

Variabilitas Lapisan Termoklin Berdasarkan Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) Di Perairan Barat Sumatera

Rahel Eni Lastri Malau^a, Asmadin^{a*}, Amadhan Takwir^a

^a Program Studi Oseanografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia

*Corresponding author, email: asmadin@uho.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12 Juli 2023

Received in revised form: 18 September 2023

Accepted: 14 Oktober 2023

Available online: 31 Oktober 2024

Keywords:

West Sumatra

Thermocline

Sea Surface Temperature

Kata Kunci:

Barat Sumatera

Termoklin

Suhu Permukaan Laut

ABSTRACT

This study analyzes the impact of the Indian Ocean Dipole (IOD) phenomenon on the variability of the thermocline layer in the waters off the western coast of Sumatra. The aim of this research is to investigate changes in the thermocline layer and the distribution of sea surface temperature (SST) during both positive and negative IOD phases over a 25-year period (1997–2021). The research employs a descriptive quantitative method. Data processing was performed using PyFerret software to analyze the distribution of SST and the horizontal spread of the thermocline layer. Ocean Data View (ODV) software was used to determine the upper and lower boundaries as well as the thickness of the thermocline. The results indicate that during positive IOD years, the average SST ranges from 28.7°C to 29.3°C, with the upper thermocline boundary at 43.29 m, the lower boundary at 128.82 m, and a thickness of 85.53 m. In contrast, during negative IOD phases, the average SST ranges from 29.2°C to 29.4°C, with the upper thermocline boundary at 60.32 m, the lower boundary at 162.83 m, and a thickness of 102.51 m. The thermocline is deeper during negative IOD phases, with relatively warmer average SSTs compared to positive IOD phases.

A B S T R A K

Penelitian ini menganalisis pengaruh fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap variabilitas lapisan termoklin di Perairan Barat Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan lapisan termoklin dan sebaran suhu permukaan laut berdasarkan fenomena IOD fase positif dan negatif selama rentang tahun 1997 - 2021 (25 tahun). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif. Pengolahan data menggunakan software pyferret untuk mengetahui sebaran suhu permukaan laut (SPL) dan sebaran horizontal lapisan termoklin, software ODV digunakan untuk melihat nilai batas atas, batas bawah, dan ketebalan lapisan termoklin. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai SPL pada tahun IOD positif yakni 28,7°C-29,3°C dan batas atas lapisan termoklin 43,29 m, batas bawah 128,82 m, dan ketebalannya 85,53 m. Pada fase IOD Negatif rata-rata nilai SPL 29,2°C-29,4°C, dengan nilai batas atas lapisan termoklin 60,32 m, batas bawah 162,83 m, untuk nilai ketebalannya 102,51 m. Lapisan termoklin lebih dalam pada fase IOD negatif dengan rata-rata SPL yang relatif hangat dibandingkan pada fase IOD positif.

2024 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Fenomena iklim global merupakan proses perubahan yang terjadi dalam pola iklim di dunia dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Perubahan ini meliputi peningkatan suhu global, peningkatan tingkat lautan, perubahan dalam pola hujan, dan perubahan dalam kecepatan dan arah angin. Fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) termasuk kedalam fenomena iklim global yakni adanya interaksi antar atmosfer dan lautan yang menyebabkan variabilitas iklim antar tahunan di Samudera Hindia dan mempengaruhi iklim di sekitar Samudera Hindia hingga perairan Barat Sumatera, dan fenomena IOD mempengaruhi hingga pada lapisan termoklin (Adiwira, 2018). Perairan Barat Sumatera menjadi perairan yang memiliki potensi yang tinggi

pada sektor perikanan khususnya ikan tuna. Pemanfaatan sektor perikanan pada perairan ini belum cukup maksimal, hal ini dapat disebabkan karena adanya perubahan iklim yang berdampak hingga pada lapisan termoklin, perairan Barat Sumatera merupakan perairan yang terdampak fenomena iklim global, sehingga berakibat pada potensi perikanan khususnya ikan tuna yang tempat hidupnya berada pada lapisan termoklin.

