

## Variasi Parameter Oseanografi di Utara Laut Arafura pada Tahun Super La Nina 2010 dan El Nino 2015

### *Variation of Some Oceanographic Parameter in The Northern Arafura Sea During Super La Nina 2010 And El Nino 2015*

Marlin C. Wattimena<sup>a\*</sup>, Simon Tubalawony<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Kec. Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku, Indonesia

#### Article Info:

Received: 20 April 2023

in revised form: 26 April 2023

Accepted: 21 Mei 2023

Available Online: 15 Juni 2023

#### Kata kunci:

ENSO; Laut Arafura

#### Keywords:

ENSO; Arafura Sea

#### Corresponding Author:

\*E-mail:

marlinchrisyewattimena@gmail.com

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini adalah mengetahui variasi parameter oseanografi di utara Laut Arafura selama kejadian ekstrim super La Nina 2010 dan El Nino 2015. Data yang digunakan bersumber dari multi-dataset model CMEMS Copernicus, yang telah divalidasi dengan data observasi satelit. Hasil penelitian menunjukkan suhu permukaan dan tinggi muka laut ditemukan lebih rendah selama kejadian super El Nino 2015. Sebaliknya, salinitas permukaan dan ketebalan lapisan tercampur mengalami peningkatan selama kejadian La Nina 2010. Arus lapisan dalam yang mengarah ke timur menyebar sepanjang slope pada periode Monsun Tenggara mengalami penguatan selama kejadian El Nino.

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the variations in the oceanographic parameters in northern Arafura Sea during 2010 super La Nina and 2015 super El Nino. The study used multi-datasets from CMEMS Copernicus Model validated by satellite data. The key findings were sea surface temperature and surface elevation lower during super El Nino than during super La Nina while salinity and surface mixed layer depth higher during La Nina. Deep layer currents moved easterward along the slope during southeast monsoon and intensified during El Nino

## PENDAHULUAN

Laut Arafura terletak di wilayah perairan Indonesia bagian timur, yang berbatasan dengan Laut Banda di bagian barat, Selat Tores di bagian timur, dan perairan utara Australia di bagian selatan. Laut Arafura bagian utara memiliki batimetri yang kompleks dan merupakan bagian dari paparan Sahul, dengan kedalaman perairan berkisar antara 30 m hingga 90 m, dan di bagian yang dalam dapat mencapai ~4000 m (Alongi et al. 2011; Condie, 2011). Secara umum sirkulasi di Laut Arafura dipengaruhi oleh dinamika angin Monsun Tenggara dan utamonsun Barat Laut yang berubah secara periodik setiap tahunnya. Selain mendapat pengaruh angin monsun, pasang surut dan masukan dari sungai juga mempengaruhi karakteristik massa air lapisan permukaan di perairan utara Laut Arafura. Berdasarkan penelitian Pranowo *et al.* 2013, sistem monsun dan pengaruh pasang surut dengan amplitudo yang besar merupakan dua bentuk sirkulasi yang mempengaruhi pola sebaran suhu permukaan di Laut Arafura. Sirkulasi pada lapisan termoklin juga mendapat pengaruh dari Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) karena

perairan ini juga merupakan jalur ARLINDO yang membawa massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia.

Selain variasi musiman, perairan utara Laut Arafura juga dipengaruhi oleh variasi *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dengan skala waktu antar-tahunan. Kondisi fisik dan dinamika di Laut Arafura bukan hanya ditentukan oleh pengaruh kondisi lokal, tetapi juga oleh kondisi regional. Suhu permukaan laut (SPL), kedalaman termoklin, dan tinggi muka laut berkaitan erat dengan fenomena ENSO (Wyrтки 1975; Rebert et al, 1985). Studi sebelumnya mengemukakan adanya pengaruh El Nino yang menyebabkan SPL menjadi lebih dingin dari kondisi normalnya, dan sebaliknya SPL menjadi lebih hangat ketika adanya pengaruh La Nina (Gordon dan Susanto, 2001; Pei et al, 2021). Selain itu, ENSO juga berdampak bagi anomali klorofil-a dan anomali muka laut di Laut Arafura, dimana selama El Nino (La Nina) terjadi peningkatan (penurunan) konsentrasi klorofil-a serta penurunan (peningkatan) anomali permukaan laut (Dewi et al. 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji variasi parameter oseanografi di utara Laut Arafura, pada tahun ekstrim ENSO berdasarkan indeks NINO 3.4 yaitu La Nina 2010 dan El Nino 2015.

