

## KONDISI *THERMAL FRONT* DITINJAU DARI *EL NIÑO*, DAN ARLINDO DI PERAIRAN SELATAN JAWA TIMUR DAN BALI PADA MUSON TIMUR

Ayu L Ahmad, Mega L Syamsuddin, dan Noir P Purba  
Universitas Padjadjaran

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *El Niño* terhadap pembentukan *thermal front* di perairan selatan Jawa Timur dan Bali dan hubungannya dengan ARLINDO. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah SPL yang berasal dari AquaMODIS, Indeks Nino 3.4 yang berasal dari CPC NOAA, dan Arus Geostrofik dari AVISO. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan analisis secara spasial dan temporal. *Front* dideteksi pada data citra raster SPL menggunakan algoritma Cayulla Cornillon 1992 dengan kategori kuat dengan perbedaan SPL  $\geq 0.5$  °C dan lemah dengan perbedaan SPL 0.3 – 0.49 °C. Hasil penelitian menunjukkan *front* yang terbentuk di perairan selatan Jawa dan Bali merupakan *front* sementara dengan kekuatan lemah dan kuat. Adanya fenomena *El Niño* berpengaruh terhadap pembentukan *thermal front* dimana lebih banyak terbentuk pada saat *El Niño* daripada keadaan normal dan *El Niño* ini berpengaruh terhadap transpor ARLINDO.

Key words: *El Niño*, *thermal front*, Cayula Cornillon 1992, Selatan Jawa Timur dan Bali

### PENDAHULUAN

Perairan selatan Jawa Timur dan Bali sangat kompleks karena terdapat berbagai fenomena seperti Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) [2, 4, 25], AKS [27], APJ [2], dan Muson [30]. ARLINDO ini merupakan arus yang berasal dari Samudera Pasifik masuk ke Indonesia melalui Selat Makassar kemudian keluar melalui Selat Lombok menuju Samudera Hindia [4]. Pertemuan massa air ini menyebabkan terjadinya *thermal front* [3, 15]. Menurut [10, 16], *front* banyak ditemukan di selatan Jawa timur dan Bali pada muson timur (MT). *Thermal front* merupakan salah satu fenomena Oseanografi yang dapat diidentifikasi dengan melihat pola distribusi SPL [10]. Kajian tentang *front* sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti [6, 10, 28] namun yang menghubungkan dengan kondisi El Nino dan ARLINDO masih sangat sedikit.

Perubahan SPL di selatan Jawa timur dan Bali salah satunya dipengaruhi oleh fenomena *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) [18, 21, 26]. Fenomena ini mempengaruhi SPL baik pada saat terjadi *El Niño* maupun *La Niña* [17]. Menurut [22, 29] suhu di laut dapat dipengaruhi oleh adanya pengaruh musim, proses sirkulasi air laut regional seperti arus massa air yang hangat dari samudera pasifik

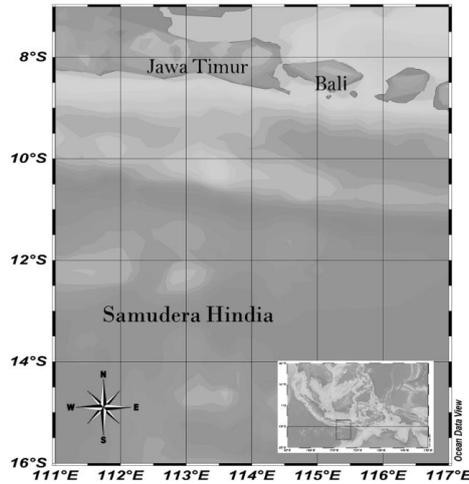
ke samudera hindia melewati sebagian wilayah Indonesia salah satunya laut jawa, dan juga dari adanya fenomena alam ENSO. Fenomena tersebut merupakan keadaan dimana adanya anomali SPL di sekitar Pasifik tengah dan timur sepanjang Ekuator (sekitar pantai Peru) [24] yang ditandai dengan adanya anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 dengan perubahan kurang lebih 0,5 °C (NCDC-NOAA, 2016). Anomali suhu permukaan laut ini telah terjadi sejak tahun 1950 dan sampai saat ini menurut penelitian yang telah dilakukan oleh [11], diketahui bahwa periode ENSO terkuat terjadi pada tahun 1997 dan menurut informasi yang diberikan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), ENSO terkuat juga terjadi pada tahun 2015. Menurut [14, 23] ,bahwa ENSO memiliki pengaruh sedang terhadap perairan selatan Jawa timur dan Bali baik pada saat *El Niño* maupun *La Niña*. Hasil tersebut diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan oleh [21] yang menyatakan bahwa *El Niño* menyebabkan SPL selatan Jawa cenderung lebih dingin.

