

Pengaruh ENSO Terhadap Kejadian *Upwelling* di Perairan Kota Bengkulu (Studi Kasus : El Nino 2023)

Angeli Silaban¹⁾, Septi Johan²⁾, Lizalidiawati^{3*)}

^{1,2,3)}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author: lizalidiawati@unib.ac.id

ABSTRAK

Salah satu wilayah yang mengalami dampak fenomena ENSO adalah Perairan Kota Bengkulu. Kejadian El Nino 2023 termasuk kategori kuat sehingga perlu diketahui pengaruhnya terhadap *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu. Tujuan penelitian ini yaitu mengkaji pengaruh El Nino 2023 terhadap kejadian *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu. Data yang digunakan berasal dari *Marine Copernicus* dan NOAA berupa rata-rata bulanan selama 2 tahun (2022-2024). Metode dalam penelitian ini adalah deskriptif dan kuantitatif. Metode deskriptif menggambarkan sebaran 2D Suhu Permukaan Laut (SPL), Tinggi Permukaan Laut (TPL), dan Klorofil-a ketika terjadi El Nino 2023. Secara kuantitatif, nilai SPL, TPL, dan Klorofil-a dianalisis sesuai periode kejadian El Nino tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa El Nino kuat 2023 menyebabkan penurunan suhu permukaan laut yang signifikan, yaitu 26.9°C pada September 2023. Penurunan suhu permukaan laut disebabkan terjadinya *upwelling* di perairan Kota Bengkulu yang terjadi karena adanya muson Tenggara bersamaan dengan kejadian El Nino kuat dengan ONI sebesar 1.8°C. Kejadian *upwelling* ditunjukkan juga dengan TPL yang lebih rendah pada Oktober 2023 sebesar 0.2 m. Peningkatan konsentrasi Klorofil-a terjadi pada Oktober 2023 sebesar 16.2 mg m⁻³ yang didahului suhu permukaan laut turun pada September 2023. Puncak El Nino 2023 pada bulan Oktober 2023 memperkuat kejadian *upwelling* tahun tersebut.

Kata kunci: ENSO; Klorofil-a; Suhu Permukaan Laut; Tinggi Permukaan Laut; *Upwelling*

The Effect of ENSO on Upwelling Events in Bengkulu City Waters (Case Study: El Nino 2023)

ABSTRACT

One of the areas affected by the ENSO phenomenon is the waters of Kota Bengkulu. The 2023 El Nino event was categorized as strong, making it essential to understand its impact on upwelling in the waters of Kota Bengkulu. The objective of this study is to examine the influence of the 2023 El Nino on the upwelling phenomenon in the waters of Kota Bengkulu. The data used in this study were obtained from Marine Copernicus and NOAA, consisting of monthly averages over a two-year period (2022–2024). The research method applied is descriptive and quantitative. The descriptive method illustrates the 2D distribution of Sea Surface Temperature (SST), Sea Surface Height (SSH), and Chlorophyll-a during the 2023 El Nino event. Meanwhile, the quantitative method analyzes the values of SST, SSH, and Chlorophyll-a corresponding to the period of the El Nino event. The results indicate that the strong El Nino of 2023 caused a significant decrease in sea surface temperature, reaching 26.9°C in September 2023. This decline in SST was attributed to upwelling in the waters of Kota Bengkulu, driven by the Southeast Monsoon coinciding with the strong El Nino event, which had an ONI value of 1.8°C. The occurrence of upwelling was also indicated by a lower SSH in October 2023, recorded at 0.2 m. Additionally, Chlorophyll-a concentration

increased in October 2023, reaching 16.2 mg m^{-3} , following the decrease in SST in September 2023. The peak of the 2023 El Nino in October further intensified the upwelling event that year.

Keywords: chlorophyll-a; ENSO; sea surface height; sea surface temperature; upwelling

(Article History: Received 25-01-2025; Accepted 23-04-2025; Published 23-04-2025)

PENDAHULUAN

Wilayah Kota Bengkulu merupakan wilayah administrasi yang memiliki kecamatan dengan ekosistem pesisir yang luas dan berbatasan langsung dengan laut (Wijaya & Anggoro, 2023). Provinsi Bengkulu merupakan provinsi yang terletak di Pulau Sumatra dan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di sisi barat (Simamora *et al.*, 2022). Massa air dengan suhu permukaan laut Bengkulu rata-rata tahunan berkisar antara 27°C dan 28°C , dengan fluktuasi kecil, karena perairan laut tropis mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Mengacu pada data BMKG, dalam beberapa bulan di tahun 2023, kemarau panjang dan ekstrem terjadi di seluruh Indonesia, musim kemarau ini termasuk salah satu penyimpangan iklim disebut sebagai El Nino. El Nino akan mempengaruhi peningkatan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik, yang kemudian menyebabkan pola cuaca yang tidak stabil (Meilisa Sitompul *et al.*, 2023).