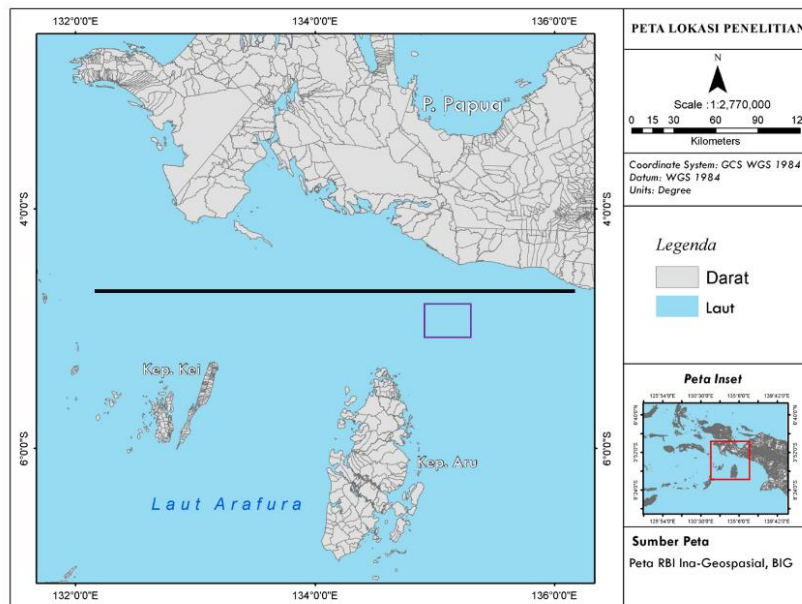
## METODE

Cangkupan wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data suhu, salinitas, densitas ketebalan lapisan tercampur, tinggi muka laut, dan arus komponen zonal dari data model *Copernicus Marine and Environment Monitoring Service* (CMEMS). Resolusi temporal data adalah harian, dengan rentang waktu dari 1 Januari 2010 - 31 Desember 2010 dan 1 Januari 2015 - 31 Desember 2015. Resolusi grid horisontal  $1/12^\circ$  atau setara dengan 9.25 km, dan resolusi vertikal terdiri dari 50 level kedalaman, dengan kedalaman yang dipilih adalah lapisan permukaan (kedalaman 0,5 m) hingga kedalaman 160 m. Cakupan data yang digunakan meliputi wilayah Laut Arafura dan dibatasi pada wilayah antara  $4.3^\circ\text{LS}$  -  $4.6^\circ\text{LS}$  dan  $132^\circ\text{BT}$  -  $136,5^\circ\text{BT}$ . Data ini dapat diakses melalui situs <http://marine.copernicus.eu>.

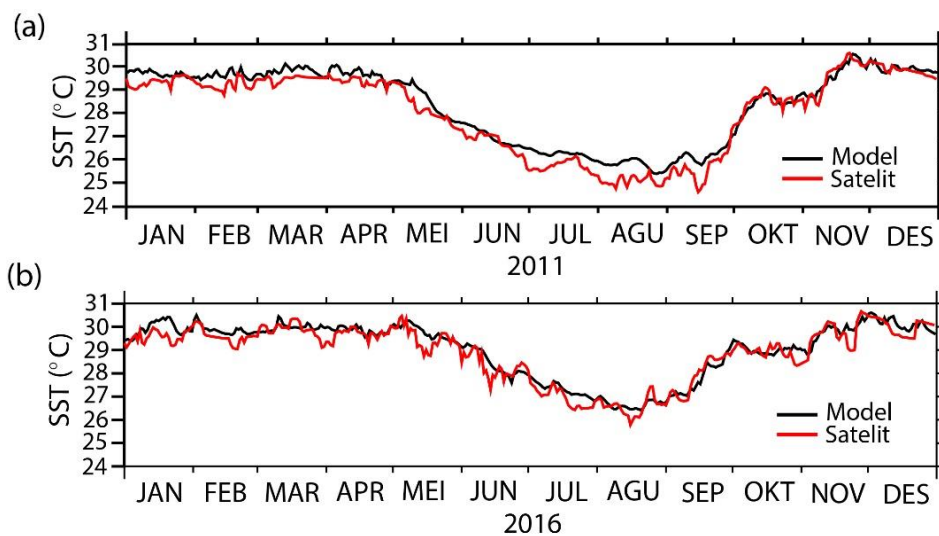
Validasi data variabel suhu permukaan laut hasil keluaran model dilakukan dengan menggunakan data suhu permukaan laut dari pengukuran satelit hasil proyek NASA yaitu *Group High Resolution SST Pilot Project* (GHRSSST-PP). Data ini mempunyai resolusi spasial sebesar  $1/20^\circ$  atau sekitar 6 km dan mempunyai resolusi temporal harian. Data dapat diakses melalui <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/UKMO-L4HRfnd-GLOB-OSTIA>. Validasi data model bertujuan untuk mengetahui akurasi data model terhadap data hasil citra satelit yang diperlihatkan berdasarkan nilai korelasinya. Validasi data SPL menggunakan persamaan korelasi linier sederhana (Emery dan Thomson, 2014). Semakin nilai koefisien korelasi ( $r$ ) mendekati nilai 1, maka akurasi antara data model dan data satelit akan semakin baik. Hasil korelasi variabel SPL model dan satelit pada tahun 2011 dan 2016