Kontribusi dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *El Niño* terhadap *thermal front* dan ARLINDO di Perairan Selatan Jawa Timur dan Bali. Penelitian ini menekankan pada pengaruh yang terjadi pada jumlah, letak dan kuatnya pembentukan

*thermal front* pada perairan selatan Jawa Timur dan Bali saat periode *El Niño* dan hubungannya dengan ARLINDO yang terjadi pada musim timur tahun 2015.

**Bahan dan metode**

Wilayah Kajian merupakan perairan selatan Jawa Timur dan Bali dengan koordinat 7°LS – 16°LS dan 111°BT – 117°BT [19] (Gambar 1).



Gambar 1. Wilayah Kajian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data tahun 2013 dan 2015. Data yang digunakan adalah SPL yang diperoleh dari satelit AquaMODIS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) dengan resolusi 4 km untuk melihat sebaran dan rata rata SPL serta mendeteksi *thermal front* [6], Indeks Nino 3.4 yang diperoleh dari website

Climate Prediction Center (CPC) NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>) untuk melihat Anomali SPL [21], dan data arus geostrofik yang diperoleh dari website AVISO (<http://motu.aviso.altimetry.fr/>) untuk melihat sebaran arus [10]. Data sebelumnya telah divalidasi dengan menggunakan standar deviasi.

**Tabel 1. Anomali dan Rata Rata SPL (°C)**

BULAN	ANOMALI	KATEGORI	RATA RATA SPL (°C)
JUNI 2015	0.97	Sedang	27,6
JULI 2015	1.2	Sedang	26,6
AGUSTUS 2015	1.51	Kuat	26,2
JUNI 2013	-0.25	Normal	28,6
JULI 2013	-0.21	Normal	27,4
AGUSTUS 2013	-0.18	Normal	26,7

**Tabel 2. Jumlah dan Luas Thermal Front**

BULAN & TAHUN	JUMLAH THERMAL FRONT			
	Kuat	Lemah	Maks (km <sup>2</sup> )	Min (km <sup>2</sup> )
JUNI 2015	7	9	3640,47	49,28
JULI 2015	8	11	3138,99	49,28
AGUSTUS 2015	7	14	6738,71	49,28
JUNI 2013	14	-	5119,95	49,28
JULI 2013	-	12	2629,13	49,28
AGUSTUS 2013	8	10	2880,59	49,28

Untuk melihat kekuatan *El Niño* dapat dilihat dengan melihat anomali dari SPL pada bulan tersebut (BMKG, 2014), yaitu :

1. Anomali SPL 0.5 – 1°C = *El Niño* lemah

2. Anomali SPL 1 – 1.5°C = *El Niño* sedang
3. Anomali SPL lebih dari 1.5°C = *El Niño* kuat

Pengolahan data spasial dalam mendeteksi *thermal front* menggunakan Algoritma Single Image Edge Detection Cayulla Cornillon 1992 dan dibagi menjadi dua kategori [6] yaitu :

1. *Front* kuat, yang terbentuk karena perbedaan SPL  $\geq 0.5$  °C
2. *Front* lemah, yang terbentuk karena perbedaan SPL antara 0.3 – 0.49 °C

Hasil dari analisis tersebut kemudian akan dianalisis dan dibandingkan dengan keadaan normal pada muson timur tahun 2013.

## Hasil

### 1. Anomali SPL

Anomali SPL ini yang diperoleh dari CPC NOAA ini digunakan untuk melihat penyimpangan SPL dalam satu bulan dan kekuatan *El Niño* pada bulan tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 1, kekuatan *El Niño* pada MT tahun 2015 memiliki kekuatan sedang – kuat dengan rata rata SPL yang relatif homogen. Rata rata SPL pada saat *El Niño* lebih rendah daripada pada keadaan normal yaitu 27,6 °C pada bulan Juni, 26,6 °C pada bulan Juli, dan 26,2 °C pada bulan Agustus.

