

ANALISIS SPASIAL PERGERAKAN MASSA AIR DI LAUT HALMAHERA DAN LAUT BANDA MENGGUNAKAN METODE *EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION* (EOF)

^{1*}Muhammad Adi Fachrudny, ²Rahmawati Munir, dan ¹Idris Mandang

¹Laboratorium Fisika Komputasi dan Pemodelan

²Jurusan Fisika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman

*E-mail: rudhytimez@gmail.com

ABSTRACT

The movement of water masses that occurred in the Indonesian Sea is the result of the interaction of two ocean, Pacific and Indian Ocean demonstrated by the change in salinity and temperature levels. Oceanographic research in Halmahera and Banda Sea have been carried out by analyzing changes in the level of temperature, salinity and currents on the surface of each season, West Monsoon and East Monsoon in 2010 by using Empirical Orthogonal Function (EOF). The verification of the data was done by comparing the temperature and salinity data were obtained from output of HYCOM model (Hybrid Coordinate Ocean Model) + NCODA Global 1/12 Reanalysis to observation data for 8 days in the Halmahera and Banda Sea. The results of the research showed changes in temperature and salinity that occurred in Halmahera Sea and have ranged between 28.5 °C - 29 °C and 34.1 psu - 34.6 psu was strongly influenced by water masses from the Pacific Ocean. The range of temperature and salinity have occurred during the West Monsoon, these water masses comes from the South Pacific moved towards Halmahera Sea brought by the New Guinea Coastal Current and that current was strong (1.06 m/s) at the time of East Monsoon took place in Indonesia. Unlike the Halmahera Sea, Banda Sea has a tendency to have temperature changes (26.9 °C – 29.8 °C) during the period of seasonal cycles that caused by its large region and the confluence of the water masses that come from Java Sea, Makassar Strait and affected by the temperature of Arafura Sea which has strong interaction from Indian Ocean.

Keywords: Water masses, Halmahera Sea, Banda Sea, EOF.

1. PENDAHULUAN

Bentuk geografis Indonesia yang berupa kepulauan dan posisinya yang diapit oleh dua samudera besar (Samudera Pasifik dan Samudera Hindia) berperan sebagai “kanal penghubung” yang mengalirkan massa air antara kedua samudera tersebut. Para peneliti menamakan kanal penghubung tersebut dengan sebutan Arus Lintas Indonesia (Arlindo) atau yang dikenal dengan sebutan *The Indonesian Throughflow* (Cahyaningrum, 2009), yang memegang peranan penting pada proses perubahan sirkulasi meridional, stratifikasi,

suhu permukaan laut, dan level muka air di Samudera Pasifik dan Samudera Hindia.

Massa air asal Samudera Pasifik masuk ke perairan Indonesia melalui dua jalur. Jalur Selat Makasar (jalur barat) yang dimulai dari Selat Mindanao, bergerak ke Laut Sulawesi terus bergerak ke Selat Makasar, Laut Flores, dan Laut Banda. Jalur lain (jalur timur) Arlindo masuk melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera. Jalur keluar Arlindo melewati perairan yang terbuka terhadap Samudera Hindia seperti Selat Lombok, Selat Ombai, Laut Sawu dan Laut Timor (Wyrтки, 1961 dan Molcard et al., 1996). Keadaan musim

yang terjadi di Indonesia juga mempengaruhi sifat dan kondisi perairan disini, misalnya perairan Selat Makassar, Laut Banda, Laut Flores dan Laut Sulawesi yang erat kaitannya dengan fenomena *El Nino and Southern Oscillation* (ENSO) (Hasanuddin, 1998).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan pola sebaran suhu, salinitas dan arus permukaan yang mempengaruhi pergerakan massa air pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 2010 di Perairan Indonesia Timur yaitu Laut Halmahera dan Laut Banda.

Penelitian ini dapat memberikan informasi sirkulasi massa air laut dan juga sebaran suhu dan salinitas di wilayah Perairan Indonesia Timur khususnya di Laut Halmahera dan Laut Banda.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi dan Pemodelan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman pada bulan Agustus 2014 – Mei 2015.

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data Suhu, Salinitas dan Arus Permukaan yang diperoleh dari hasil *output* model *HYCOM* (*Hybrid Coordinate Ocean Model*) + *NCODA Global 1/12° Reanalysis* dalam bentuk *spasio-temporal* dan dicuplik tiap bulan dalam kurun waktu 1 tahun yaitu data tahun 2010, selain data permukaan data suhu dan salinitas dicuplik hingga kedalaman 5000 m pada beberapa titik. Data penelitian diverifikasi menggunakan data observasi yang telah diperoleh dari riset kelautan yang dilakukan oleh peneliti Indonesia bekerjasama dengan peneliti Perancis diawali dengan pelayaran *INDOMIX* pada tahun 2010.

2.1 Metode Penelitian

Tujuan utama dari analisis EOF adalah untuk mengurangi sejumlah besar

variable data menjadi hanya beberapa variable, tanpa merubah sebagian besar varians yang akan dijelaskan.

