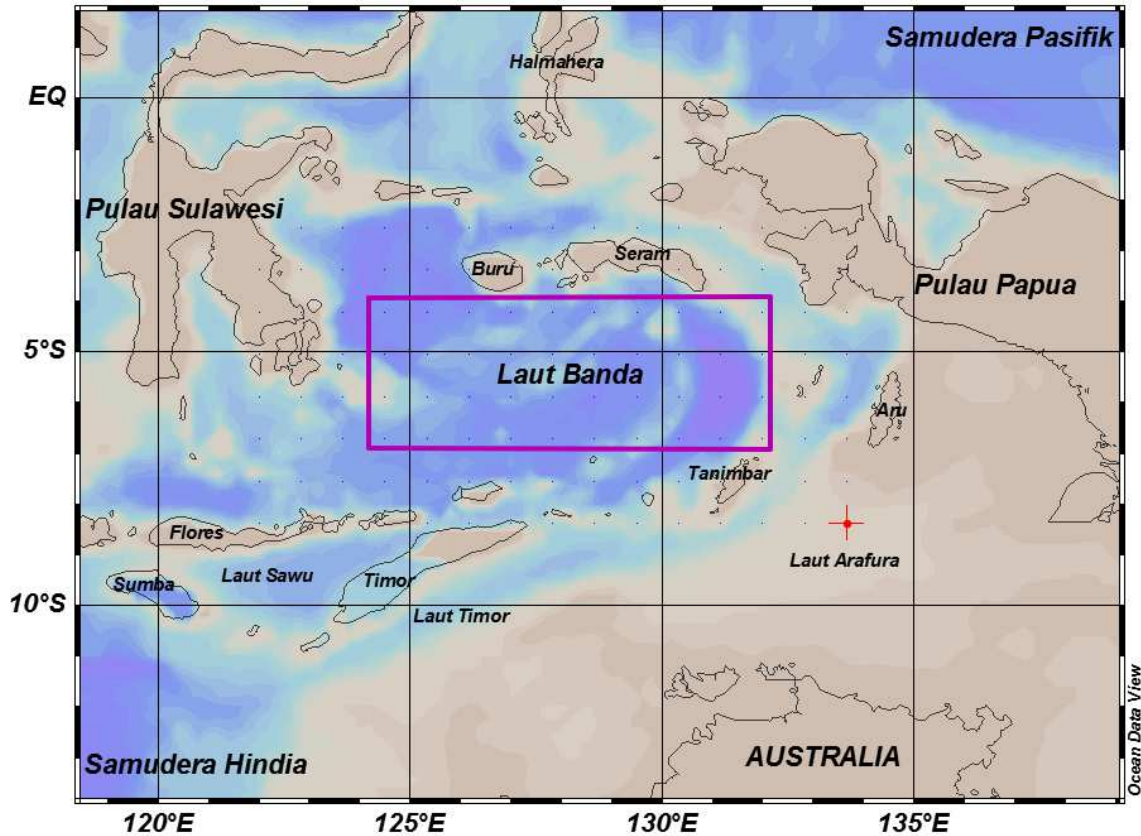
## MATERI DAN METODE

Data suhu permukaan laut (SPL) diperoleh dari INDESOS (*Infrastructure Development of Space Oceanography*) Project. Interval data pengukuran adalah selang 1 hari untuk data selama 7 tahun (1 Januari 2008 - 31 Desember 2014). Berikut area lokasi kajian di sekitar Laut Banda (**Gambar 1**).

Deret waktu (*time series*) merupakan kumpulan observasi atau pengamatan yang dibuat berurut (*sequentially*) sepanjang waktu (Sumarjaya, 2016). Untuk menganalisis data sekuensial tersebut disebut sebagai analisis deret waktu (*time series analysis*). Tujuan dasar dari metode analisis deret waktu adalah untuk menentukan variabilitas rangkaian data dalam hal fungsi periodik yang dominan (Thomson dan Emery, 2014). Analisis deret waktu digunakan untuk menyelidiki perilaku

atau kecenderungan data secara temporal dari suatu variabel tertentu (Trauth, 2006; Trauth, 2015). Sebelum melakukan analisis data, perlu melakukan beberapa tahapan penanganan terhadap data yang akan diolah tersebut, salah satunya berupa *filtering* data. Penanganan data ini dilakukan karena adanya kemungkinan data tersebut memiliki bias (*noise*) tertentu. *Filtering*

dapat dilakukan dengan membuang data rata-rata (*moving average*) atau menghilangkan kecenderungan data (*detrend*). Analisis yang dilakukan terhadap data *time series* SPL di Laut Banda adalah analisis *fourier* melalui *fast fourier transform*, dan juga analisis fungsi orthogonal empiris (EOF).