Termoklin merupakan bagian dari lapisan perairan laut yang pada lapisan tersebut terjadi penurunan temperatur yang cepat terhadap kedalaman (Nontji, 1993). Nilai absolut gradien penurunan temperatur vertikal pada lapisan termoklin standar adalah sebesar $\pm 0,05^\circ\text{C}/\text{m}$. (Bureau of technical supervision of the P.R. of China, 1992). Lapisan termoklin berada di antara

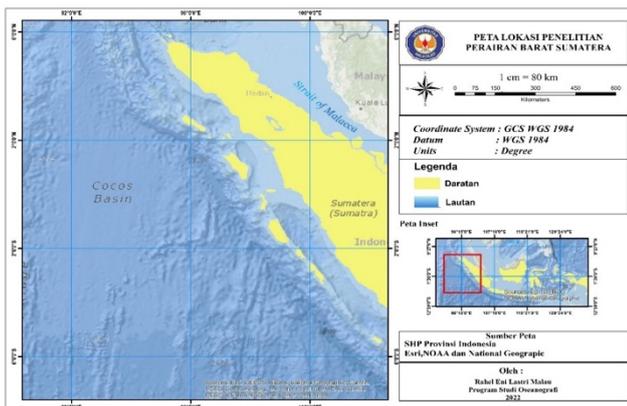
lapisan mix layer dibagian atas dan deep layer pada bagian bawah, pada bagian mix layer perubahan temperatur terhadap kedalaman masih sangat kecil karena masih ada pengaruh dari atmosfer seperti energi matahari yang masuk kedalam wilayah mix layer. Secara umum lapisan termoklin di perairan Indonesia posisinya berada pada kedalaman 50 - 300 m, dengan kisaran suhu 19°C – 26°C (Purba et al., 1992; Teliandi, 2017). Menurut Laevastu dan Hela (1970) bahwa kedalaman termoklin dapat dipergunakan untuk penentuan kedalaman alat tangkap ikan tuna. Tuna merupakan salah satu jenis ikan pelagis yang dalam kelompok ruayanya banyak ditemukan di lapisan termoklin (Soepriyono, 2009).

Penelitian di perairan Barat Sumatera hingga pada saat ini belum ada yang mengkaji mengenai bagaimana pengaruh Indian Ocean Dipole hingga pada lapisan termoklin dalam kurun waktu 25 tahun, sehingga penelitian ini difokuskan kepada variabilitas suhu permukaan laut dan perubahan kedalaman serta ketebalan lapisan termoklin pada tiap tahun fase IOD positif dan negatif di perairan Barat Sumatera.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2022 - Maret 2023. Lokasi penelitian berada di perairan Barat Sumatera – Samudera Hindia Bagian Timur dengan titik koordinat 6°LU -7°LS dan 91°BT - 100°BT (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data suhu permukaan laut (SPL) dan suhu vertikal laut dengan resolusi spasial 0,083° x 0,083° yang bersumber dari Marine Copernicus. Pengolahan data dimulai dengan mengelompokkan tahun fase terjadinya IOD positif dan negatif selama periode 1997 – 2021 menggunakan *software* MS Excel. Pengamatan Indian Ocean Dipole menggunakan nilai Dipole Mode Index (DMI) berdasarkan ketentuan National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Nilai DMI di atas (+0,4) sebagai nilai IOD positif, dan nilai di bawah (- 0,4) sebagai nilai IOD negatif dan nilai IOD (-0,4) hingga (+0,4) menunjukkan kondisi Netral. IOD dikatakan kuat apabila terjadi selama beberapa bulan berturut – turut (Adiwira et al., 2018). Analisis data temperatur secara vertikal maupun horizontal pada tahun kejadian fenomena IOD positif, negatif dan netral dengan format extension .nc di input kedalam Ocean Data View (ODV) untuk diekspor dalam bentuk *tab delimited*, data tersebut dibuka menggunakan MS Excel yang kemudian dicari nilai gradien temperatur secara vertikal dan kedalaman termoklin.