Kovarians dari matriks kemudian ditentukan dengan persamaan (Hannachi, 2004):

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

X merupakan matriks dari variabel yang di analisis sehingga perkalian pada persamaan (1) 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:

$$\Sigma a = \lambda a \quad (2)$$

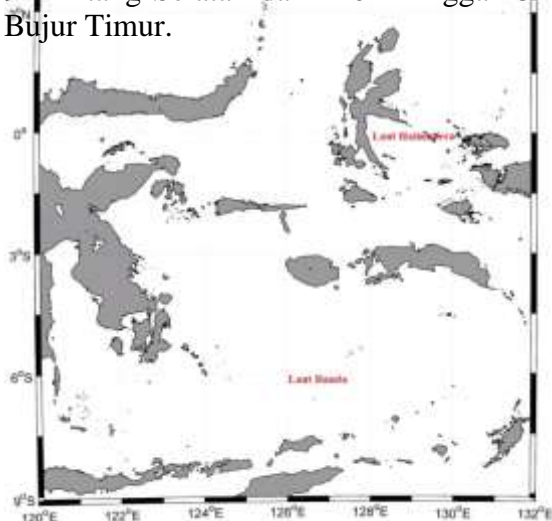
Dari persamaan (2) didapatkan nilai *eigen* dan *eigen vector*. a adalah *eigen vector* dari matriks sigma dengan (λ) merupakan *eigen value*. *Eigen value* umumnya digunakan untuk menulis perbedaan yang dapat dijelaskan dalam persamaan persen berikut dimana k ialah mode dalam EOF ($k= 1,2,3,\dots,p$). Selanjutnya variansi ditentukan dengan menggunakan persamaan (3)

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

2.2 Wilayah Studi

Wilayah studi dalam penelitian ini meliputi Laut Halmahera dan Laut Banda. Secara astronomis pusat Laut Halmahera terletak di koordinat 1°S dan 129°E, Laut Halmahera adalah laut yang terletak timur bagian tengah Laut Mediterania Australia sedangkan untuk pusat Laut Banda terletak pada koordinat 6°S dan 130°E, Laut Banda merupakan perairan yang terletak di kepulauan Maluku berukuran 500 x 1.000 km terpisah dari Samudera Pasifik dan oleh beratus – ratus pulau, serta Laut Halmahera

dan Seram. Daerah penelitian ditentukan dari titik koordinat 3° Lintang Utara hingga 9° Lintang Selatan dan 120° hingga 132° Bujur Timur.



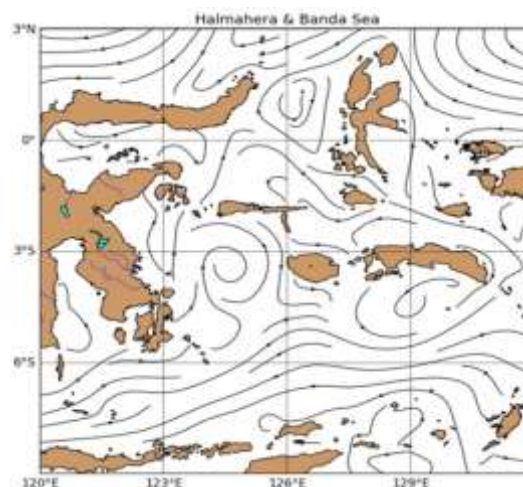
Gambar 1. Wilayah Studi Laut Halmahera dan Laut Banda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pola Sirkulasi Arus Permukaan

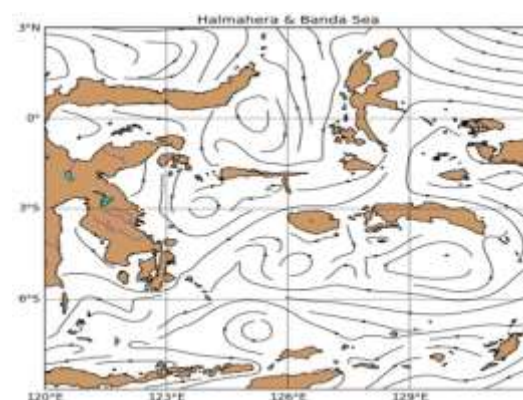
Pada pola distribusi arus permukaan untuk bulan Februari (Gambar 2a) terlihat bahwa kecepatan arus di Laut Banda berkisar antara 0,2 – 1,03 m/s yang dilihat untuk keseluruhan perairan Laut Banda. Arus yang masuk melalui Laut Flores berkisar antara 0,6 – 0,9 m/s terus bergerak ke tengah perairan Laut Banda hingga kemudian melemah setelah berubah arah memasuki Laut Seram lalu diteruskan ke Laut Maluku dan berakhir di Samudera Pasifik, tetapi saat arus permukaan bergerak melalui Laut Seram sebagian kecil berbelok ke arah Laut Halmahera dengan kecepatan $\pm 0,3$ m/s. Selain arus yang bergerak melalui Laut Flores, Laut Banda, dan Laut Seram sebelumnya, terjadi pula arus yang berputar di bagian Selatan Kepulauan Talibu yang terjadi selama Musim Peralihan I (Maret – Mei), tetapi pola arus yang terjadi pada periode Musim Peralihan I (Mei) berbanding terbalik dengan pola arus kecepatannya berkurang

hingga 0,2 m/s bahkan cenderung tenang di bagian tengah Laut Banda dan bagian Timur Laut Seram.



