Nekton: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan
Vol 5 No 2 November 2025: 163 – 176. DOI: 10.47767/nekton.v5i2.1062
ISSN 2776-2734 (online); ISSN 2776-2742 (printed)

OPEN ACCESS Peer-Reviewed

Seasonal Variability of Wind, Surface Current and Sea Surface Temperature in the Eastern Seram Waters During the 2015 Super El Nino

Variasi Musiman Angin, Arus Permukaan dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Seram Bagian Timur selama El Niño 2015

Cipta Utama[1], Simon Tubalawony[2*], Harold Joppie Davido Waas[2], Ronald Darlly Hukubun[2], Marlin Chrisye Wattimena[2]

***Corresponding author email: simontubalawony003@gmail.com**

[1]*Mahasiswa Pascasarjana, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Maluku 97233, Indonesia*

[2]*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Maluku 97233, Indonesia.*

Abstract. *The eastern Seram waters are influenced by both the Seram Sea and the Banda Sea. This study aimed to examine variations in wind, surface currents, and sea surface temperature (SST) during 2015, coinciding with the super El Niño event. Data were obtained from the Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSST) and the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). The results indicated that the monthly average wind speed in this area ranged from 0.01 to 8.98 m/s, with the lowest speed in November and the highest from January and June to September. Surface currents also exhibited seasonal variability, flowing from the Seram Sea to the Banda Sea during the west season (December–January) and reversing eastward in February. During the east season, Banda Sea water masses were supplied by Seram Sea water. Sea surface temperature decreased notably from June to August, with the lowest temperature recorded in August due to upwelling in the Banda and Arafura Seas. Surface currents formed eddies with warm water centers in the northern part of eastern Seram waters, and cold water centers (25,4 °C) were also observed. The convergence of these two water masses with distinct characteristics generated thermal fronts with temperature differences, resulting in strong temperature gradients from August to October as a consequence of upwelling and cooling induced by the intense El Niño at the end of 2015.*

Keywords: El Niño 2015, eastern Seram, sea surface temperature, surface wind, surface currents.

Abstrak. Perairan Seram bagian timur dipengaruhi oleh Laut Seram dan Laut Banda. Penelitian ini bertujuan mengkaji variasi angin, arus permukaan, dan suhu permukaan laut (SPL) selama tahun 2015 saat terjadi fenomena super El Niño. Data yang digunakan bersumber dari Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSST) dan Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Hasil penelitian ditemukan kecepatan angin rata-rata bulanan di perairan ini berkisar antara 0,01–8,98 m/detik, dengan kecepatan terendah pada November dan tertinggi pada Januari, Juni hingga September. Arus permukaan juga bervariasi musiman, dengan arah arus dari Laut Seram ke Laut Banda pada musim barat (Desember-Januari) dan berbalik ke arah timur pada Februari. Pada musim timur, massa air Laut Banda disuplai oleh massa air Laut Seram. Suhu permukaan laut menurun terutama pada Juni hingga Agustus, dengan suhu terendah pada bulan Agustus akibat fenomena upwelling di Laut Banda dan Laut Arafura. Arus permukaan membentuk pusaran (*eddies*) dengan pusat massa air hangat di utara perairan Seram Timur, dan juga ditemukan pusat massa air dingin (25.4 °C). Adanya pertemuan dua massa air dengan karakter yang berbeda membentuk juga *thermal front* dengan suhu berbeda sehingga muncul gradien suhu tinggi dari Agustus sampai Oktober sebagai dampak upwelling dan pendinginan akibat kuatnya El Niño akhir 2015.

Kata Kunci: ***seram bagian timur, suhu permukaan laut, angin permukaan, arus permukaan.***

Copyright © 2025 The Author(s).

This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

To cite this article (APA Style):
Utama, C., Tubalawony, S., Waas, H. J. D., Hukubun, R. D., & Wattimena, M. C. (2025). Seasonal variability of wind, surface current and sea surface temperature in the eastern Seram waters during the 2015 Super El Niño. *Nekton*, *5*(2), 163–176. https://doi.org/10.47767/nekton.v5i2.1062

https://ojs.poltesa.ac.id/index.php/nekton
Submitted: 06 Aug 2025; Received in revised form: 10 Sep 2025; Accepted: 02 Oct 2025; Published regularly: 03 Oct 2025

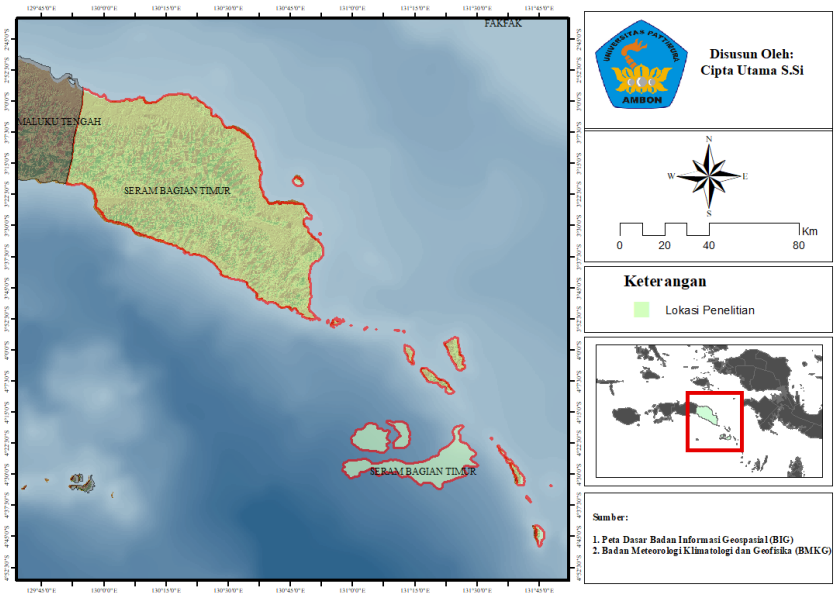
PENDAHULUAN

Perairan Indonesia, termasuk wilayah Seram bagian timur, merupakan bagian dari kawasan perairan tropis yang sangat dipengaruhi oleh dinamika atmosfer dan laut global, salah satunya adalah fenomena El Niño–Southern Oscillation (ENSO). Peristiwa El Niño 2015 tergolong sebagai salah satu El Niño terkuat abad ini dan memberikan dampak signifikan terhadap variabilitas oseanografi di wilayah Indo-Pasifik, termasuk perubahan pola angin, arus permukaan laut, dan suhu permukaan laut (SPL) (Lindsey, 2016; Santoso et al., 2017).

