

Variability Of Chlorophyll-A and Sea Surface Temperature in The Maluku Sea During El Nino Period 2023

(Variabilitas Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di Laut Maluku saat Periode El Nino 2023)

Anindito Leksono¹, Wilhelmina Patty², Lusia Manu², Inneke Fenny Melke Rumengan²,
Johny Budiman^{2*}, Frans Lumuindong²

¹Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia.

²Aquaculture Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia.

*Corresponding author: budiman@unsrat.ac.id

Manuscript received: 19 Oct. 2024. Revision accepted: 25 Jan. 2025

Abstract

Oceanographic factors such as Sea Surface Temperature (SST) and Chlorophyll-a (Chl-a) during El Nino can make fishing easier. The research aims to analyze the variability of SST and Chl-a in the Maluku Sea during El Nino 2023 and determine the influence of El Nino on upwelling in the Maluku Sea. The method used uses SST from Remote Sensing data which has been validated using observation and Chl-a data. Rainfall data is used to ascertain the climatic conditions of the North and South Maluku Sea regions. Validation of remote sensing SST data with observations has a correlation coefficient of 0.677. The research results show that in the West Monsoon of North Maluku, the SST was 29.1°C and Chl-a 0.24 mg/m³ due to the influence of La Nina 2022 as shown by the rainfall in February of 199 mm. During the transition monsoon, the SST in the North Maluku Sea is 29.3 °C higher than the South 29.8°C. The East Monsoon SST in the Southern Maluku Sea experiences a decrease in temperature reaching 27.9 °C and Chl-a of 075 mg/m³. Transition Monsoon II SST is 30°C and Chl-a 0.21 mg/m³. The research concludes that the El Nino phenomenon that will occur in 2023 will affect upwelling in the Maluku Sea by 84%. There is a mismatch between the Chl-a peak in August SST and the SPL peak that occurred in September. When El Nino 2023 occurs, Chl-a is higher in the southern part of the Maluku Sea compared to the northern part, as is the SST.

Keywords: SST, Chl-a, East monsoon, El Nino, Upwelling

Abstrak

Mengetahui faktor oseanografi seperti Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a (Chl-a) saat El Nino dapat mempermudah penangkapan ikan. Tujuan penelitian untuk menganalisis variabilitas SPL dan Chl-a di Laut Maluku saat terjadi El Nino 2023 dan mengetahui pengaruh El Nino terhadap upwelling di Laut Maluku. Metode yang digunakan menggunakan data Penginderaan Jauh SPL yang telah di validasi menggunakan data observasi dan Chl-a. data curah hujan digunakan untuk memastikan kondisi iklim wilayah Laut Maluku bagian Utara dan Selatan. Validasi data SPL penginderaan jauh dengan observasi memiliki koefisien korelasi sebesar 0.677. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Musim Barat Laut Maluku bagian Utara dengan SPL 29.1°C dan Chl-a 0.24 mg/m³ dikarenakan pengaruh La Nina 2022 yang ditunjukkan dari curah hujan bulan Februari sebesar 199 mm. Saat Musim peralihan SPL di Laut Maluku bagian Utara 29.3 °C lebih tinggi dari bagian Selatan 29.8°C. Musim Timur SPL di Laut Maluku bagian Selatan mengalami penurunan suhu mencapai 27.9 °C dan Chl-a sebesar 075 mg/m³. Musim Peralihan II SPL sebesar 30°C dan Chl-a 0.21 mg/m³. Kesimpulan penelitian adalah ini Fenomena El Nino yang terjadi pada tahun 2023 mempengaruhi upwelling di laut Maluku sebesar 84%. Terjadi ketidak seuaian antara puncak Chl-a bulan Agustus SPL dengan puncak SPL yang terjadi bulan September. Saat terjadi El Nino 2023 Chl-a lebih tinggi di Laut Maluku bagian Selatan jika dibandingkan bagian Utara, begitu pula dengan SPL.