Upwelling adalah pergerakan massa air ke atas permukaan laut yang banyak membawa unsur hara dan memiliki tingkat kesuburan primer yang tinggi (Mustikasari *et al.*, 2015). Fenomena *upwelling* ditandai dengan adanya nilai Klorofil-a yang tinggi dan SPL yang rendah (Nurafifah *et al.*, 2022). *Upwelling* yang terjadi di perairan Kota Bengkulu menyebabkan nutrien yang berada di lapisan bawah naik ke permukaan dan memicu pertumbuhan fitoplankton. Daerah *upwelling* merupakan lokasi yang kaya akan pakan ikan, karena pada lokasi tersebut memiliki kandungan plankton yang tinggi, dimana plankton merupakan makanan ikan-ikan berukuran kecil. Peristiwa *upwelling* ini juga dipengaruhi oleh El Nino, karena mengacu pada data BMKG tahun 2023 wilayah Indonesia mengalami fenomena El Nino terjadi dari Mei dan berakhir pada Oktober, di bulan yang sama dengan terjadinya *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu. El Nino merupakan fenomena suhu pada permukaan laut pada Samudra Pasifik di daerah khatulistiwa mengalami kenaikan dari keadaan normal. Pemanasan suhu muka laut di Samudra Pasifik akan meningkatkan pertumbuhan awan di Samudra Pasifik namun mengakibatkan penurunan curah hujan di Indonesia. El Nino dapat menyebabkan kondisi kering di Indonesia sebagai dampaknya.

Fenomena El Nino dan La Nina ditandai dengan perubahan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik. Fenomena El Nino ditandai dengan peningkatan SPL lebih dari $0,5^{\circ}\text{C}$ di atas suhu normalnya. Di Indonesia, fenomena berdampak pada perpanjangan musim kemarau, penurunan intensitas curah hujan serta frekuensi hari hujan, dan peningkatan suhu udara. Pemantauan intensitas El Nino dan La Nina dilakukan menggunakan *Oceanic Nino Index* (ONI) yang dikelola oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Yuniasih *et al.*, 2023).

El Nino yang aktif di wilayah Indonesia akan menyebabkan penurunan ketinggian muka air laut akibat perpindahan massa air di perairan Indonesia ke setiap sisi Samudra Hindia Barat dan Samudra Pasifik Timur (Yustiana *et al.*, 2023). Dalam ekosistem darat, ini menghasilkan peningkatan kekeringan dan penurunan produksi buah oleh pohon-pohon di

hutan setempat. Selama tahun-tahun El Nino, efek khas *upwelling* berkurang atau ditekan, karena angin berkurang dan termoklin samudra semakin dalam (Camargo-Cely & Collin, 2019).

Upwelling merupakan proses yang terjadi di perairan laut dimana terdapat divergensi ekman dan pengaruh angin (Anjas Swara *et al.*, 2021). Wilayah yang paling banyak terjadi *upwelling* adalah di wilayah pesisir ataupun di sepanjang ekuator. Terutama di daerah Indonesia, ada beberapa tempat timbulnya *upwelling*, namun yang cukup kuat adalah di wilayah selatan perairan Sumatra (Wahid, 2020). Perubahan suhu muka air laut juga dapat mengubah ekosistem perairan, juga mempengaruhi spesies flora, fauna dan mikroba yang ada di suatu perairan (Dan *et al.*, 2023).

Klorofil-a adalah pigmen hijau yang berperan pada proses fotosintesis yang terdapat pada organisme autotrof seperti fitoplankton. Biasanya konsentrasi Klorofil-a lebih tinggi di perairan pantai karena tingginya suplai nutrien dari daratan melalui limpasan air sungai. Sebaliknya di perairan lepas pantai cenderung lebih rendah, meskipun beberapa area di laut masih ditemukan konsentrasi Klorofil-a tinggi. Hal ini disebabkan adanya interaksi antar aliran air tawar dan laut (pasang surut). Proses pasang dan surut di perairan berpotensi mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi Klorofil-a dan nutrien (Aryawati *et al.*, 2024)..

Berdasarkan fenomena El Nino pada Tahun 2023 yang berdampak signifikan terhadap kondisi oseanografi di Indonesia termasuk Perairan Kota Bengkulu, dimana Kota Bengkulu berbatasan langsung dengan Samudra Hindia yang dikenal sebagai salah satu wilayah yang rentan terhadap dampak El Nino dan *upwelling*, maka dibutuhkan penelitian untuk mengkaji pengaruh El Nino pada tahun 2023 terhadap kejadian *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu. Tujuan penelitian ini yaitu mengkaji pengaruh El Nino 2023 terhadap kejadian *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu.

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Lokasi penelitian berada di daerah perairan Kota Bengkulu. Data yang digunakan adalah data *Suhu Permukaan Laut*(SPL), *Tinggi Permukaan Laut*(TPL) yang diambil dari situs [Copernicus Marine MyOcean Viewer](#) dan *Klorofil-a* dari situs [NASA Ocean Color](#) selama 2 tahun (2022-2024). Data ONI sebagai indikator kejadian El Nino di peroleh dari situs [Climate Variability: Oceanic Niño Index | NOAA Climate.gov](#) berupa rata-rata 3 bulanan. Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Software Panoply*, dan *Software ArcGis*.

Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan mengumpulkan data yang digunakan berupa Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Tinggi Permukaan Laut (TPL) rata-rata bulanan selama 2 tahun (2022-2024). Data Klorofil-a berupa data rata-rata bulanan selama 2 tahun. Data SPL dan TPL diolah menggunakan *Software Panoply* untuk melihat pola sebaran dari lepas pantai hingga pantai dan penampang lintang. Sedangkan, data Klorofil-a diolah dengan *software Panoply* untuk menggambarkan sebaran 2 Dimensi (2D). *Software ArcGis* digunakan untuk menggambar kotak penanda pada sebaran 2 Dimensi (2D).

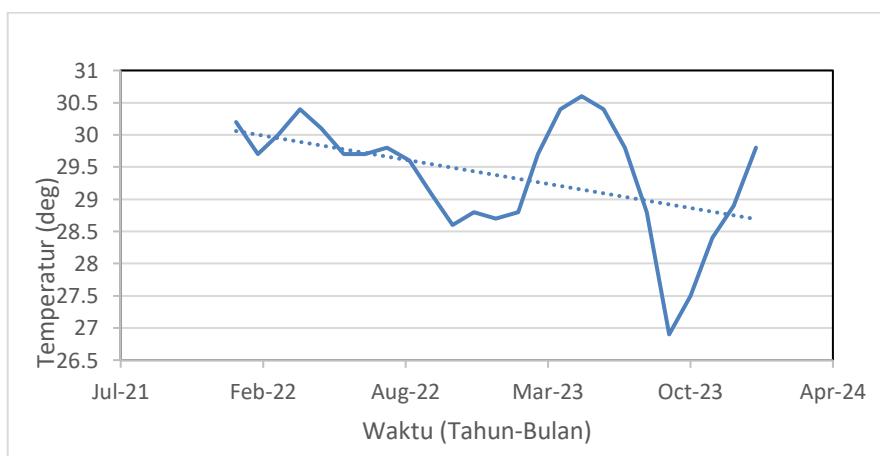
Peta sebaran yang telah diperoleh akan dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Metode deskriptif yang dimaksud pada penelitian ini yaitu untuk menganalisis sebaran Suhu

Permukaan Laut (SPL), Tinggi Permukaan Laut (TPL), dan Klorofil-a ketika terjadi El Nino pada tahun 2023. Secara kuantitatif, nilai SPL, TPL, dan Klorofil-a dianalisis berupa angka-angka besaran setiap parameter tersebut. Hasil parameter ini dibandingkan dengan sebaran ketika tidak terjadi El Nino untuk mengetahui pengaruh El Nino terhadap kejadian *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

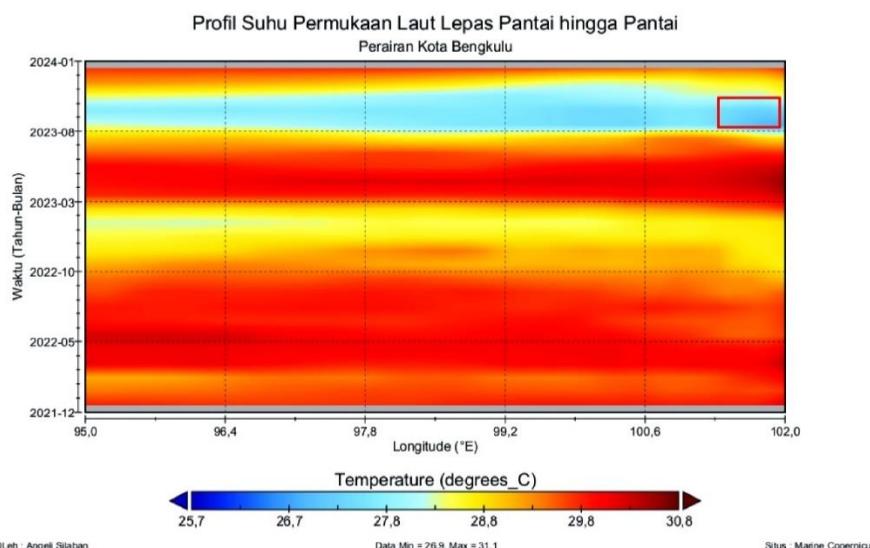
Suhu Permukaan Laut

Suhu permukaan laut di Perairan Kota Bengkulu selama dua tahun (2022-2024) ditinjau dari *trendline* pada Gambar 1 mengalami penurunan. Dimana, suhu permukaan laut maksimum terjadi selama bulan Mei 2023 dengan rata-rata suhu bulanan pada 30,6°C sedangkan, rata-rata minimum terjadi pada September 2023 dengan rata-rata suhu 26,9°C. Rata-rata suhu permukaan laut bulanan dari tahun 2022 hingga 2024 adalah 29,37°C. Suhu permukaan laut di Perairan Kota Bengkulu mengalami peningkatan pada bulan April tahun 2022 dengan nilai sebesar 30,4°C. Hal ini dipengaruhi oleh posisi matahari dan adanya penjalaran Gelombang Kelvin setiap musim peralihan I dan II sebagaimana yang ditunjukkan dalam penelitian oleh (Syamsudin *et al.*, 2004). Kemudian suhu permukaan laut mengalami penurunan pada bulan November tahun 2022 dengan nilai SPL sebesar 28,6°C, tetapi tidak terlalu signifikan karena dipengaruhi oleh angin muson transisi yang arahnya tidak beraturan dan juga adanya Gelombang Kelvin pada musim peralihan II sebagaimana yang juga telah dijelaskan dalam penelitian (Syamsudin *et al.*, 2004). Menurut Syamsudin dan Kaneko, 2004 penjalaran Gelombang Kelvin pada musim peralihan I dan II membawa massa air hangat dari Samudra Hindia bagian Barat. Akibatnya mempengaruhi suhu di wilayah yang mengalami penjalaran. Penelitian oleh (Wirasatriya *et al.*, 2018) mendukung bahwasanya suhu permukaan laut memiliki hubungan negatif yang kuat dengan kecepatan angin. Ketika kecepatan angin meningkat, terjadi percampuran massa air yang mengangkat air dengan suhu yang lebih rendah ke permukaan, sehingga menyebabkan penurunan suhu permukaan laut di daerah tersebut.