Perairan Seram bagian timur terletak di kawasan tropis yang kaya akan keanekaragaman hayati laut. Perairan Seram bagian timur dipengaruhi oleh perairan Laut Seram dan Laut Banda. Kedua laut tersebut dipisahkan oleh Busur Luar Banda, yakni dari ujung timur Pulau Seram, Geser, Gorom, Kepulauan Watubela hingga Kepulauan Kei. Letak perairan Seram bagian timur yang terbuka terhadap Laut Banda di bagian barat-selatan dan Laut Seram di bagian timur dan utara menyebabkan arus permukaan perairan mengikuti pola tiupan angin. Hal ini mengindikasikan pembentukan pola arus permukaan perairan Seram bagian timur juga bervariasi secara musiman. SPL memiliki peran penting dalam dinamika atmosfer dan oseanografi. Dibidang oseanografi, SPL menjadi faktor penting dalam menentukan pola arus laut, sirkulasi termohalin, dan pembentukan struktur termal seperti *thermal front*. Pemantauan SPL secara global telah menjadi fokus utama pada pemahaman dan prediksi perubahan iklim global, serta dampaknya terhadap lingkungan dan kehidupan laut (Zhang & Busalacchi., 2009; Xue et al., 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi angin, arus permukaan dan SPL di perairan Seram Bagian timur (Gambar 1) selama kejadian El Niño tahun 2015.

METODE PENELITIAN

Data suhu permukaan laut bersumber dari GHRSST Level 4 MUR, data arus permukaan dan angin bersumber dari Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Data angin yang dipakai ialah data angin bulanan tahun 2015 dengan resolusi 0,25° x 0,25°. Data angin diunduh dari situs: *https://cds.climate.copernicus.eu*. Analisis data dilakukan dengan software perangkat lunak *Surfer* memperlihatkan pola dan dominasi arah dan kecepatan angin dan arus serta SPL setiap musimnya.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

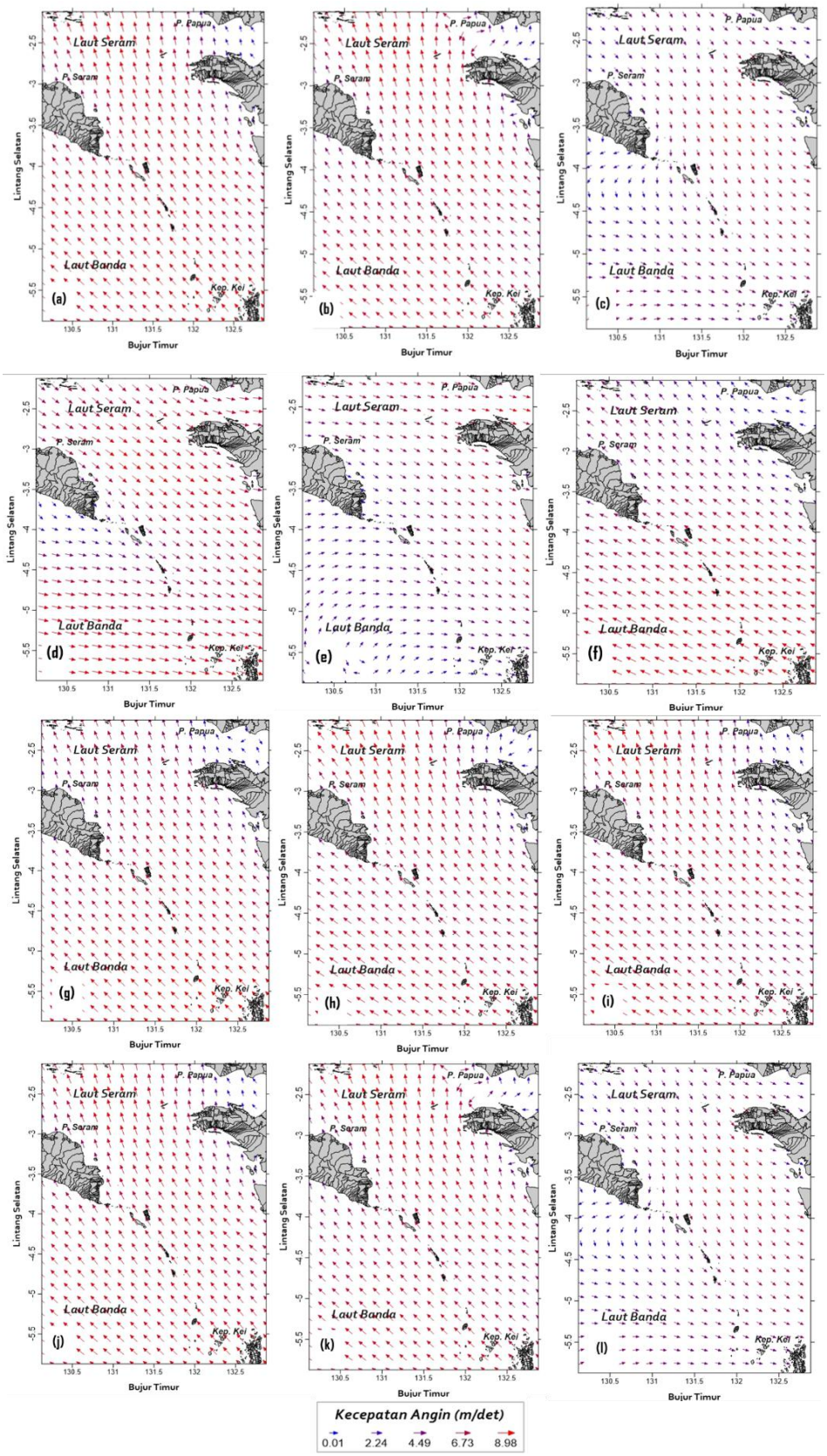
Angin

Secara umum, variabilitas angin permukaan laut rata-rata bulanan di perairan Seram bagian timur (Laut Banda dan Laut Seram) berkisar antara 0,01 hingga 8,98 m/detik (Gambar 2). Kecepatan angin permukaan terendah tercatat pada bulan November (musim peralihan II), sementara kecepatan angin permukaan tertinggi tercatat pada bulan Januari dan Juni hingga September (musim peralihan I dan musim timur). Perbedaan durasi dan kekuatan angin di wilayah perairan Laut Seram dan Laut Banda secara umum dipengaruhi oleh sistem angin monsun dan faktor iklim global. Sirkulasi monsun yang terjadi di kawasan Indonesia memengaruhi pola angin dan suhu permukaan laut (Saraswata et al., 2013). Iklim global dapat mengubah pola angin yang bertiup di atas permukaan laut sehingga memengaruhi pola pergerakan massa air (Seprianto, 2016).

