**Article Info:**

Received 17 August 2024

Revised 23 November 2024

Accepted 17 March 2025

Corresponding Author:

Lizalidiawati

Department of Physics, Faculty of
Mathematics and Natural

Sciences, University of Bengkulu

E-mail: lizalidiawati@unib.ac.id

© 2025 Author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY) license, allowing unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided proper credit is given to the original authors.



Thermocline Layer Thickness in the Waters off the Western Coast of Sumatra

Zulfatur Rohmah^a, Irkhos^b, Suhendra^a, Lizalidiawati^a^a Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Bengkulu, Bengkulu 38371, Indonesia^b Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Bengkulu, Bengkulu 38371, Indonesia

Abstract

The oceanographic dynamics of the western waters of Sumatra can be observed through the characteristics of the thermocline layer. Information on thermocline thickness is essential for understanding seasonal variations over the past decade. This study aims to identify the seasonal variability in thermocline thickness along the coastal and offshore regions of western Sumatra by analyzing six observation points representing both zones. A quantitative and descriptive approach was employed, utilizing monthly average vertical temperature data from 2010 to 2019, obtained from the Marine Copernicus database. Data processing was conducted using Panoply software and Microsoft Excel 2010, producing seasonal average thermocline thickness values and time series graphs. The results show that the highest thermocline thickness was recorded at 130.3 meters in the coastal area of Bengkulu during the first transitional season, and 138.7 meters in the offshore area of Lampung during the southeast monsoon. In contrast, the lowest thermocline thickness was observed during the northwest monsoon, reaching 74.9 meters from the coast to offshore regions of Bengkulu and Lampung, as well as in the coastal to offshore areas of Aceh in August. The increased thermocline thickness during the first transitional season in Bengkulu to Lampung waters is attributed to the distribution of surface winds transporting warm water masses along the western coast of Sumatra. Meanwhile, the thinner thermocline layer observed during the southeast monsoon suggests the occurrence of upwelling in the region.

Keywords: seasonal variation, thermocline thickness, western waters of Sumatra

Variasi Musiman Ketebalan Lapisan Termoklin di Perairan Barat Sumatra

Abstrak

Dinamika oseanografi di perairan barat Sumatra dapat dianalisis melalui karakteristik lapisan termoklin. Informasi mengenai ketebalan termoklin memiliki peran penting dalam mengidentifikasi variasi musiman dalam dekade terakhir. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi musiman ketebalan lapisan termoklin di wilayah pantai dan lepas pantai barat Sumatra dengan menganalisis enam titik pengamatan yang mewakili kedua zona tersebut. Pendekatan yang digunakan adalah metode kuantitatif dan deskriptif, dengan memanfaatkan data temperatur vertikal rata-rata bulanan dari tahun 2010 hingga 2019 yang diperoleh dari situs Marine Copernicus. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Panoply dan Microsoft Excel 2010, menghasilkan nilai rata-rata ketebalan termoklin musiman dan grafik deret waktu (*time series*). Hasil analisis menunjukkan bahwa ketebalan termoklin tertinggi tercatat sebesar 130,3 m di wilayah pantai Bengkulu pada musim peralihan I, dan mencapai 138,7 m di lepas pantai Lampung pada musim timur. Sebaliknya, ketebalan termoklin terendah terjadi pada musim barat, yakni sebesar 74,9 m, baik di wilayah pantai maupun lepas pantai Bengkulu dan Lampung, serta di perairan Aceh pada bulan Agustus. Ketebalan yang tinggi pada musim peralihan I di wilayah Bengkulu hingga Lampung disebabkan oleh adanya distribusi angin permukaan yang membawa massa air hangat sepanjang perairan barat Sumatra. Sementara itu, ketebalan termoklin yang lebih tipis pada musim timur mengindikasikan terjadinya proses upwelling di kawasan tersebut.

Kata kunci: ketebalan termoklin, variasi musiman, perairan barat Sumatra

1. Pendahuluan

Perairan Barat Sumatra merupakan kawasan laut yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia, sehingga dinamika massa air di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik massa air yang berasal dari samudra tersebut. Samudra Hindia menjadi jalur utama pergerakan massa air dalam jumlah besar yang berasal dari beberapa perairan sekitarnya, seperti Laut Arab, Laut Persia, Laut Andaman, dan Teluk Benggala. Akibatnya, perairan Barat Sumatra menunjukkan karakteristik oseanografis yang sangat bervariasi (Ramadhanty et al., 2021). Salah satu karakteristik yang paling menonjol adalah variabilitas suhu air laut yang berubah seiring dengan kedalaman. Perubahan ini dipengaruhi oleh interaksi langsung dengan Samudra Hindia, yang menyebabkan dinamika suhu vertikal di perairan tersebut. Salah satu fenomena yang mencerminkan perubahan suhu secara signifikan terhadap kedalaman adalah keberadaan lapisan termoklin (Adiwira et al., 2018; Nofiyanti et al., 2017).

Termoklin merupakan lapisan air laut di mana suhu mengalami penurunan drastis dengan bertambahnya kedalaman. Penurunan suhu pada lapisan ini secara umum mencapai $\pm 0,05$ °C per meter. Lapisan termoklin memiliki peran penting dalam ekosistem laut, terutama dalam bidang perikanan, karena ikan-ikan pelagis besar seperti tuna cenderung berada di sekitar lapisan ini, baik pada bagian atas maupun bawah termoklin, khususnya di perairan barat Sumatra (Rachman et al., 2023). Ketebalan lapisan termoklin di wilayah ini juga menunjukkan variasi spasial. Berdasarkan penelitian Bintara et al. (2023), ketebalan lapisan termoklin di perairan barat Sumatra berkisar dari 103,125 meter di wilayah barat daya hingga mencapai 107,5 meter di bagian tenggara. Kedalaman termoklin sendiri merupakan salah satu parameter fisik penting dalam oseanografi, dan posisinya dapat mengalami perubahan secara vertikal akibat pengaruh berbagai faktor, seperti arus laut, fenomena upwelling dan downwelling, keberadaan materi tersuspensi, letak garis lintang, curah hujan, serta variabilitas iklim global seperti El Niño dan La Niña (Harvianto et al., 2018).

Suhu permukaan laut juga sangat dipengaruhi oleh faktor atmosferik dan oseanografis, antara lain curah hujan, penguapan, kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, serta dinamika fisik dalam kolom air (Suhana et al., 2018). Curah hujan yang tinggi dapat menurunkan suhu permukaan laut, sedangkan proses penguapan dapat meningkatkan suhu permukaan karena adanya perpindahan panas dari atmosfer ke lapisan atas laut (Juniarti et al., 2017). Selain faktor-faktor lokal, dinamika termoklin di Perairan Barat Sumatra juga dipengaruhi oleh sistem arus laut skala regional, khususnya Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Arus ini membawa massa air dari wilayah barat ekuator di Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia melalui kepulauan Indonesia. Pergerakan massa air ini dipicu oleh perbedaan tinggi muka laut antara dua samudra (Horhoruw et al., 2015). Transpor massa air oleh Arlindo turut memengaruhi interaksi antara atmosfer dan laut, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap variasi iklim di kawasan tersebut (Firdaus et al., 2024). Berdasarkan berbagai temuan tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut yang fokus pada identifikasi variabilitas termoklin, khususnya dalam rentang waktu 10 tahun terakhir. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan variasi musiman ketebalan termoklin di Perairan Barat Sumatra. Struktur termoklin secara umum dapat dikarakterisasi berdasarkan distribusi kedalaman batas atas dan bawah, suhu rata-rata, serta ketebalan lapisan tersebut (Kunarso et al., 2012).

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data temperatur yang diambil dari data *Marine Copernicus* dengan resolusi spasial $0,0830 \times 0,0830$. Data yang didapatkan berupa data pada tiap bulan yaitu data temperatur vertikal (°C) selama 10 tahun (2010-2019), data tersebut kemudian di rata-ratakan setiap bulannya. Secara geografis, wilayah penelitian ini berada pada 950 Bujur Timur (BT) – 1050 Bujur Timur (BT) dan 60 Lintang Utara (LU) – 60 Lintang Selatan (LS). Penelitian ini mengkaji 6 titik yang mewakili perairan barat Sumatra (**Gambar 1**).

