

## Analisis Pengaruh ENSO Terhadap Variabilitas Konsentrasi Klorofil-A di Perairan Selat Bali

### *Analysis of ENSO Influence on Chlorophyll-a Concentration Variability in the Bali Strait Waters*

Rahma Nurhasna Safetya Hidayat, Ahmad Abdel Nazarudin, Galuh Praka Siwi, Komang Putri Aryani, Anggi Safira, Muhamad Gilang Arindra Putra\*

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

\*Korespondensi : muhamad.gilang@fp.unila.ac.id

#### Abstrak

*El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* merupakan penggerak utama variabilitas oseanografi di wilayah tropis, termasuk Selat Bali. Penelitian ini menganalisis pengaruh ENSO terhadap variabilitas Suhu Permukaan Laut (SPL) dan klorofil-a dengan membandingkan fase *El Niño Super* (2015) dan *Triple-Dip La Niña* (2022). Data bersumber dari *Copernicus Marine Service* menggunakan parameter *Global Ocean OSTLA SST* dan *Global Ocean Surface Chlorophyll* beresolusi spasial  $0,041^\circ$  dengan resolusi temporal bulanan. Analisis spasial dan temporal menggunakan *Ocean Data View (ODV)* versi 4.6.5. menunjukkan bahwa fase *El Niño* 2015 memicu anomali SPL dingin ( $26^\circ\text{C}$ – $27,5^\circ\text{C}$ ) dan kenaikan klorofil-a ( $1,0$ – $1,5 \text{ mg/m}^3$ ), yang mengindikasikan penguatan mekanisme *upwelling*. Sebaliknya, fase *La Niña* 2022 didominasi SPL hangat ( $30^\circ\text{C}$ – $31^\circ\text{C}$ ) dan klorofil-a rendah ( $<0,5 \text{ mg/m}^3$ ) akibat hambatan *upwelling* dan akumulasi massa air hangat di Pasifik Barat. Perbedaan kuantitatif yang signifikan ini menegaskan sensitivitas produktivitas primer Selat Bali terhadap fase ekstrem ENSO, yang menjadi parameter penting dalam manajemen sumber daya perikanan regional.

**Kata Kunci:** Selat Bali, ENSO, SPL, Klorofil-a, Copernicus, *Upwelling*.

#### Abstract

*The El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* is the primary driver of oceanographic variability in tropical regions, including the Bali Strait. This study analyzes the influence of ENSO on Sea Surface Temperature (SST) and chlorophyll-a variability by comparing the Super El Niño phase (2015) and the Triple-Dip La Niña phase (2022). Data were sourced from the Copernicus Marine Service using the Global Ocean OSTLA SST and Global Ocean Surface Chlorophyll parameters with a spatial resolution of  $0.041^\circ$  and a monthly temporal resolution. Spatial and temporal analysis using Ocean Data View (ODV) version 4.6.5 showed that the 2015 El Niño phase triggered cold SST anomalies ( $26^\circ\text{C}$ – $27.5^\circ\text{C}$ ) and an increase in chlorophyll-a ( $1.0$ – $1.5 \text{ mg/m}^3$ ), indicating an intensification of upwelling mechanisms. Conversely, the 2022 La Niña phase was dominated by warm SPL ( $30^\circ\text{C}$ – $31^\circ\text{C}$ ) and low chlorophyll-a ( $<0.5 \text{ mg/m}^3$ ) due to upwelling inhibition and the accumulation of warm water masses in the Western Pacific. These significant quantitative differences underscore the sensitivity of primary productivity in the Bali Strait to extreme ENSO phases, which is a critical parameter in regional fisheries resource management.

**Keywords:** Bali Strait, ENSO, SPL, Chlorophyll-a, Copernicus, *Upwelling*.

#### PENDAHULUAN

Wilayah Tropis Indo-Pasifik mencakup Samudera Hindia dan Samudera Pasifik yang terletak pada rentang lintang  $20^\circ\text{LS}$  hingga  $20^\circ\text{LU}$  (Putra *et al.*, 2020). Di antara bagian timur dan barat samudera ini, terjadi interaksi laut-atmosfer yang dinamis melalui sirkulasi Walker. Siklus ini berlangsung dalam skala waktu antar tahunan dan rentan mengalami gangguan anomali, salah satunya adalah *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)*. Anomali ENSO ditandai oleh fluktuasi Suhu Permukaan Laut (SPL) di sepanjang wilayah ekuator Samudera Pasifik (Trenberth *et al.*, 2019), yang mencakup fase hangat (*El Niño*), fase dingin (*La Niña*), dan kondisi netral (Seprianto *et al.*, 2016).

Sebagai bentuk variabilitas iklim global, ENSO memiliki peran krusial dalam memodulasi kondisi oseanografi di wilayah perairan Indonesia melalui perubahan pola angin dan massa air.