Gambar 2 (a-c) menunjukkan arah angin permukaan pada musim barat tahun 2015, dengan rata-rata kecepatan 2,13 – 6,34 m/detik. Pada bulan Desember, kecepatan angin berkisar 0,18 – 4,04 m/detik. Angin bergerak dari tenggara (Laut Arafura) menuju ke arah barat. Namun, di sekitar Laut Seram bagian utara dan timur, angin menuju ke arah barat, dan terjadi pembelokan arah angin. Hal ini disebabkan oleh adanya efek coriolis, yang merupakan hasil dari rotasi bumi (Radjawane et al., 2024). Memasuki bulan Januari dan Februari 2015, angin menunjukkan pola yang sama, yakni bergerak dari barat laut menuju arah tenggara. Kecepatan angin pada kedua bulan ini berkisar 0,09 – 8,98 m/detik. Terlihat adanya kecenderungan terjadi peningkatan kecepatan angin seiring perubahan waktu bulanan. Menurut BMKG (2024), kecepatan angin di Laut Banda dapat lebih tinggi karena luas perairan yang memungkinkan aliran angin yang lebih bebas, sedangkan di Laut Seram, kecepatan angin lebih bervariasi akibat pengaruh topografi lokal.

Memasuki musim peralihan-I (Gambar 2d, 2e, 2f), terlihat kecepatan angin rata-rata berkisar 1,84 – 5,23 m/detik. Pergerakan angin pada bulan Maret berkisar 0,40 – 7,12 m/detik, intensitasnya jauh lebih kuat jika dibandingkan bulan April yang hanya berkisar 0,14 – 3,76 m/detik. Arah pergerakan angin pada bulan Maret dan April menunjukkan persamaan, yakni pergerakan angin menuju arah tenggara. Namun, pada bulan Mei pergerakan angin menuju ke barat laut, dengan kecepatan angin berkisar 0,05–7,97 m/detik. Umumnya pada musim peralihan-I, terjadi perubahan dari angin monsun barat ke angin monsun timur (Yananto & Sibaraniz, 2016). Proses ini dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara antara benua Asia dan Australia, serta efek *Coriolis* yang membentuk pola aliran udara di wilayah Laut Seram dan Laut Banda.

Pada musim timur, kecepatan angin rata-rata berkisar 5,72 – 6,16 m/detik (Gambar 2g, 2h, 2i). Intensitas kekuatan pergerakan angin pada musim timur jauh lebih besar dibandingkan musim-musim lainnya (Susilo, 2021). Selama musim timur, arah angin bergerak dari tenggara menuju barat laut, searah dengan pergerakan angin monsun yang bertiup dari arah Australia menuju Asia. Besaran maksimum kecepatan angin pada bulan Juni (8,73 m/detik), bulan Juli (7,66 m/detik) dan bulan Agustus (8,00 m/detik). Secara keseluruhan, intensitas kekuatan pergerakan angin di Laut Banda dan Laut Seram selama musim timur yang jauh lebih kuat menyebabkan kondisi meteorologi yang lebih dinamis dan kuat di perairan tersebut.



Gambar 2. Arah dan Kecepatan Angin pada Musim Barat - DJF (a-c), Musim Peralihan I - MAM (d-f), Musim Timur – JJA (g-i) dan Musim Peralihan II - SON (j-l) selama periode El Niño 2015

Musim peralihan-II (Gambar 2j, 2k, 2l), angin monsun timur masih mendominasi karena terlihat dari arah pergerakan angin masih menuju barat laut pada bulan September dan bulan Oktober. Namun, memasuki bulan November (Gambar 4c) terjadi

perubahan sistem angin monsun yang menyebabkan perubahan arah angin yang menuju tenggara. Pada musim peralihan-II ini, kecepatan angin rata-rata berkisar 1,08 – 6,68 m/detik. Menurut Nurlita (2017) selama bulan September hingga November, Indonesia mengalami transisi dari musim timur menuju musim barat. Pada periode ini, pengaruh angin monsun Australia mulai melemah, dan angin dari arah utara (monsun barat) mulai masuk (Yananto & Sibaraniz, 2016). Perubahan ini menyebabkan arah dan kecepatan angin menjadi tidak konsisten, sering kali saling berlawanan, yang berkontribusi pada pembelokan arah angin.

Arus

Perairan Seram bagian timur terdiri atas perairan Laut Seram dan Laut Banda. Letak perairan Seram bagian timur yang terbuka terhadap Laut Banda di bagian barat-selatan dan Laut Seram di bagian timur dan utara menyebabkan arus permukaan perairan mengikuti pola tiupan angin sehingga pola arus permukaan perairan Seram bagian timur bervariasi secara musiman (Gambar 3).

Pada musim barat (Desember-Februari), pola arus di perairan Seram bagian Timur, yakni pada posisi 3.75-4.50 °LS menunjukkan bahwa arus bergerak dari Laut Seram ke Laut Banda, kecuali pada bulan Februari dan pada posisi 4.50-5,50 °LS, massa air pada bulan Desember terlihat bergerak dari Laut Seram ke Laut Banda, sedangkan pada bulan Januari dan Februari menunjukkan air bergerak ke arah timur, yaitu dari Laut Banda ke Laut Seram (Gambar 3a, 3b, 3c). Tiupan angin monsun menyebabkan peningkatan arus monsun di perairan Indonesia. Angin monsun akan membawa massa air permukaan laut menuju dan meninggalkan perairan Indonesia Timur termasuk Laut Banda dan Laut Seram (Ilahude & Gordon, 1996; Daruwedho et al., 2016).

Pada bulan Desember, kecepatan arus di perairan Seram bagian timur berkisar antara 0.03-0,52 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,27±0,11 m/detik dengan rata-rata arah pergerakan ke barat hingga selatan. Pada bulan Januari, arus umumnya bergerak ke arah selatan namun pada perairan dengan posisi ≥4,5 °LS, pola arus terlihat bergerak ke arah timur. Pada bulan Januari, kecepatan arus di perairan Seram bagian timur berkisar antara 0.03-0.95 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,34±0,15 m/detik. Pada bulan Februari, pola arus menunjukkan bahwa di Laut Banda terutama di perairan selatan Pulau Seram, arus bergerak ke arah selatan dan selanjutnya berbelok arah ke arah timur di perairan sekitar Busur Luar Banda dan selanjutnya bergerak masuk ke Laut Seram. Pada bulan Februari, arus bergerak dengan kecepatan 0,01-0,75 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,26±0,15 m/detik.