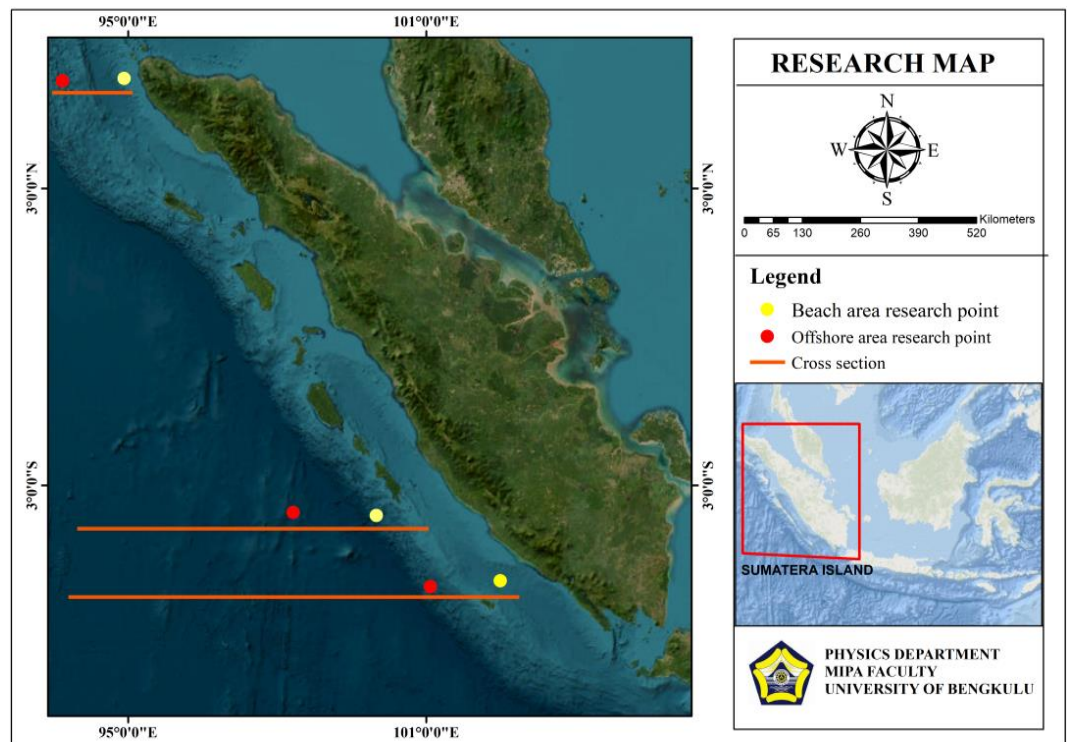


Figure 1. Map of research location of west Sumatra waters. The coastal area is indicated by yellow dots located near the land region, while the offshore area is indicated by red dots extending toward the open sea, with a distance of 180 units between the coastal and offshore areas. The red line represents a cross-sectional profile that represents the waters of Aceh, Bengkulu, and Lampung.

Gambar 1. Peta lokasi penelitian perairan Barat Sumatra. Daerah pantai ditunjukkan oleh titik kuning yang berada dekat dengan wilayah daratan, sedangkan pada daerah lepas pantai ditunjukkan oleh titik merah ke arah laut lepas dengan jarak antara wilayah pantai dan lepas pantai adalah 180. Garis merah menunjukkan penampang melintang yang mewakili perairan Aceh, Bengkulu dan Lampung.

2.2. Persamaan dan Angka

Persamaan pengolahan data dilakukan menggunakan *Software Panoply* untuk mengkonversi data temperatur dalam bentuk kuantitatif dan Microsoft Excel sebagai pengolahan data temperatur untuk menentukan rata-rata minimum dan maksimum serta menentukan variasi ketebalan termoklin dari data yang digunakan.

Nilai variasi ketebalan termoklin pada setiap musim diketahui dengan dirata-ratakan kedalaman batas atas dan batas bawah lapisan termoklin dengan menggunakan Persamaan 1 (Kunarso et al., 2012):

$$H = \left\{ \Delta T / \left(\max \frac{\partial T(z)}{\partial z} \right) \right\} \quad (1)$$

Informasi: H adalah kedalaman Termoklin, ΔT adalah gradien temperatur, $\partial T(z)/\partial z$ adalah perubahan temperatur terhadap kedalaman.

Bureau of technical supervision of the P.R of China (1992) menyatakan setelah menentukan perhitungan kedalaman termoklin, berdasarkan batas atas dan batas bawah dengan mencari nilai $G_j \geq 0,05^\circ\text{C}/\text{m}$. Nilai $G_j \geq 0,05^\circ\text{C}/\text{m}$ dapat diperoleh dengan perhitungan menggunakan Persamaan 2 (Kunarso et al., 2012).

$$G_j = \frac{T_j + 1 - T_j}{D_j + 1 - D_j} \quad (2)$$

Informasi: G_j adalah nilai gradien temperatur vertikal antara standar D_j dan D_{j+1} , T_j dan D_j adalah temperatur dan kedalaman perairan kedalaman standart D_j .

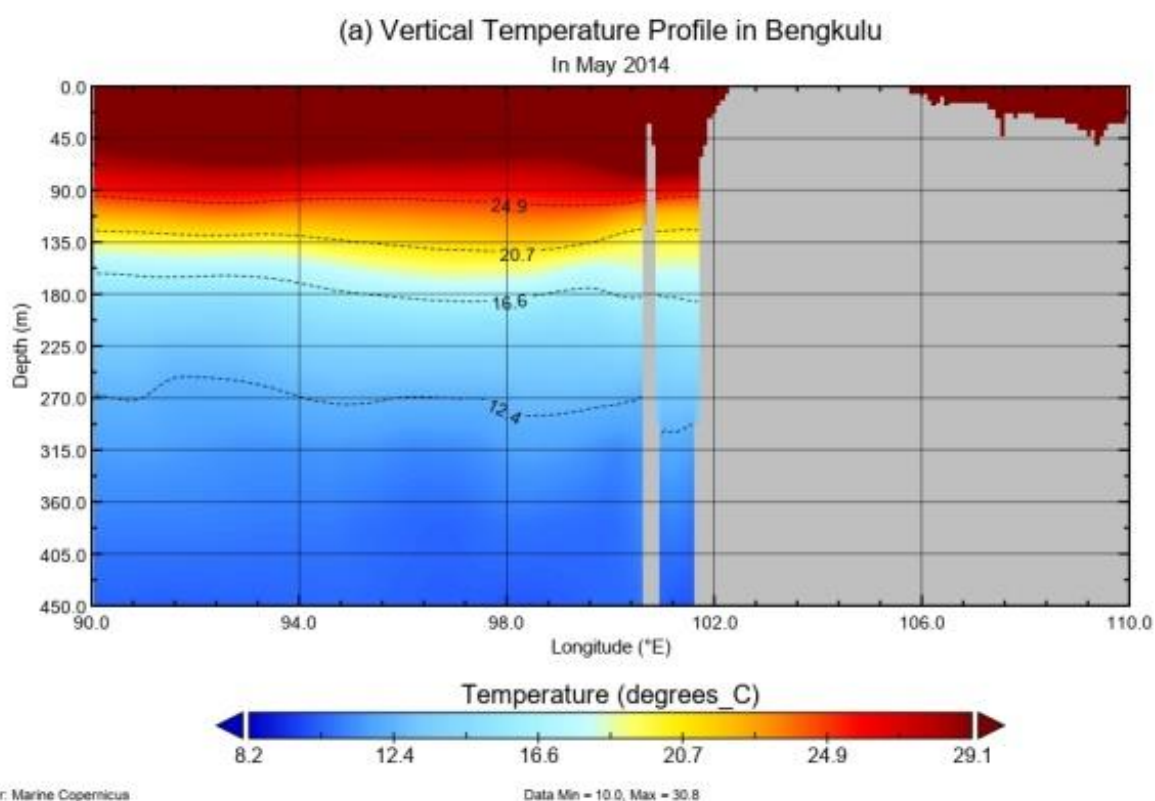
Analisis yang digunakan berupa analisis deskriptif dan kuantitatif. Secara deskriptif data yang diperoleh digambarkan dalam bentuk grafik time series dan profil vertikal ketebalan termoklin di perairan barat Sumatra. Sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk menganalisis data berdasarkan nilai dan angka yang diperoleh dari hasil pengolahan data.