### 2. Jumlah dan Luas *Thermal front*

Jumlah dan luas *thermal front* yang terbentuk di selatan Jawa Timur dan Bali memiliki jumlah dan luas yang berbeda pada setiap bulannya baik pada keadaan normal maupun pada Fase *El Niño* (Tabel 2) Dapat dilihat pada Tabel 2, *thermal front* yang terbentuk pada fase *El Niño* lebih banyak dengan jumlah paling banyak pada bulan Agustus 2015 dengan jumlah 21 dan lebih luas dengan wilayah terluas pada Bulan Agustus 2015 dengan luas 6738,71 km<sup>2</sup> daripada pada saat keadaan normal.

### 3. Sebaran Spasial *Thermal front* dan Arus

*Thermal front* di selatan Jawa Timur dan Bali merupakan *front* sementara yang letak dan luasnya berubah pada periode waktu tertentu. Sebaran spasial pada fase *El Niño* dapat dilihat pada Gambar 2 dan pada keadaan Normal dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada keenam gambar tersebut, dapat dilihat pada wilayah Selat Lombok dan Selat Bali terbentuk *thermal front* karena adanya arus yang masuk dari utara Pulau Jawa dan Pulau Bali. *Front* lainnya tersebar pada wilayah yang berbeda beda disetiap bulan.

## PEMBAHASAN

Laut selatan Jawa dan Bali pada keadaan normal pada bulan Juni, Juli, dan Agustus (Tabel 1) memiliki rata rata SPL 27,6 °C dan relatif homogen di setiap bulannya yaitu 28,6 °C pada bulan Juni, 27,4 °C pada bulan Juli, dan 26,7°C pada bulan Agustus. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan [9] SPL perairan tersebut yaitu berkisar antara 28 °C – 31 °C. Keadaan SPL yang homogen tersebut didasari oleh pemanasan sinar matahari yang berada pada sekitar ekuator bumi [7] dan karena letak geografisnya SPL selatan Jawa dan Bali sangat dipengaruhi oleh sistem angin monsun sehingga SPL relatif lebih tinggi pada MB daripada MT selain itu SPL pada daerah ini dipengaruhi beberapa fenomena oseanografis seperti ENSO dan IOD.