Distribusi klorofil-a pada perairan Selat Bali pengaruh ENSO sangat terkait dengan mekanisme *upwelling*. Selama ini, banyak penelitian telah mengonfirmasi bahwa fenomena iklim global memengaruhi produktivitas primer sebagai indikator aktivitas fitoplankton (Rachman *et al.*, 2025). Secara umum, El Niño diketahui memperkuat angin muson timur (April–September) di selatan Jawa hingga Laut Sawu, yang memicu puncak *upwelling* yang intens (Rakhmaputri, 2010), sementara La Niña cenderung melemahkan intensitasnya. Namun, sebagian besar studi terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Ratnawati *et al.* (2016), masih berfokus pada wilayah makro seperti Laut Banda atau Pesisir Selatan Jawa secara umum. Hal ini menyebabkan pemahaman mengenai dinamika oseanografi lokal di Selat Bali yang memiliki karakteristik topografi dan sirkulasi massa air yang spesifik menjadi kurang tajam dan seringkali hanya dianggap sebagai generalisasi dari fenomena di Samudra Hindia bagian timur.

Permasalahan tersebut belum dianalisis mendalam dengan membandingkan dampak dua kondisi ENSO ekstrem yang berbeda karakter dalam satu dekade terakhir di Selat Bali, yaitu El Niño Super tahun 2015 dan fenomena *Triple-Dip La Niña* periode 2020–2023. Meskipun literatur umum menyatakan La Niña melemahkan *upwelling*, dampak kumulatif dari La Niña yang terjadi tiga tahun berturut-turut (*triple-dip*) terhadap retensi panas dan penekanan produktivitas primer di Selat Bali belum terpetakan secara kuantitatif maupun spasial. Ketidaktahuan mengenai seberapa besar deviasi klorofil-a saat menghadapi dua ekstremitas ini menjadi hambatan dalam memprediksi ketahanan ekosistem perairan Selat Bali terhadap perubahan iklim di masa depan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah literatur tersebut dengan memberikan kontribusi spesifik berupa analisis perbandingan distribusi klorofil-a secara temporal dan spasial di Selat Bali pada tahun 2015 dan 2022. Dengan memposisikan Selat Bali sebagai fokus utama, penelitian ini tidak hanya mengulang studi regional, tetapi menjawab masalah ilmiah mengenai sejauh mana magnitudo ENSO terutama *Triple-Dip La Niña* mampu mengubah profil kesuburan perairan di wilayah yang secara historis merupakan area *upwelling* produktif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan baru dalam manajemen sumber daya perikanan pelagis di Selat Bali yang sangat bergantung pada variabilitas klorofil-a yang dikontrol oleh ENSO.

## METODE

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah perairan Selat Bali, yang secara geografis merupakan perairan sempit yang memisahkan Pulau Jawa dan Pulau Bali. Analisis dilakukan pada rentang koordinat 8°00' – 9°00' Lintang Selatan (LS) dan 114°00' – 115°00' Bujur Timur (BT). Lokasi ini dipilih karena letaknya yang strategis sebagai jalur lintas massa air yang menghubungkan Samudra Hindia dengan perairan di bagian utara (Laut Flores), menjadikannya sangat sensitif terhadap variabilitas iklim regional maupun global (Gambar 1).

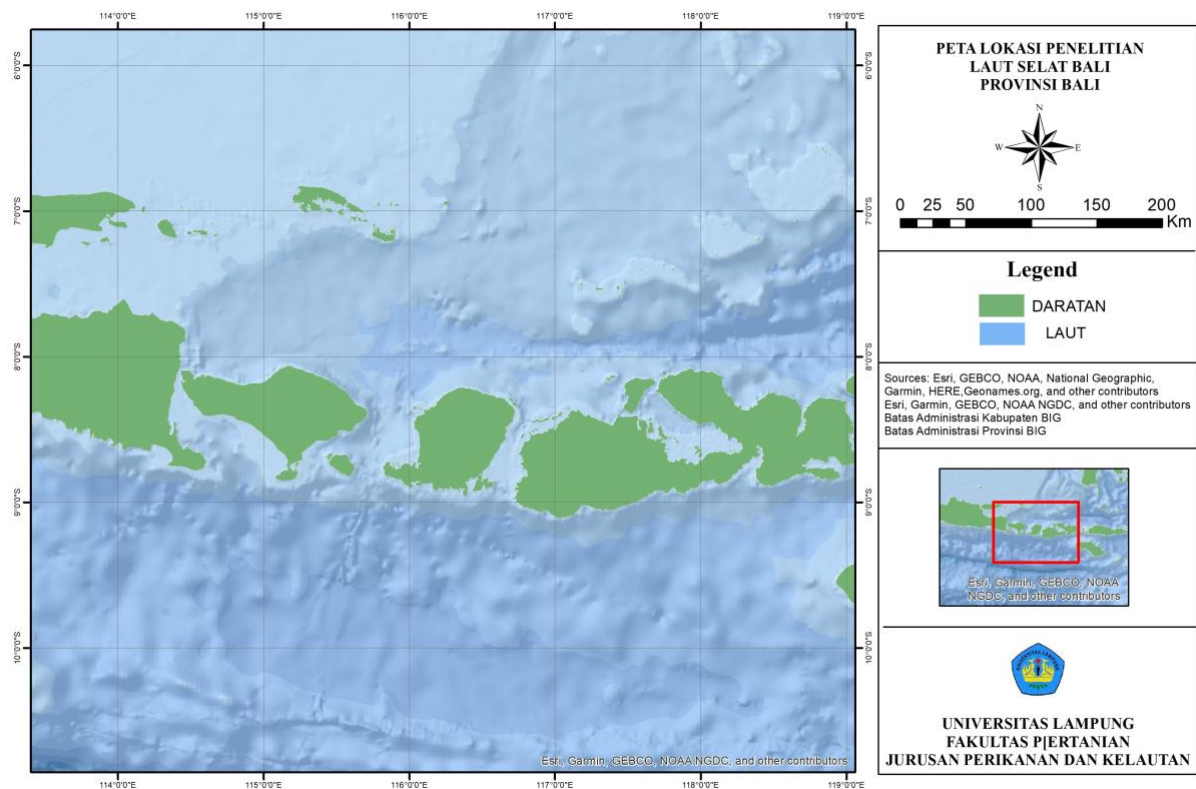
### Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder parameter oseanografi yang diperoleh dari layanan *Copernicus Marine Service* (CMS) (<https://marine.copernicus.eu/>). Parameter yang digunakan secara spesifik adalah:

- Suhu Permukaan Laut (SPL) melalui *Global Ocean OSTLA Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* yang menyediakan estimasi suhu permukaan laut harian yang telah terkoreksi dari bias satelit.
- Klorofil-a melalui *Global Ocean Surface Chlorophyll Concentration from Multi-satellite observations* parameter *Near Real Time* atau *Reprocessed* sesuai ketersediaan yang mengintegrasikan sensor MODIS, VIIRS, dan OLCI untuk mendapatkan akurasi estimasi konsentrasi pigmen fitoplankton yang tinggi.

Data ini memiliki resolusi spasial 0,041° x 0,041° yang cukup tajam untuk menangkap dinamika di selat sempit, serta resolusi temporal bulanan (*monthly mean*). Rentang waktu yang dianalisis

mencakup periode dua tahun ekstrem, yaitu Januari–Desember 2015 (fase El Niño Super) dan Januari–Desember 2022 (fase *Triple-Dip La Niña*).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Visualisasi dan Analisis Data Menggunakan ODV

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) versi 4.6.5. dengan perangkat keras berupa laptop (Lenovo IdeaPad Slim 3) untuk mengolah data sekunder. Prosedur analisis di dalam ODV dibagi menjadi dua pendekatan utama:

- **Analisis Spasial:** Data diplot menggunakan mode *Surface* dengan metode interpolasi DIVA (*Data-Interpolating Variational Analysis*). Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan pemetaan kontur yang halus dan akurat pada wilayah pesisir dengan topografi yang kompleks seperti Selat Bali. Visualisasi ini digunakan untuk melihat sebaran horizontal SPL dan klorofil-a.
- **Analisis Temporal:** Data disusun berdasarkan urutan bulan untuk melihat variasi musiman (Musim Barat, Peralihan 1, Musim Timur, dan Peralihan 2). Perbandingan antara tahun 2015 dan 2022 dilakukan secara *side-by-side* untuk mengidentifikasi besarnya anomali atau perbedaan nilai parameter antara fase El Niño dan La Niña.

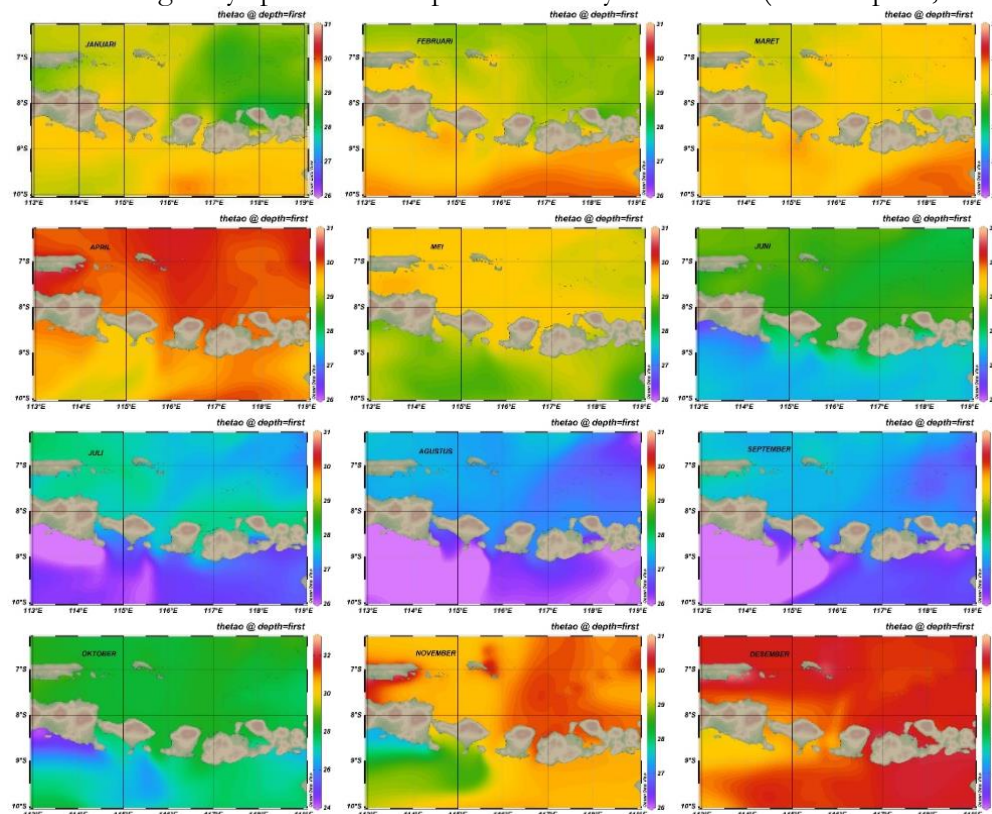
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Suhu Permukaan Laut