Gambar 2a. Rata-rata bulanan Pola Arus Permukaan Laut di Laut Banda dan Laut Halmahera pada Musim Barat.

Arus permukaan pada Musim Timur (Gambar 2b) meningkat di Laut Halmahera sekitar Halmahera Eddy (HE) bagian Utara Laut Halmahera berkisar antara 1,0 – 1,2 m/s dan kecepatannya selama periode Musim Peralihan II sebesar 0,1 m/s. Berbeda pada selama Musim Peralihan II, arus permukaan yang membentuk aliran seperti yang dibahas sebelumnya melebar hanya di Laut Seram bagian Barat hingga memasuki Utara Laut Banda sedangkan yang bergerak ke arah Timur melemah dan cenderung tenang.



Gambar 2b. Rata-rata bulanan Pola Arus Permukaan Laut di Laut Banda dan Laut Halmahera pada Musim Barat.

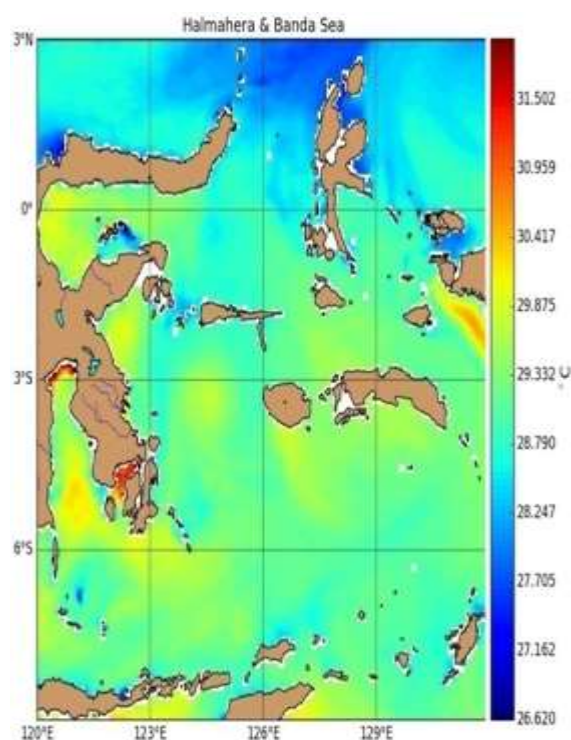
3.2 Variabilitas Spasial Suhu Permukaan Laut (SPL)

Variabilitas dari SPL suhu rata-rata permukaan yang didapat dari HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) + NCODA Global 1/12° Reanalysis. SPL pada Musim Barat (Gambar 3a) di Laut Banda dan Laut Halmahera ditunjukkan pada bulan Februari, dan SPL pada Musim Timur ditunjukkan pada bulan Agustus. Keadaan SPL yang terjadi di Laut Banda pada Musim Barat (Desember-Februari) berkisar antara 29,1°C-29,8°C, SPL rendah di bagian Selatan Laut Banda Sekitar Kepulauan Tanimbar dan sebelah Utara sekitar Kepulauan Taliabu (>28,5°C).

Keadaan SPL di Laut Banda terus meningkat selama periode Musim Peralihan I (Maret-Mei) berkisar antara 29,4°C-30°C pada bulan Maret dan keadaan SPL yang tinggi terjadi pada bulan April mencapai 30,5°C, keadaan SPL ini menyebar hampir di seluruh perairan Laut Banda. Pada akhir Musim Peralihan I (Mei) SPL wilayah tengah Laut Banda mulai mengalami penurunan suhu ($\pm 2,3$ °C).

Sesuai dengan pernyataan Sukresno (2010) sebelumnya, arus yang kuat mengalir dari Selat Makassar melalui Laut Flores menuju Laut Banda menunjukkan bahwa perairan tersebut lebih dipengaruhi oleh Massa Air yang berasal dari Samudera Pasifik yang terjadi di Indonesia, karena Laut Banda adalah salah satu perairan yang dilintasi massa air yang menghubungkan antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia (ARLINDO) dan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara laut dan gaya – gaya atmosferik dari kedua Samudera tersebut (England *et al.* 2005), tetapi sebagian kecil massa air dari Laut Jawa diperkirakan ikut menyuplai massa air di Laut Banda seperti yang disebutkan juga oleh Widyastuti (2014) yang ditandai dengan suhu >29,8 °C disekitar Laut Flores yang menjadi tempat bertemunya air dari Selat Makassar dan Laut Jawa. Sedangkan pada Laut Halmahera menunjukkan SPL yang lebih rendah dibandingkan dengan SPL pada Laut Banda yaitu berkisar antara