menghasilkan koefisien korelasi ( $r$ ) yaitu 0.98 dan 0.96 (Gambar 2). Nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 menunjukkan model ini layak untuk digunakan.

Pengaruh ENSO terhadap Laut Arafura dilakukan dengan menganalisis indeks ENSO (*Oceanic Nino Index*) yang mengacu pada NINO 3.4, yang dapat diakses pada <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/>. Anomali suhu permukaan  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  digunakan sebagai ambang batas, dimana indeks di atas  $+0.5^\circ\text{C}$  merupakan peristiwa El Nino sedangkan indeks di bawah  $-0.5^\circ\text{C}$  merupakan peristiwa La Nina.



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian. Kotak ungu merupakan lokasi validasi data SST model dan satelit. Garis hitam merupakan transek penampang vertikal suhu dan arus komponen zonal.

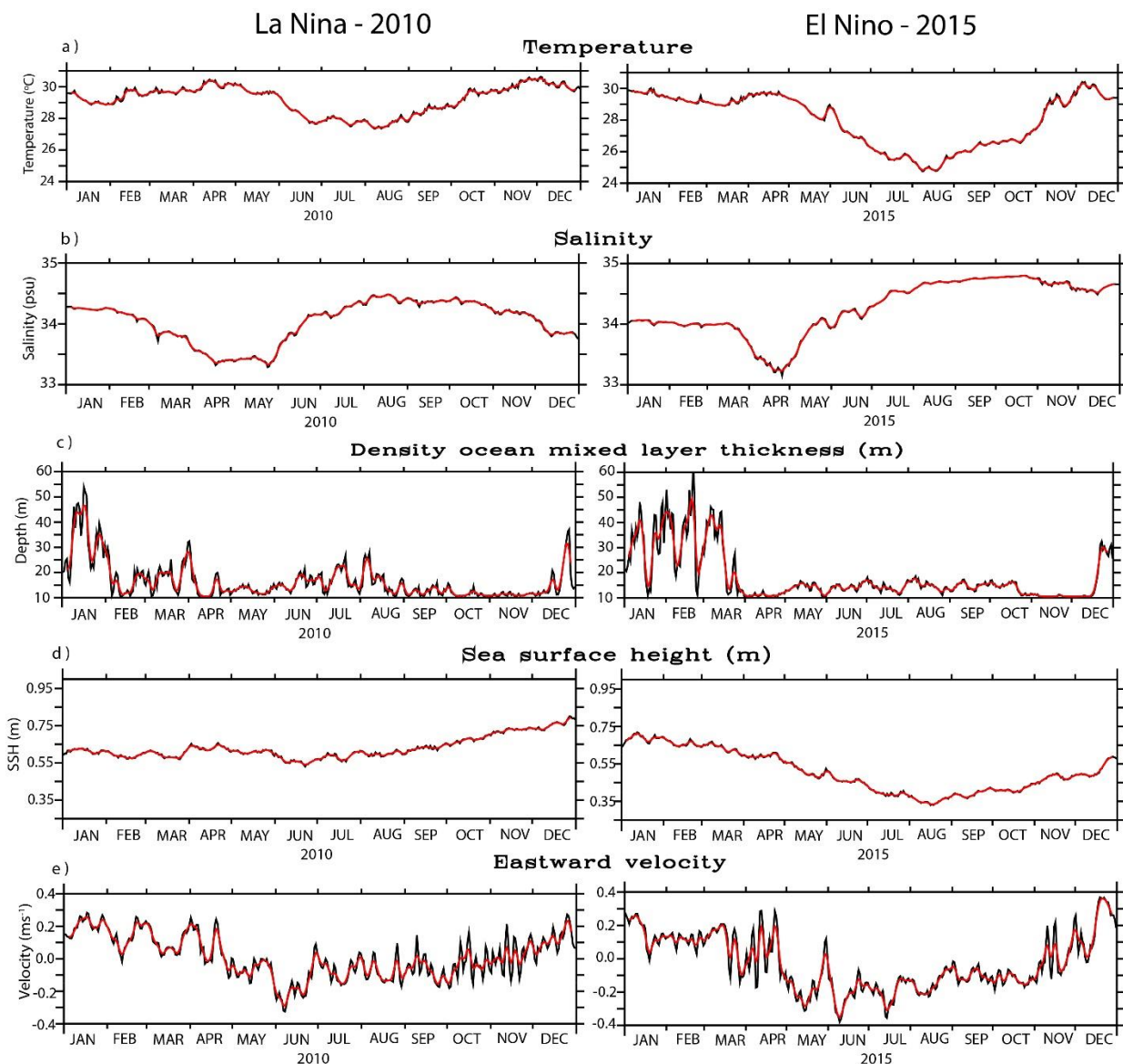


Gambar 2. Validasi data suhu permukaan laut model dengan satelit

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perbedaan Variasi Parameter Oseanografi pada Kejadian La Nina 2010 dan El Nino 2015

Kondisi perairan utara Laut Arafura pada kejadian La Nina 2010 dan El Nino 2015 ditunjukkan pada Gambar 3. Fluktuasi suhu, salinitas, ketebalan lapisan tercampur, tinggi muka laut dan kecepatan arus komponen timur - barat (zonal) di lapisan permukaan digambarkan dengan jelas selama kejadian ENSO yang berbeda. SPL dan tinggi muka laut ditemukan lebih rendah ketika terjadi kejadian super El Nino 2015. Sebaliknya, salinitas permukaan dan ketebalan lapisan tercampur mengalami peningkatan selama kejadian La Nina 2010, dibandingkan ketika terjadi kejadian El Nino 2015.