Berdasarkan pengolahan data satelit, variasi musiman Suhu Permukaan Laut (SPL) di perairan Selat Bali pada tahun 2015 dan 2022 menunjukkan perbedaan kuantitatif yang signifikan disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada tahun 2015 terjadi fenomena El Niño kuat dengan rata-rata SPL tertinggi tercatat pada Musim Barat (Desember–Februari) dengan rentang 29°C–30°C. Pada bulan Desember distribusi panas mencapai 30°C hampir di seluruh wilayah. Sebaliknya, penurunan tajam terjadi pada Musim Timur (Juni–Agustus) dengan rentang 26°C–28°C. Angka SPL terendah yang bersifat spesifik tercatat pada bulan Agustus, yaitu 26°C–27,5°C, yang terkonsentrasi di bagian selatan laut lepas Selat Bali yang disajikan pada Gambar 2. Secara kuantitatif, dampak El Niño 2015 di Selat Bali terlihat pada penurunan SPL yang drastis dibandingkan kondisi normal. Angka SPL

tersebut berasal dari nilai rata-rata bulanan pada puncak musim timur (Juli–Agustus), ketika suhu menurun hingga mencapai rentang  $26^{\circ}\text{C}$ – $27,5^{\circ}\text{C}$ . Penurunan ini menunjukkan adanya anomali negatif yang kuat akibat penguatan angin muson timur yang meningkatkan intensitas *upwelling*. Hal ini sejalan dengan temuan Atmadipoera *et al.*, (2017) dan Yuda & Prasetya (2014) yang mencatat bahwa fase El Niño ini secara statistik konsisten menyebabkan penurunan curah hujan dan pendinginan massa air di wilayah Bali dan sekitarnya.

Rendahnya suhu pada tahun 2015 berkaitan erat dengan fenomena El Niño Super (NOAA, 2015). Secara oseanografi, fenomena ini menyebabkan pergeseran massa air hangat ke arah Timur Pasifik, sehingga wilayah barat Indonesia mengalami pendinginan. Di Selat Bali, kondisi ini memperkuat angin muson timur yang berhembus dari Benua Australia menuju barat laut. Pola angin ini mendorong massa air permukaan menjauh dari pantai, yang kemudian memicu intensitas *upwelling* yang lebih kuat dari kondisi normal (Susanto & Marra, 2005). Secara statistik, angka  $26^{\circ}\text{C}$  pada bulan Agustus menunjukkan besarnya anomali negatif (deviasi suhu dingin) yang menjadi pemicu utama meningkatnya produktivitas primer di wilayah tersebut (Rakhmaputri, 2010).