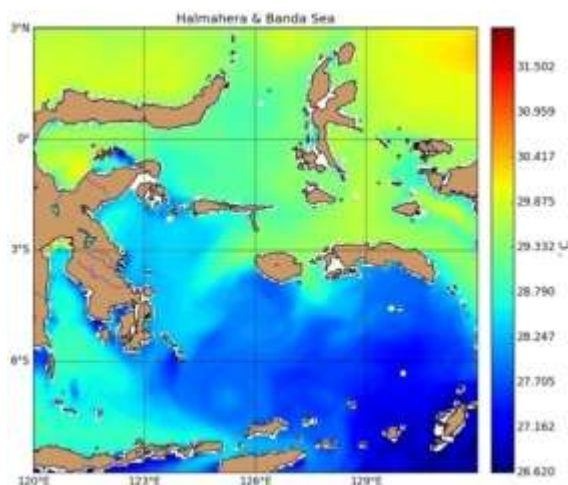
28,5 °C – 29,1 °C, penurunan suhu ini dikarenakan sebagian besar massa air di Laut Halmahera masih dipengaruhi langsung oleh massa air dari Pasifik Selatan baik suhu maupun salinitasnya, yang ditandai dengan SPL <28,5 °C pada batas langsung antara Laut Halmahera dan Samudera Pasifik. Pengaruh ini disebabkan karena Laut Halmahera adalah sebagai salah satu jalur utama masuknya air dari Samudera Pasifik ke perairan Indonesia bagian timur yang dibawa oleh *New Guinea Coastal Current* yang langsung mempengaruhi keadaan perairan di Laut Halmahera (Hasanudin, 1998).



Gambar 3a. Rata-rata bulanan SPL di Laut dan Laut Halmahera pada saat Musim Barat.

Selama puncak Musim Timur (Gambar 3b) yaitu yang terjadi pada bulan Juni – Agustus, SPL di Laut Banda berkisar antara 26,9 °C – 28,4 °C. SPL di Laut Banda lebih dingin dibandingkan dengan SPL di Laut Halmahera yang berkisar antara 29,5 °C – 30,0 °C, hal ini karena air hangat yang masuk ke Laut Halmahera sebagai interaksi langsung terhadap massa air yang berasal dari Pasifik, massa air ini diduga di bawa oleh arus *New Guinea Coastal Current*

yang bergerak menyusuri pantai *New Guinea* (Wattimena, 2014).



Gambar 3b. Rata-rata bulanan SPL di Laut dan Laut Halmahera pada saat Musim Timur.

Suhu permukaan laut terendah di Laut Banda terjadi pada bulan Juli dan Agustus. Gordon dan Susanto (2001), rendahnya suhu permukaan Laut Banda selama muson tenggara disebabkan terjadinya *Ekman pumping*. Penurunan suhu yang terjadi mulai meningkat kembali pada awal Musim Peralihan II (September) kembali. Keadaan SPL di Laut Banda pada bulan – bulan ini lebih rendah karena menjadi tempat berkumpulnya air dingin dari arah timur (Laut Flores) dan adanya pengaruh dari *upwelling* yang terjadi di paparan Arafura karena pengaruh massa air yang dingin dari samudera Hindia (Tubalawony et al., 2012; Qu et al., 2005), selain itu menurut Gordon (2005) massa air di Laut Banda juga dipengaruhi oleh keragaman topografi dan berbatasan dengan Samudera Hindia maka karakteristiknya juga dipengaruhi oleh massa air dari Samudera Hindia.

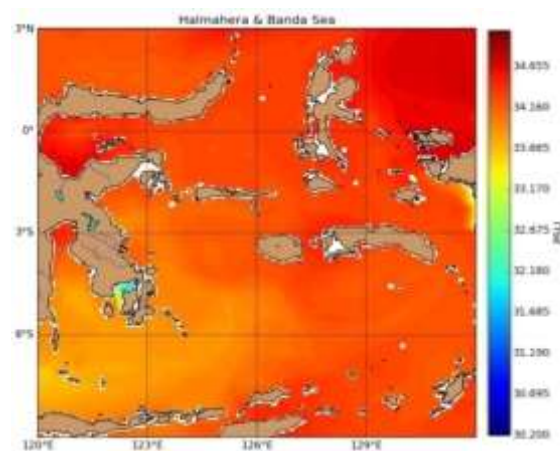
Berdasarkan tabel SOI (*Southern Oscillation Index*) diketahui bahwa terjadi fenomena La-Nina dimulai dari bulan Juni 2010 hingga Mei 2011, pada periode ini *Warm pool* bergerak dari Pasifik Tengah menuju ke bagian Barat Pasifik dan berkontribusi terhadap meningkatnya nilai SPL khususnya di wilayah Laut Banda. Pengaruh La-Nina tersebut terlihat jelas

pada bulan November dimana SPL mengalami peningkatan hingga >1 °C dibandingkan bulan – bulan sebelumnya yang terjadi hampir diseluruh bagian di Laut Banda.