Gambar 3. Perbandingan deret waktu beberapa parameter oseanografi pada koordinat 4.6°LS dan 130°BT - 136°BT sepanjang tahun kejadian super ENSO. a) La Nina (2010); b) El Nino (2015).

Variasi SPL dan tinggi muka laut (Gambar 3a dan 3d) selama kejadian La Nina 2010 berkisar antara 27 °C - 29.7 °C dan 0.55 m - 0.77 m, dengan SPL dan tinggi muka laut terendah ditemukan di bulan Agustus. SPL dan tinggi muka laut berkisar antara 24.8 °C - 29.4 °C dan 0.35 m - 0.75 m di tahun El Nino 2015, dengan SPL dan tinggi muka laut terendah ditemukan di bulan Agustus. SPL dan tinggi muka laut yang rendah di bulan Agustus disebabkan oleh menguatnya angin Monsun Tenggara.

Salinitas permukaan laut (Gambar 3b) yang tinggi ditemukan selama kejadian El Nino 2015 dibandingkan dengan kejadian La Nina 2010. Salinitas permukaan selama kejadian El Nino mengalami peningkatan ketika Monsun Tenggara (Juni - September) hingga mencapai 34.8, dibandingkan dengan Monsun Barat Laut (Desember-Maret) mencapai 34.5.

Densitas ketebalan lapisan tercampur (Gambar 3c) lebih dalam ditemukan ketika saat kejadian La Nina 2010 dibandingkan El Nino 2015. Periode Monsun Barat Laut memiliki ketebalan yang lebih dalam dibandingkan dengan Monsun Tenggara. Amplitudo dari fluktuasi arus komponen zonal selama kejadian El Nino lebih kuat dibandingkan dengan kejadian La Nina (Gambar 3d).