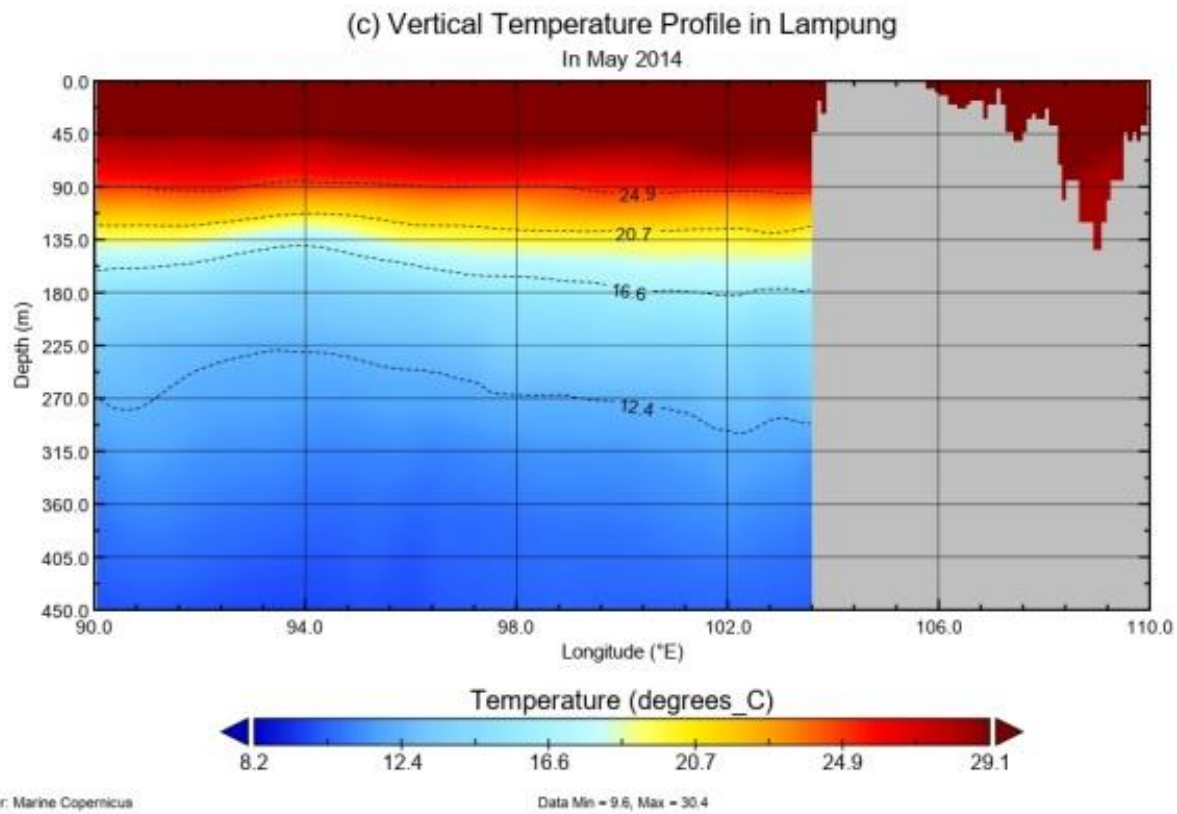
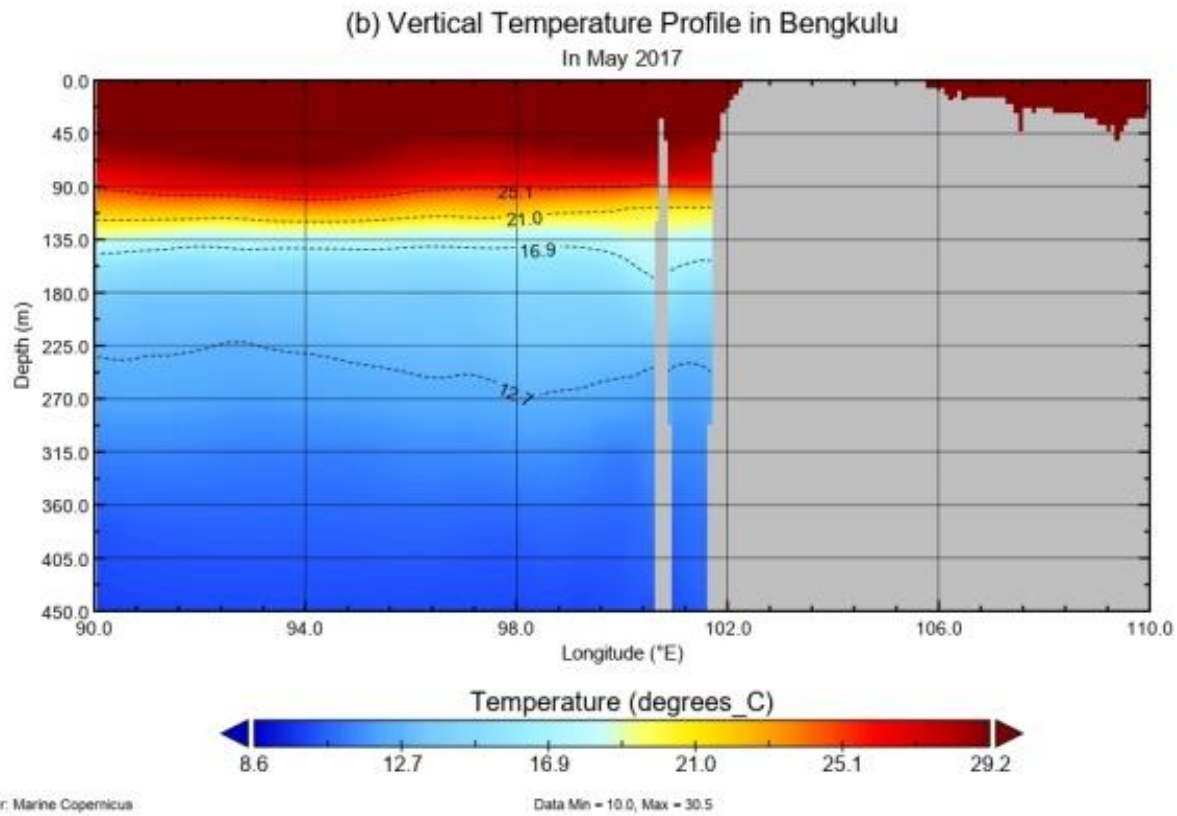
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data yang dilakukan menghasilkan sebaran termoklin di daerah pantai dan lepas pantai mempunyai nilai dan grafik yang berbeda. Seperti perubahan profil vertikal temperatur di perairan Bengkulu dan Lampung menunjukkan variasi ketebalan termoklin terjadi pada musim peralihan I (Mei 2014 dan Mei 2017) seperti ditunjukkan oleh **Gambar 2**.

Pada Gambar 2 menunjukkan ketebalan termoklin tertinggi berada pada musim peralihan I yaitu pada bulan Mei di wilayah perairan Bengkulu dan Lampung pada tahun 2014 dan 2017 yaitu pada ketebalan 130,3 m yang ditandai dengan warna merah pekat. Pada tahun 2014, kedalaman termoklin lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2017 yang terjadi pada bulan Mei yaitu dengan ketebalan 62 m.

Perbedaan ketebalan termoklin pada setiap musim berkaitan dengan intensitas cahaya matahari yang masuk umumnya pada musim timur, intensitas sinar matahari yang masuk ke kolom air meningkat, sedangkan batas bawah termoklin berkurang, maka ketebalan termoklin bertambah. Massa air dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia terus mengalir dengan perubahan karakteristik yang terus-menerus melewati perairan barat Sumatra, hal tersebut yang menjadikan perbedaan variabilitas pada ketebalan termoklin yang ada di sepanjang perairan barat Sumatra (Wattimena et al., 2023). Pengaruh perbedaan ketebalan termoklin sepanjang perairan barat Sumatra dikarenakan kecepatan angin yang tidak signifikan menyebabkan pengadukan massa air hangat tidak merata sehingga termoklin yang berada di permukaan menjadi sangat tipis.