Untuk variabilitas SPL di Laut Banda dan Halmahera dilakukan juga analisis EOF periode La-Nina yang terjadi dari bulan Juni 2010 hingga Mei 2011 dengan *Strong La-Nina* pada saat Musim Peralihan I sampai akhir Musim Timur yang terjadi di Indonesia.

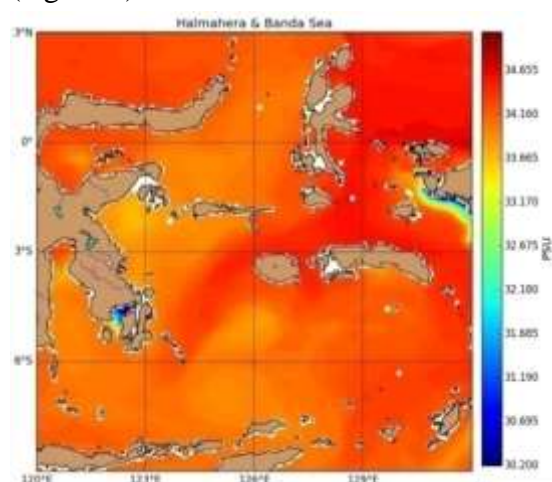
3.3 Variabilitas Spasial Salinitas Permukaan Laut (SSS)

Dari hasil penelitian terlihat bahwa salinitas pada permukaan di Laut Halmahera dan Laut Banda pada kedua Musim tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada penelitian ini salinitas permukaan di Laut Halmahera berkisar antara 34,1 psu – 34,8 psu dan terlihat semakin meningkat ke arah Timur laut dimana daerah terjadinya *Halmahera Eddy* (HE), sedangkan di Laut Banda salinitas permukaan berkisar antara 33,6 psu – 34,1 psu lebih rendah dibanding Laut Halmahera karena massa air yang membawa salinitas tinggi berasal dari Pantai Utara Papua (35,4 psu – 35,3 psu – 34,8 psu) memasuki Laut Halmahera dan mempengaruhi kisaran salinitas permukaan di Laut Halmahera, kisaran salinitas permukaan ini terjadi selama Musim Barat (Gambar 4a).



Gambar 4a. Rata-rata bulanan SSS di Laut dan Laut Halmahera pada saat Musim Barat.

Massa air bagian atas Pasifik Utara mengalir menuju searah jarum jam sekitar *Halmahera Eddy* (HE). Sebagian massa air dari Pasifik memasuki Laut Seram dan terbagi menjadi dua cabang. Cabang ke arah utara kembali ke Samudera Pasifik dan ke arah selatan mengalir memasuki Laut Banda (Liu et al., 2005), ditandai dengan adanya salinitas yang sama pada akhir Musim Peralihan I (Mei) hingga memasuki Musim Timur (<34,1 psu) tersebar merata dari Laut Seram hingga Utara Kepulauan Taliabu yang mulai memasuki perairan Banda saat puncak Musim Timur (Agustus).



Gambar 4b. Rata-rata bulanan SSS di Laut dan Laut Halmahera pada saat Musim Timur.

Pada saat Musim Timur (Gambar 4b) berlangsung yaitu pada bulan Juni – Agustus perbedaan tingkat salinitas permukaan di Laut Halmahera dan Laut Banda terlihat jelas dengan perbedaan tingkat salinitas pada permukaan sebesar 0,7 psu, hampir seluruh wilayah perairan Laut Halmahera menunjukkan nilai berbeda dengan Laut Banda yang menunjukkan nilai salinitas permukaan yang berkisar antara 33,6 psu – 34,1 psu tidak jauh berbeda pada saat Musim Barat (Gambar 4b) hanya saja di daerah tertentu seperti bagian selatan yang bersebelahan dengan Pulau Buru dan bagian timur dari Laut Banda ($\geq 34,6$ psu) karena masih dipengaruhi salinitas tinggi dan arus

permukaan yang berasal dari Laut Halmahera, sehingga sesuai dengan pernyataan Field (2005) bahwa air yang masuk ke Hindia salinitasnya homogen (34,6 psu) melewati lapisan termoklin atas Laut Banda.