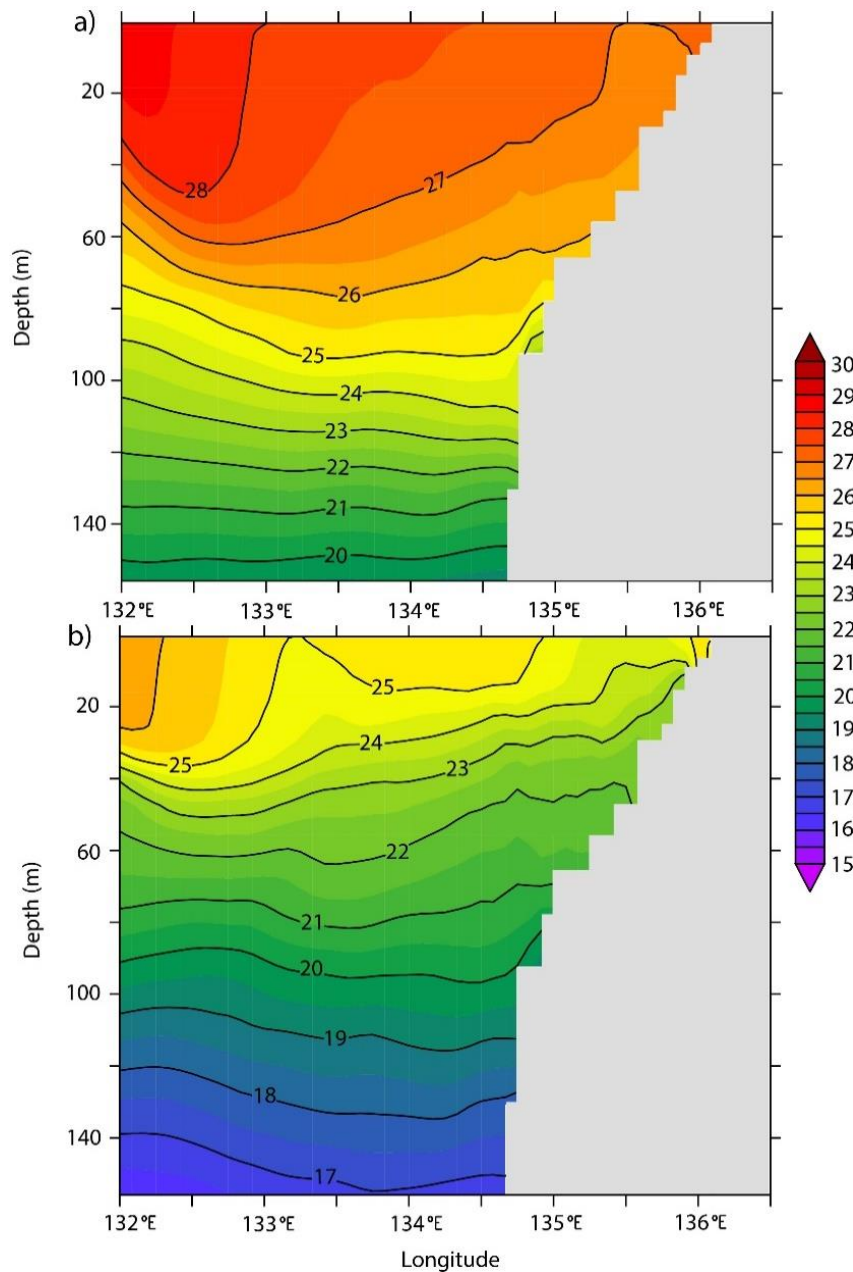
Penelitian perbedaan variasi parameter oseanografi pada kejadian La Nina 2010 dan El Nino 2015 yang juga dilakukan oleh Atmadipoera et al. (2020), menemukan bahwa karakteristik *upwelling* yang berbeda terlihat jelas selama tahun kuat La Nina 2010 dan Super El Nino 2015 di perairan Selatan Jawa. Ketika terjadi La Nina, ketebalan lapisan tercampur dan salinitas permukaan lebih rendah, sebaliknya suhu muka laut dan tinggi muka laut lebih tinggi bila dibandingkan dengan ketika terjadi El Nino.