Gambar 1. Area kajian di perairan Laut Banda (124.167-131.667° BT dan 4.387-6.887° LS)

Analisis *fourier* adalah perluasan dari fungsi periodik  $f(x)$  dalam hal jumlah sinus dan cosinus yang tak terbatas. *Fourier series* memanfaatkan hubungan ortogonalitas fungsi sinus dan cosinus. Perhitungan dan studi *Fourier series* dikenal sebagai analisis harmonik dan sangat berguna untuk memecah fungsi periodik menjadi seperangkat istilah sederhana, dipecahkan secara individual, dan kemudian dikombinasi ulang untuk mendapatkan solusi bagi masalah asli atau perkiraan untuk keakuratan yang diinginkan secara praktis. Analisis *fourier* terhadap satu variabel data dapat dilakukan dengan korelasi sendiri (*auto-correlation*) yang disebut dengan *auto spectral analysis*. Analisis auto spektral bertujuan untuk menggambarkan distribusi varian yang terkandung pada sinyal tunggal dari data deret waktu  $x(t)$  sebagai fungsi frekuensi atau panjang gelombang (Trauth 2006; Trauth 2015). Cara sederhana untuk

menggambarkan varians selama jeda waktu  $k$  yaitu menggunakan *autocovarians*, adalah:

$$cov_{xx}(k) = \frac{1}{N-k-1} \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}) \dots (1)$$

Normalisasi kovarians dengan varians  $\sigma^2$  dari data deret waktu  $x(t)$  menghasilkan urutan auto korelasi:

$$cor_{xx}(k) = \frac{cov_{xx}(k)}{cov_{xx}(0)} = \frac{cov_{xx}(k)}{\sigma_x^2} \dots (2)$$

Metode populer untuk menghitung spektrum daya dengan *Fourier Transform* adalah:

$$X_{xx}(f) = \sum_{k=0}^M cor_{xx}(k) e^{i2\pi f k / f_s} \dots (3)$$

Dimana  $M$  adalah maksimum lag dan  $f_s$  merupakan frekuensi sampling. Perhitungan *power spectral density* (PSD) adalah:

$$PSD = \frac{X_{xx}^*(f)X_{xx}(f)}{f_s} = \frac{|X_{xx}(f)|^2}{f_s} \dots\dots\dots (4)$$

$X_{xx}^*(f)$  adalah kompleks konjugat dari transformasi *Fourier* dari fungsi auto korelasi  $X_{xx}(f)$ . Perhitungan aktual dari spektrum daya dapat dilakukan pada sejumlah frekuensi berbeda dengan menggunakan *Fast Fourier Transformation* (FFT).

Analisis lainnya dari data *time series* SPL berupa analisis ortogonal empiris (EOF), merupakan teknik yang berguna dalam mengompres variabilitas sesuai kecenderungan data yang disebut sebagai analisis komponen utama (PCA) (Thomson dan Emery, 2014). Keunggulan analisis EOF adalah memberikan deskripsi ringkas tentang variabilitas spasial dan temporal dari data *time series* berupa fungsi ortogonal. Tujuan utama dari analisis EOF adalah mereduksi sejumlah besar variabel data menjadi hanya beberapa variabel tanpa mengubah sebagian besar varians dari data asli (Jolliffe, 2002).

Analisis EOF berbasis *singular value decomposition* (SVD) dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu: 1) menyusun matriks data; 2) menormalisasi matriks data; 3) mereduksi matriks data dengan SVD data ( $U\Sigma V^T$ ); 4) menentukan nilai singular; dan 5) menganalisis secara spasial dan temporal terhadap mode EOF dominan. Data oseanografi biasanya berupa data grid dalam bentuk matriks yang memiliki level tiga dimensi dengan dua dimensi spasial dan satu dimensi waktu. Koordinat horizontal tersusun dari dua dimensi spasial yaitu untuk garis lintang  $\theta_j, j=1,2,\dots,p1$  dan garis bujur  $\phi_k, k=1,2,\dots,p2$  menghasilkan jumlah dari titik grid  $p=p1p2$  koordinat vertikal disusun berdasarkan waktu  $t_i, i=1,2,\dots,n$  dan untuk bidang F dapat dituliskan:

$$F_{ijk}=(\theta_j,\phi_k,t_i), \dots\dots\dots (5)$$

dengan  $1=i=n, 1=j=p1$  dan  $1=k=p2$

Secara umum untuk dimensi tiga membutuhkan penyimpanan yang cukup banyak dan sulit untuk dianalisis. Oleh karena itu, dapat ditransformasikan menjadi dimensi dua, misalnya matriks data berukuran  $n \times p$ . Grid data set yang terdiri atas ruang dan waktu  $X(n,p)$  mewakili nilai dari bidang  $X$  pada ruang  $n$  dan waktu  $p$ . Nilai dari bidang pada titik grid  $n_j$  dan waktu diskret  $p_i$  dinotasikan  $x_{ij}$  untuk  $i=1,\dots,n$  dan  $j=1,\dots,p$  sehingga bidang yang diamati direpresentasikan dalam data matriks sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

Pendekatan SVD dilakukan dengan mereduksi data yang akan dianalisis, misalkan  $X$  matriks berukuran  $n \times p$  dengan  $Rank(X) = r$ , maka dekomposisi nilai singular dari  $X$  adalah faktorisasi dalam bentuk:

$$X=U\Sigma V^T \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $U = [u_1 u_2 \dots u_n]$  dan  $V = [v_1 v_2 \dots v_p]$  merupakan matriks ortogonal (Goldberg, 1991). Matriks  $U$  berukuran  $n \times n$ ,  $V$  berukuran  $p \times p$ , dan  $S = [\sigma_{000}]$  berukuran  $n \times p$  dengan  $\sigma = diag(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r)$  dan  $\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_r = 0$  sehingga dapat dibuat persamaan:

$$X_{n,p} = U_{n,n} \begin{bmatrix} \sigma & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V_{p,p}^T \dots\dots\dots (8)$$