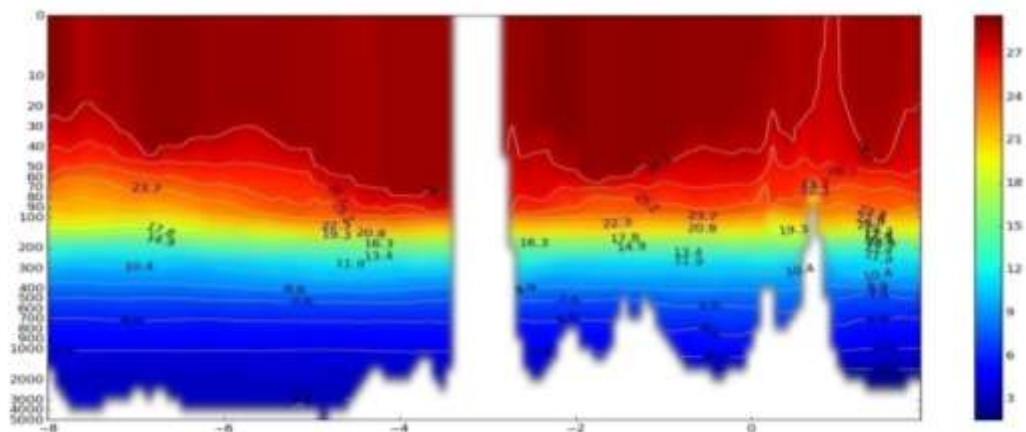
3.4 Pola Distribusi Vertikal Suhu

Pada tahap ini pola distribusi vertikal dibuat dengan memotong membujur pada koordinat 129° BT dengan lintang 2° LU - 7° LS. Selama pengamatan pola sebaran suhu vertikal pada Laut Halmahera dan Laut Banda menunjukkan pola yang serupa saat Musim Barat di Laut Halmahera dan Laut Banda walaupun suhu permukaan saat Musim Barat di Halmahera lebih rendah dibandingkan Laut Banda karena arus yang masuk ke perairan Halmahera melemah hingga akhir Musim Peralihan I (Mei).

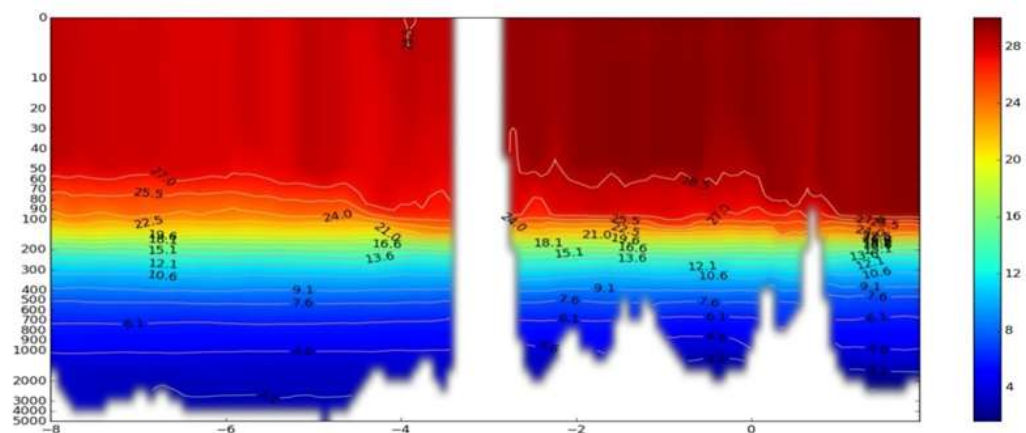
Terlihat pada sekitar ekuator di Laut Halmahera suhu menunjukkan kisaran 28°C sedangkan pada Laut Banda yang mencapai 29°C, sesuai dengan kisaran suhu yang telah dibahas sebelumnya untuk SST di kedua perairan tersebut pada karena pengaruh Samudera Pasifik yang masuk melalui Selat Makassar melalui Laut Flores, Laut Banda hingga kembali ke Samudera Pasifik melalui dua jalur, Laut Halmahera dan Laut Maluku.

3.5 Suhu Permukaan Laut (SPL) Menggunakan EOF

Hasil EOF mode 1 menunjukkan variansi sebesar 55.6% (Gambar 7a), dimana nilai variasi negatif mendominasi hampir di seluruh wilayah Laut Banda. Selain itu pola spasial menunjukkan adanya variasi positif yang terletak di bagian Utara yang berbatasan dengan Samudera Pasifik. Terlihat bahwa sepanjang tahun 2010, temperatur mengalami variasi yang sangat besar di bagian utara yang disebabkan karena adanya pergerakan massa air yang menuju atau berasal dari Samudera Pasifik.



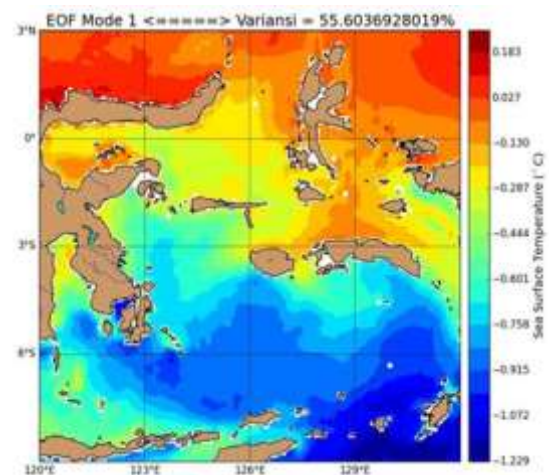
Gambar 5. Sebaran vertikal suhu Laut banda dan Laut Halmahera pada bulan Februari



Gambar 6. Sebaran vertikal suhu Laut Banda dan Laut Halmahera pada bulan Agustus.