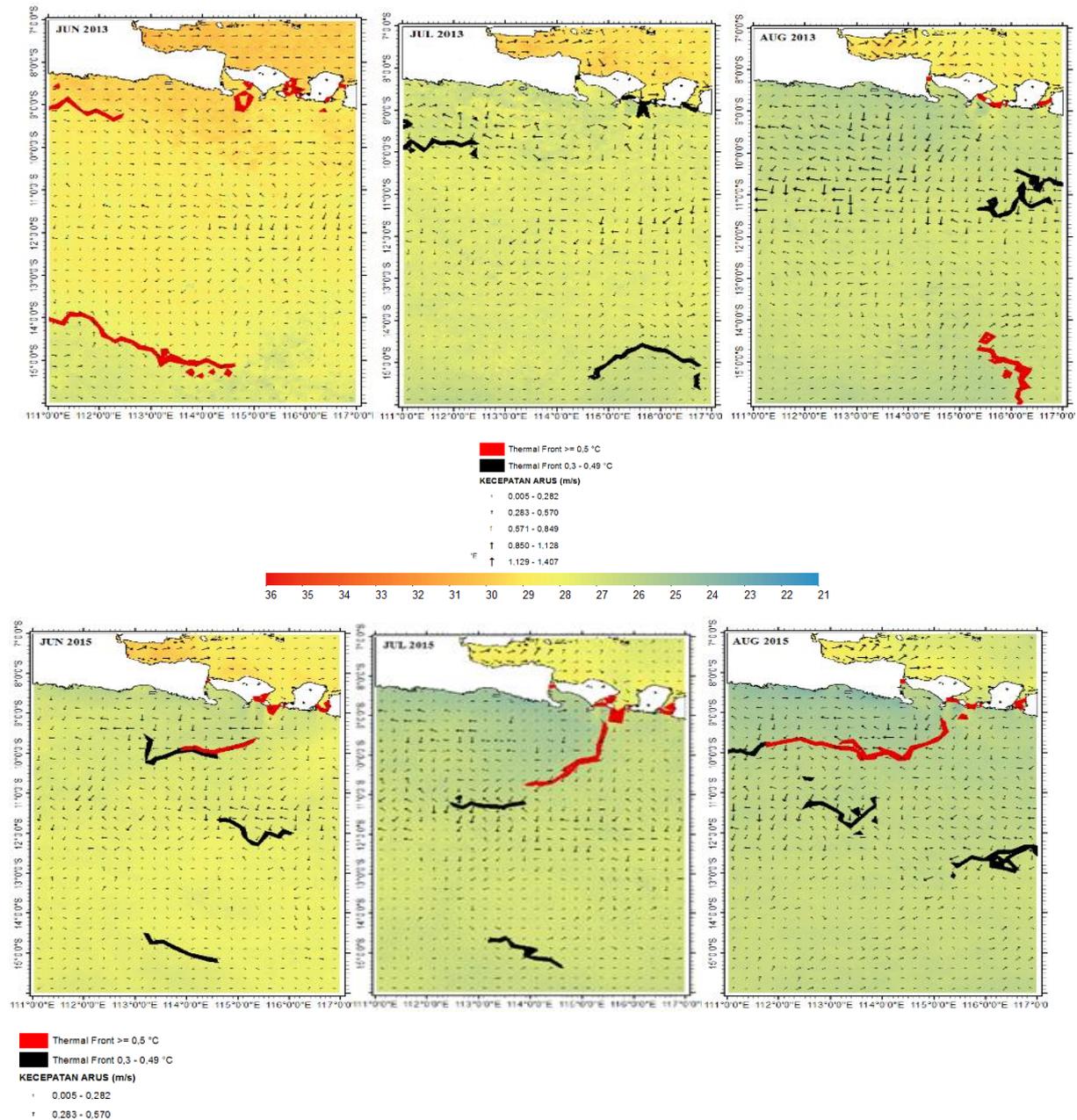
Dapat dilihat pada Tabel 1, rata rata SPL pada fase *El Niño*, memiliki nilai lebih rendah daripada ketika keadaan normal. Penurunan ini karena *El Niño* merupakan penyimpangan dimana pada saat terjadinya SPL Indonesia lebih rendah daripada pada saat keadaan normal. Selain itu, penurunan SPL ini dipicu oleh rendahnya SPL pada MT karena Besar dampak dari kejadian *El Niño* bergantung pada kondisi SPL di masing-masing daerah (Hasita *et al*, 2013)

Pada fase *El Niño* dan normal *front* paling banyak terbentuk adalah pada bulan Agustus. Hal ini disebabkan karena bulan Agustus merupakan bulan dimana terjadinya puncak *Upwelling* sehingga pada bulan ini lebih banyak terbentuk *thermal front*. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan dari [21] yang menyatakan bahwa pada tahun 1997 – 2009 bulan Agustus dan September merupakan puncaknya *Upwelling* karena adanya angin MT yang bertiup pada bulan tersebut.

Banyak terbentuknya *front* kuat pada periode *El Niño* disebabkan karena fenomena ini berpengaruh pada karakteristik oseanografi selatan Jawa [25]. Salah satunya yaitu menyebabkan tingginya intensitas *Upwelling* yang dapat menyebabkan terbentuknya *thermal front*. Menurut [21] kejadian *Upwelling* di selatan Jawa dipengaruhi oleh adanya IOD positif dan *El Niño* karena pada saat fase ini massa air dengan suhu rendah lebih banyak masuk sehingga memperkuat intensitas *Upwelling* di perairan selatan Jawa Timur dan Bali yang pada saat terbentuknya SPL disekitarnya lebih rendah.

Pada saat MT baik pada bulan Juni, Juli, dan Agustus *thermal front* lebih banyak terbentuk pada wilayah 8 – 11 °LS baik pada keadaan normal maupun *El Niño*. Pada keadaan normal *front* yang terbentuk pada saat musim normal cukup banyak pada setiap bulannya. Karena pada saat MT ini merupakan musim yang memiliki intensitas ARLINDO tinggi sehingga pada wilayah masuknya terbentuk *front* lebih banyak dan lebih kuat.

Hal ini sesuai dengan pernyataan [10] yang menyatakan bahwa pada keadaan normal, MT merupakan musim yang memiliki kekuatan tertinggi dari pada musim lainnya. Menurut [18], yakni pada saat MT aliran arus dari timur ke barat searah dengan arah transpor ARLINDO dari timur (Pasifik) ke arah barat (Hindia) pula, sehingga dapat memperkuat arus permukaan dan aliran transpor arus tersebut.