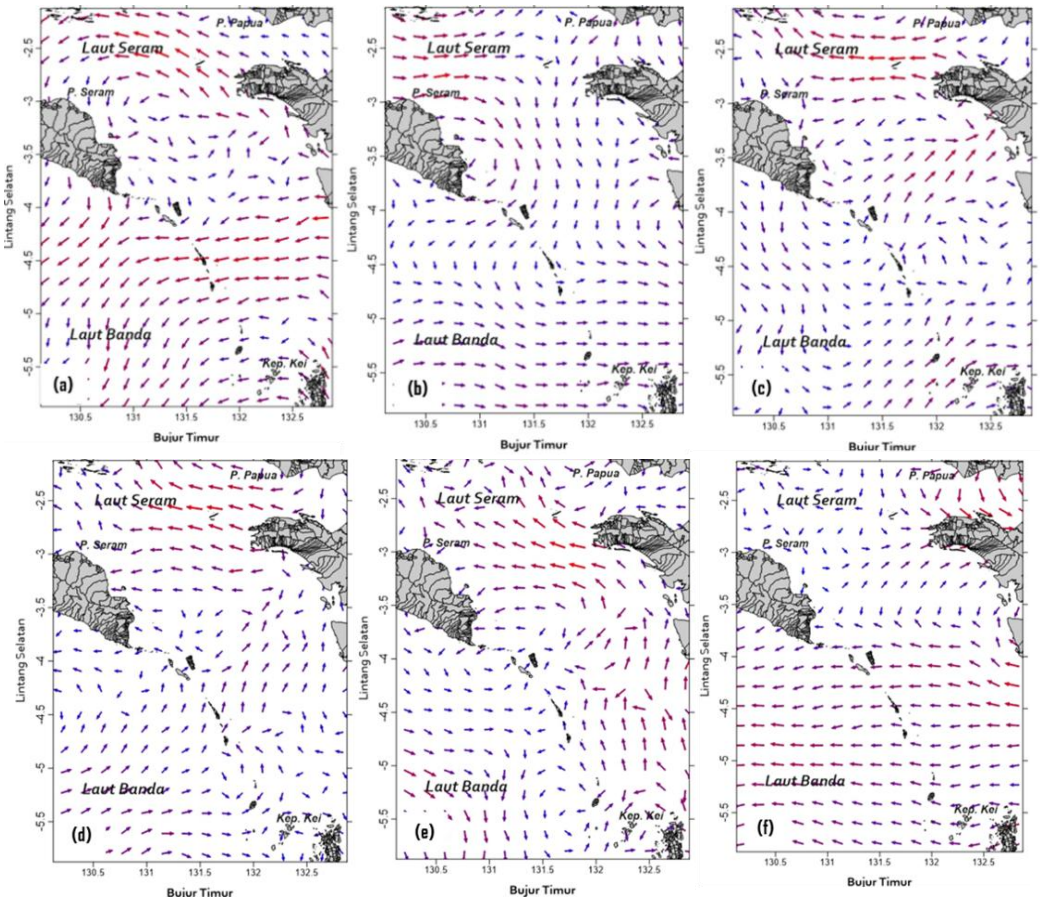
Pada musim peralihan I (Maret-Mei), pola angin di wilayah perairan Indonesia termasuk perairan Seram bagian timur menunjukkan kecepatan tiupan angin lemah dengan arah yang tidak menentu. Pola tersebut menyebabkan kecepatan arus permukaan menjadi lemah dengan arah yang tidak jelas. Kondisi ini juga terlihat melalui perbedaan pola arus antara bulan Maret, April dan Mei di perairan Seram bagian timur (Gambar 3d, 3e, 3f).

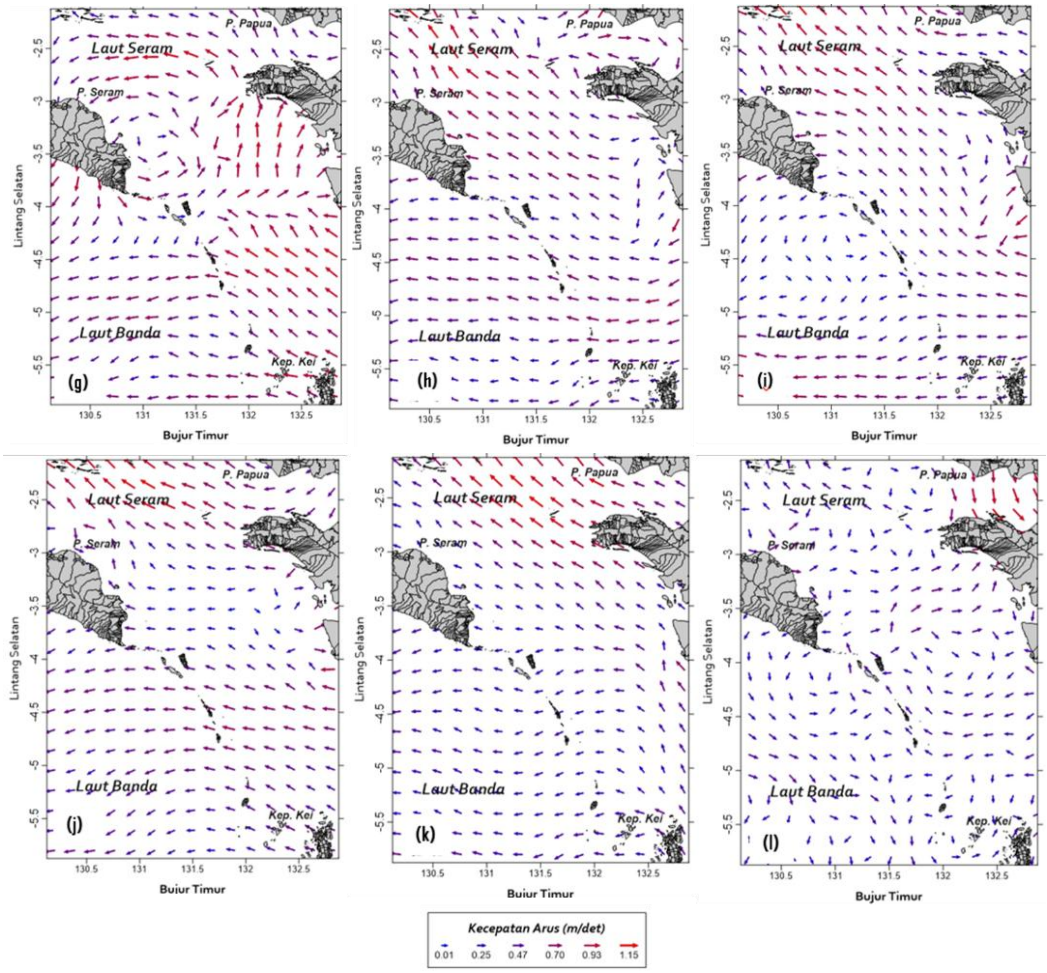
Pada bulan Maret, air bergerak dengan kecepatan berkisar antara 0,03-0,93 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,31±0,18 m/detik. Di Laut Banda, pola arus menunjukkan adanya variasi arah gerakan, yakni pada posisi 3,5-4,5 °LS arus umumnya bergerak ke arah barat, pada posisi 4,5-5,0 °LS bergerak ke arah timur laut hingga utara dan pada posisi di atas 5,0 °LS arus umumnya bergerak ke arah timur. Di Laut Seram, pola arus pada perairan di atas Pulau Seram bergerak ke arah barat dengan mencapai kecepatan berkisar antara 0,6-0,9 m/detik. Pada perairan bagian timur dari

Kepulauan Seram bagian timur (Gorom dan sekitarnya) pola arus umumnya bergerak ke arah utara.