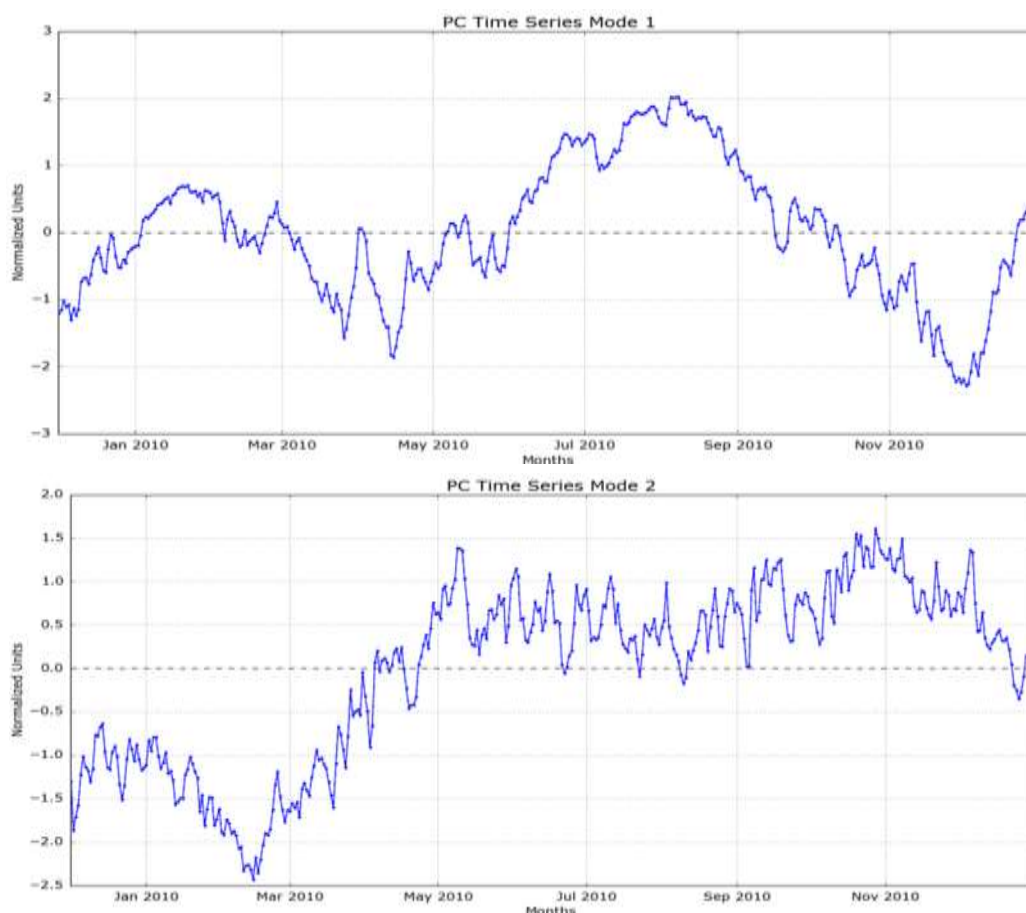
Pola temporal juga mengindikasikan adanya pengaruh dari fenomena ENSO yang terjadi selama tahun 2010 yang didominasi oleh La Nina kuat. Telah diketahui bahwa terjadinya fenomena La Nina selalu bersamaan dengan adanya perpindahan *warm pool* yang sebelumnya berada di Samudera Pasifik bagian Barat menuju ke Samudera Pasifik bagian Tengah dan Timur. Hal inilah yang menyebabkan perubahan temperatur secara berkala sepanjang tahun 2010 di wilayah perairan yang berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik. Maka dapat dipastikan La-Nina sangat berperan penting terhadap variasi temperatur di perairan tersebut.

Sedangkan EOF mode-2 (Gambar 7b) mendapatkan nilai variansi sebesar 15.3% dan menunjukkan hal yang saling bertolak belakang dari EOF mode-1.



Gambar 7a. Variabilitas Spasial EOF mode-1.

Pada mode ini, hampir seluruh daerah penelitian ditandai dengan adanya nilai variasi positif hampir di seluruh wilayah Laut Banda dan Laut Halmahera,

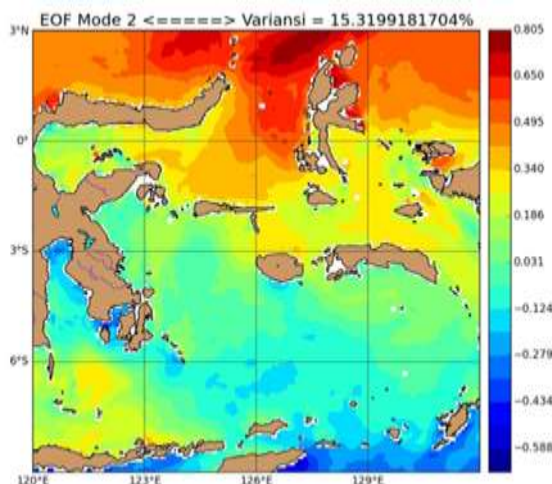


Gambar 8. Grafik temporal pada EOF mode-1 dan mode-2.

sedangkan nilai variasi negatif hanya terdapat sebagian kecil di bagian tenggara, di antara Pulau Timor dan Pulau Jamdena. Pola spasial juga menunjukkan adanya dipole, dimana variasi positif maksimum terjadi di sebelah Utara Pulau Halmahera

dan variasi negatif maksimum terdapat di bagian Selatan perairan Pulau Timor. Selanjutnya berdasarkan pola temporal terlihat adanya siklus musiman yang mempengaruhi variabilitas suhu permukaan laut sepanjang tahun 2010.