Gradien temperatur dihitung berdasarkan persamaan 1 (Song et al., 2007; Kunarso et al., 2012).

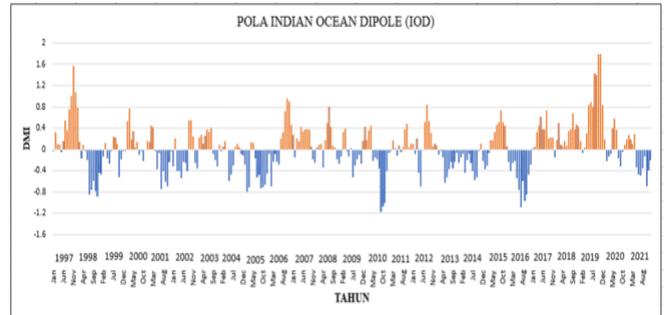
$$[GJ=] _ (DJ_1-DJ_2)^{(TJ_1-TJ_2)} \dots 1$$

Keterangan :

Gj : Nilai perubahan temperatur secara vertikal terhadap kedalaman

Tj : Temperatur perairan pada kedalaman Dj

Dj : Kedalaman perairan pada kedalaman Dj



Gambar 2. Grafik Indeks DMI

3. Hasil dan Pembahasan

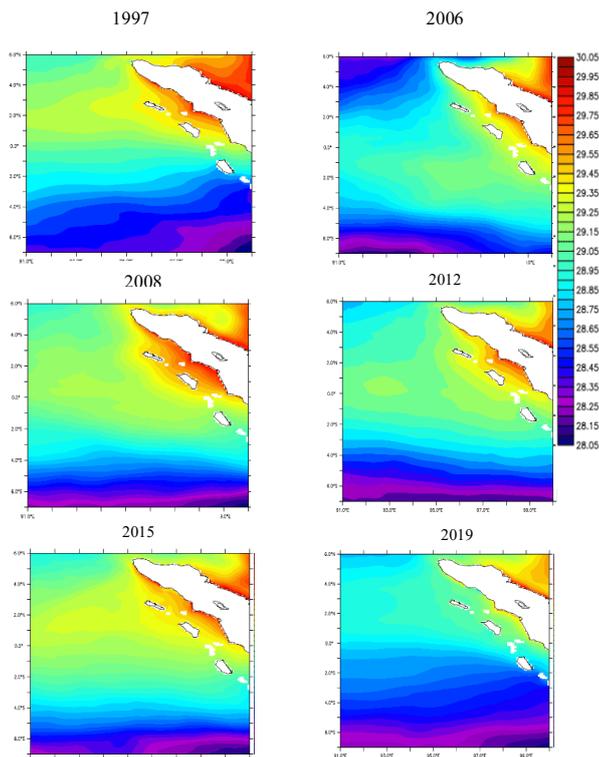
3.1 Pengamatan Fenomena IOD

Pengamatan fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) dilakukan dengan pemantauan menggunakan indeks Dipole Mode Index (DMI) dari tahun 1997 - 2021 di perairan barat Sumatera (Gambar 2). Gambar 2 menunjukkan garis berwarna merah menunjukkan fase IOD positif yang dimulai tahun 1997, 2006, 2008, 2012, 2015 dan 2019 dan garis berwarna biru menunjukkan fase IOD Negatif yang dimulai tahun 1998, 2002, 2005, 2010, 2014, 2016.