**Gambar 2. Sebaran Spasial Arus dan Thermal Front Pada Keadaan Normal**

Pada saat MT dengan *El Niño*, *thermal front* yang terbentuk di wilayah kajian lebih banyak daripada ketika MT dengan keadaan normal.

Dapat dilihat pada Gambar 3, ketika *El Niño* jumlah front yang terbentuk lebih banyak daripada pada musim normal. Pada keadaan

normal, front yang terbentuk sekitar 14 sampai 18 sedangkan pada saat *El Niño* front yang terbentuk 11 – 21. Menurut [5] ada saat terjadinya *El Niño* terdapat penurunan volume massa air yang bergerak dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Kekosongan massa air tersebut akan mendorong munculnya Upwelling yakni naiknya massa air laut dalam dengan ciri temperatur rendah, salinitas tinggi dan kaya akan nutrien. Menurut [12] pada saat terjadinya *El Niño* terjadi transpor massa air yang melemah daripada pada keadaan normal dan *La Niña* dan menurut penelitian [18] ketika *El Niño* variabilitas transpor ARLINDO menurun sebesar -0,13 Sv.

## SIMPULAN

*Thermal front* di perairan selatan Jawa Timur dan Bali lebih banyak terbentuk pada saat *El Niño*. Fenomena *El Niño* ini mempengaruhi massa air di perairan tersebut yang mana SPL menjadi lebih rendah daripada pada saat keadaan normal sehingga memperkuat intensitas upwelling yang telah ada yang mengalami puncaknya pada MT. Selain itu, meningkatnya upwelling ini dipicu dengan melemahnya transpor ARLINDO yang menyebabkan adanya kekosongan air di Samudera Hindia.

## REFERENCES

1. Astuti, P. (2008). *Wilayah Kesuburan Perairan Laut Jawa pada Periode El Niño dan Periode Normal*. Skripsi FMIPA Universitas Indonesia.
2. Atmadipoera, A., Molcard, R., Madec, G., Wijffels, S., Sprintall, J., Koch-Larrouy, A., Supangat, A. (2009). *Characteristics and Variability of the Indonesian Throughflow Water at the Outflow Straits*. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers Volume 56, 1942-1954.
3. Cyr, F., & Larouche, P. (2014). *Thermal fronts Atlas of Canadian Coastal Waters*. ATMOSPHERE-OCEAN iFirst article, 1-25.
4. Gordon, A. (2005). *Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow*. Oceanography 18(4), 14-27.
5. Hadi. 2006. Diktat Kuliah Oseanografi ITB. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
6. Hamzah , R., Prayogo , T., & Harsanugraha, W. K. (2014). *Identifikasi*

*Thermal front Dari Data Satelit Terra/Aqua Modis Menggunakan Metode Single Image Edge Detection (Sied)(Studi Kasus: Perairan Utara Dan Selatan Pulau Jawa*. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, 552-559.

7. Harahap, S. A., Syamsuddin, M. L., & Purba, N. P. 2013. *Aplikasi Penginderaan Jara Jauh Untuk Pendugaan Hotspot Tuna Sirip Kuning Di Perairan Selatan Jawa Barat*. Laporan Akhir Penelitian Hibah Kompetiti UNPAD.
8. Hasita, Firra., Zikra, Muhammad., Suntoyo. 2013. *Analisa Variasi Temperatur dan Salinitas Air Laut di Perairan Samudra Pasifik Akibat Pengaruh El Niño dan La Niña*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
9. Hasyim, B., Sulma, S., & Hartuti, M. 2010. *Kajian Dinamika Suhu Permukaan Laut Global Menggunakan Data Penginderaan Jauh Microwave*. Majalah Sains dan Teknologi D'Irgantara Vol. 5 No. 4, 130-143.
10. Inayah, K. (2015). *Identifikasi Front sebagai Daerah Potensial Penangkapan Ikan Yellow Fin Tuna (Thunnus Albacares) di Perairan Selatan Jawa - Bali*. Skripsi Ilmu Kelautan UNPAD.
11. M.A Cane. (2004). *The evolution of El Niño, past and future*, Earth Planet. Sci. Lett., 1-10.
12. Muhammad, Rizal, S., & Affan, J. M. (2012). *Pengaruh ENSO (El Niño and Southern Oscillation) terhadap Transpor Massa Air Laut di Selat Malaka*. Penelitian Unggulan Strategis Nasional, Depik, 1(1): 61-67.
13. NCDC-NOAA. (2016). *Equatorial Pasific Sea Surface Temperatures*. Retrieved from National Oceanic and Atmospheric Administration: <https://www.ncdc.noaa.gov>
14. Oktaviani, N. A., Jumarang, M. I., & Ihwan, A. (2014). *Kajian Elevasi Muka Air Laut di Perairan Indonesia pada Kondisi El Niño dan La Nina*. PRISMA FISIKA, Vol. II, No. 1, 6 - 10.
15. Prawono, & Widodo, S. (2005). *Sistem Arus Permukaan di sekitar ARLINDO*. In *Menguak Arus Lintas Indonesia*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
16. Priyanti, N. S. (1999). *Studi Daerah Penangkapan Rawai Tuna di Perairan*