Analisis EOF digunakan untuk mencari  $(n \times k)$  matriks skor komponen dengan  $p$  waktu pada  $k$  komponen yang memuat matriks  $V$  yang mengandung koefisien EOF dari  $n$  variabel pada  $k$  komponen. Misalkan  $X$  pada persamaan di atas memiliki matriks berukuran  $n \times p$  yang mengandung data set dengan  $n$  banyaknya peubah atau variabel dan  $p$  waktu. SVD dari  $X$  dengan  $Rank(X)=r$  adalah faktorisasi seperti pada persamaan berikut ini:

$$X = \sum_{i=1}^r U_i | \sigma_i v_i(k) \dots\dots\dots (9)$$

Matriks  $V$  dari persamaan adalah matriks EOF dan  $U\Sigma$  adalah matriks skor dari komponen utama. Varians dari  $i$  komponen utama  $i=1,2,\dots,r$  diperoleh dari:

$$U_i = \sigma_i^2 / S \sigma_i^2 \dots\dots\dots (10)$$

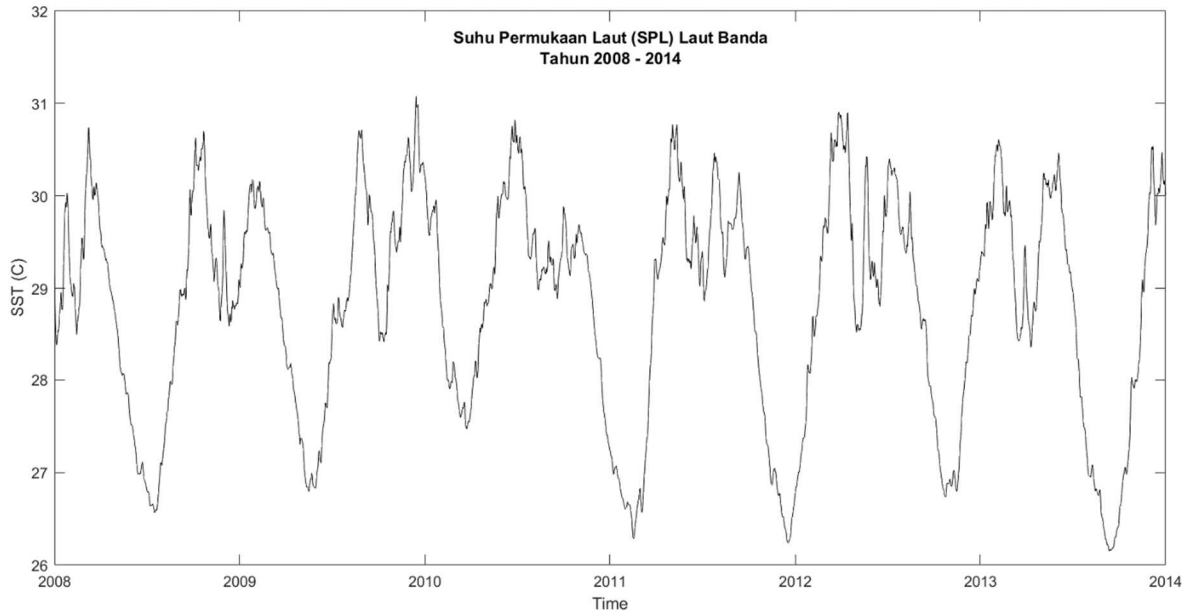
dimana  $i=1,2,\dots,r$  merupakan nilai singular dari matriks  $X$ . Dalam prakteknya,  $k$  mode EOF1 atau komponen utama pertama dengan  $k \ll r$  menjelaskan proporsi varians terbesar. Visualisasi metode EOF terhadap data SPL menggunakan program komputer dengan bantuan *software* Matlab. Berdasarkan visualisasi tersebut diperoleh nilai EOF terbesar sebagai pola dominan untuk spasial dan temporal yang mewakili data asli suhu permukaan laut sebagai data yang dianalisis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Moving Average dan Detrend**

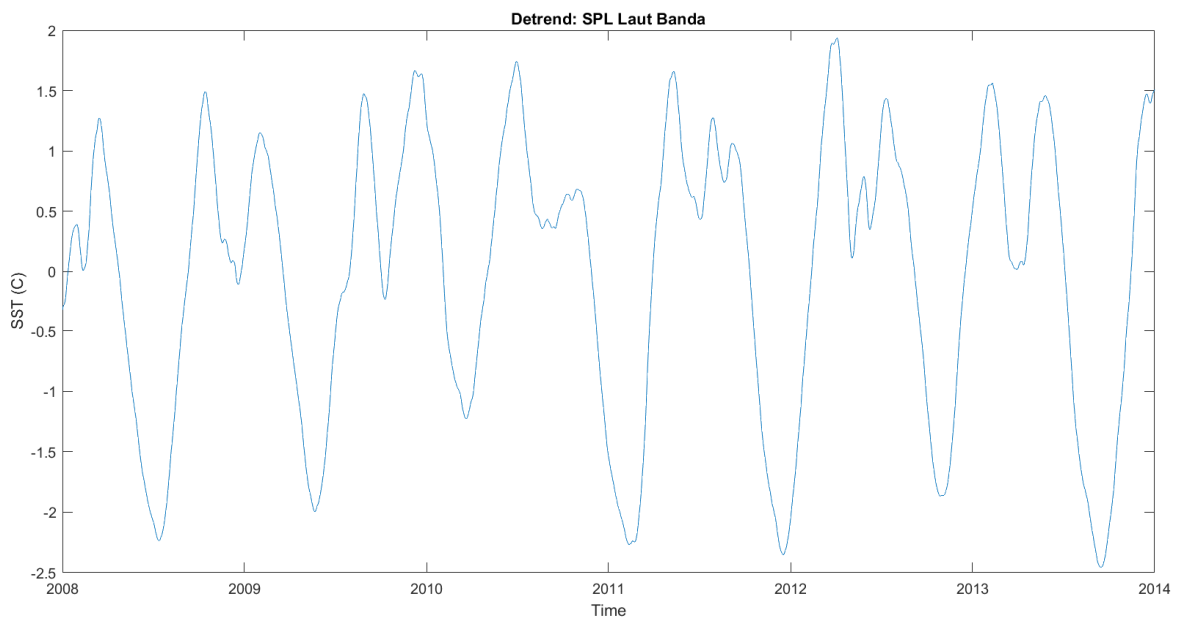
Hasil *filtering* dengan membuang data rata-rata (*moving average*) atau menghilangkan kecenderungan data (*detrend*) terhadap data