3.2 Rata-Rata Sebaran SPL Tiap Tahun Fase IOD Positif

Rata-rata nilai SPL pada tahun kejadian IOD positif tahun 1997 yakni 29,25°C - 29,45°C diikuti pada tahun 2006 rata-rata nilai SPL yakni 28,9°C-29,3°C, untuk rata-rata SPL tahun 2008 yakni 29,3°C-29,5°C, pada tahun 2012 rata-rata nilai SPL yakni 29,3°C-29,0°C, dan untuk tahun 2015 nilai rata-rata SPL berada pada 28,7°C-29,4°C, dan fase terakhir IOD pada tahun 2019 rata-rata nilai SPL 28,6°C-28,9°C. Pada fase IOD positif, tekanan rendah terbentuk di wilayah barat Samudra Hindia, sedangkan tekanan tinggi terbentuk di wilayah timur Samudra Hindia (Juniarti, 2017). Hal ini menyebabkan angin di wilayah timur Samudra Hindia menjadi lebih kencang, angin dari arah timur berasosiasi dengan Ekman pumping yang mengangkat massa air dingin dan termoklin ke permukaan di sepanjang perairan Sumatera hingga perairan Jawa akibat *upwelling*. SPL yang bersuhu rendah memperkuat tiupan angin dari timur sehingga *upwelling* semakin kuat. Sebaliknya, di wilayah barat Samudra Hindia, angin cenderung lebih lemah sehingga memungkinkan air laut permukaan yang relatif hangat dari kedalaman laut yang lebih dalam untuk naik ke permukaan (Adiwira, 2018; Puteri, 2021).

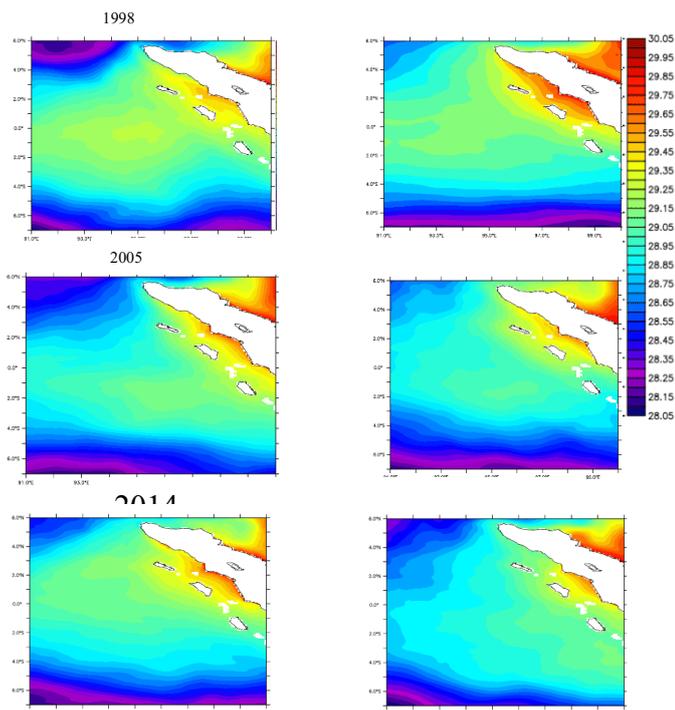
Meningkatnya nilai SPL pada fase IOD negatif dapat diakibatkan karena adanya perbedaan pola angin dan arus di wilayah perairan tersebut. Pada saat IOD negatif, angin pasat barat yang biasanya bertiup di sekitar Indonesia dan Australia barat laut melemah, sehingga memungkinkan air laut yang lebih hangat untuk mengalir ke wilayah perairan Indonesia (Juniarti, 2017). Lapisan termoklin pada fase IOD positif menunjukkan bahwa posisinya lebih dangkal dibandingkan fase IOD netralnya (Gambar 5). Hal tersebut terjadi karena pada saat fase kejadian IOD positif nilai suhu menurun yang diakibatkan oleh lapisan mixed layer bagian permukaan yang bersuhu lebih hangat bergeser ke arah barat Samudra Hindia sehingga menghasilkan mixed layer dengan suhu yang lebih rendah di Samudra Hindia Timur. Hal tersebut menyebabkan hilangnya massa air hangat dari perairan Samudra Hindia Timur karena terdorong arus menuju ke perairan Samudra Hindia Barat.