Pada bulan April, pola arus di perairan Seram bagian timur menunjukkan terjadinya *eddies* pada perairan di ujur timur Pulau Seram. Di Laut Banda terlihat pergerakan arus ke arah timur terutama di bagian selatan Pulau Seram selain itu pada posisi di atas 5,0 °LS arus bergerak ke arah tenggara hingga selatan. Di Laut Seram, arus bergerak ke arah barat di perairan antara Pulau Seram dan Pulau Papua, sedangkan di bagian timur Kepulauan Seram bagian timur, massa air bergerak ke arah utara. Pada bulan April, arus berkisar antara 0,02-0,76 m/detik dengan rata-rata 0,30±0,15 m/detik.

Pada bulan Mei, di saat angin monsun tenggara terlihat mulai berkembang di bagian selatan Perairan Indonesia termasuk di Laut Banda, pola arus di perairan Seram bagian timur menunjukkan pola yang berbeda dengan bulan Maret dan April. Di Laut Banda, pola arus terlihat bergerak ke arah barat. Hal yang sama juga terlihat di Laut Seram khususnya di perairan antara Kepulauan Seram bagian timur dan Pulau Papua. Arus tersebut bergerak dengan kecepatan antara 0,19-0,80 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,45 ±0,11 m/detik. Dengan demikian, pada bagian perairan ini terlihat bahwa massa air Laut Seram bergerak masuk ke Laut Banda. Di Laut Seram, arus di atas Pulau Seram terlihat lemah dengan pola yang tidak jelas, sedangkan di bagian timur Pulau Seram hingga Pulau Papua, air terlihat bergerak ke arah timur laut. Secara keseluruhan, pada bulan Mei terlihat kecepatan arus berkisar antara 0,01-0,91 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,37±0,18 m/detik.





Gambar 3. Arah dan Kecepatan Angin pada Musim Barat - DJF (a-c), Musim Peralihan I - MAM (d-f), Musim Timur – JJA (g-i) dan Musim Peralihan II - SON (j-l) selama periode El Niño 2015

Pada musim timur seiring dengan bertiup angin monsun tenggara, massa air permukaan perairan Seram bagian timur umumnya bergerak ke arah barat. Pada musim timur juga terlihat adanya pola arus berbentuk *eddies* yang terjadi pada bulan Juni di Laut Seram, yaitu di bagian timur Pulau Seram dan pada bulan Agustus di Laut Banda, yaitu di bagian barat Kepulauan Seram bagian timur (Gambar 3g, 3h, 3i).

Variasi pola arus pada musim timur secara bulanan menunjukkan bahwa pada bulan Juni arus di Laut Banda khususnya di perairan bagian selatan Pulau Seram umumnya bergerak ke arah selatan hingga barat daya, sedangkan di perairan dengan posisi ≥ 4.5 ^{o}LS bergerak ke arah barat. Di perairan Laut Seram khususnya di bagian timur Kepulauan Seram bagian timur massa air bergerak ke arah barat laut hingga barat. Kondisi ini menunjukkan adanya perpindahan massa air dari Laut Seram ke Laut Banda. Pada bulan Juni, kecepatan arus di perairan Seram bagian timur berkisar antara 0,03-0,79 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,42±0.16 m/detik.

Pada bulan Juli, pola arus di perairan Seram bagian timur terlihat lebih seragam. Pola arus menunjukkan bahwa di bagian selatan perairan (Laut Banda dan Laut Seram), massa air permukaan bergerak ke arah barat, sedangkan pada bagian utara perairan (Laut Seram) massa air bergerak ke arah barat laut. Pada bulan Juli, arus permukaan di perairan Seram bagian timur bergerak dengan kecepatan berkisar antara 0,08-0,88 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,42±0,15 m/detik.

Pada bulan Agustus, pola arus di perairan Seram bagian timur menunjukkan terjadinya *eddies* di Laut Banda, yakni pada bagian barat/dalam dari Busur Luar

Banda. Pola arus menunjukkan bahwa massa air permukaan Laut Banda disuplai oleh massa air Laut Seram yang bergerak ke arah barat. Pada perairan Laut Seram massa air permukaan umumnya bergerak ke arah barat laut hingga barat. Pada bulan Agustus, arus di perairan Seram bagian timur berkisar antara 0,05-98 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,43±0,20 m/detik.

Pola arus pada musim peralihan II (September-November) di perairan Seram bagian timur menunjukkan pola yang berbeda antara bulan September-Oktober dengan bulan November. Pada bulan September dan Oktober, di perairan Laut Banda dan Laut Seram khususnya pada perairan dengan posisi ≥ 3,5 ^{o}LS, arus terlihat bergerak ke arah barat, sedangkan pada Laut Seram dengan posisi < 3,5 ^{o}LS umumnya bergerak ke arah barat laut hingga barat, sedangkan pada bulan November pola arus terlihat lemah dengan arah yang tidak jelas (Gambar 3j, 3k, 3l).). Perbedaan pola tersebut disebabkan karena pengaruh pola tiupan angin. Pada bulan September dan Oktober, angin monsun tenggara terlihat masih bertiup di perairan Laut Banda dan Laut Seram meskipun dengan kekuatan yang mulai melemah, sedangkan pada bulan November, pola angin tidak jelas dan menyebabkan pola arus permukaan juga menjadi tidak jelas. Arus pada bulan September di perairan Seram bagian timur berkisar antara 0,08-1,15 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,50±0,22 m/detik. Pada bulan Oktober, arus permukaan bergerak dengan kecepatan 0,04-0,99 m/detik dengan rata-rata kecepatan 0,36±0,22 m/detik, sedangkan pada bulan November arus berkisar antara 0,01-0,73 m/detik dengan rata-rata 0,16±0,11 m/detik. Pola arus pada musim peralihan II pada bulan September-Oktober menunjukkan massa air di perairan selatan Laut Seram bergerak masuk ke Laut Banda melalui Kepulauan Seram bagian timur, sedangkan pada bulan November pola arus menunjukkan adanya *eddies* di perairan Laut Banda dan Laut Seram bagian selatan

Suhu Permukaan Laut

Distribusi spasial suhu permukaan laut (SPL) perairan Seram bagian timur pada tahun Super El Niño 2015 bervariasi secara musiman. Selama musim barat rata-rata SPL 29.31 °C, musim peralihan I 29.15 °C, musim timur 26.21 °C dan musim peralihan II 27.14 °C (Gambar 4). Variasi bulanan SPL perairan Seram bagian timur maksimum pada bulan Desember 31.38 °C dan terendah pada bulan Agustus 23.92 °C. Pada musim barat, terlihat adanya pengaruh massa air Laut Seram memiliki suhu yang lebih 29.4–29.8 °C, dibandingkan dengan bagian yang mendapat pengaruh massa air Laut Banda memiliki suhu yang lebih panas (29.8–30.2 °C). Pada musim timur secara umum memiliki SPL yang lebih dingin (23.9–24.2 °C), dibandingkan SPL selama musim barat. Sebagai dampak dari adanya fenomena peristiwa super El Niño 2015 selama periode monsun tenggara terjadi penurunan suhu perairan Laut Seram dan Laut Banda pada kedalaman yang bervariasi (Prasetyo et al., 2019; Dompeipen et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma et al. (2017), terkait variabilitas SPL di seluruh perairan Indonesia selama periode 2007-2016 menunjukkan bahwa rerata SPL berkisar antara 27,91-30,46 °C. SPL terendah tercatat pada bulan Agustus di tahun 2007, 2012, dan 2015, sedangkan suhu tertinggi terjadi pada bulan April di tahun 2010 dan 2016.