Kata kunci: SPL, Chl-a, Musim Timur, El Nino, Upwelling

PENDAHULUAN

Topografi Laut Maluku dapat dibagi menjadi dua, yaitu Laut Maluku bagian Utara dan Selatan. Laut Maluku bagian Utara memiliki kedalaman 1500 meter terdiri dari Semenanjung Sulawesi di bagian Barat dan Kepulauan Halmahera di bagian Timur. Laut Maluku bagian Utara pada Musim Timur terjadi peningkatan kecepatan angin yang diakibatkan pulau sebagai penghambat kecepatan angin (Putri et al., 2021). Laut Maluku bagian utara merupakan pintu masuk Arus Lintas Indonesia atau ARLINDO yang mengalir dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia (Susanto et al., 2007). Sehingga Laut Maluku bagian utara masih dipengaruhi oleh perairan Filipina terutama massa air (Susanto dan Song, 2015). Menurut Munandar et al., (2021) kecepatan angin di Laut Maluku bagian utara tidak diikuti dengan konsentrasi chl-a.

Laut Maluku termasuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP 715) yang memiliki potensi perikanan tangkap seperti Tuna dan Cakalang (Firdaus, 2019). Penangkapan ikan di Laut Maluku dipengaruhi oleh faktor oseanografi yaitu SPL dan Chl-a (Sahidi et al., 2015). Tiap jenis-jenis ikan tertentu memiliki karakteristik yang berbeda, seperti ikan pelagis besar dipengaruhi oleh SPL yang penyebarannya di perairan terbuka dan ikan pelagis kecil dipengaruhi oleh Chl-a yang penyebarannya lebih ke daerah pesisir (Tangke, 2014). Laut Maluku memiliki produktifitas biologis tertinggi di bulan Agustus, dimana merupakan puncak Musim Timur (Setiawan dan Habibi, 2011).

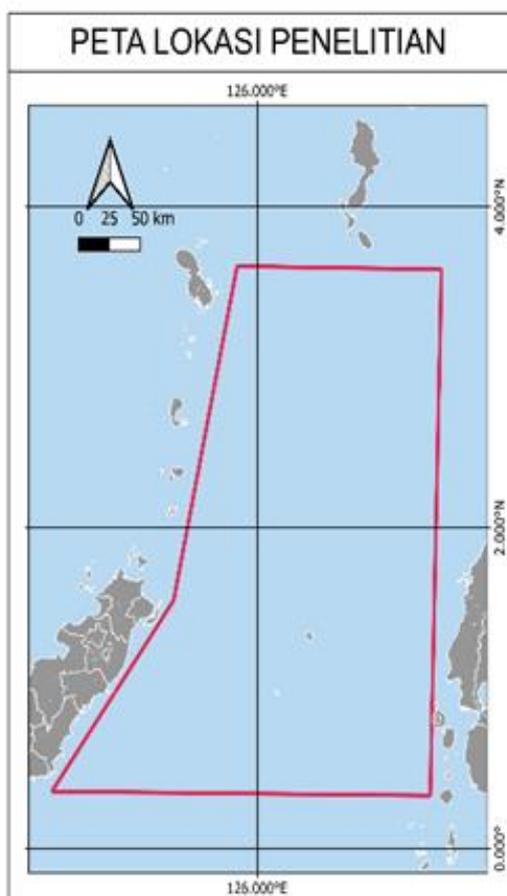
Penurunan SPL dan kenaikan Chl-a merupakan indikator terjadinya upwelling (Putri et al., 2021). Upwelling di laut Maluku sangat dipengaruhi oleh pengaruh monsun. El Nino Southern Oscillation (ENSO) sebagai fenomena iklim global memberikan pengaruh upwelling kepada Laut Maluku terutama saat fase El Nino. Wirasatriya et al., (2017) meneliti pengaruh ENSO terhadap variabilitas SPL dan Chl-a, menyatakan bahwa selama El Nino dan La

Nina konsentrasi maksimum Chl-a lebih dari 0.5 mg/m^3 dan minimum SPL kurang dari 27.5°C yang terjadi pada bulan Agustus. Sedangkan menurut Atmadipoera et al., (2018) meneliti pengaruh El Nino tahun 2015 terhadap upwelling di Laut Maluku menyatakan bahwa puncak upwelling terjadi pada bulan September. Menurut BMKG (2023) tahun 2023 terjadi fase El Nino yang dapat memengaruhi iklim di Indonesia. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas SPL dan Chl-a di Laut Maluku saat terjadi El Nino 2023 dan mengetahui pengaruh El Nino terhadap upwelling di Laut Maluku.