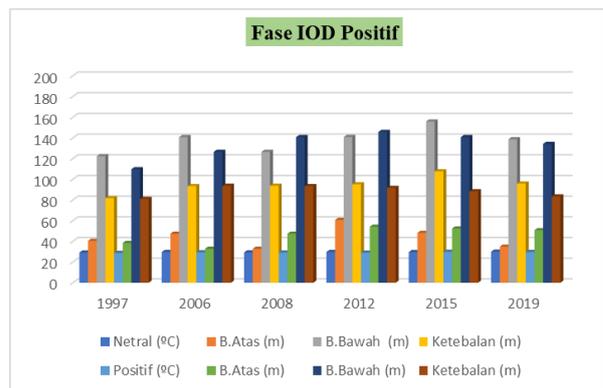
Gambar 3. Rata-Rata Sebaran SPL Tiap Tahun

3.3. Rata-Rata Sebaran SPL Tiap Tahun Fase IOD Negatif

Rata-rata nilai SPL pada tahun kejadian IOD negatif di perairan Barat Sumatera yakni dimulai pada tahun 1998 yang memiliki rata-rata nilai SPL 29,3°C-29,5°C, tahun 2002 rata-rata nilai SPL yakni 29,35°C-30°C, tahun 2005 rata-rata nilai SPL yakni 29,05°C-29,5°C, tahun 2010 rata-rata nilai SPL yakni 29°C – 29,45°C, tahun 2014 rata-rata nilai SPL yakni 29,1°C - 29,5°C dan untuk tahun terakhir fase IOD negatif yakni pada tahun 2016 rata-rata nilai SPL berada pada 28,95°C-29,4°C

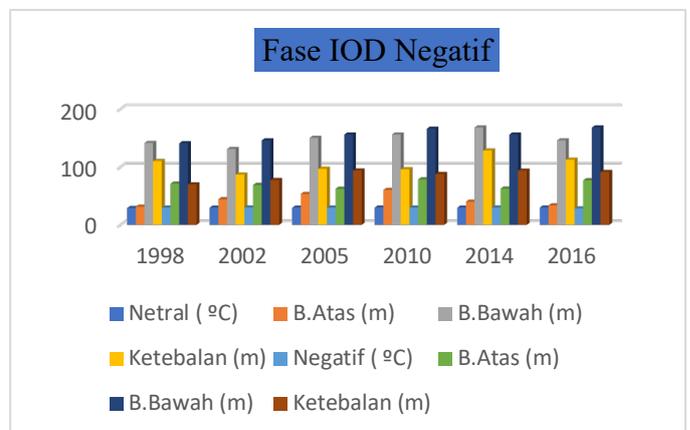


Gambar 4. Rata-Rata SPL Tiap Tahun Fase IOD Negatif



Gambar 5. Perubahan Lapisan Termoklin Fase IOD Positif

Pada fase IOD negatif lapisan termoklin jauh lebih dalam dibandingkan pada fase netral (Gambar 6). Hal ini terjadi karena saat IOD negatif terjadi, ketika suhu permukaan laut di sebelah barat Samudra Hindia menjadi lebih dingin dari biasanya, sedangkan suhu di sebelah timur menjadi lebih hangat. Suhu permukaan laut yang lebih hangat di sebelah timur Samudra Hindia pada saat IOD negatif disebabkan oleh adanya penumpukan air hangat di permukaan laut, yang disebabkan oleh arus pasang surut, angin dan perbedaan tekanan di wilayah perairan tersebut. Amri (2013) mendapati bahwa pada saat IOD negatif, arus samudra di sebelah timur Samudra Hindia cenderung menjadi lebih kuat, mengakibatkan terjadinya pencampuran air laut dan mengakibatkan lapisan termoklin menjadi lebih dalam saat fase IOD negatif terjadi.