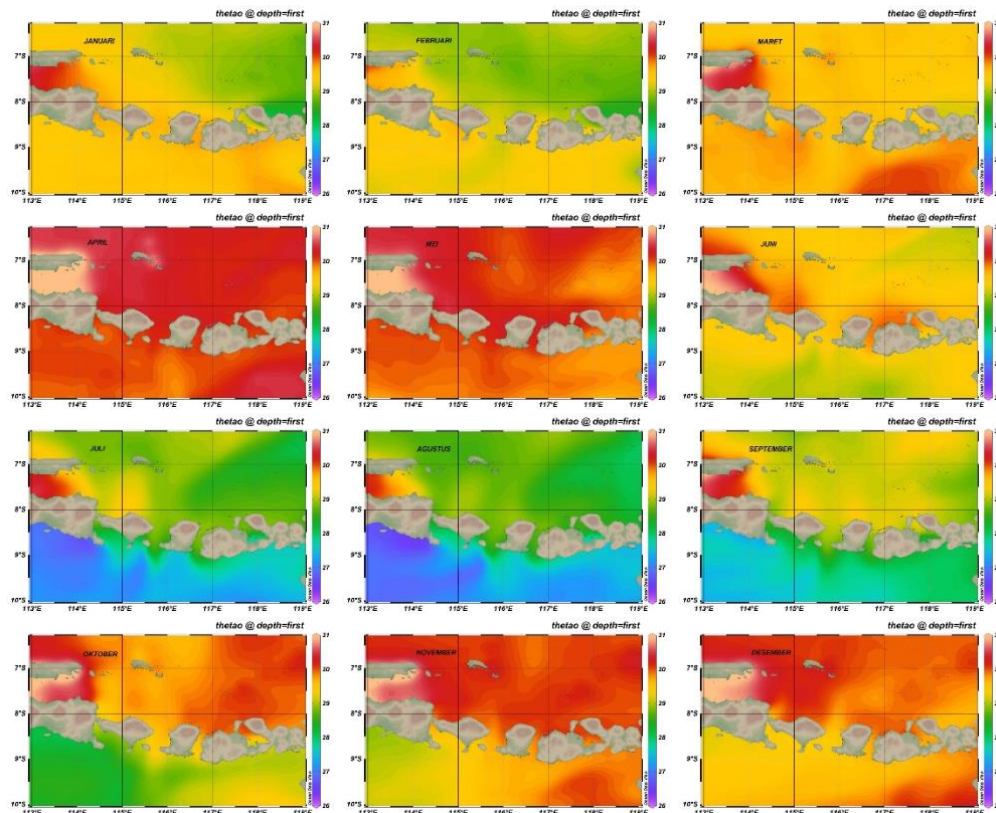


**Gambar 2.** Suhu permukaan laut tahun 2015 (El nino)

Sebaliknya, pada periode 2020 hingga 2022, kawasan Pasifik mengalami fenomena Triple-Dip La Niña, yaitu kejadian La Niña yang terjadi selama tiga tahun berturut-turut (Mingting *et al.*, 2023). Fenomena ini memberikan dampak kumulatif terhadap kondisi iklim di Selat Bali yang berkebalikan dengan kondisi tahun 2015. Berdasarkan data pengamatan tahun 2022 yang disajikan Gambar 3, terjadi peningkatan SPL yang mencolok di mana rata-rata SPL tertinggi tercatat pada Musim Peralihan 1 (Maret–Mei) dengan rentang  $29^{\circ}\text{C}$ – $31^{\circ}\text{C}$ . Secara spesifik, angka tersebut mencapai puncaknya pada bulan April dengan distribusi panas yang merata secara spasial di seluruh perairan Selat Bali hingga menyentuh angka  $30^{\circ}\text{C}$ – $31^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan, rata-rata SPL terendah terjadi pada Musim Timur (Juni – Agustus) yang mempunyai nilai sebesar  $27^{\circ}\text{C}$ – $29^{\circ}\text{C}$ , di perairan Selat Bali mengalami penurunan, SPL terendah tercatat pada bulan Agustus. Fenomena ini ditandai dengan penguatan angin pasat yang menyebabkan akumulasi massa air hangat di bagian barat Pasifik termasuk Indonesia. Di Selat Bali, persistensi La Niña ini menyebabkan anomali angin tenggara menjadi lebih lemah, sehingga kekuatan *upwelling* tereduksi secara signifikan (Putra *et al.*, 2017).

Secara kuantitatif, rata-rata SPL pada Musim Peralihan 1 menunjukkan adanya hambatan pengangkatan massa air dalam, sehingga panas terperangkap di permukaan.

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan adanya ukuran anomali atau selisih suhu kuantitatif yang ekstrem mencapai  $3,5^{\circ}\text{C}$  hingga  $4^{\circ}\text{C}$  jika membandingkan titik terendah tahun 2015 ( $26^{\circ}\text{C}$ ) dengan titik tertinggi tahun 2022 ( $30^{\circ}\text{C}$ – $31^{\circ}\text{C}$ ). Perbedaan ini membuktikan bahwa variabilitas SPL di Selat Bali berkorelasi linear dengan magnitudo indeks ENSO. Persistensi anomali angin tenggara selama fase Triple-Dip La Niña terbukti secara kuantitatif mampu menekan mekanisme pendinginan permukaan jauh lebih kuat dibandingkan siklus tahunan tunggal, yang menegaskan sensitivitas perairan Selat Bali terhadap dinamika iklim global.