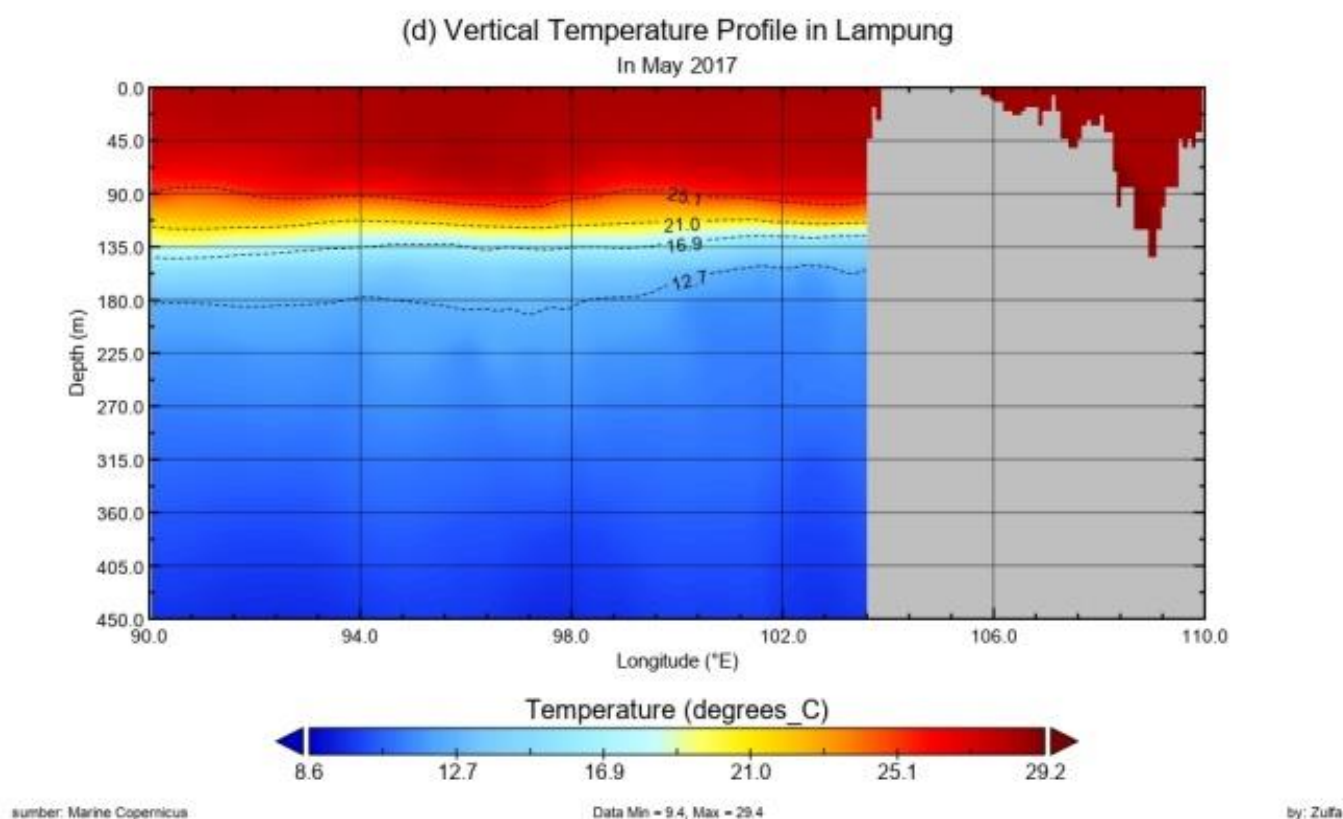


Figure 2. Vertical profile of the highest temperature in the waters of Bengkulu (a and b) and Lampung (c and d) in May 2014 and May 2017.

Gambar 2. Profil vertikal Temperatur Tertinggi di Perairan Bengkulu (a dan b) dan Lampung (c dan d) pada bulan Mei 2014 dan Mei 2017.

Menurut Hendra et al. (2024) hasil pengolahan data yang telah dilakukan berupa pola pelapisan massa air yang terbentuk oleh sebaran termoklin dengan adanya perubahan ketebalan termoklin terhadap kedalaman maka dihasilkan profil temperatur di perairan barat Sumatra. Secara vertikal perubahan termoklin terhadap kedalaman dimulai pada 10 m sampai 1000 m (Agustinus *et al.*, 2015). Sebaran termoklin secara faktor menunjukkan perubahan antar tahunan dan antar musiman yang signifikan yaitu tingkat ketebalan termoklin yang berubah-ubah. Perubahan ini disebabkan oleh tingkat kedalaman dan penetrasi dari cahaya matahari yang tidak stabil, selain itu menurut Sidabutar et al. (2014) pengaruh lapisan homogen yang terdapat di lapisan termoklin, dapat dilihat adanya perbedaan ketebalan lapisan termoklin di berbagai musim.

Hal ini sesuai dengan penelitian Rahmatullah et al. (2024) menyatakan bahwa batas atas termoklin mengalami kenaikan pada musim peralihan I yang dipengaruhi oleh angin pada permukaan yang kecepatannya rendah dan arahnya tidak tetap, karena adanya musim peralihan yaitu dari musim barat ke musim timur. Sedangkan pada bulan Mei tahun 2017 tingkat ketebalan termoklin lebih tipis dibandingkan dengan tahun 2014, seperti ditunjukkan oleh **Gambar 3**.

Distribusi angin tenggara pada bulan Mei pada tahun 2014 dan 2017 pada **Gambar 3** menunjukkan perubahan yang bervariasi. Pada tahun 2017 terlihat bahwa pola sebaran angin tenggara yang timbul cenderung lebih besar, hal ini menyebabkan transpor massa air ke lepas pantai sehingga memperkuat munculnya *upwelling* dengan ketebalan termoklin menjadi lebih tipis dibandingkan pada tahun 2014. Hal ini berkaitan dengan adanya fenomena iklim global *Indian Ocean Dipole* (IOD) positif sebesar $0,616^{\circ}\text{C}$ dan indeks *Madden Julian Oscillation* (MJO) sebesar 0,572 yang terjadi pada tahun 2017 yang memperkuat munculnya *upwelling*. Kurva sebaran IOD ditunjukkan garis berwarna biru dan MJO di tunjukkan garis berwarna merah dapat dilihat pada **Gambar 4**. Indeks Fenomena IOD (Kotak Merah) dan MJO (Kotak Hijau) Tahun 2014 dan 2017.

Sementara itu ketebalan termoklin mengalami penurunan di perairan Bengkulu dan Lampung yang terjadi pada musim barat yaitu pada bulan Februari tahun 2014 dan 2017 dengan ketebalan rata-rata 74,9 m hingga 100,1 m. Hal ini ditunjukkan oleh **Gambar 5** bahwa ketebalan termoklin lebih

tipis dibandingkan dengan musim peralihan I. Ketebalan termoklin pada musim barat di perairan pantai Bengkulu lebih tipis yaitu 74,9 m dibandingkan pada perairan pantai Lampung yaitu dengan ketebalan 78 m.

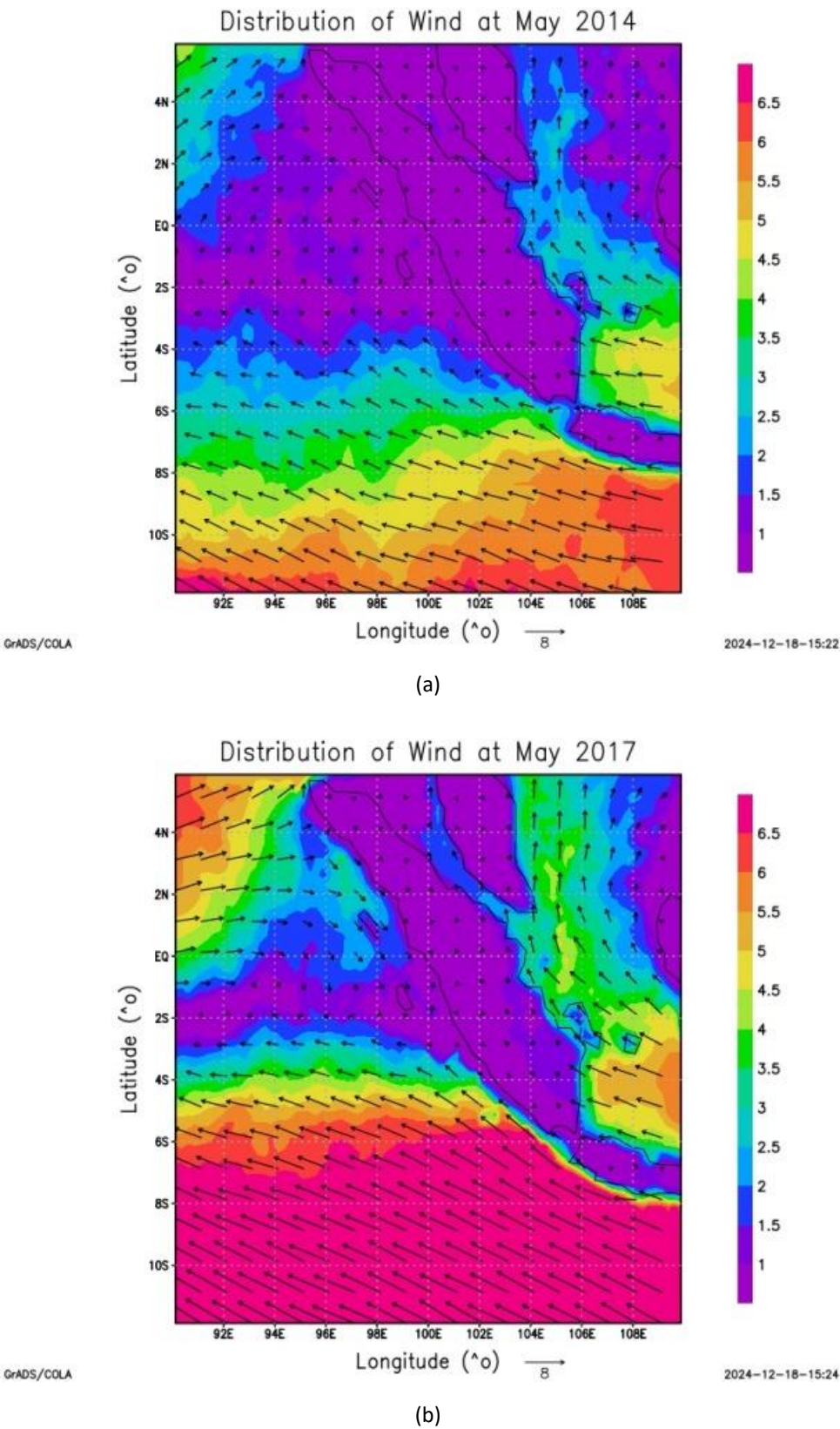


Figure 3. Wind distribution in May 2014 (a) and May 2017 (b).

Gambar 3. Distribusi angin pada bulan Mei 2014 (a) dan Mei 2017 (b).