Variasi suhu permukaan yang sangat besar di bagian utara ekuator tersebut menunjukkan adanya keterkaitan erat dengan siklus monsun yang selalu terjadi setiap tahun. Maka dapat dipastikan pengaruh hembusan angin monsun berhubungan dengan proses upwelling yang mempengaruhi temperatur permukaan laut di perairan tersebut.



Gambar 7b. Variabilitas Spasial EOF mode-2.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dengan mendeskripsikan pola sebaran suhu, salinitas dan arus permukaan yang mempengaruhi pergerakan massa dan suplai massa air di Laut Halmahera dan

Laut Banda, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Distribusi SPL menunjukkan Perairan Halmahera lebih dipengaruhi massa air yang bergerak menyusuri pantai *New Guinea* ditandai dengan arus yang kuat saat Musim Barat maupun Musim Timur. Distribusi SPL Laut Banda selama Musim Barat cenderung hangat selain karena arus yang bergerak masuk ke banda melalui Laut Flores, Perairan Banda juga dipengaruhi massa air hangat dari Hindia selama Musim Barat.
- b. Distribusi SPL selama Musim Timur mulai menurun pada akhir Musim Peralihan I (Mei) hingga SPL paling rendah di Laut Banda pada bulan Agustus, ditandai dengan adanya *upwelling* dan kembali meningkat sebesar $>1^{\circ}\text{C}$. Profil vertikal suhu menunjukkan pada Musim Timur lapisan termoklin naik sehingga massa air yang berasal dari Laut Arafuru memasuki Laut Banda dan mempengaruhi SPL diperaian tersebut melalui lapisan bawah termoklin.
- c. Hasil analisis EOF menunjukkan kesesuaian yang terjadi dengan pola siklus tahunan akibat fenomena La-Nina yang terjadi sepanjang Juni 2010 – Mei 2011 untuk mode-1 dan siklus musiman yang mempengaruhi perairan Banda yang terlihat pada mode-2

5. DAFTAR PUSTAKA

- Cahyaningrum, A. D. J. D (2009), Karakteristik Massa Air ARLINDO di Pintasan Timor pada Musim Barat dan Musim Timur, Skripsi, Program Studi Ilmu & Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB.
- Ffield, A. dan A. Gordon (1992), Vertical Mixing in The Indonesian Thermocline. *J. Phys. Oceanography.*, 22:184-195.
- Gordon, A.L, (2005), Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow, *Oceanography*, 18 (4): 14-27.
- Gordon, A.L., & R.D. Susanto, (2001), Banda Sea surface-layer divergence, *Ocean Dynamics*, 52: 2–10.
- Hadikusumah, (2010), Massa Air Subtropical di Perairan Halmahera, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 2, hal. 92-108.
- Hasanudin, M, (1998), Arus Lintas Indonesia (ARLINDO), *Oseana*, Volume XXIII, Nomor 2, 1998 :1 – 9.
- Ilahude, A. Gani., dan Gordon, A. L., (1996), Thermocline Stratification within the Indonesian Seas, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 101, No . C5, Pages 12, 401-12,409, May 15.
- Ilahude, A.G., (1970), On the Occurrence of Upwelling in the Southern Makassar Strait, *Mar. Res. Indonesia*, 10: 3-53.
- Ilahude, A.G. (1999), Pengantar ke Oseanologi Fisika, P2O-LIPI. Jakarta. 240 hlm.
- Melet, A., Verron, J., Gourdeau, L. & Koch-Larrouy, A. Solomon Sea water masses pathways to the Equator and their transformations, *Journal of Physical Oceanography*, 2011, 41, 810-826.
- Nontji, A., (2002), Laut Nusantara, Djambatan, Jakarta.
- Qu T., Y. Du, J. Strachan, G. Meyers, & J. Slingo., (2005), Sea surface Temperature and Its variability In the Indonesian Region. *Oceanography*, 18 (4): 50-61.
- Tubalawony, S., Kusmanto, E., Muhadjirin., (2012), Suhu dan Salinitas Permukaan Merupakan Indikator Upwelling sebagai Respon terhadap Angin Muson Tenggara di Perairan Perairan Bagian Utara Laut Sawu, *Ilmu Kelautan*, Vol. 17 (4): 226-239
- Wyrtki, K., (1961), *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*, Naga Report vol. 2, Univ. Of California, Scripps Institution Oceanography, La Jolla, California.