time series SPL periode tahun 2008 – 2014 (7 tahun) yang dirata-ratakan per hari menunjukkan nilai suhu permukaan laut pada perairan Laut Banda (4 – 6°LS dan 127 – 129°BT) bervariasi dengan kisaran 26.12 – 31.23°C dan rata-rata sebesar 28.83°C. Terjadi variabilitas SPL pada wilayah kajian dalam

rentang tahunan dan juga tiap tahunnya. Pada tahun 2008, 2011, 2012, dan 2014, nilai SPL cukup rendah (< 28°C) terjadi pada akhir bulan Juni hingga September. Hasil visualisasi atau tampilan grafik dari fungsi *detrend* dan *moving average* ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



**Gambar 2.** Suhu permukaan laut pada perairan Laut Banda (4 – 6°LS dan 127 – 129°BT)



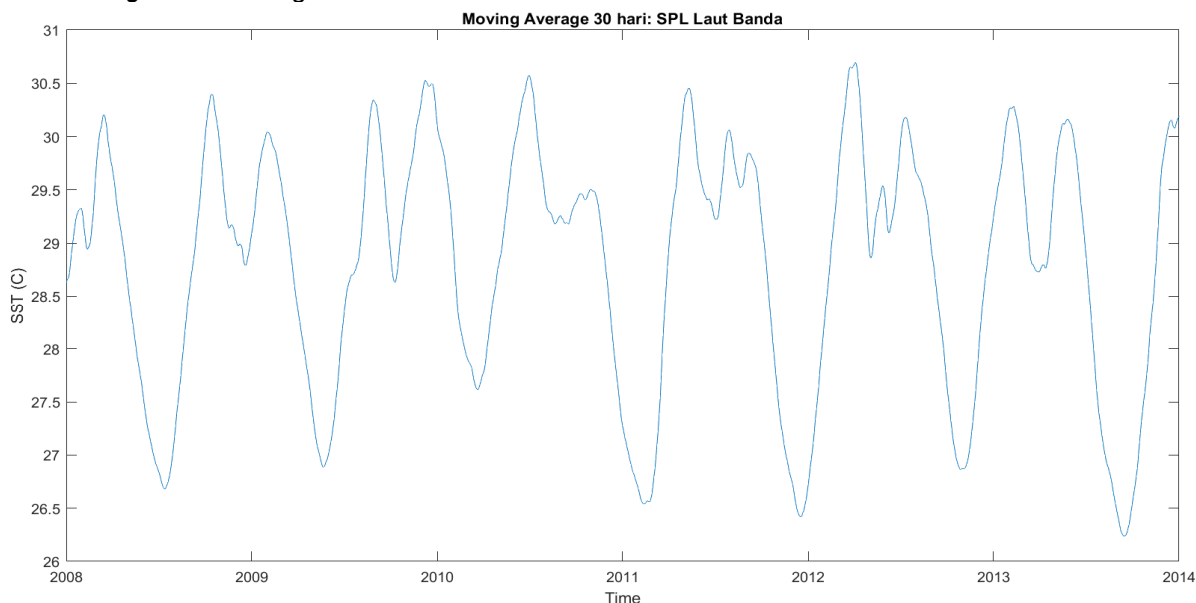
**Gambar 3.** Nilai SPL (*Detrend*) pada perairan Laut Banda (4 – 6°LS dan 127 – 129°BT)

Rentang nilai SPL terendah berlangsung cukup lama, dengan prediksi kejadian *upwelling* pada perairan ini sangat besar terjadi. Sedangkan pada tahun 2009 dan 2013, nilai SPL terendah (< 28°C) mulai terjadi pada bulan Juli hingga September. Bahkan nilai SPL terendah pada tahun 2010 terjadi lebih singkat, hanya selama sekitar 1 bulan (Juli – Agustus) dengan nilai <

28°C. Secara umum, nilai SPL terendah tersebut terjadi sebagai akibat dari kejadian angin muson di wilayah perairan Indonesia. Posisi Indonesia yang berada di antara benua Asia dan benua Australia membuat kawasan Indonesia paling ideal untuk berkembangnya angin muson (*monsoon wind*) (Nontji, 2007). Variasi suhu permukaan laut dominan

berpengaruh terhadap angin muson di Asia (Qu *et al.*, 2005). Variabilitas spasial dari SPL dapat menyebabkan terjadinya *upwelling* dan *downwelling* Ekman di bagian utara dan selatan

Laut Indonesia, dan membentuk wilayah SPL dingin di bagian timur laut (Kida dan Richards, 2009).