METODE

Lokasi penelitian dilakukan di Laut Maluku bagian utara, dimana perairan ini termasuk kedalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 715. Data yang dipakai terdiri dari data Citra Satelit dan data observasi pada tahun 2023. Data citra satelit terdiri dari data SPL menggunakan data citra global ocean harian dari OSTIA dengan resolusi horizontal $0.05^\circ \times 0.05^\circ$, data Chl-a menggunakan data Global Ocean Satellite Observation harian level 4 dengan resolusi spasial 4 km, dan data angin yang berasal dari Scatterometer dan Metop-C ASCAT yang dikumpulkan oleh *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Data SPL, Chl-a dan angin didapat dari marine Copernicus yang dapat di unduh melalui website

<https://resources.marine.copernicus.eu>. Sedangkan data observasi terdiri dari data SPL *Vessel Automatic Weather Station* (VAWS) milik BMKG. Data observasi VAWS berasal dari empat kapal niaga yang beroperasi sesuai dengan rute pelayaran, yaitu KMP Labuan Haji dengan rute Bitung – Melonguane, KM Madani rute Bitung – Tobelo, KMP Dalente Woba rute Bitung – Ternate dan KM Sinabung rute Bitung - Ternate - Bacan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian. Blok A1 dan A2 mewakili Laut Maluku bagian Utara, Blok B1 dan B2 mewakili wilayah Laut Maluku bagian Selatan

Validasi data citra satelit dengan cara membandingkan data SPL citra satelit dengan data SPL VAWS. Analisis *Single Exponential Smoothing* (SES) seperti yang dilakukan oleh Atmadipoera. et al., (2020) dilakukan untuk menghindari data yang fluktuatif, dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

Dimana

F_{t+1} = ramalan untuk periode ke t+1,

X_t = merupakan nilai riil periode ke t,

F_{t-1} = merupakan ramalan untuk periode ke t-1,

α = bobot yang menunjukkan konstanta smoothing ($0 < \alpha < 1$).

Dalam menentukan nilai α tidak ada suatu cara yang pasti untuk mendapatkan nilai α yang optimal. Besarnya nilai alfa dipilih secara *trial and error* sampai menghasilkan α yang paling baik. Selanjutnya dilakukan analisis Korelasi Pearson dengan membandingkan data SPL citra satelit dan data VAWS.

Tabel 1. Hubungan Tingkat Koefisien Korelasi

Koefisien	Tingkat Hubungan
0	Tidak ada korelasi dua variabel
0 - 0.25	Korelasi sangat lemah
0.25 - 0.5	Korelasi cukup
0.5 - 0.75	Korelasi kuat
0.75 - 0.99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi hubungan sempurna positif
-1	Korelasi hubungan sempurna negatif

Analisis klimatologi dilakukan untuk mengetahui perubahan terjadinya SPL dan Chl-a dari waktu ke waktu tahun 2023. Data tersebut dihitung menjadi rata-rata bulanan. Wirasatriya et al., (2017) melakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$\bar{X}b(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi(x,y,t)$$

dimana :

$\bar{X}b(x,y)$ = klimatologi rata-rata bulanan

i = nilai dari data pada posisi (x,y)

t = waktu

n = jumlah data pada total periode

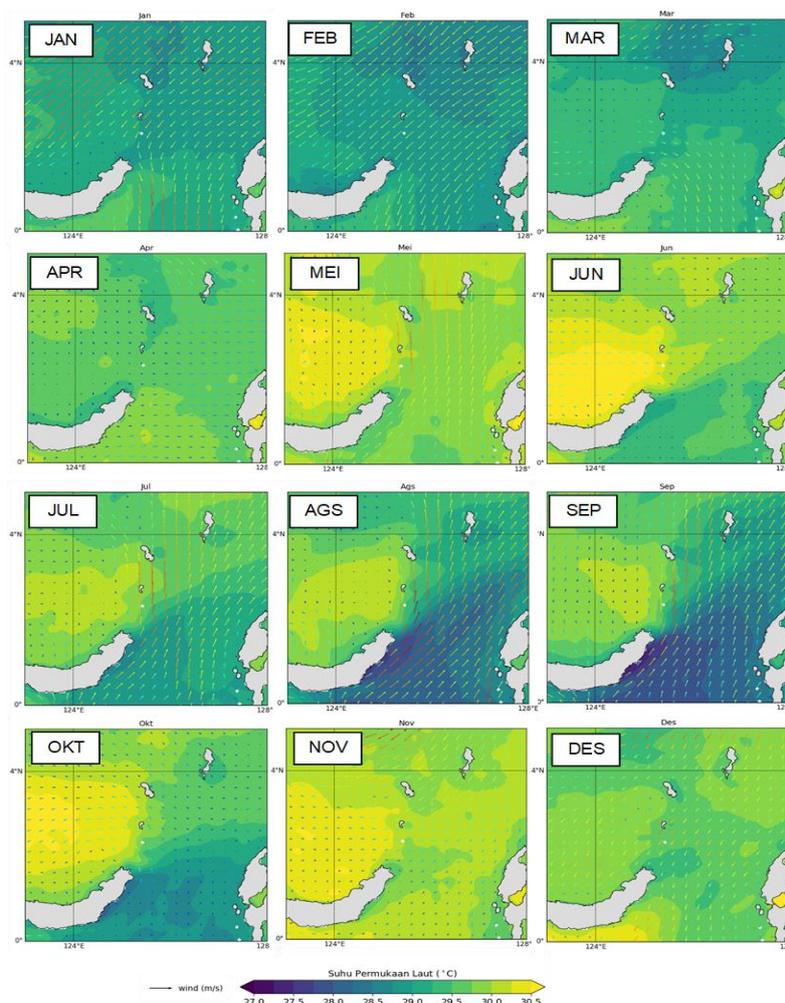
jika nilai xi kosong maka data tidak dimasukkan kedalam perhitungan