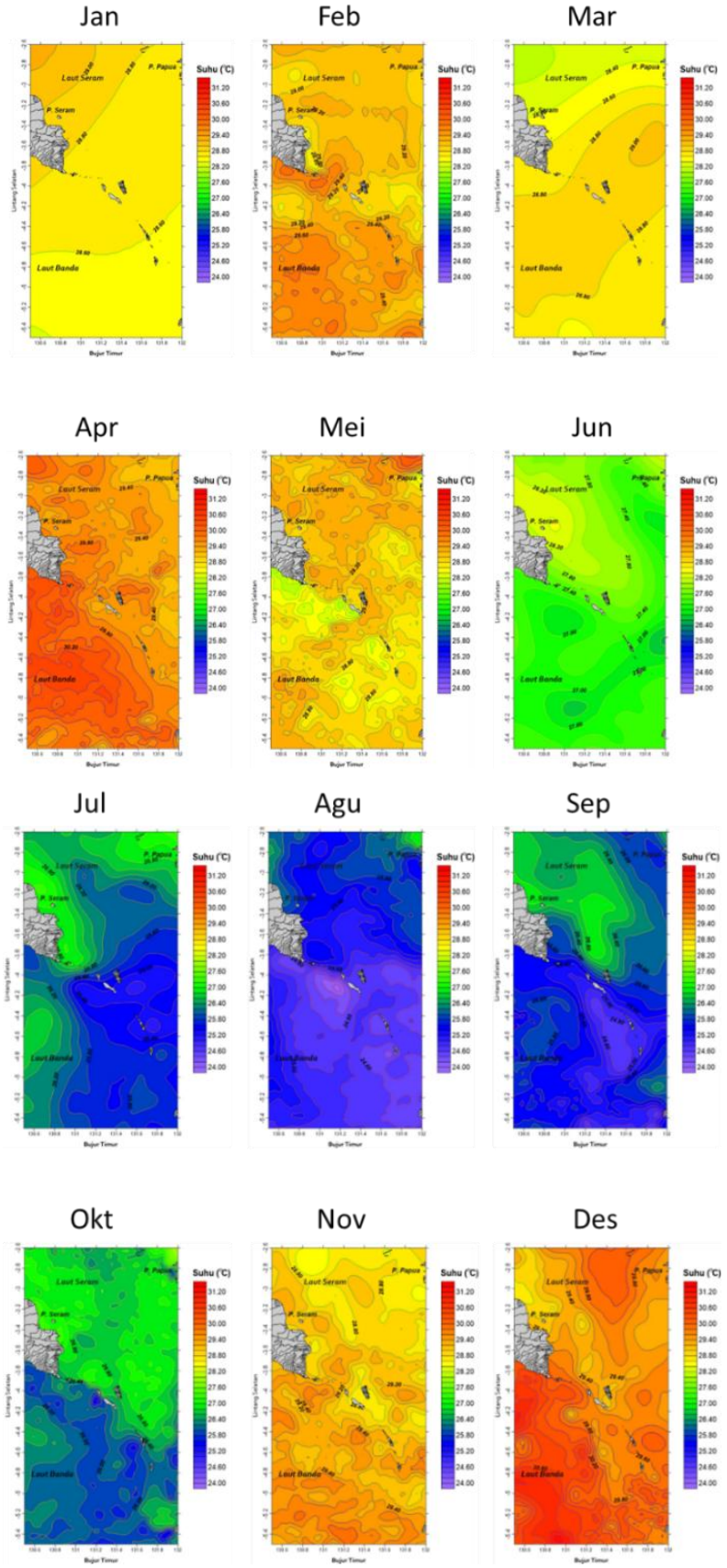
Hasil analisis SPL sepanjang tahun 2015 di perairan Seram bagian timur bervariasi setiap bulannya. Pada bulan Januari SPL berkisar antara 28.38-29.40 °C, rata-rata suhu pada bulan ini 28.69 °C, sedangkan untuk bulan Februari memiliki SPL dengan kisaran 28.64-29.92 °C, rata-rata SPL pada bulan ini mengalami peningkatan sebesar 0.6 °C, juga membentuk beberapa pusat massa air dingin dengan suhu 28.8 °C di bagian dalam dan luar busur timur Laut Banda yang merupakan bagian dari perairan

Seram bagian Timur. Hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh pola arus yang bergerak membawa massa air dari Laut Seram membentuk pusaran (*eddies*) di bagian perairan Seram bagian timur dan sebagian yang bergerak menuju Laut Banda melalui celah pulau – pulau kecil di perairan Seram bagian Timur. Untuk bulan Maret-April, terjadi penurunan nilai SPL pada bulan Maret dan kembali mengalami peningkatan pada bulan April. Bulan Maret SPL berkisar antara 27.06-29.04 °C dengan rata-rata SPL, yaitu 28.7 °C. Pada bulan ini terlihat dari garis kontur bahwa ada massa air dari bagian utara Laut Banda menuju perairan Seram bagian timur dengan suhu yang lebih hangat 28.8 °C dibandingkan SPL massa air yang berasal dari Laut Seram 28.2 °C. Sebaran SPL bulan April di perairan Seram bagian timur berkisar antara 29.98-30.59 °C dengan rata-rata 29.75 °C. Distribusi spasial SPL di bagian dalam busur timur Laut Banda lebih tinggi hingga 30.2 °C dibandingkan sebaran SPL di bagian luar busur timur Laut Banda yang merupakan bagian dari perairan Seram bagian timur, yaitu 29.6 °C. Untuk bulan Mei, distribusi massa air dingin dengan SPL 28.0 °C ditemukan di bagian dalam busur timur Laut Banda, sebaliknya di bagian luar busur timur Laut Banda ditemukan massa air hangat dengan SPL 29.2 °C. Sebaran SPL bulan Mei di perairan Seram bagian timur berkisar antara 27.96-30.36 °C dengan rata-rata 29.01 °C.