Gambar 1. Grafik Time Series variabilitas temporal SPL bulanan di Perairan Kota Bengkulu selama dua tahun (2022-2024).

Pada tahun 2022, Perairan Kota Bengkulu mengalami penurunan suhu permukaan laut, berdasarkan nilai Indeks ONI pada Tabel 1, Indonesia yang dalam fase La Nina lemah dengan kualifikasi Indeks ONI rata-rata tahunan sebesar $-0,94^{\circ}\text{C}$. Penurunan suhu permukaan laut menjadi penyebab terbesar, karena fase La Nina akan menyebabkan curah hujan diatas rata-rata normal yang akan menurunkan suhu permukaan laut. Hal ini dapat ditegaskan pula dari Gambar 2 sebagai sebaran suhu permukaan laut dari lepas pantai hingga pantai, dimana warna dominan kuning berkisar pada suhu sebesar 28.9°C . Kemudian pada Januari hingga Februari 2023, Perairan Kota Bengkulu mengalami fase angin muson barat laut, dimana suhu permukaan laut masih dalam keadaan dingin atau rendah, namun pada Maret hingga Mei 2023 suhu mulai mengalami peningkatan yang signifikan yakni dengan nilai $30,6^{\circ}\text{C}$. Ini merupakan suhu terpanas pada dua tahun tersebut (2022-2023), suhu sebesar $30,6^{\circ}\text{C}$ pada Mei 2023 dipengaruhi oleh posisi matahari dan massa air hangat yang dibawa oleh penjalaran Gelombang Kelvin. Selain itu, Indonesia dalam fase El Nino kuat, ditinjau dari Tabel 1 dengan kualifikasi nilai Indeks ONI rata-rata tahunan sebesar $0,83^{\circ}\text{C}$.



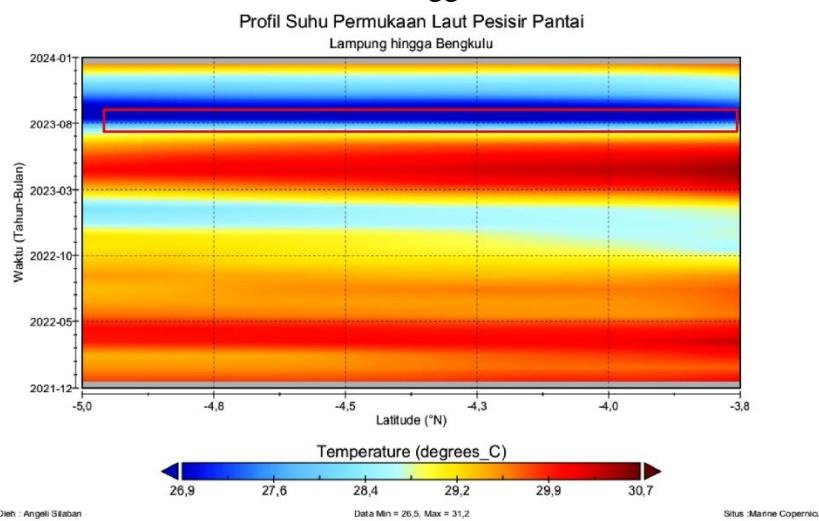
Gambar 2. Profil Suhu Permukaan Laut (SPL) dari lepas pantai hingga pantai di Perairan Kota Bengkulu selama dua tahun (2022-2024)

Berdasarkan sebaran suhu permukaan laut pada awal hingga pertengahan tahun 2023 dari lepas pantai menuju pantai, suhu di daerah mendekati pantai lebih panas dibandingkan dengan daerah lepas pantai, sebagaimana ditunjukkan oleh warna merah pada Gambar 2. Selanjutnya, sebaran suhu permukaan laut dari daerah Lampung hingga Bengkulu terlihat lebih panas di daerah Bengkulu dibandingkan daerah lainnya (Gambar 3).

Selama Mei hingga September, suhu permukaan laut di Perairan Kota Bengkulu mulai mengalami penurunan yang signifikan sebesar $3,7^{\circ}\text{C}$ yaitu suhu permukaan laut pada bulan Mei sebesar $30,6^{\circ}\text{C}$ menjadi $26,9^{\circ}\text{C}$ pada bulan September. Hal ini disebabkan karena Perairan Kota Bengkulu mengalami fenomena *upwelling*. Penurunan suhu permukaan laut di daerah *upwelling* Perairan Kota Bengkulu disebabkan makin menguatnya kejadian El Nino kuat dengan ONI pada bulan September sebesar $1,8^{\circ}\text{C}$.