Gambar 6. Perubahan Lapisan Termoklin Fase IOD Negatif

Penelitian ini menggunakan data hasil citra satelit, maka untuk melengkapi hasil penelitian yang telah dilakukan perlu diketahui bagaimana kondisi lapisan termoklin dan suhu permukaan laut (SPL) dengan pengamatan secara *in situ*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Juniarti *et al.* (2017) dan Adiwira *et al.* (2018) yang menggunakan data ARGO Float ini umumnya menunjukkan nilai yang sedikit berbeda dibandingkan hasil citra satelit dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, nilai rata – rata klimatologi lapisan termoklin berkisar antara 43 m – 160 m, dan klimatologi SPL berkisar antara 28°C-29,7°C, sehingga hanya terdapat selisih yang cukup kecil antara hasil penelitian ini dan penelitian sebelumnya yang dilakukan secara *in situ*. panjang dan jangkauan wilayah yang jauh lebih luas dibandingkan dengan data pengamatan secara *in situ*.

Kesimpulan

1. Variabilitas nilai rata-rata Suhu Permukaan Laut (SPL) yang terjadi pada fase Indian Ocean Dipole (IOD) periode 1997-2021 bahwa pada fase IOD positif nilai Suhu Permukaan Laut (SPL) memiliki rata-rata yang lebih rendah dari fase IOD netral dan fase negatif. Pada fase IOD negatif nilai rata-rata Suhu Permukaan Laut (SPL) lebih tinggi dibandingkan pada fase IOD netral dan fase positifnya.
2. Nilai kedalaman lapisan termoklin saat fase IOD positif menunjukkan bahwa batas atas dan batas bawah lapisan termoklin lebih dangkal dari fase IOD netral dan fase negatif, dan untuk ketebalan lapisan termoklin saat fase IOD positif lebih tipis dibandingkan fase netralnya. Nilai kedalaman lapisan termoklin pada saat fase IOD negatif menunjukkan bahwa batas atas dan batas bawah lapisan termoklin lebih dalam dibandingkan saat fase IOD netral dan fase positif, dan untuk ketebalan lapisan termoklin saat fase IOD negatif lebih tipis dibandingkan fase netralnya.

Daftar Pustaka

- Adiwira, H., Noir, P. Purba., Syawaludin, A., Harahap, Mega, L., & Syamsuddin. (2018). Variabilitas Suhu Laut Pada Kejadian IOD (Indian Ocean Dipole) di Perairan Barat Sumatera Menggunakan Data Argo Float, *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, dan Pesisir Perikanan*, 7(1): 28–4.
- Juniarti, L., Jumarang, M. I., & Apriansyah, A. (2017) Analisis kondisi suhu dan salinitas perairan barat Sumatera menggunakan data Argo Float. *Physics Communication*, 1(1): 74-84.
- Kunarjo. (2005). Karakteristik *Upwelling* di Sepanjang Perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatera. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 10(1): 17-23.
- Kunarjo, K., Hadi, S., Ningsih, N. S., & Baskoro MS. (2012). Variabilitas suhu dan klorofil-a di daerah *upwelling* pada variasi kejadian ENSO dan IOD di perairan selatan Jawa sampai Timor. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(3): 171-180.
- Lubis, M, Z., Anurogo, W., Kausarian, H., Surya, G., & Choanji T. (2017). Sea Surface Temperature and Wind Velocity In Batam Waters its Relation To Indian Ocean Dipole (IOD), *Journal Of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 2(4): 255-263.
- Ramadhan, F., Kunarjo, K., Wirasatriya, A., Maslukah, L., & Handoyo G. (2021). Perbedaan Kedalaman dan Ketebalan Lapisan Termoklin pada Variabilitas ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(2): 214-223.
- Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran, P. N., & Yamagata, T. (1999). A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, 401(6751): 360-363.