**Gambar 4.** Nilai SPL (*moving average*) perairan Laut Banda (4 – 6°LS dan 127 – 129°BT)

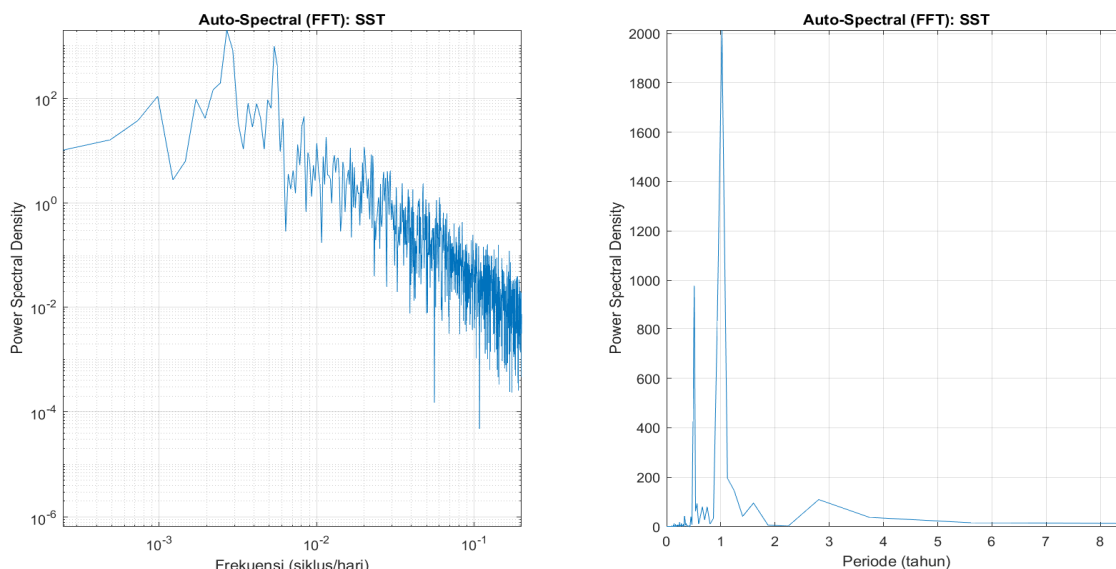
Pada bulan-bulan Juli sampai Agustus, pusat tekanan udara tinggi terjadi pada bagian daratan Australia dan pusat tekanan udara rendah di atas daratan Asia (Nontji, 2007). Sehingga terjadi gerakan udara dari tekanan udara tinggi di Australia menuju tekanan udara rendah di Asia, menyebabkan terjadinya angin muson timur (*east monsoon*) di Indonesia. Kejadian nilai SPL terendah (< 28°C) pada perairan Laut Banda tersebut dapat dipastikan sebagai pengaruh dan respon dari kejadian angin muson timur.

Selain itu, kejadian SPL dengan nilai cukup tinggi juga terjadi pada wilayah kajian. Bahkan terlihat dari grafik SPL (**Gambar 2**), bahwa kejadian SPL lebih hangat terjadi lebih panjang tiap tahunnya dalam rentang data 2008 - 2014 tersebut. Memang, menurut (Martono, 2016) bahwa dalam 30 tahun terakhir, suhu permukaan laut di perairan Indonesia menunjukkan kecenderungan meningkat. Secara umum, SPL lebih hangat sebesar > 29°C dapat terjadi hingga bulan Mei, yang dimulai sejak akhir tahun (umumnya mulai bulan November). Sekitar bulan Desember, Januari dan Februari, musim dingin terjadi pada belahan bumi bagian utara (daratan Asia) dan sebaliknya kejadian musim panas pada belahan bumi bagian selatan (daratan Australia). Hal ini terjadi karena posisi matahari yang berada di belahan bumi bagian selatan, sehingga bagian selatan menjadi lebih hangat. Pada saat kondisi tersebut, terjadilah tekanan tinggi di atas daratan Asia (bagian utara) dan

pusat tekanan rendah di atas daratan Australia (bagian selatan). Keadaan ini yang menyebabkan angin berhembus dari Asia (tekanan udara tinggi) menuju daratan Australia (tekanan udara rendah), sehingga terjadi fenomena pergerakan angin ini di Indonesia yang disebut angin muson barat (*west monsoon*).

#### **Analisis Fourier Transform (FT)**

Hasil *power spectral density* / PSD (*auto spectral*) dari suhu permukaan laut (Gambar 5) dengan analisis *fourier transform*, terlihat signal dominan data SPL memiliki nilai PSD sebesar 2014 °C<sup>2</sup>/c.p.d pada periode sekitar 1 tahun (sekitar 360-372 hari), sebesar 977 °C<sup>2</sup>/c.p.d pada waktu setengah tahun (sekitar 186 hari). Berikut hasil auto spektral data *time series* SPL di perairan Laut Banda (2008-2014) (**Gambar 5**). Hal ini diduga mendapat pengaruh dari IOD (*Indian Ocean Dipole Mode*) yang terjadi pada perairan Samudera Hindia dan juga pengaruh musim yang terjadi secara periodik. Fenomena IOD yang terjadi pada tahun 2006 ditandai dengan nilai DMI yang ekstrim positif menyebabkan rendahnya SPL berkaitan dengan proses *upwelling* yang terjadi secara intensif di perairan yang membawa massa air bersuhu rendah ke lapisan permukaan (Yuniarti *et al.*, 2013). Pada saat terjadi IOD secara tidak langsung SPL di perairan Indonesia mengalami penurunan, tidak menutup kemungkinan juga terjadi pada perairan Laut Banda.