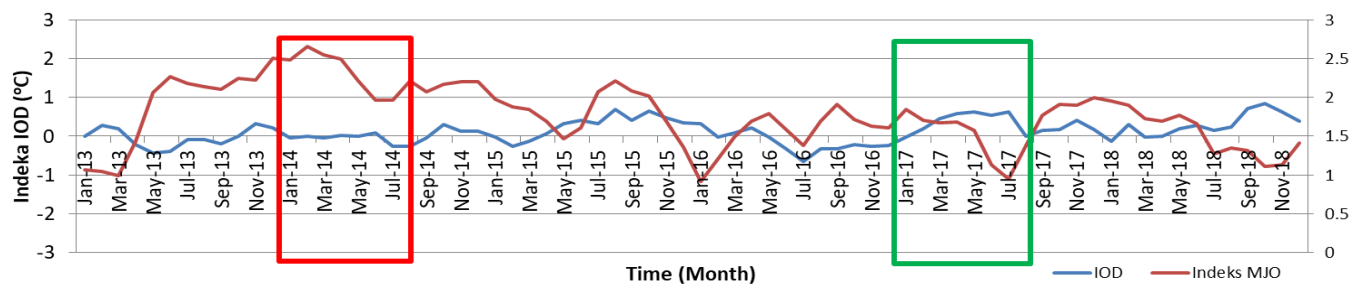
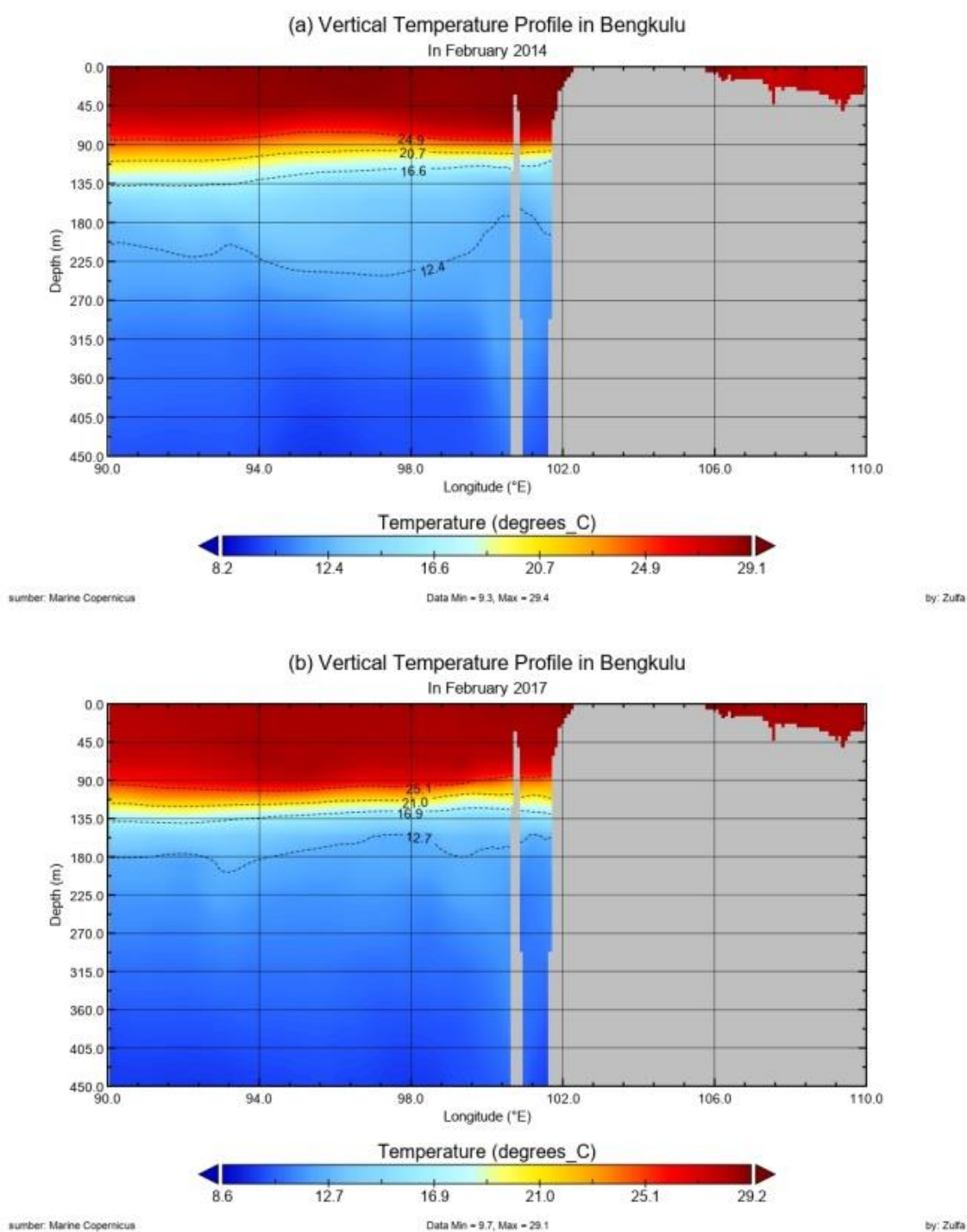


Figure 4. IOD (red box) and MJO (green box) phenomenon index in 2014 and 2017.

Gambar 4. Indeks fenomena IOD (kotak merah) dan MJO (kotak hijau) tahun 2014 dan 2017.



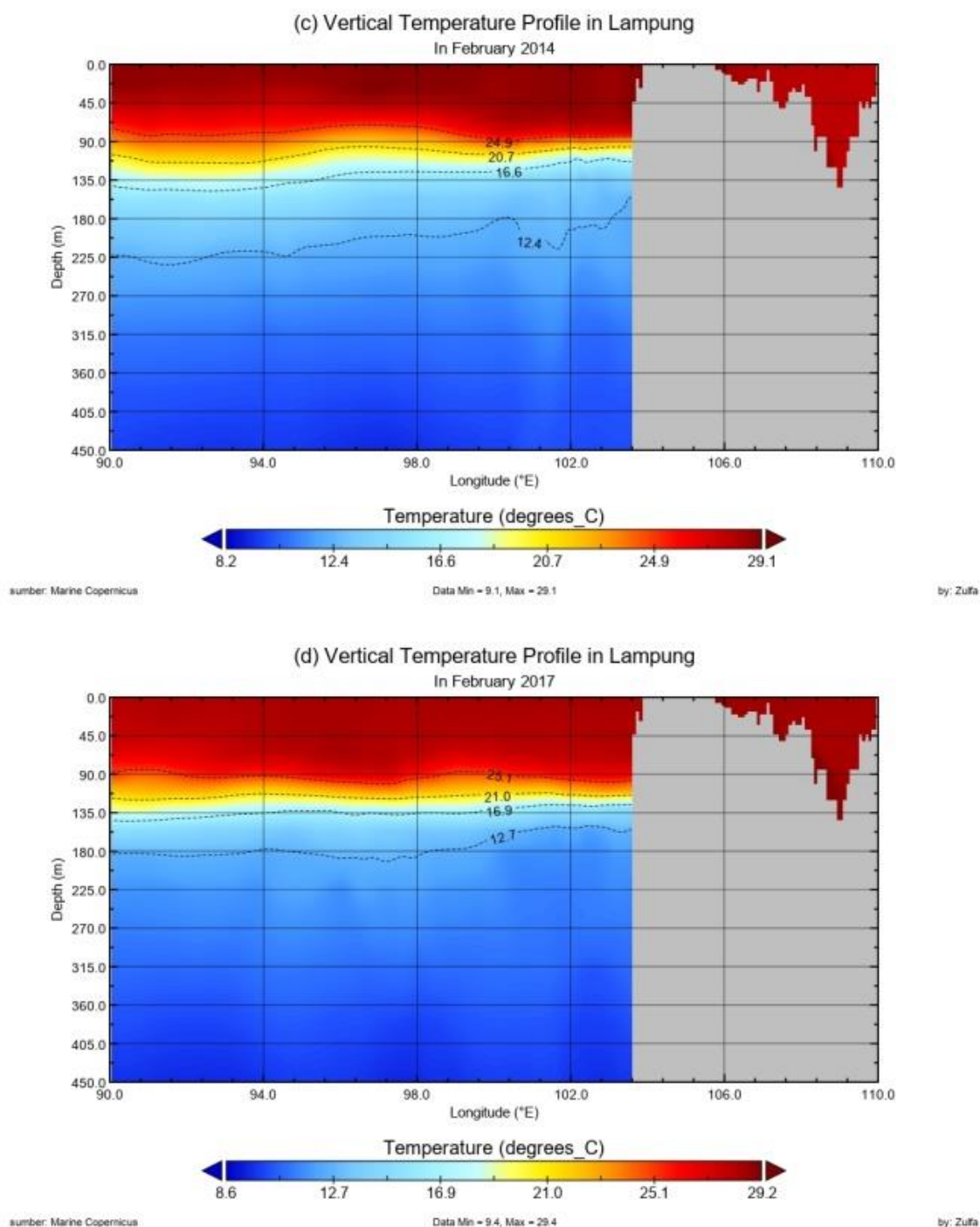


Figure 5. Vertical profile of the lowest temperature in Bengkulu (a and b) and Lampung (c and d) waters in February 2014 and February 2017.