Pada muson tenggara, terjadi penguatan intensitas angin Muson Tenggara yang menyebabkan transport massa air ke arah lepas pantai sehingga tinggi muka laut di daerah

pantai akan mengalami penurunan. Gambar 2 menunjukkan bagaimana *upwelling* yang terjadi dari daerah lepas pantai hingga ke pantai di Perairan Kota Bengkulu yang ditandai dengan warna dominan biru, dimana suhu permukaan laut rendah yakni berkisar pada 26,9°C, pada Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa *upwelling* paling besar terjadi di daerah pantai ditandai dengan warna biru sedikit tua yang ditunjukkan pada kotak berwarna merah. Gambar 3 menunjukkan bahwa daerah Bengkulu mengalami fenomena *upwelling* dengan warna biru yang diberi tanda kotak berwarna merah, dimana pada bulan Juni-September Suhu Permukaan Laut berkisar antara 26°C hingga 27,8°C.



Gambar 3. Profil Suhu Permukaan Laut (SPL) di sepanjang pesisir pantai dari Lampung hingga Bengkulu selama dua tahun (2022-2024).

Tabel 1. Ocean Indeks Nino

	2022	2023	2024
DJF	-1	-0,7	1,8
JFM	-0,9	-0,4	1,5
FMA	-1	-0,1	1,1
MAM	-1,1	0,2	0,7
AMJ	-1	0,5	0,4
MJJ	-0,9	0,8	0,2
JJA	-0,8	1,1	0,1
JAS	-0,9	1,3	
ASO	-1	1,6	
SON	-1	1,8	
OND	-0,9	1,9	
NDJ	-0,8	2	
Rata-rata	0,94	0,83	0,82

Tinggi Permukaan Laut

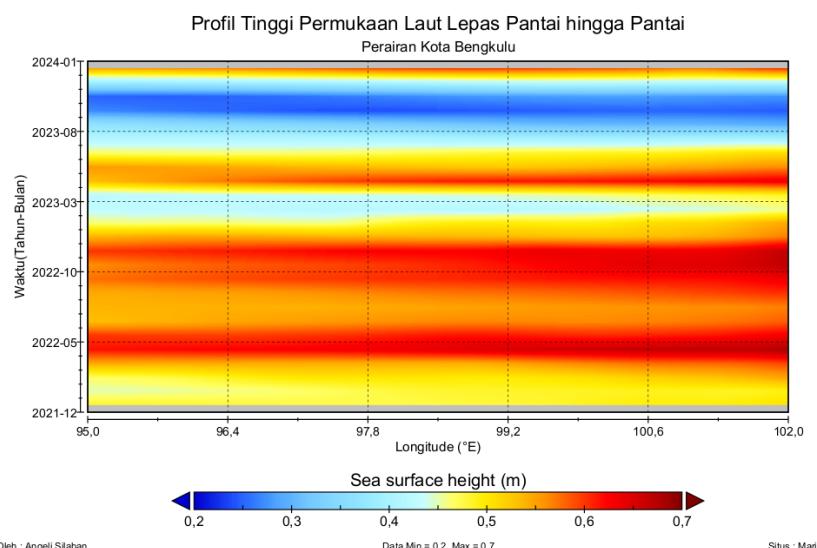
Gambar 4 ini merupakan grafik yang menggambarkan variasi tinggi permukaan laut di sepanjang garis bujur dari 95° BT hingga 102° BT menunjukkan skala warna ketinggian permukaan laut di Perairan Kota Bengkulu, dengan rentang data dari 0,2 meter (m) dengan pita berwarna biru hingga 0,7 m berwarna merah tua. Warna biru menunjukkan ketinggian

permukaan laut yang lebih rendah, sedangkan warna merah menunjukkan ketinggian yang lebih tinggi. Pada awal tahun 2022 di bulan Januari hingga Maret terlihat bahwa warna kuning mendominasi dimana ketinggian berkisar pada 0,5 m, namun di bulan April 2022 hingga Januari 2023 ketinggian permukaan laut mengalami kenaikan dimana dominasi warna merah tua terlihat, menunjukkan tinggi permukaan laut di sekitar 0,6 - 0,7 m, tinggi permukaan laut mengalami kenaikan sekitar 0,1 - 0,2 m dari tahun sebelumnya.