**Gambar 3.** Suhu permukaan laut tahun 2022 (La Nina)

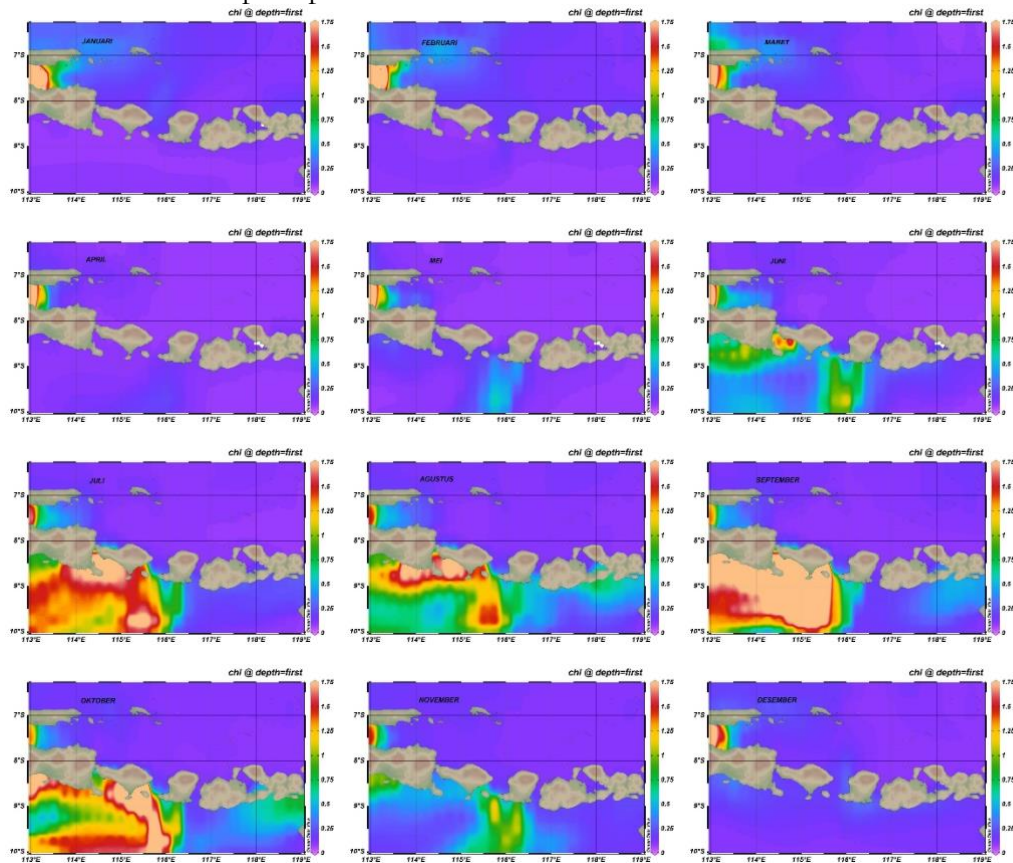
### Klorofil-a

Berdasarkan visualisasi sebaran klorofil-a pada Gambar 4, tahun 2015 yang dipengaruhi oleh El Niño menunjukkan peningkatan konsentrasi yang signifikan dan sebaran spasial yang luas. Pada Musim Barat, konsentrasi klorofil-a terpantau rendah yang didominasi oleh sebaran warna biru di seluruh area, sesuai dengan temuan Banjarnahor *et al.* (2020) bahwa nilai terendah selalu terjadi pada Desember hingga Februari. Namun, pada puncak Musim Timur (Juli–Agustus), terlihat adanya penguatan warna (intensitas) yang bergerak dari arah pesisir selatan Bali menuju laut lepas. Hal ini sejalan juga dengan hasil penelitian Ratnawati *et al.* (2016), yang menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada periode Juni, Juli, dan Agustus, dengan nilai mencapai  $0,45 \text{ mg/m}^3$ . Angka ini merupakan nilai maksimum yang terdeteksi pada area pusat *upwelling* selama fase puncak El Niño tersebut.

Tingginya konsentrasi klorofil-a mencapai  $1,5 \text{ mg/m}^3$  pada tahun 2015 merupakan dampak langsung dari fenomena El Niño Super. Secara oseanografi, fase ini memperkuat kecepatan angin muson timur yang meningkat secara signifikan (Nurafifah *et al.*, 2020). Hal ini menyebabkan suhu permukaan laut menjadi lebih rendah dan mendorong massa air kaya nutrisi ke permukaan. Angka kuantitatif yang tinggi ini mencerminkan keberhasilan mekanisme *upwelling* dalam mengangkat massa air dalam yang kaya akan nutrisi (nitrat dan fosfat) ke lapisan eufotik. Ketersediaan nutrisi yang melimpah, didorong oleh pendinginan SPL, memacu ledakan populasi fitoplankton

(fitoplankton *bloom*). Hal ini mengonfirmasi bahwa selama kondisi El Niño, produktivitas primer di Selat Bali meningkat secara drastis dibandingkan kondisi normal.

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 5, konsentrasi klorofil-a pada tahun 2022 menunjukkan nilai yang sangat kecil dan kontras jika dibandingkan dengan tahun 2015. Secara spasial, sebaran klorofil-a di seluruh wilayah Selat Bali relatif rendah, yang ditunjukkan dengan dominasi warna biru yang merata di hampir seluruh area penelitian. Tidak terlihat adanya ekspansi massa air dengan konsentrasi tinggi ke arah laut lepas seperti pada periode El Niño. Secara kuantitatif, nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a pada puncak Musim Timur (Juli–Agustus) berada pada rentang yang rendah, yaitu secara dominan di bawah  $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Rendahnya konsentrasi ini konsisten dengan kondisi Suhu Permukaan Laut (SPL) yang tetap hangat, yang tergambar melalui dominasi warna merah tua pada peta suhu.



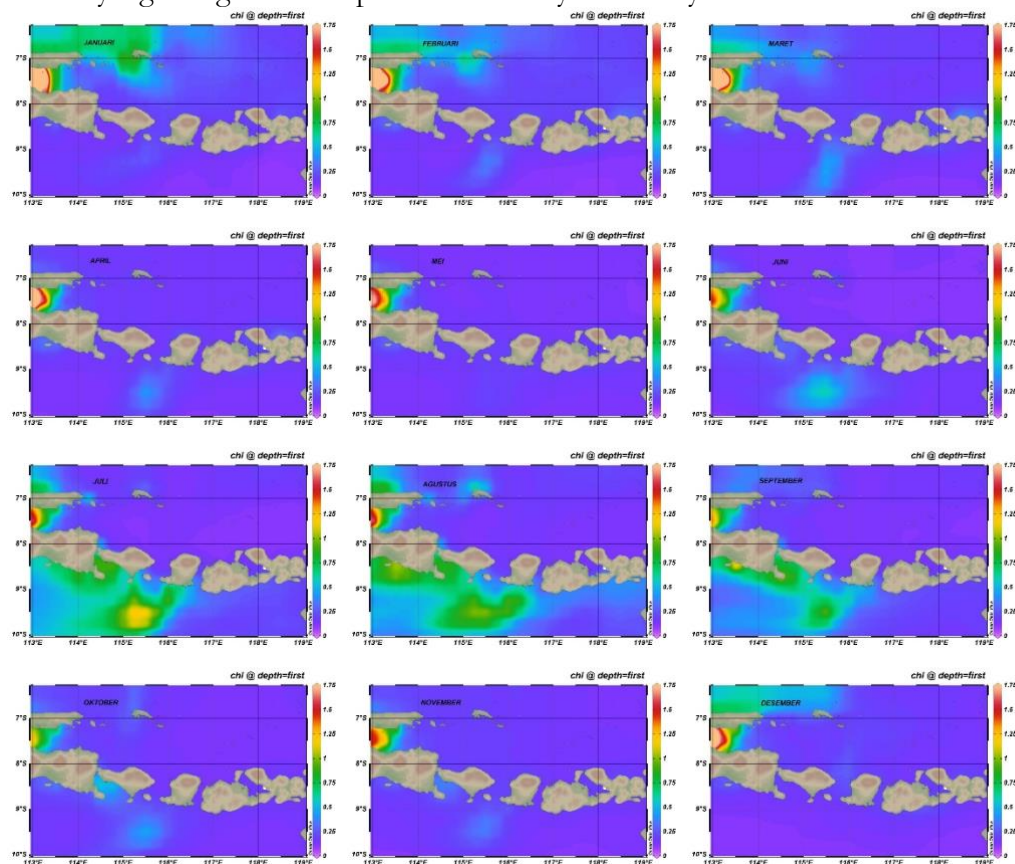
**Gambar 4.** Klorofil tahun 2015 (El nino)