**Gambar 5.** Analisis *fourier transform* - *power spectral density* (PSD) data SPL di perairan Laut Banda

Selain pengaruh IOD, angin muson timur dapat menjadikan nilai SPL cukup rendah yang terjadi hampir tiap tahun pada bulan-bulan tertentu, terutama terjadi pada bulan juli atau agustus atau september. Hal ini sangat terlihat jelas baik dari data *time series* SPL di Laut Banda (**Gambar 2**), maupun dengan analisis *fourier transform*. Pengaruh angin muson di perairan Indonesia tentunya sangat mendominasi. Posisi Indonesia yang berada di antara benua asia dan benua Australia membuat kawasan Indonesia paling ideal untuk berkembangnya angin muson (*monsoon wind*) (Nontji, 2007). Muson barat / barat laut mencapai puncaknya pada bulan Desember hingga Februari, yang sering disertai kejadian hujan (Siregar *et al.*, 2017). Variasi suhu permukaan laut dominan berpengaruh terhadap angin musim di Asia (Qu *et al.*, 2005). Sekitar bulan Desember, Januari, dan Februari, musim dingin terjadi pada belahan bumi bagian utara dan sebaliknya kejadian musim panas pada belahan bumi bagian selatan.

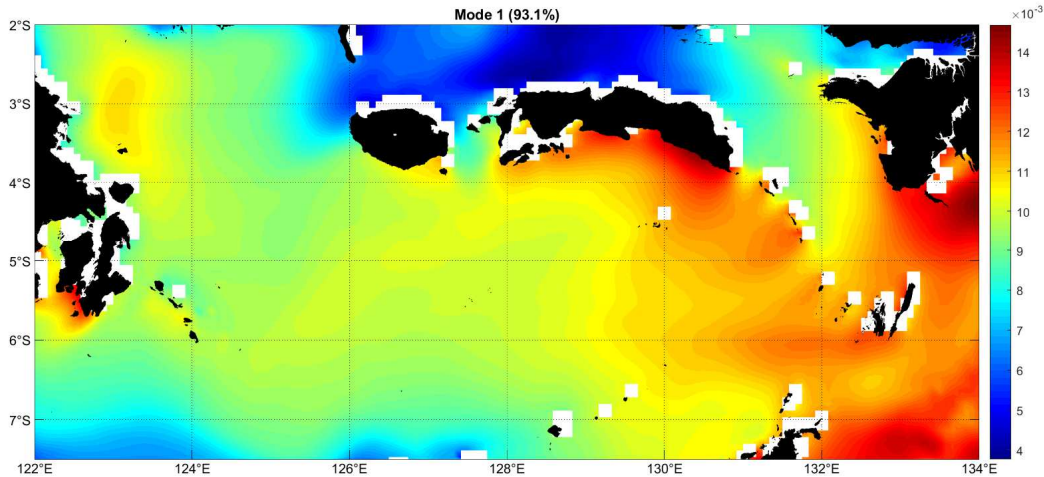
Kondisi ini diduga posisi matahari berada di belahan bumi bagian selatan, sehingga bagian selatan menjadi lebih hangat. Pada saat kondisi tersebut, terjadilah tekanan tinggi di atas daratan Asia (bagian utara) dan pusat tekanan rendah di atas daratan Australia (bagian selatan). Keadaan ini yang menyebabkan angin berhembus dari Asia (tekanan udara tinggi) menuju daratan Australia (tekanan udara rendah), sehingga terjadi fenomena pergerakan angin ini di Indonesia yang disebut angin muson barat (*west monsoon*). Sebaliknya, pada bulan-bulan Juli sampai Agustus, pusat tekanan udara tinggi terjadi pada bagian daratan Australia dan pusat tekanan udara rendah di atas daratan Asia

(Nontji, 2007). Sehingga terjadi gerakan udara dari tekanan udara tinggi di australia menuju tekanan udara rendah di Asia, menyebabkan terjadinya angin muson timur (*east monsoon*) di Indonesia.