Gambar 5. Profil vertikal temperatur terendah di perairan Bengkulu (a dan b) dan Lampung (c dan d) pada bulan Februari 2014 dan Februari 2017.

Menurut penjelasan Nababan et al. (2022) bahwa adanya arus geostropik yang dapat representasikan dari arah angin yang terjadi, seperti pada musim barat (Desember-Maret) massa air hangat ke arah tenggara yang dibawa oleh arus yang disebut arus geostropik permukaan. Hal ini dibuktikan oleh sebaran angin barat laut yang ditunjukkan oleh **Gambar 6** pada bulan Februari 2014 dan Februari 2017. Sedangkan untuk perairan Aceh ketebalan termoklin mengalami penurunan yang drastis dibandingkan dengan musim Peralihan I dan musim barat, dengan rata-rata kedalaman termoklin sebesar 74,9 m yang terjadi pada musim timur yaitu bulan Agustus tahun 2014 dan 2017 seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Menurut Waas et al. (2023) lemahnya kecepatan angin juga menjadi faktor meningkatnya ketebalan termoklin di permukaan, anomaly angin ini mampu mengaduk perairan sehingga menyebabkan lapisan termoklin yang bervariasi.

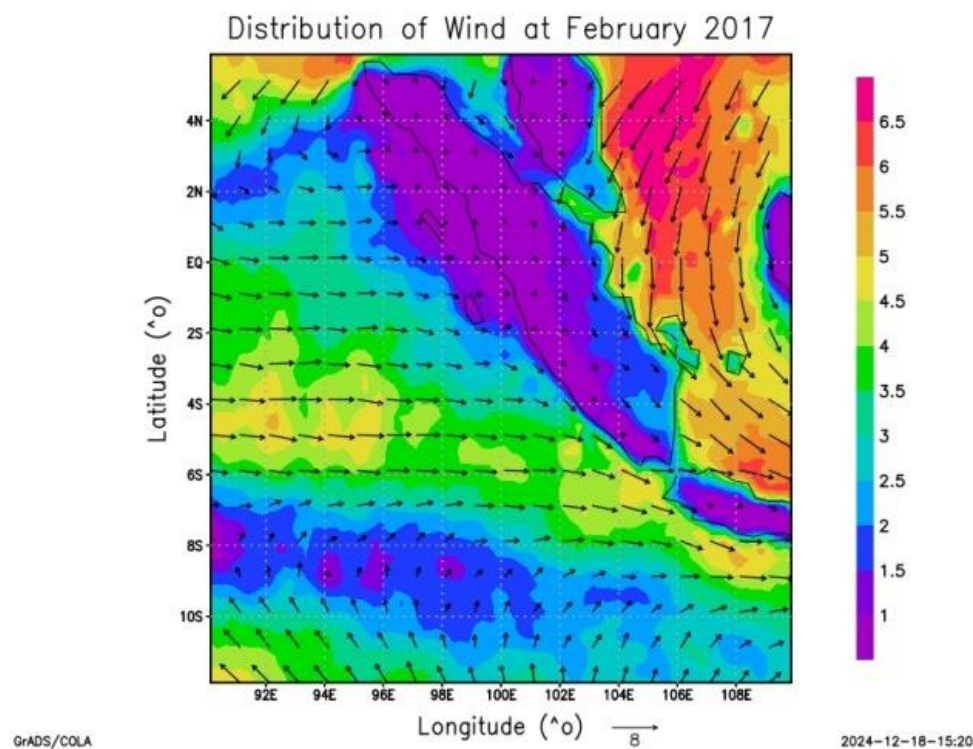
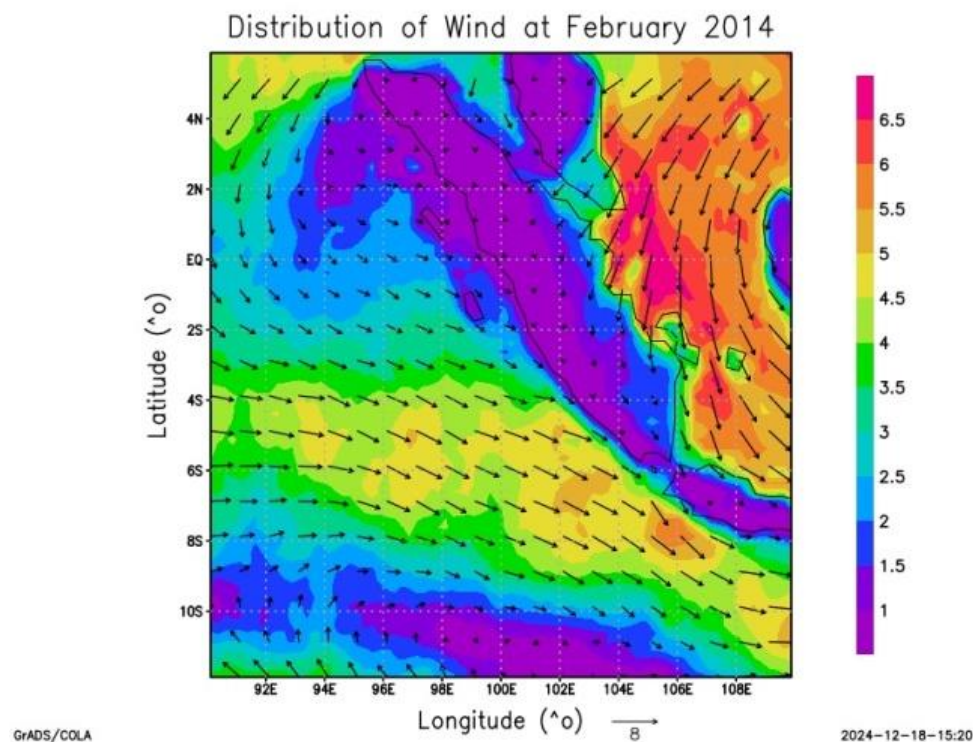


Figure 6. Wind distribution in February 2014 (a) and 2017 (b).

Gambar 6. Distribusi angin pada bulan Februari 2014 (a) dan 2017 (b).

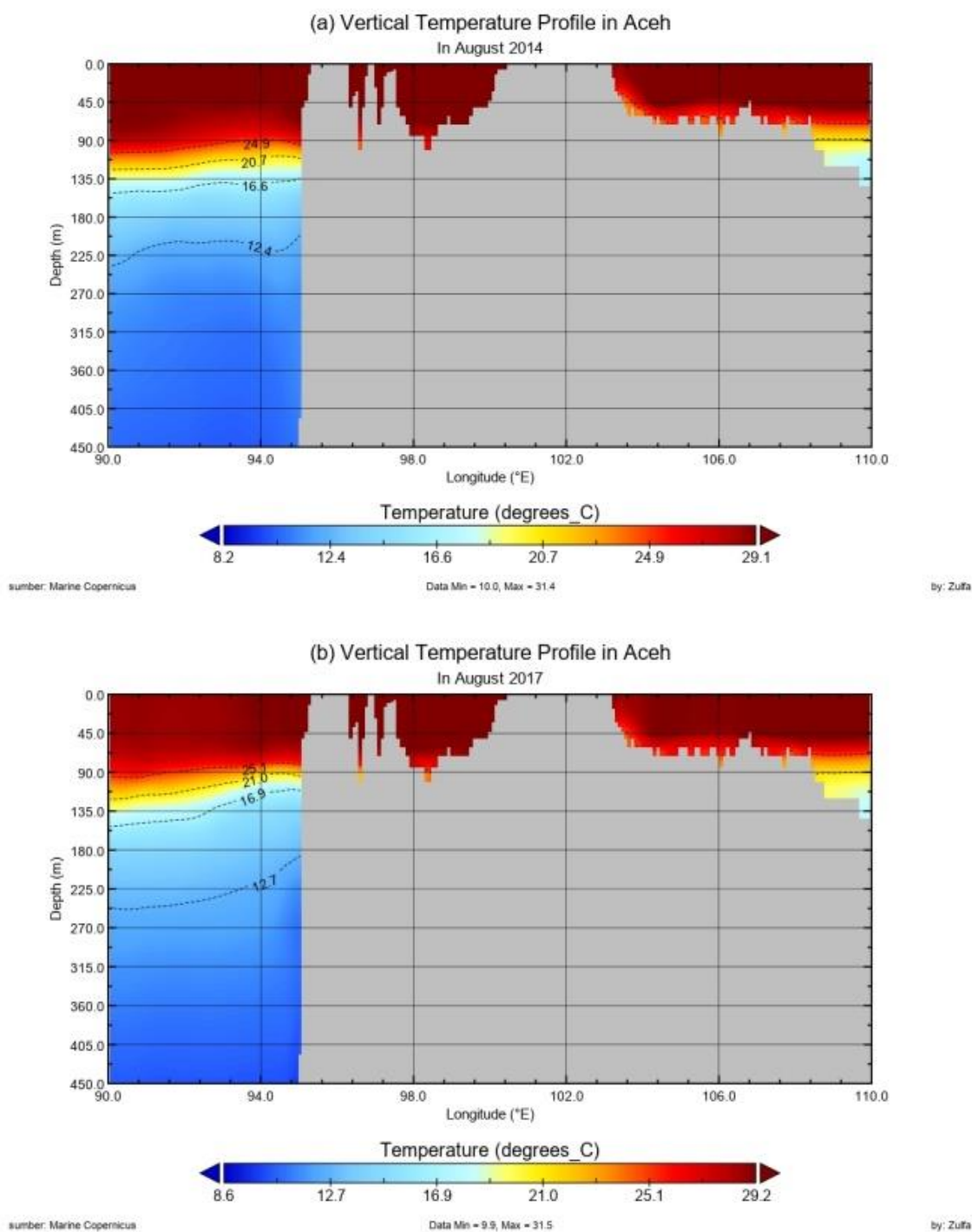


Figure 7. Vertical profile of the lowest temperature in Aceh Waters in august 2014 (a) and august 2017 (b).