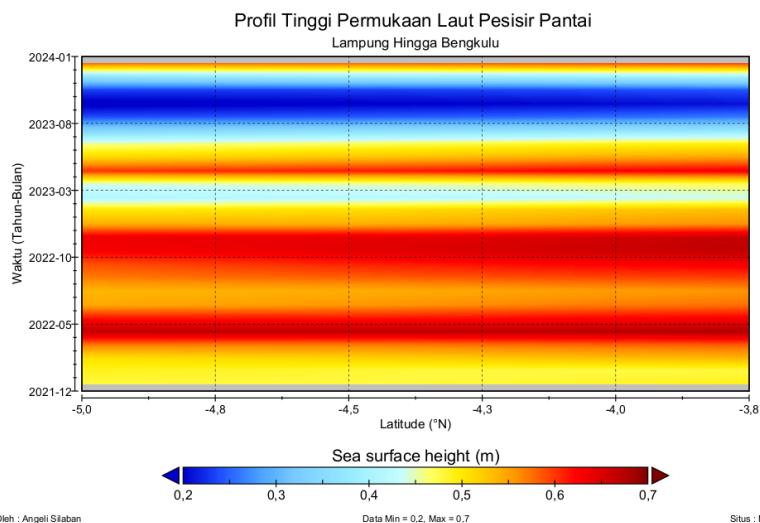
Tinggi Permukaan laut mengalami penurunan dari Juni hingga akhir Desember. Penurunan ini terlihat pada gambar, dimana warna mulai berubah menjadi biru muda pada Juli-September dan biru tua pada Oktober-November. Pada periode Oktober-November tinggi permukaan laut tercatat sekitar 0,2 m, mengalami penurunan signifikan sekitar 0,3 - 0,4 m. Fenomena ini disebabkan oleh fase El Nino kuat, yang mengakibatkan tinggi permukaan laut di Perairan kota Bengkulu cenderung lebih rendah dan mendorong peningkatan *upwelling*.

Gambar 5 menyajikan profil Tinggi Permukaan Laut sepanjang pesisir Lampung hingga Bengkulu dalam rentang waktu 2 tahun (2022-2024) yang menunjukkan distribusi Tinggi Permukaan Laut dengan spektrum warna yang merepresentasikan tinggi rendahnya permukaan laut, dengan biru (rendah) dan merah (tinggi). Pada Mei hingga Oktober 2022, di daerah Lampung hingga Bengkulu Tinggi Permukaan Laut cenderung lebih tinggi (merah) berkisar 0,5 – 0,7 m. Pada 2022 tidak terdeteksi adanya *upwelling* yang terjadi dimana terjadi juga penurunan Suhu Permukaan Laut pada waktu tersebut, namun Tinggi Permukaan Laut mengalami peningkatan dan penurunan konsentrasi klorofil-a.

Pada Juli hingga Desember 2023, Tinggi Permukaan Laut di wilayah Lampung hingga Bengkulu mengalami penurunan yang direpresentasikan oleh warna biru (rendah) berkisar 0,2 – 0,4 m. Pada tahun 2023 terjadi *upwelling* secara merata di wilayah Lampung hingga Bengkulu ditandai dengan adanya proses penurunan Suhu Permukaan Laut, penurunan Tinggi Permukaan Laut dan meningkatnya konsentrasi dari klorofil-a.



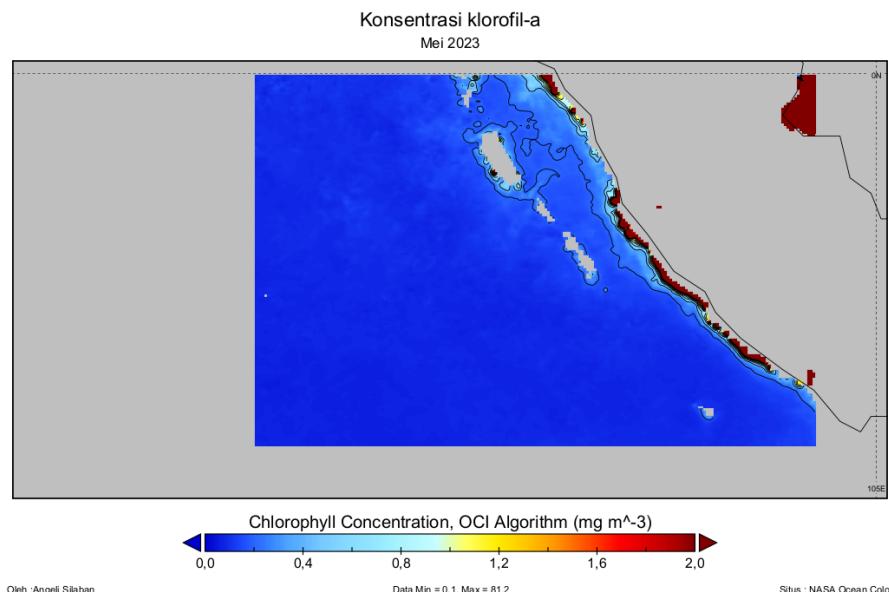
Gambar 4. Profil Tinggi Permukaan Laut (TPL) dari lepas pantai hingga pantai di Perairan Kota Bengkulu selama dua tahun (2022-2024).



Gambar 5. Profil Tinggi Permukaan Laut (TPL) di sepanjang pesisir pantai dari Lampung hingga Bengkulu selama dua tahun (2022-2024).

Klorofil-a

Gambar 6 dan 7 menunjukkan distribusi klorofil-a di perairan Kota Bengkulu. Dalam kedua gambar tersebut, variasi spektrum warna merepresentasikan konsentrasi klorofil-a, warna kuning atau merah menunjukkan konsentrasi tinggi, sedangkan warna biru menunjukkan konsentrasi rendah.