Rendahnya konsentrasi klorofil-a pada tahun 2022 bertepatan dengan fenomena *Triple-Dip La Niña* periode 2020–2023. Fenomena ini dipicu oleh adanya perbedaan tekanan (*dipole*) antara Pasifik Timur dan Pasifik Barat yang menyebabkan akumulasi massa air hangat di wilayah Indonesia. Selama fase *La Niña*, terjadi penurunan kecepatan angin muson yang signifikan dibandingkan saat El Niño (Haryanto *et al.*, 2021). Penurunan kecepatan angin ini berdampak langsung pada pelemahan mekanisme *upwelling* di Selat Bali, karena energi yang dibutuhkan untuk mendorong massa air permukaan ke arah laut lepas (transpor Ekman) tidak mencukupi.

Secara oseanografi, kondisi *La Niña* menyebabkan lapisan termoklin tertekan ke lapisan yang lebih dalam, sehingga massa air dingin yang kaya nutrisi dari lapisan bawah laut sulit untuk mencapai permukaan. Tanpa adanya suplai nutrisi (seperti nitrat dan fosfat) ke lapisan eufotik, pertumbuhan fitoplankton sebagai produsen primer yang mengandung klorofil menjadi terhambat (Putra *et al.*, 2017). Secara statistik, angka rata-rata klorofil-a yang berada di bawah  $0,5 \text{ mg/m}^3$  membuktikan bahwa persistensi *La Niña* selama tiga tahun berturut-turut menciptakan kondisi oligotrofik (miskin nutrisi) di Selat Bali, yang secara kuantitatif mereduksi potensi kesuburan perairan meskipun pada periode puncak musim timur. Analisis ini mempertegas bahwa variabilitas

klorofil-a di wilayah ini sangat bergantung pada kontrol fisik dari fenomena ENSO di Samudra Pasifik.

Jika dibandingkan secara runtut, terdapat perbedaan kuantitatif yang tajam antara kedua tahun ekstrem tersebut. Pada saat El Niño 2015, klorofil-a mencapai nilai maksimum  $1,5 \text{ mg/m}^3$  akibat penguatan angin dan *upwelling*. Sebaliknya, pada saat La Niña 2022, nilai rata-rata turun hingga di bawah  $0,5 \text{ mg/m}^3$  akibat pelemahan angin dan hambatan *upwelling*. Selisih kuantitatif sebesar  $1,0 \text{ mg/m}^3$  ini menunjukkan pola anomali SPL yang sangat besar. Hal ini membuktikan bahwa dinamika ekosistem laut di Selat Bali sangat sensitif terhadap magnitudo fenomena ENSO. Keselarasan antara data SPL yang dingin dengan klorofil-a yang tinggi pada 2015, serta SPL yang hangat dengan klorofil-a yang rendah pada 2022, memperkuat argumen bahwa ENSO adalah variabel utama yang mengendalikan produktivitas hayati di wilayah ini.



Gambar 5. Klorofil tahun 2022 (La Nina)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa fenomena ENSO memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kondisi oseanografi di Selat Bali. Pada fase El Niño Super 2015 memicu anomali suhu dingin ( $26^{\circ}\text{C}$ – $27,5^{\circ}\text{C}$ ) serta kenaikan klorofil-a ( $1,0$ – $1,5 \text{ mg/m}^3$ ) akibat penguatan *upwelling*, sedangkan fase *Triple-Dip* La Niña 2022 menyebabkan kenaikan suhu ( $30^{\circ}\text{C}$ – $31^{\circ}\text{C}$ ) dan penurunan produktivitas primer pada klorofil-a ( $<0,5 \text{ mg/m}^3$ ) akibat hambatan sirkulasi massa air. Perbedaan kuantitatif yang tajam ini menunjukkan bahwa durasi dan magnitudo ENSO sangat menentukan tingkat kesuburan perairan, sehingga disarankan bagi penelitian mendatang untuk mengintegrasikan analisis data angin permukaan secara langsung serta mempertimbangkan variabel IOD guna memperkuat akurasi prediksi dinamika ekosistem bagi manajemen perikanan regional.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis berperan sebagai kontributor utama dalam penulisan artikel ilmiah ini. Data Suhu Permukaan Laut (SPL) dan klorofil-a diperoleh dari situs resmi *Marine Copernicus Service*