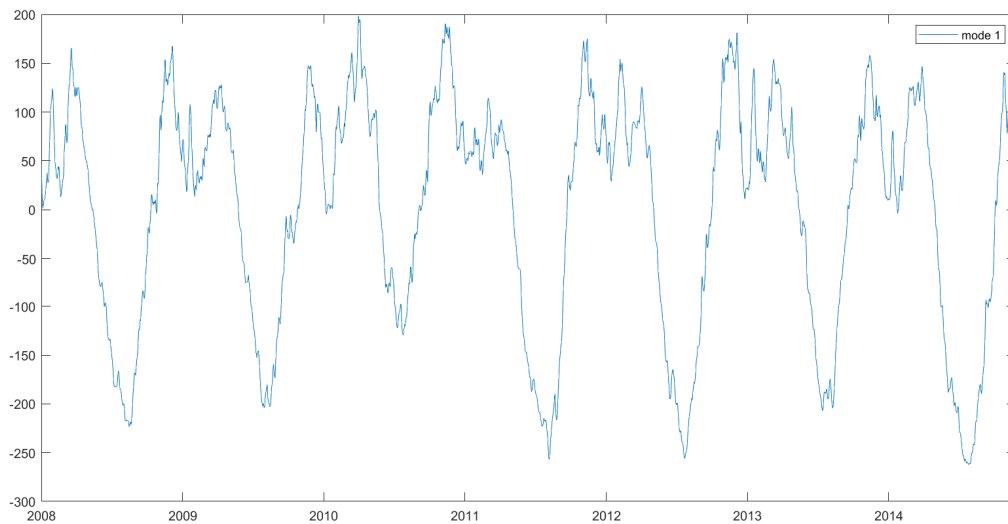
Selain itu, juga terjadi periode hampir 2 – 3 tahunan, dengan terlihatnya signal PSD sebesar 109.7 °C<sup>2</sup>/c.p.d pada periode 2.8 tahun. Hal ini diduga terkait dengan fenomena ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*). Wilayah perairan Laut Banda yang cukup dekat dengan Samudera Pasifik bagian barat, tentunya juga cukup besar pengaruh dari kejadian ENSO tersebut. Pada saat El-Nino terjadi peningkatan SPL, dimana fenomena ini terjadi di Samudera Pasifik tengah dan timur. Kejadian ini berdampak terhadap sirkulasi monsun di Indonesia, yang mana terjadi penguatan angin di Pasifik Barat daerah equator. Lokasi ini cukup dekat dengan Laut Banda sehingga diduga memiliki pengaruh yang cukup signifikan. Fenomena sebaliknya dari El-Nino adalah La Nina, yang ditandai dengan anomali SPL lebih dingin dari pada rata-ratanya.

### **Analisis Empirical Orthogonal Function (EOF)**

Penggunaan metode EOF bertujuan untuk menentukan suatu set variabel baru yang dapat mengungkapkan sebagian besar varians dari data yang diamati melalui penyusunan kombinasi linier dari variabel asal (Hannachi, 2004). Menentukan besar kontribusi mode EOF ke - *k* adalah dengan membagi nilai eigen ke - *k* dengan jumlah seluruh nilai eigen. Maka nilai eigen yang paling besar akan memiliki kontribusi paling besar pula terhadap variabilitas data SPL.



Gambar 6. Pola spasial suhu permukaan Laut Banda mode EOF-1.



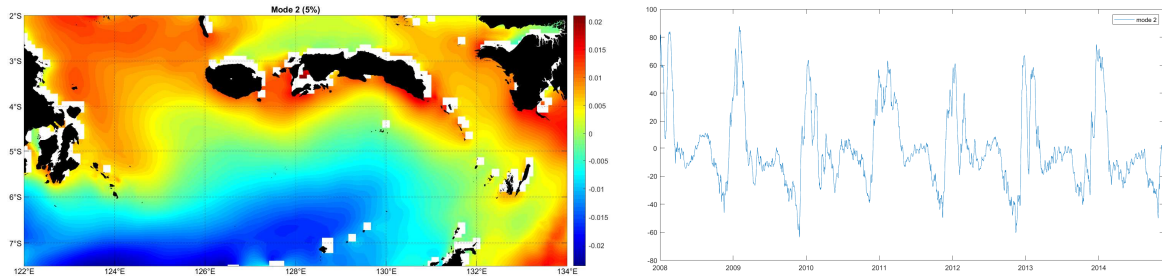
Gambar 7. Pola temporal (periode) suhu permukaan Laut Banda mode EOF-1.

Setiap mode EOF memiliki kontribusi masing-masing terhadap variabilitas data suhu permukaan laut dengan jumlah seluruh kontribusi dari seluruh mode EOF adalah 100%. Seperti yang ditunjukkan gambar 6, mode EOF-1 mampu memberikan kontribusi terhadap variabilitas data suhu permukaan laut sebesar 93.1%, Mode-2 (5%), Mode-3 (0.9%), Mode-4 (0.5%) dan seterusnya sehingga jumlah kontribusi seluruh mode adalah 100%. Mode satu dengan yang lain saling bebas, sehingga mode EOF- $k$  (untuk  $k > 1$ ) mampu memberikan kontribusi terhadap variabilitas data anomali suhu di luar kontribusi mode EOF-1.

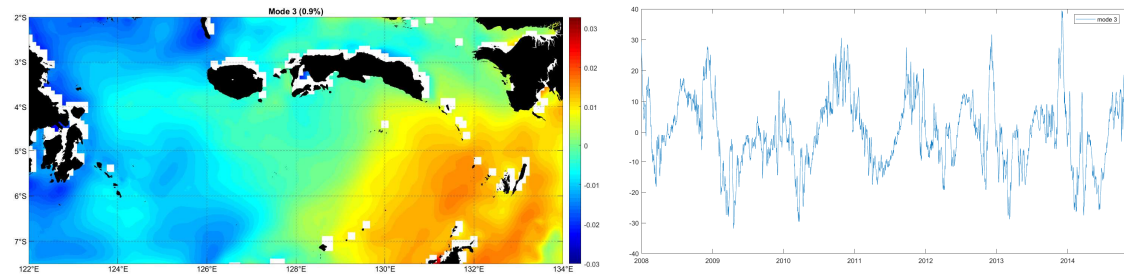
Banyaknya komponen utama pertama dan mampu merepresentasikan data asli adalah

proporsi varians kumulatif lebih dari 80% (Jolliffe, 2002). Hasil dekomposisi analisis Mode-1 dengan keragaman sebesar 93.1% menunjukkan bahwa nilai pada sisi timur lebih tinggi dibandingkan sisi barat (Gambar 6). Kondisi ini memperlihatkan bahwa perairan Arafura berperan dalam mempengaruhi siklus variasi SPL yang terjadi di perairan Laut Banda. Kondisi ini diduga terkait pola spasial osilasi SPL dominan akibat pengaruh dari muson (Gambar 7). Perhitungan dekomposisi data menunjukkan Mode-2, Mode-3 dan Mode-4 memiliki nilai keragaman yang sangat kecil sehingga dengan menggunakan hasil analisis Mode-1 cukup untuk menggambarkan pola / variasi suhu yang terjadi (Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10).