Rata-rata SPL di perairan Seram bagian timur mengalami penurunan selama bulan Juni-Juli-Agustus dengan SPL terendah ditemukan pada bulan Agustus. Hal ini dipengaruhi oleh fenomena upwelling di wilayah Laut Banda dan Laut Arafura. SPL selama bulan Juni berkisar antara 26.56-28.42 °C, dengan rata-rata SPL 27.42. Distribusi SPL pada bulan ini mulai menurun dibandingkan bulan sebelumnya. Adanya pusat massa air dengan SPL yang lebih hangat di bagian sisi utara dari perairan Seram bagian timur dibandingkan daerah sekitarnya. Arah arus permukaan membentuk pusaran (*eddies*) pada pusat massa air dengan SPL yang lebih hangat di bagian sisi utara dari perairan Seram bagian Timur. Berbeda dengan distribusi spasial SPL pada bulan Juni, SPL bulan Juli berkisar antara 25.10-27.45 °C. dengan rata-rata SPL 26.08 °C. Massa air dingin dengan SPL hingga 24.2 °C bergerak dari Laut Arafura hingga ke perairan Seram bagian Timur. Pola arus permukaan pada bulan ini juga menunjukkan pergerakan arus ke barat laut di bagian luar busur barat Laut Banda menuju ke Laut Seram, sedangkan pola arus permukaan di bagian dalam busur barat Laut Banda bergerak ke barat menuju ke Laut Banda. Hasil ini mendukung Penelitian sebelumnya oleh Tubalawony et al. (2023), pada bulan Juli sampai September SPL Laut Halmahera cenderung dingin, hal ini disebabkan karena pengaruh kecepatan angin yang meningkat dan masuknya massa air dingin dari Laut Seram yang bergerak naik memasuki Laut Halmahera. Tubalawony et al. (2016), massa air permukaan pada perairan sekitar Kepulauan Seram bagian timur umumnya dingin sebagai akibat dari fenomena upwelling di Laut Banda sebagai respons terhadap tiupan angin monsun tenggara. Tubalawony et al. (2025), puncak upwelling di Laut Banda terjadi pada bulan Agustus akibat kuatnya tiupan angin monsun tenggara dan menyebabkan perubahan karakteristik perairan secara nyata. Sebaran SPL bulan Agustus berkisar antara 23.92-26.97 °C dengan rata-rata 25.12 °C. Massa air dengan SPL yang rendah dipengaruhi oleh adanya fenomena upwelling di wilayah Laut Banda dan Laut Arafura. Dampak upwelling dapat membawa massa air yang lebih dingin ke permukaan di sekitar perairan Seram bagian Timur.

Menurut Purwanti et al. (2017), kekuatan angin menggerakkan arus yang mengangkut massa air yang bersuhu lebih rendah serta kaya akan nutrient menuju ke arah Samudra Pasifik. Fenomena El Niño yang terjadi pada tahun 2015 mengakibatkan pendinginan SPL jauh lebih kuat sepanjang bulan Juli 2015 sampai

Januari 2016 dibandingkan tahun normal (Prasetyo et al., 2019; Beale et al., 2019). Pergerakan massa air yang lebih dingin dari Arafura dan Laut Seram juga berdampak meningkatkan pencampuran vertikal kolom air, dan juga menyebabkan pendangkalan termoklin (Tang et al., 2002; Wattimena & Tubalawony, 2023).



Gambar 4. Sebaran SPL perairan Seram Bagian Timur selama tahun 2015

SPL mulai mengalami peningkatan secara bertahap selama bulan September hingga Desember. SPL selama bulan September berkisar antara 24.62-26.95 °C. dengan rata-rata 25.83. Variasi SPL tampak jelas dengan adanya dua jenis massa air, yaitu massa air yang berasal dari Laut Seram memiliki SPL mencapai 26.8 °C, dan massa air dari Laut Banda dengan SPL mencapai 25.4 °C. Kehadiran dua massa air yang berbeda karakter ini diindikasikan membentuk front di perairan Seram bagian Timur. Selama bulan Oktober SPL berkisar antara 25.36-28.04 °C. dengan rata-rata 26.44 °C. Ditemukan pusat-pusat massa air dingin (SPL 25.4 °C) yang terbentuk di perairan Seram bagian timur. Pendugaan adanya *Thermal Front* sebagai pertemuan antara dua masa air dengan karakteristik suhu yang berbeda sehingga membentuk gradien suhu yang tinggi pada bulan Agustus hingga Oktober disebabkan oleh dampak upwelling dan kondisi pendinginan SPL akibat kuatnya El Niño diakhir tahun 2015 (Syah & Sholehah, 2021).

Menurut Hamzah et al. (2014) nilai ambang batas terbaik yang sesuai dengan karakteristik perairan Indonesia untuk pendeteksian Thermal Front adalah 0,5ºC. Selain itu, Hanintyo et al. (2015) menyatakan bahwa curah hujan merupakan salah satu faktor yang berkontribusi pada terbentuknya fenomena front di suatu wilayah perairan. Bulan November SPL berkisar antara 28.41-30.02 °C dengan rata-rata 29.16 °C, dan SPL bulan Desember berkisar antara 28.65-31.38 °C dengan rata-rata 29.88 °C.

KESIMPULAN

Secara umum variabilitas angin permukaan laut rata-rata bulanan di perairan Seram bagian timur (Laut Banda dan Laut Seram) berkisar 0,01–8,98 m/det. Kecepatan angin permukaan terendah tercatat pada bulan November (musim peralihan II), sedangkan kecepatan angin permukaan tertinggi ditemui pada bulan Januari dan bulan Juni hingga September (musim peralihan I dan musim timur). Pola arus permukaan perairan Seram bagian timur juga bervariasi secara musiman. Pada musim barat, arah arus permukaan bergerak dari Laut Seram ke Laut Banda pada bulan Desember dan Januari, sedangkan pada bulan Februari menunjukkan air bergerak ke arah timur, yaitu dari Laut Banda ke Laut Seram timur. Selama musim timur, pola arus menunjukkan bahwa massa air permukaan Laut Banda disuplai oleh massa air Laut Seram. Rata-rata SPL di perairan Seram bagian timur mengalami penurunan selama bulan Juni-Juli-Agustus dengan SPL terendah ditemukan pada bulan Agustus. Hal ini dipengaruhi oleh fenomena upwelling di wilayah Laut Banda dan Laut Arafura. Arah arus permukaan membentuk pusaran (*eddies*) pada pusat massa air dengan SPL yang lebih hangat di bagian sisi utara dari perairan Seram bagian Timur. Ditemukan pusat-pusat massa air dingin (SPL 25.4 °C) yang terbentuk di perairan Seram bagian Timur. Pendugaan adanya *Thermal Front* sebagai pertemuan antara dua massa air dengan karakteristik suhu yang berbeda sehingga membentuk gradien suhu yang tinggi pada bulan Agustus hinggs Oktober disebabkan oleh dampak upwelling dan kondisi pendinginan SPL akibat kuatnya El Niño di akhir tahun 2015.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Penulis menyatakan bahwa kontribusi setiap penulis terhadap pembuatan karya tulis ini adalah CU sebagai kontributor utama merancang penelitian, konseptualisasi dan pengumpulan data serta analisis data dan penulisan draft jurnal, ST sebagai korespondensi dan membantu analisis data dan penulisan draft jurnal, HDJW sebagai penulis anggota membantu analisis data, RDH sebagai penulis anggota yang membantu

koreksi analisis data, dan MCW sebagai penulis anggota yang membantu koreksi analisis data. Penulis telah melampirkan surat pernyataan deklarasi penulis.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis telah menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait penerbitan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2024). *BMKG Keluarkan Peringatan Dini Gelombang Tinggi di Laut Banda dan Perairan Sermata.* https://infopublik.id/kategori/nusantara/815842/bmkg-keluarkan-peringatan-dini-gelombang-tinggi-di-laut-banda-dan-perairan-sermata