(<https://marine.copernicus.eu/>). Visualisasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ODV (*Ocean Data View*) versi 4.5.6. Penulis mengucapkan terima kasih kepada tempat penulis mengolah dan analisis data yang dilaksanakan di Laboratorium Oseanografi, Universitas Lampung dan semua pihak yang telah ikut andil berkontribusi dalam membantu menyelesaikan penulisan artikel ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asyam, A. M. D., Rochaddi, B., Widiaratih, R. (2024). Hubungan ENSO dan IOD terhadap suhu permukaan laut dan curah hujan di selatan Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(2), 165–172.
- Atmadipoera, A. S., & Hasanah, P. (2017). Karakteristik dan variabilitas ARLINDO Flores dan koherensinya dengan arus pantai selatan Jawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2), 537–556. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i2.19289>
- Banjarnahor, H. P., Suprayogi, A., & Bashit, N. (2020). Analisis pengaruh fenomena upwelling terhadap jumlah tangkapan ikan dengan pengamatan temporal citra Aqua MODIS (Studi kasus: Selat Bali). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2).
- Haryanto, Y. D., Hadiman, R., Agdialta, R., & Riama, N. F. (2021). Pengaruh El Nino terhadap pola distribusi klorofil-a dan pola arus di wilayah perairan selatan Maluku. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3), 364–374.
- Hendiarti, N., et al. (1995). Upwelling off the south coast of Java and Sumatra and its effect on chlorophyll-a distribution. *Journal of Geophysical Research*.
- J, A. R., N, N., Burhanuddin, A. I., & Hatta, M. (2016). Karakter oseanografi perairan Makassar terkait zona potensial penangkapan ikan pelagis kecil pada musim timur. *Jurnal Iptek's Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan*, 1.
- Kunarso, Situmorang, R. P., Wulandari, S. Y., & Ismanto, A. (2018). Variability of upwelling in Bone Bay and Flores Sea. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(10), 742–751.
- Madani, N., Hermawan, E., & Faqih, A. (2012). Pengembangan model prediksi Madden-Julian Oscillation (MJO) berbasis hasil analisis data Wind Profiler Radar (WPR). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13.
- Mingting, L., Cao, Z., Gordon, A. L., Zheng, F., & Wang, D. (2023). Roles of the Indo-Pacific subsurface Kelvin waves and volume transport in prolonging the triple-dip 2020–2023 La Niña. *Environmental Research Letters*, 18(10). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acfcce>
- NOAA Climate Prediction Center. (2015). *El Niño Southern Oscillation*. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>
- 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. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4(3), 74–85.
- Panjaitan, R. J. A. (2011). *Variabilitas konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut dari citra satelit Aqua MODIS serta hubungannya dengan hasil tangkapan ikan lemuru di perairan Selat Bali* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor].
- Putra, A. P., Atmadipoera, A. S., & Pariwono, J. I. (2020). Respons suhu permukaan laut dan klorofil-a terhadap kejadian ENSO dan IOD di wilayah Indo-Pasifik tropis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 167–182. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.30693>
- Putra, D. P., Amin, T., & Asri, D. P. (2017). Analisis pengaruh IOD dan ENSO terhadap distribusi klorofil-a pada periode upwelling di perairan Sumbawa Selatan. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 4(2), 7–11.
- Rachman, H. A., Hidayah, Z., & Yuliardi, A. Y. (2025). Dinamika suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a di perairan Laut Flores hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(1), 53–62. <https://doi.org/10.14710/jkt.v28i1.25779>
- Rakhmaputri, N. (2010). *Kajian variabilitas upwelling di perairan selatan Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Laut Sawu dengan menggunakan penginderaan jauh* [Tugas akhir, Institut Teknologi Bandung].

- Rakhmaputri, N. (2010). Upwelling dan konsentrasi klorofil-a di Laut Sawu–Selatan Bali. *Jurnal Ilmu Kelautan*.
- Ratnawati, H., Hidayat, R., Bey, A., & June, T. (2016). Upwelling di Laut Banda dan pesisir selatan Jawa serta hubungannya dengan ENSO dan IOD. *Omni-Akuatika*, 12(3), 119–130. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.3.134>
- Ridha, U., Hartoko, A., & Muskanonfola, M. R. (2013). Analisa sebaran tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) berdasarkan data satelit suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Selat Bali. *Management of Aquatic Resources Journal*, 2(4), 53–60.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B., & Kadarisman, H. P. (2010). Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Progress in Oceanography*, 87, 168–174.
- Seprianto, A., Kunarso, & 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. *Jurnal Oseanografi*, 5(4), 452–461.
- Susanto, R. D., & Marra, J. (2005). Ocean color variability in the Indonesian Seas during the SeaWiFS era. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*.
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Zheng, Q. (2001). Upwelling along the coasts of Java and Sumatra and its relation to ENSO. *Geophysical Research Letters*.
- Trenberth, K. E., Zhang, Y., Fasullo, J. T., & Cheng, L. (2019). Observation-based estimates of global and basin ocean meridional heat transport time series. *Journal of Climate*, 32(14), 4567–4583. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0872.1>
- Yuda, I. W. A., & Prasetya, R. (2014). Analisis dampak El Niño dan La Niña terhadap anomali curah hujan di Provinsi Bali menggunakan grafik ENSO Impact. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Bidang MIPA 2014*, 495–503.