### **Fluktuasi Suhu dan Arus pada Periode Angin Monsun Tenggara**

Penampang melintang suhu pada periode angin Monsun Tenggara (Juni-September) ditunjukkan pada Gambar 4. Sebaran suhu pada saat kejadian La Nina (El Nino), ditunjukkan dengan isotherm 26.5 °C - 28 °C (22.5 °C - 25 °C) ditemukan pada permukaan hingga kedalaman 50 m. Terlihat jelas adanya yang lebih dingin di lapisan permukaan dekat pantai yang ditemukan selama periode El Nino dibandingkan dengan kondisi ketika kejadian La Nina. Suhu di wilayah dekat pantai pada kejadian La Nina dan El Nino menunjukkan perbedaan sekitar 2 °C.

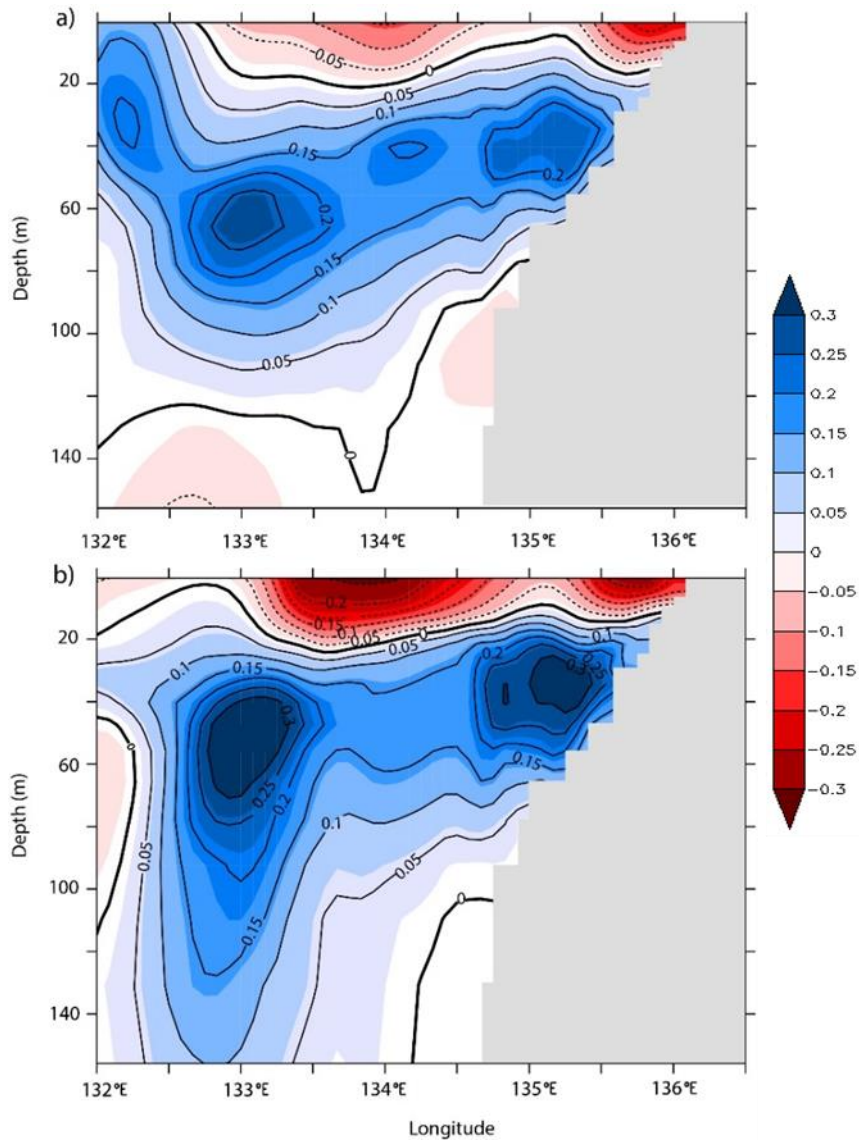
Penampang melintang arus komponen timur-barat selama periode Monsun Tenggara (Gambar 5), menunjukkan adanya dua pola arus yang berlawanan arah, dimana arus ke arah barat pada lapisan pertama, dan ke arah timur pada lapisan kedua. Kecepatan arus pada lapisan pertama (mengarah ke barat) lebih kuat selama periode El Nino dibandinglan kecepatan arus selama periode La Nina. Begitupun dengan penguatan arus kedua (lapisan dalam yang mengarah ke timur) menyebar sepanjang slope selama kejadian El Nino dengan kecepatan > 0.3 m/s, bila dibandingkan selama kejadian La Nina dengan penyebaran dan kecepatan 0.2 m/s. Batas aliran ke timur (mendekati slope) dan ke barat (menjauhi slope) ditemukan pada kedalaman 10 - 20 m.