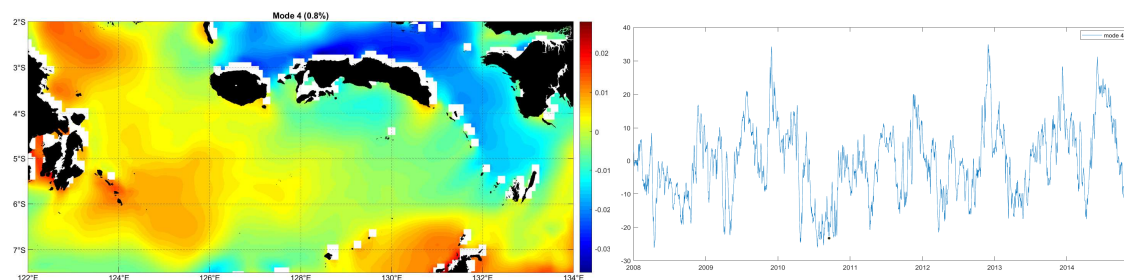




Gambar 8. Plot pola spasial dan temporal SPL di Laut Banda mode 2 EOF



Gambar 9. Plot pola spasial dan temporal SPL di Laut Banda Mode 3 EOF



Gambar 10. Plot pola spasial dan temporal SPL di Laut Banda mode 4 EOF

## KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis *Fourier Transform* data suhu permukaan laut menghasilkan sinyal suhu periode dominan annual (tahunan) dan semi-annual (6 bulanan). Fenomena ENSO juga mempengaruhi variasi suhu yang terjadi di perairan Laut Banda dengan terihatnya sinyal periode inter-annual (2.8 tahunan). Penerapan metode EOF berbasis SVD pada data SPL menghasilkan satu mode EOF dominan yang menunjukkan perairan Arafura berperan dalam mempengaruhi siklus SPL yang terjadi di Laut Banda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Emery, W.J., Thomson, R.E. (2008). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Second Ed. Boulder, Colorado and Sidney.
- Hannachi, A. (2004). *A Primer for EOF Analysis of Climate Data*. United Kingdom: Departement of Meteorology, University of Reading.
- Hartoko, A. (2013). *Oceanographic*

- Characteristers and Plankton Resources of Indonesia. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hutabarat, S., Evans, S.M. (2014). *Pengantar Oseanografi*. 2nd ed. Jakarta: UI Press.
- Jolliffe, I.T. (2002). *Principal Componen Analysis*. Second Ed. New York (US): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kemili, P., Putri, M.R. (2012). Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling Berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut Terhadap Variabilitas Produktivitas Primer di Perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1), 66–79.
- Kida, S., & Richards, K. J. (2009). Seasonal sea surface temperature variability in the Indonesian Seas. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(C6), 1-7.
- Martono, M. (2016). Seasonal and Interannual Variations of Sea Surface Temperature in the Indonesian Waters. *Forum Geogr.* 30(2), 120–129.
- Nontji, A. (2007). *Laut Nusantara*. Fifth Ed. Jakarta: Djambatan.
- Qu, T., Du, Y., Strachan, J., Meyers, G., &

- Slingo, J. (2005). Sea Surface Temperature and Its Variability. *Oceanography*, 18(4), 50-61.
- Siregar, S. N., Sari, L. P., Purba, N. P., Pranowo, W. S., & Syamsuddin, M. L. (2017). Pertukaran massa air di Laut Jawa terhadap periodisitas monsun dan Arlindo pada tahun 2015. *Depik*, 6(1), 44-59.
- Sumarjaya, I.W. (2016). *Modul Analisis Deret Waktu*. Denpasar (ID): Universitas Udayana.
- Sverdrup, H.U., Johnson, M.W., Fleming, R.H. (1942). *The Oceans, Their Physics, Chemistry, and General Biology*. Prentice-Hall, New York.
- Thomson, R.E., Emery, W.J. (2014). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Third Ed. Boulder (US): Elsevier Ltd.
- Trauth, M.H. (2006). *MATLAB® Recipes for Earth Sciences*. Potsdam (Ger): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Trauth, M.H. (2015). *MATLAB® Recipes for Earth Sciences*. Fourth Ed. Potsdam (Ger): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Wyrtki, K. (1961). *NAGA REPORT (Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961)*. Second Ed. California (USA): Scripps Institution of Oceanography - The University of California.
- Yuniarti, A., Maslukah, L., & Helmi, M. (2013). Studi variabilitas suhu permukaan laut berdasarkan citra satelit aqua MODIS tahun 2007-2011 di Perairan Selat Bali. *Journal of Oceanography*, 2(4), 416-421.