- Selatan Jawa Timur dan Bali pada Musim Timur berdasarkan Pola Distribusi Suhu Permukaan Laut Citra Satelit NOAA/AVHR dan Data Hasil Tangkapan.* Skripsi.
17. Ruili, S., Zheng, L., Changlin, C., & Yunwei, Y. (2015). *Interannual variability of thermal front west of Luzon Island in Boreal Winter.* Acta Oceanol. Sin., 2015, Vol. 34, No. 11, 102–108.
  18. Safitri, M., Cahyarini, S., & Putri, M. (2012). *Variasi Arus Arlindo Dan Parameter Oseanografi Di Laut Timor Sebagai Indikasi Kejadian ENSO.* Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 2, 369-377.
  19. Schlitzer, R. 2015. Ocean Data View. <http://odv.awe.de>.
  20. Shinoda, T., Harry, H. H., & M, A. A. (2004). *Surface and Subsurface Dipole Variability in the Indian Ocean and its Relation with ENSO.* Deep Sea Res I, 619-635.
  21. Silalahi, I. A. (2013). *Pengaruh Indian Ocean Dipole (IOD) dan El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap Variabilitas Upwelling di Perairan Selatan Jawa.* Skripsi Ilmu Kelautan UNPAD.
  22. Siregar, V., & WAAS, H. J. (2006). *Identification of Oceanographic Parameters for Determining Pelagic Tuna Fishing Ground in the North Pa-pua Waters Using Multi-Sensor Satellite Data.* BIOTROPIAVOL. 13 NO. 1, 37-48.
  23. Sitompul, Z., & Nurjani, E. (2012). *Pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap Curah Hujan Musiman dan Tahunan di Indonesia.* Jurnal Universitas Gajah Mada.
  24. Supari. (2014). *Sejarah Dampak El Niño di Indonesia.* Retrieved from Analisis Kedeputian Klimatologi BMKG: <http://www.bmkg.go.id>
  25. Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Zheng, Q. (2001). *Upwelling Along the Coasts of Java and Sumatra and its Relation to ENSO.* Geophysycal Research Letters, Vol.28, No.8, 1599 - 1602.
  26. Syamsuddin, M. L., Saitoh, S.-I., Hirawake, T., Bachri, S., & Harto, A. B. (2013). *Effects of El Niño–Southern Oscillation events on catches of Bigeye Tuna (Thunnus obesus) in the eastern Indian Ocean off Java.* Fishery Bulletin 111(2), 175 - 188.
  27. Utamy, Rizki M. 2015. *Variabilitas Arus Khatulistiwa Selatan Dan Sebaran Fitoplankton Di Samudera Hindia Bagian Timur.* Skripsi UNPAD
  28. Wang, Yi-Cen., Chen, Wen-Yu., Chang, Yi., Lee, Ming-An. (2013). *Ichthyoplankton Community Associated With Oceanic Fronts In Early Winter On The Continental Shelf Of The Southern East China Sea.* Journal of Marine Science and Technology, Vol. 21, Suppl., pp. 65-76.
  29. Wicaksono, A., Muhsoni, F. F., & Fahrudin, A. (2010). *Aplikasi Data Citra Satelit NOAA-17 untuk Mengukur Variasi Suhu Permukaan Laut Jawa.* Jurnal Kelautan, Volume 3, No. 01, 70-74.
  30. Wyrkti, K. 1961. *Physical Oceanography of Southeast Asian Waters.* Naga Report Vol 02 Scripps, Institute Oceanography, California.