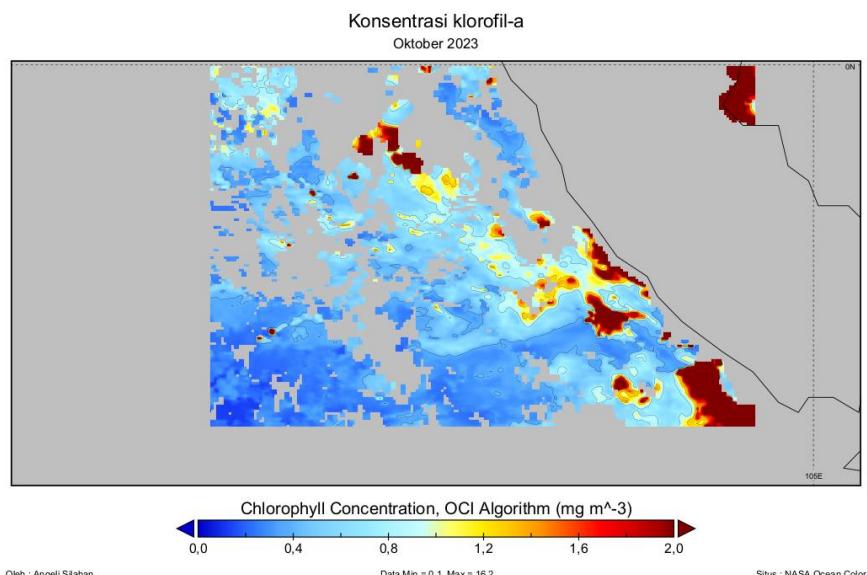


Gambar 6. Sebaran Klorofil-a pada bulan Mei 2023

Gambar 6 merupakan distribusi klorofil-a pada Mei 2023, pada gambar tersebut warna biru mendominasi perairan yang menandakan konsentrasi klorofil-a rendah dengan nilai minimum 0.1 mg m^{-3} . Konsentrasi yang lebih tinggi hanya ditemukan di sekitar pantai dalam jumlah terbatas. Kondisi ini terjadi karena pada Mei 2023, suhu permukaan laut di Perairan Kota Bengkulu meningkat hingga 30.6°C . Peningkatan suhu permukaan laut akan berdampak terhadap terbentuknya konsentrasi klorofil-a.

Di wilayah pantai dan pesisir terlihat spektrum warna hijau, kuning dan merah yang menadakan peningkatan konsentrasi Klorofil-a. Konsentrasi Klorofil-a di perairan pantai dan pesisir cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perairan lepas pantai, yang memiliki konsentrasi Klorofil-a lebih rendah (Kurniawati *et al.*, 2015), hal ini dipengaruhi oleh faktor geografis, kedalaman perairan, perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrien yang teradapat di dalamnya. Sebaran Klorofil-a dalam perairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrien. Di permukaan laut, konsentrasi nutrien biasanya lebih rendah dan fluktuatif namun akan meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman serta mencapai puncaknya di dekat dasar perairan (Iskandar *et al.*, 2022; Lavigne *et al.*, 2015; Safruddin *et al.*, 2014).

Gambar 7 merupakan sebaran Klorofil-a pada Oktober, warna merah mendominasi wilayah pantai yang menggambarkan bahwa konsentrasi klorofil-a di Perairan kota Bengkulu masuk dalam kategori tinggi dan menyebar dengan konsentrasi maksimum $16,2 \text{ mg m}^{-3}$, dimana pada bulan Oktober suhu permukaan laut rendah yakni $27,5^\circ\text{C}$ dan terjadi juga *upwelling* di Perairan Kota Bengkulu. Konsentrasi klorofil-a cenderung meningkat di daerah *upwelling*, karena selama *upwelling*, terjadi pergerakan massa air dari lapisan dalam yang membawa nutrien ke permukaan laut (Hendiarti *et al.*, 2004). Proses *upwelling* ini meningkatkan konsentrasi nutrien yang akan mempercepat proses produktivitas primer dan menghasilkan konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi.



Gambar 7. Sebaran Klorofil-a pada bulan Oktober 2023

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis selama periode El Nino kuat tahun 2023 terjadi penurunan suhu permukaan laut yang signifikan, yakni mencapai suhu 26.9°C pada bulan September. Penurunan suhu permukaan laut ini akibat terjadinya proses *upwelling* di daerah Perairan Kota Bengkulu yang terjadi karena adanya muson Tenggara bersamaan dengan kejadian El Nino kuat dengan ONI sebesar 1.8°C . Proses *upwelling* ditunjukkan juga dengan Tinggi Permukaan Laut yang lebih rendah pada bulan Oktober 0.2 m . Namun menariknya, peningkatan konsentrasi Klorofil-a terjadi pada Oktober 2023 meskipun suhu permukaan