Gambar 4. Penampang melintang rerata suhu selama periode angin Monsun Tenggara (Mei-September) pada koordinat  $4.6^{\circ}\text{LS}$  dan  $132^{\circ}\text{BT} - 136.5^{\circ}\text{BT}$  sepanjang tahun kejadian super ENSO. a) La Niña (2010); b) El Niño (2015).

Dinamika angin Monsun Tenggara yang kuat dapat membawa massa air yang hangat dan bersalinitas rendah di permukaan menjauhi pantai dan memicu adanya *upwelling*. *Upwelling* yang terjadi tidak hanya dihasilkan oleh adanya kekuatan angin Monsun Tenggara yang kuat, juga adanya pengaruh arus lapisan dalam yang kuat dan mengangkat air dingin yang kaya nutrisi ke permukaan (Zijlstra et al, 1990; Gordon & Susanto, 2001; Kampf, 2015; Kampf, 2016; Tubalawony, 2008; Atmadipoera et al, 2020a).



Gambar 5. Penampang melintang rerata arus komponen timur-barat (zonal) selama periode monsoon tenggara (Juni-September) pada koordinat  $4.6^{\circ}\text{LS}$  dan  $132^{\circ}\text{BT} - 136.5^{\circ}\text{BT}$  sepanjang tahun kejadian super ENSO. a) La Nina (2010); b) El Nino (2015). Nilai dan warna pada skala-bar menunjukkan kecepatan (m/s) dan arah. Nilai positif (warna biru) menunjukkan arus ke arah timur (menuju pantai), sedangkan nilai negatif (warna merah) menunjukkan arus ke arah barat (meninggalkan pantai).

Penelitian terkait mekanisme *upwelling* yang terjadi di Laut Arafura telah banyak dilakukan. Gordon & Susanto (2001), menjelaskan mekanisme *upwelling* skala besar akibat pemompaan Ekman di Laut Banda bagian timur yang juga memicu *upwelling* di Laut Arafura. Penyebab lain dari dinamika *upwelling* di wilayah perairan Arafura juga dapat disebabkan oleh adanya "lee effect" yang menggerakkan penyebaran sirkulasi di lapisan dalam hingga memicu *upwelling* selama Monsun Tenggara (Kampf, 2015), juga dinamika *upwelling* musiman yang disebabkan oleh sirkulasi massa air yang terjadi di Laut Arafura (Kampf, 2016). Selain itu, selama Monsun Tenggara (periode *upwelling*), arus permukaan yang menuju ke barat akan menghilangkan air permukaan yang hangat dan bersalinitas rendah yang ditemukan selama Monsun Barat Laut, dan sebagian akan digantikan dengan

air yang lebih dingin dan lebih asin dari lapisan di bawah permukaan (Zijlstra et al, 1990). Atmadipoera et al. (2020b) mengkaji tentang *upwelling* musiman di utara Laut Arafura menggunakan multi-dataset pada tahun 2017 menemukan bahwa, adanya dua pola arus yang berlawanan arah, dimana arus ke arah barat pada lapisan pertama sebagai respon Ekman *drift*, dan ke arah timur pada lapisan kedua sebagai perpanjangan arus dari cekungan Aru yang dalam. Oleh karena itu, *upwelling* terjadi tidak hanya dihasilkan oleh adanya kekuatan angin Monsun Tenggara yang kuat, namun juga adanya pengaruh arus lapisan dalam yang kuat. Apapun mekanisme *upwelling* selama kejadian super ENSO (tidak dibahas dalam artikel), namun ditemukan penurunan suhu di utara Laut Arafura selama Monsun Tenggara dan berbeda signifikan selama periode La Nina (2010) dan El Nino (2015).