Gambar 7. Profil vertikal temperatur terendah di Perairan Aceh pada bulan agustus 2014 (a) dan agustus 2017 (b).

3.1. Grafik Vertikal Ketebalan Lapisan Termoklin

Grafik *time series* menunjukkan sebaran suhu di wilayah perairan barat Sumatra terbagi menjadi tiga lapisan utama yaitu lapisan campuran (*mixed layer*), lapisan termoklin (*thermocline layer*), dan lapisan dalam (*deep layer*). Hasil analisis pada wilayah perairan pantai menunjukkan grafik ketebalan termoklin yang tidak sama pada setiap musimnya. Menurut hasil analisis dari **Gambar 8** ketebalan termoklin tertinggi di perairan pantai pada musim peralihan I (Mei-Juni) yaitu sebesar

130,3 m yaitu di daerah perairan pantai Bengkulu. Sementara itu pada perairan pantai Lampung menunjukkan ketebalan 83,3 m, sedangkan ketebalan termoklin terendah 74,9 m terjadi di daerah perairan Aceh. Menurut penelitian Amri et al. (2013) meningkatnya termoklin di perairan barat Sumatra disebabkan oleh proses *upwelling* yang terjadi secara intensif pada musim timur. Menurut Wisna dan Situmeang (2020) perubahan secara drastis menjadi lebih hangat pada musim Peralihan I dikarenakan adanya pengaruh musim yang dominan menggerakkan arah angin menuju ke arah Selatan dan Tenggara. Sebaliknya, kemunduran lapisan batas bawah termoklin dinilai berkurang drastis akibat tingginya intensitas sinar matahari yang mampu menembus dasar laut.

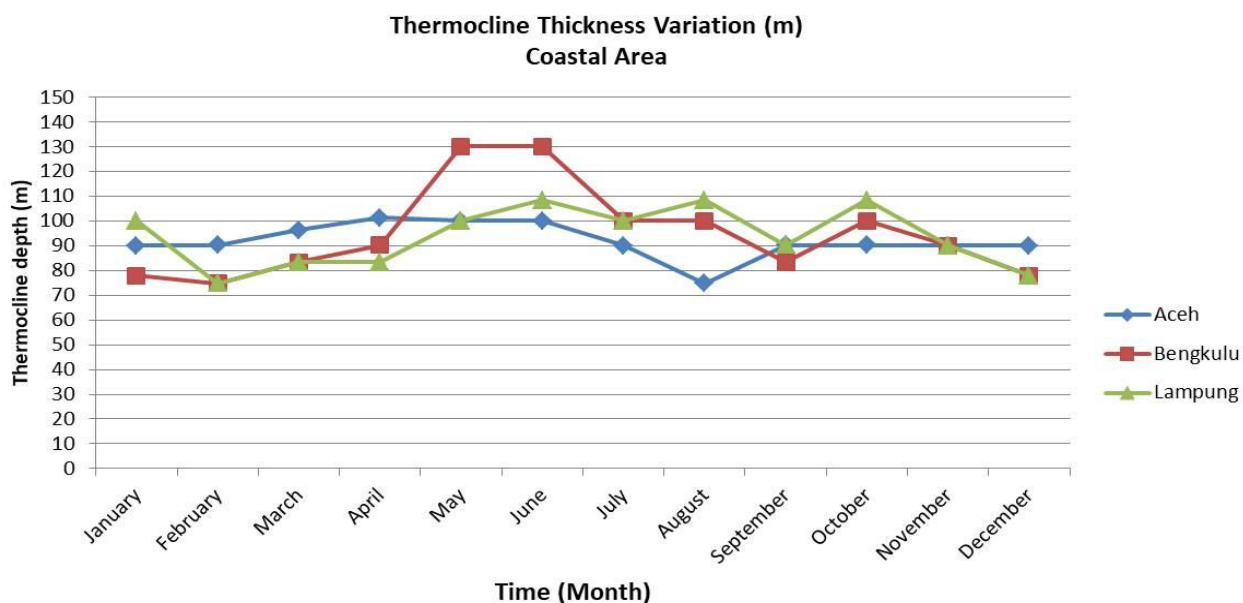


Figure 8. Time Series Graph of the vertical profile of the thermocline thickness in the West Sumatra coastline flow area.

Gambar 8. Grafik Deret Waktu Profil Vertikal Ketebalan Termoklin di Wilayah Aliran Pantai Sumatra Barat.

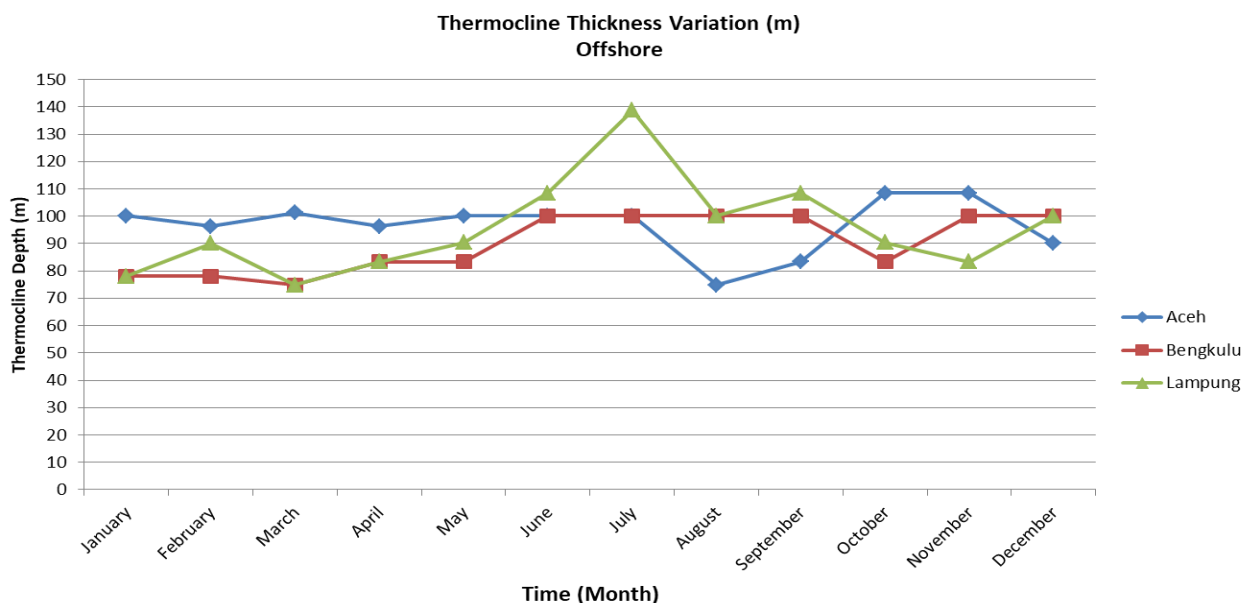


Figure 9. Time Series graph of the vertical profile of thermocline thickness in the offshore area of West Sumatra.

Gambar 9. Grafik Deret Waktu Profil Vertikal Ketebalan Termoklin di Lepas Pantai Sumatra Barat.

Selain itu pada **Gambar 9** menunjukkan variasi ketebalan termoklin pada perairan lepas pantai Lampung yang lebih tebal dibandingkan dengan perairan lepas pantai Aceh dan Bengkulu. Menurut Tubalawony et al. (2023) intensitas cahaya matahari dalam proses fika-kimia yang yang masuk ke air laut menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan ketebalan termoklin menjadi lebih dangkal. Dari pernyataan, dapat disimpulkan bahwa ketika intensitas sinar matahari yang menembus kedalam air meningkat, maka nilai termoklin semakin besar seiring bertambahnya kedalaman. Hasil analisis menunjukkan ketebalan termoklin maksimum yaitu 138,7 m di lepas pantai Lampung pada musim timur (Juli) yang terjadi sepanjang tahun (2010-2019), sedangkan pada wilayah perairan Aceh-Bengkulu ketebalan termoklin tertinggi yaitu 108,5 -100,1 m terjadi pada musim peralihan. Sedangkan ketebalan minimum yaitu 74,9 m terjadi pada musim barat yaitu pada bulan Agustus di perairan lepas pantai Aceh, pada perairan Bengkulu-Lampung menunjukkan ketebalan yaitu 74,9 m di bulan Maret pada kedalaman batas $\geq 0,05^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Hasil analisis yang dilakukan, secara kuantitatif menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap titik wilayah perairan pantai dan lepas pantai yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Maksimum ketebalan termoklin di daerah pantai dan lepas pantai.