laut turun pada bulan Septemebr 2023. Hal ini karena pertumbuhan fitoplankton membutuhkan waktu sejak mulai naiknya air dingin ke permukaan hingga berkembangnya konsentrasi Klorofil-a. Konsentrasi Klorofil-a maksimum terjadi pada bulan Oktober di Perairan pantai Kota Bengkulu sebesar 16.2 mg m^{-3} . Tindak lanjut dari hasil penelitian ini mencakup pemantauan jangka panjang pada Suhu Permukaan Laut, Tinggi Permukaan Laut, Klorofil-A, *upwelling* dan El Nino, serta menjadi edukasi bagi masyarakat mengenai pola oseanografi untuk mendukung peningkatan perairan bagi sektor perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjas Swara, I.G.M., Astawa Karang, I.W.G. & Indrawan, G.S. (2021). Analisis Pola Sebaran Area Upwelling di Selatan Indonesia Menggunakan Citra Modis Level 2. *Journal of Marine Research and Technology*, 4(1), 56. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2021.v04.i01.p09>
- Aryawati, R., Diansyah, G., Melki, M., Ulqodry, T. Z., Isnaini, I. & Surbakti, H. (2024). Konsentrasi Klorofil-a di Muara Upang Sumatera Selatan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(3), 285–291. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i3.24295>
- Camargo-Cely, A., & Collin, R. (2019). Combined effects of temperature, salinity, and diet simulating upwelling and nonupwelling seasons alter life-history characteristics of a tropical invertebrate. *Ecology and Evolution*, 9(24), 14368–14378. <https://doi.org/10.1002/ece3.5873>
- Hendiarti, N., Siegel, H. & Ohde, T. (2004). Investigation of different processes in Indonesian waters using SeaWiFS data. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2003.10.003>
- Iskandar, I., Sari, Q.W., Wahyudi, A.J., Afdal & Mardiansyah, W. (2022). Vertical Chlorophyll-a Concentration Profiles Observed on The Western Coast of Northern Sumatera During the 2017 Northeast Monsoon. *Science and Technology Indonesia*, 7(1), 36–40. <https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.36-40>
- Kurniawati, F., Sanjoto, T.B. & Juhadi. (2015). Estimation of small pelagic fish potential zones in Java Sea Waters in the west and east season using aqua modis imagery. *Geo-Image*, 4(2), 9–19.
- Lavigne, H., D'Ortenzio, F., Ribera D'Alcalà, M., Claustre, H., Sauzède, R. & Gacic, M. (2015). On the vertical distribution of the chlorophyll a concentration in the Mediterranean Sea: A basin-scale and seasonal approach. *Biogeosciences*, 12(16), 5021–5039. <https://doi.org/10.5194/bg-12-5021-2015>
- Meilisa Sitompul, Wira Citra, F. & Silaban, N. (2023). Pengaruh Iklim di Provinsi Bengkulu (Keunikan dan Dampaknya). *Jurnal Georafflesia*, 8(2), 180–184. <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia>
- Mustikasari, E., Dewi, L.C., Heriati, A. & Pranowo, W.S. (2015). Pemodelan Pola Arus Barotropik Musiman 3 Dimensi (3D) Untuk Mensimulasikan Fenomena Upwelling di Perairan Indonesia. *Jurnal Segara*, 11(1). <https://doi.org/10.15578/segara.v11i1.9081>
- Nurafifah, U. O., Zainuri, M. & Wirasatriya, A. (2022). Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pada Periode Upwelling di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3), 74–85. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.14971>

- Safruddin, Zainuddin, M. & Rani, C. (2014). Predicting potential fishing zones of large pelagic fish in Mamuju Regency Waters. *Jurnal IPTEKS PSP*, 1(2), 185–195.
- Simamora, E.S., Amarrohman, F.J., & Wijaya, A.P. (2022). Penetapan Batas Pengelolaan Wilayah Laut Provinsi Bengkulu. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 05(01), 30–36. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/elipsoida/article/view/16683>
- Syamsudin, F., Kaneko, A. & Haidvogel, D.B. (2004). Numerical and observational estimates of Indian Ocean Kelvin wave intrusion into Lombok Strait. *Geophysical Research Letters*, 31(24), 1–4. <https://doi.org/10.1029/2004GL021227>
- Wahid, M. A. (2020). Kajian Fenomenan Upwelling di Perairan Sumatera Bagian Selatan Serta Mengidentifikasi Pengaruhnya Terhadap Wilayah Aceh [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Banda Aceh.
- Wijaya, A., & Anggoro, A. (2023). Pemetaan Kesesuaian Zonasi Kawasan Konservasi Perairan Daerah Kota Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Kelautan Dan Perikanan*, 1(1 SE-Articles), 237–242. <https://semnas.bpfp-unib.com/index.php/semnaskel/article/view/128>
- Wirasatriya, A., Nugroho Sugianto, D., Helmi, M., Marwoto, J., & Maslukah, L. (2018). Effect of ENSO and IOD on the Variability of Sea Surface Temperature (SST) in Java Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012007>
- Yuniasih, B., Harahap, W.N. & Wardana, D.A.S. (2023). Anomali Iklim El Nino dan La Nina di Indonesia pada 2013-2022. *AGROISTA : Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 136–143. <https://doi.org/10.55180/agi.v6i2.332>
- Yustiana, M., Zainuri, M., Sugianto, D.N., Batubara, M.P.N. & Hidayat, A.M. (2023). Dampak Variabilitas Iklim Inter-Annual (El Niño, La Niña) Terhadap Curah Hujan dan Anomali Tinggi Muka Laut di Pantai Utara Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 109–124. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.48377>