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan suhu permukaan dan tinggi muka laut ditemukan lebih rendah selama kejadian super El Nino 2015. Sebaliknya, salinitas permukaan dan ketebalan lapisan tercampur mengalami peningkatan selama kejadian La Nina 2010. Penurunan suhu di utara Laut Arafura selama Monsun Tenggara dan berbeda signifikan selama periode La Nina (2010) dan El Nino (2015). Adanya dua lapisan pola arus yang berlawanan arah di utara Laut Arafura, namun arus lapisan kedua (lapisan dalam) yang mengarah ke timur menyebar sepanjang slope pada periode Monsun Tenggara mengalami penguatan selama kejadian El Nino dibandingkan selama kejadian La Nina.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *Copernicus Marine and Environment Monitoring Service* (CMEMS) sebagai penyedia dataset keluaran model. *Group High Resolution SST Pilot Project* (GHRSSST-PP) sebagai penyedia data suhu permukaan laut dari pengukuran satelit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera AS., Jasmine AS., Purba M., and Kuswardani ARTD. 2020a. Upwelling Characteristics In The Southern Java Waters During Strong La Nina 2010 And Super El Nino 2015. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12 (1): 257-276. DOI: <http://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.28977>.
- Atmadipoera AS., Almatin AA., Zuraida R., and Permanawati Y. 2020b. Seasonal Upwelling in the Northern Arafura Sea from Multidatasets in 2017. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 28 (4): 1487 - 1515. DOI: <https://doi.org/10.47836/pjst.28.4.19>.
- Alongi DM., Edyvane K., Guterres do Ceu, Pranowo WS., Wirasantosa S, and Wasson R. 2011. Biophysical profile of the Arafura and Timor Seas. Report prepared for the Arafura Timor Seas Ecosystem Action (ATSEA) Program.



- Condie SA. 2011. Modeling seasonal circulation, upwelling and tidal mixing in the Arafura and Timor Seas. *Continental Shelf Research*, 31(14): 1427-1436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.06.005>.
- Dewi DMPR., Fatmasari D., KurniawanA., and Munandar MA. 2018. The impact of ENSO on regional chlorophyll-a anomaly in the Arafura Sea. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 139(1): 012020. DOI: 10.1088/1755-1315/139/1/012020
- Gordon AL., and Susanto RD. 2001. Banda Sea surface-layer divergence. *Ocean Dynamics*, 52 (1): 2-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10236-001-8172-6>.
- Kampf J. 2015. Undercurrent-driven upwelling in the northwestern Arafura Sea. *Geophysical Research Letters*, 42 (21): 9362-9368. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015GL066163op>.
- Kampf J. 2016. On the majestic seasonal upwelling system of Arafura Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121 (2): 1218-1228. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015JC011197>.
- Pei S., Shinoda T., Steffen J., and Seo H. 2021. Substantial sea surface temperature cooling in the Banda Sea associated with the Madden-Julian Oscillation in the boreal winter of 2015. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126 (6). DOI: <https://doi.org/10.1029/2021JC017226>.
- Pranowo WS. 2012. Dinamika upwelling dan downwelling di Laut Arafura dan Timor. *Widyariset*. 15(2): 415-424.
- Rebert JP., Donguy JR., Eldin G., and Wyrтки K. 1985. Relations between sea level, thermocline depth, heat content, and dynamic height in the tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 90(C6): 11719-11725. <https://doi.org/10.1029/jc090ic06p11719>.
- Tubalawony, S. 2008. Dinamika massa air lapisan ekman perairan selatan Jawa-Sumba Selama Muson Tenggara. *Torani*, 18(2):148-159
- Wyrтки, K. 1975. Fluctuations of the dynamic topography in the Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 5(3), 450-459. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1975\)005<0450:FOTDTI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1975)005<0450:FOTDTI>2.0.CO;2)
- Zijlstra JJ., Baars MA., Tijssen SB., Wetsteyn FJ., Witte JL., Ilahude., AG. 1990. Monsoonal effects on the hydrography of the upper waters (< 300 m) of the eastern Banda Sea and northern Arafura Sea, with special reference to vertical transport processes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 25 (4): 431-447. DOI: [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(90\)90068-R](https://doi.org/10.1016/0077-7579(90)90068-R).