Table 1. Maximum thermocline thickness in coastal and offshore areas.

Thermocline Depth (m)	Coastal Area			Offshore		
	Aceh	Bengkulu	Lampung	Aceh	Bengkulu	Lampung
Upper Limit (m)	-65.8	-77.9	-77.9	-65.8	-77.9	-77.9
Lower Limit (m)	-155.9	-186.1	-186.1	-155.9	-155.9	-186.1
Thickness (m)	101.3	130.3	108.5	108.5	100.1	138.7

Information: (m) indicates the depth of the thermocline.

4. Kesimpulan

Variabilitas musiman lapisan termoklin di Perairan Barat Sumatra secara umum dapat diidentifikasi melalui perubahan kedalaman batas atas dan batas bawah termoklin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman termoklin tertinggi terjadi pada musim peralihan I di wilayah pesisir Bengkulu serta pada musim timur di perairan sekitar Lampung. Sementara itu, ketebalan termoklin terendah tercatat pada musim timur di sebagian besar wilayah Perairan Barat Sumatra, yang disebabkan oleh munculnya fenomena upwelling. Upwelling ini dipicu oleh distribusi angin tenggara yang intens dan bervariasi selama musim tersebut. Peningkatan ketebalan termoklin secara signifikan terjadi pada musim peralihan I. Hal ini disebabkan oleh dominasi massa air hangat yang meningkat sebagai akibat dari posisi matahari yang lebih dekat ke wilayah ekuator, sehingga menghasilkan pemanasan permukaan laut yang lebih intens. Selain itu, perbedaan ketebalan termoklin di sepanjang Perairan Barat Sumatra juga dipengaruhi oleh variasi kecepatan angin di setiap wilayah. Variasi ini menyebabkan tingkat pengadukan massa air hangat menjadi tidak merata, sehingga kedalaman termoklin pun berbeda-beda di setiap lokasi.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing Ibu Dr. Lizalidiawati, S.Si., M.Si dan tim yang telah membantu menyelesaikan artikel ini. Artikel ini merupakan bagian dari Riset Pemutakhiran Berbasis Data Fungsi-Oseanografi yang digunakan untuk kepentingan Oseanografi Taktis.

Daftar Pustaka

- Adiwira, H., Purba, N. P., Harahap, S. A., & Syamsuddin, M. L. (2018). Variabilitas suhu laut pada kejadian IOD (Indian Ocean Dipole) di perairan barat Sumatra menggunakan data Argo Float. *Depik*, 7(1), 28–41. <https://doi.org/10.13170/depik.7.1.8089>
- Agustinus, Pranowo, W. S., Nurhidayat, Asmoro, N. W., & Hendra. (2015). Characteristic of temperature and salinity in the Makassar. *Chart Datum*, 8(2), 107–116. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v8i2.144>
- Amri, K., Manurung, D., Gaol, J. L., & Baskoro, M. S. (2013). Karakteristik suhu permukaan laut dan kejadian upwelling fase Indian Ocean Dipole mode positif di barat Sumatra dan selatan Jawa Barat. *Jurnal Segara*, 9(1), 23–35. <https://www.researchgate.net/publication/273887034>
- Bintara, A., Pratikno, S., Pandoe, W. W., & Yusuf, M. F. (2023). Variasi lapisan termoklin di perairan selatan Jawa dan barat Sumatra dan aplikasinya untuk operasi kapal selam. *Chart Datum*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v1i2.105>
- Bureau of Technical Supervision of the P. R. of China. (1992). *The specification for oceanographic survey, oceanographic survey data processing (GB/T 12763.7—91)*.
- Firdaus, R., Purwanto, B., Harsono, G., & Setiyono, H. (2024). Karakteristik massa air lapisan tercampur dan lapisan termoklin di Selat Lombok pada bulan November 2015. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 4(1), 41–50. <https://doi.org/10.62703/jhi.v4i1.30>
- Harvianto, L., Parengkuan, M., Koropitan, A. F., & Agustiadi, T. (2018). Analisis diagram T-S berdasarkan parameter oseanografis di perairan Selat Lombok. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(1). <https://doi.org/10.31219/osf.io/whbqk>
- Hendra, H., Pranowo, W. S., Umam, C., Azhari, F., & Agustinus, A. (2024). Analisa lapisan termoklin musiman di perairan Indonesia (Studi kasus Selat Malaka). *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1), 121–128. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.20780>
- Horhoruw, S. M., Atmadipoera, A. S., Purba, M., & Purwandana, A. (2015). Current structure and spatial variation of Indonesian Throughflow in Makassar Strait under Ewin 2013. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 20(2), 87–100. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.20.2.87-100>
- Juniarti, L., Jumarang, M. I., & Apriansyah. (2017). Analisis kondisi suhu dan salinitas perairan barat Sumatra menggunakan data Argo Float. *Jurnal Physics Communication*, 1(1), 74. <https://doi.org/10.15294/physcomm.v1i1.9005>
- Kunarso, Hadi, S., Ningsih, N. S., & Baskoro, M. S. (2012). Perubahan kedalaman dan ketebalan termoklin pada variasi kejadian ENSO, IOD dan monsun di perairan selatan Jawa hingga Pulau Timor. *Ilmu Kelautan*, 17(2), 87–98. <http://www.esrl.noaa.gov/>
- Nababan, B., Sihombing, E. G. B., & Panjaitan, J. P. (2022). Variabilitas suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di Samudera Hindia bagian timur laut, barat Sumatra. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 143–159. <https://doi.org/10.24319/jtpk.12.143-159>
- Nofiyanti, K., Kunarso, & Tisiana K, A. D. R. (2017). Kajian kedalaman mixed layer dan termoklin kaitannya dengan monsun di perairan selatan Pulau Jawa. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 131–143. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Ramadhanty, F. W., Muslim, M., Kunarso, Rochaddi, B., & Ismunarti, D. H. (2021). Pengaruh fenomena IOD (Indian Ocean Dipole) terhadap sebaran temperatur dan salinitas di perairan barat Sumatra. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1), 89–99. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i1.10494>
- Rachman, G. F., Wirasatriya, A., & Setiyono, H. (2023). Perubahan ketebalan lapisan termoklin akibat variabilitas iklim ENSO dan IOD di perairan Selat Bali. *Indonesian Journal of Oceanography*, 5(1), 57–68. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v5i1.15968>
- Rahmatullah, A., Asmoro, N. W., Azis, M., Pranowo, W. S., & Setiyadi, J. (2024). Karakteristik struktur lapisan termoklin di Laut Andaman dalam 4 monsun selama 1 tahun. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(1), 79–90. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i1.54877>

- Sidabutar, H. C., Rifai, A., & Indrayanti, E. (2014). Kajian lapisan termoklin di perairan utara Jayapura. *Jurnal Oseanografi*, 3(2), 135–141. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose.50275>
- Suhana, M. P., Utama, F. G., Putra, A. P., Zibar, Z., Paputungan, M. S., Erawan, M. T. F., & Kolibongso, D. (2018). Pola dan karakteristik sebaran medan massa, medan tekanan dan arus geostropik perairan selatan Jawa. *Dinamika Maritim*, 6(2), 20–25. <http://ojs.umrah.ac.id/index.php/dinamikamaritim>
- Tubalawony, S., Kalay, D. E., Hukubun, W. G., & Hukubun, R. D. (2023). Distribusi spasial suhu dan salinitas di perairan Selat Haruku. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(1), 13–22. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2023.vol.7.no.1.213>
- Waas, H. J., Tubalawony, S., & Hukubun, R. D. (2023). Kedalaman klorofil maksimum selama musim peralihan II dan implikasinya untuk perikanan tuna di Laut Banda. *Jurnal Laut Pulau: Hasil Penelitian Kelautan*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.30598/jlpvol2iss1pp1-14>
- Wattimena, M. C., Ratuluhain, E. S., & Tubalawony, S. (2023). Karakteristik fisik perairan selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar pada musim transisi II. *Jurnal Laut Pulau: Hasil Penelitian Kelautan*, 2(1), 20–28. <https://doi.org/10.30598/jlpvol2iss1pp20-28>
- Wisha, U. J., & Situmeang, E. T. (2020). Karakteristik arus di perairan Pulau Weh pada musim peralihan 1 dan kaitannya dengan fluktuasi suhu permukaan laut. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2), 166–176. <https://doi.org/10.14710/buloma.v9i2.29543>