Beale, C. S., Stewart, J. D., Setyawan, E., Sianipar, A. B., & Erdmann, M. V. (2019). Population dynamics of oceanic manta rays (Mobula birostris) in the Raja Ampat Archipelago, West Papua, Indonesia, and the impacts of the El Niño–Southern Oscillation on their movement ecology. *Diversity and Distributions*, *25*(9), 1472–1487. https://doi.org/10.1111/ddi.12962

Daruwedho, H., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. (2016). Analisis pola arus laut permukaan perairan Indonesia dengan menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi Undip*, *5*(2), 147–158. https://doi.org/10.14710/jgundip.2016.11531

Dompeipen, A. C., Rumohoira, D. R., Atmadipoera, A. S., Nugroho, D., & Natih, N. M. N. (2024). Ocean Circulation and Variability in the Seram and Northern Banda Seas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 1350(1), p. 012004. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1350/1/012004

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). *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014* (pp. 552–559). LAPAN.

Hanintyo, R., Hadianti, S., Mahardhika, R. M. P., Saputra, A. J., & Islamy, F. (2015). Sebaran musiman kejadian thermal front berdasarkan citra Aqua-MODIS di WPP-RI 715, 715, WPP-RI 716. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh* (pp. 523–635).

Ilahude, A. G., & Gordon, A. L. (1996). Thermocline stratification within the Indonesian Seas. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *101*(C5), 12401–12409. https://doi.org/10.1029/95JC03798

Kusuma, D. W., Murdimanto, A., Aden, L. Y., Sukresno, B., Jatisworo, D., & Hanintyo, R. (2017, December). Sea surface temperature dynamics in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 98*(1), p. 012038. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012038

Lindsey, L. (2016). *The Impacts of Amazon Deforestation on Pacific Climate* (Master's thesis, Colorado State University). https://www.proquest.com/docview/1870037959

Prasetyo, B., Pusparini, N., & Radjawanne, I. M. (2019). Profil Vertikal Suhu Laut Banda Terkait Kejadian El Niño di Pasifik Timur dan Pasifik Tengah. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, *4*(1), 15–26. https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i1.171

Purwanti, I., Prasetyo, Y., & Wijaya, A. P. (2017). Analisis Pola Persebaran Klorofil-A, Suhu Permukaan Laut, Dan Arah Angin Untuk Identifikasi Kawasan Upwelling

Secara Temporal Tahun 2003-2016 (Studi Kasus: Laut Halmahera). *Jurnal Geodesi Undip*, *6*(4), 506–516. https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.18183

Radjawane, I. M., Yusarita, A., Kuswardani, A. R. T. D., & Napitupulu, G. (2024). Pengaruh Sirkulasi Arus Geostropik dan Ageostropik Terhadap Upwelling di Perairan Selatan Jawa. *Buletin Oseanografi Marina*, *13*(3), 448–463. https://doi.org/10.14710/buloma.v13i3.62368

Santoso, A., Mcphaden, M. J., & Cai, W. (2017). The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño. *Reviews of Geophysics*, *55*(4), 1079–1129. https://doi.org/10.1002/2017RG000560

Saraswata, A. G., Subardjo, P., & Muslim, M. (2013). Pengaruh Monsun Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-A Di Perairan Selatan Bali. *Journal of Oceanography*, *2*(1), 79–87.

Seprianto, A., Kunarso, K., & Wirasatriya, A. (2016). Studi pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Karimunjawa. *Journal of Oceanography*, *5*(4), 452–461.

Susilo, B. (2021). *Mengenal Iklim dan Cuaca di Indonesia*. Diva Press.

Syah, A. F., & Sholehah, S. (2021). Thermal front variability during the El Niño Southern Oscillation (ENSO) in the banda sea using remotely sensed data. *Journal of Marine Science*, *3*(2), 1–7.

Tang, D., Kester, D. R., Ni, I. H., Kawamura, H., & Hong, H. (2002). Upwelling in the Taiwan Strait during the summer monsoon detected by satellite and shipboard measurements. *Remote sensing of environment*, *83*(3), 457–471. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00062-7

Tubalawony, S., Kalay, D. E., & Buamona, Z. Z. (2023). Variabilitas suhu dan salinitas di Laut Halmahera. *Jurnal Laut Pulau: Hasil Penelitian Kelautan*, *2*(2), 6–16. https://doi.org/10.30598/jlpvol2iss2pp6-16

Tubalawony, S., Purnama, R., & Ferdinandus, J. (2016). *Penentuan Daerah Potensial Upwelling dan Kaitannya dengan Pengelolaan Laut Banda dalam Pembangunan Kelautan dan Perikanan Berbasis Laut Banda*. Bogor (ID): IPB Press.

Tubalawony, S., & Wattimena, M. C., & Rahman. (2025). Characteristics and Analysis of Water Mass Structure in the Waters of the Haruku Strait, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, *29*(2), 199–217. https://dx.doi.org/10.21608/ejabf.2025.416019

Wattimena, M. C., & Tubalawony, S. (2023). Variasi Parameter Oseanografi di Utara Laut Arafura pada Tahun Super La Nina 2010 dan El Nino 2015. *Journal of Coastal and Deep Sea*, *1*(1), 42–50. https://doi.org/10.30598/jcds.v1i1.11325

Xue, Y., Balmaseda, M. A., Boyer, T., Ferry, N., Good, S., Ishikawa, I., Kumar, A., Rienecker, M., Rosati, A. J., & Yin, Y. (2012). A comparative analysis of upper-ocean heat content variability from an ensemble of operational ocean reanalyses. *Journal of Climate*, *25*(20), 6905–6929. https://doi.org/10.1175/jcli-d-11-00542.1

Yananto, A., & Sibarani, R. M. (2016). Analisis kejadian el nino dan pengaruhnya terhadap intensitas curah hujan di wilayah jabodetabek (studi kasus: periode puncak musim hujan tahun 2015/2016). *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, *17*(2), 65–73.

Zhang, R. H., & Busalacchi, A. J. (2009). An empirical model for surface wind stress response to SST forcing induced by tropical instability waves (TIWs) in the eastern

equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, *137*(6), 2021–2046. https://doi.org/10.1175/2008mwr2712.1