Analisis hubungan antara SPL dan Chl-a saat periode El Nino 2023 menggunakan regresi linier.

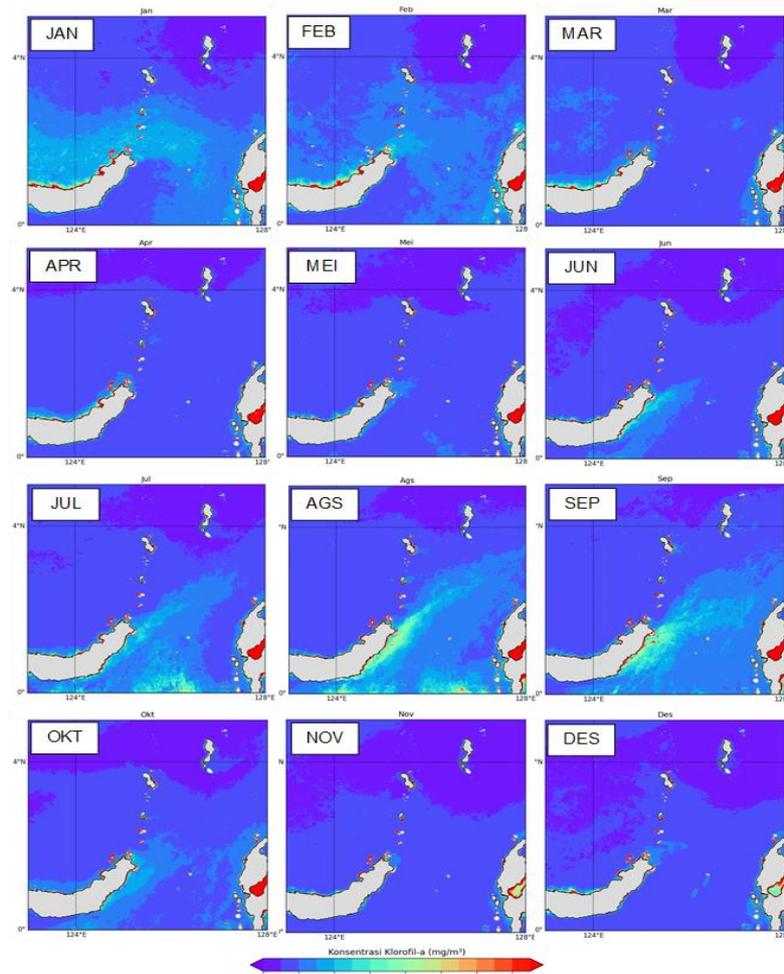
Validasi Data

Perbandingan data observasi dan satelit SPL memperoleh nilai korelasi 0.677 yang menandakan bahwa hubungan antara kedua data tersebut termasuk kategori Korelasi Kuat. Hal ini dikarenakan data pada bulan Januari hingga Februari banyak kapal melakukan perawatan berkala atau *docking* yang menyebabkan terdapat kekosongan data pada periode tersebut. Namun, secara keseluruhan kedua data tersebut memiliki fluktuasi serupa pada tahun 2023. Hal ini ditunjukkan pada periode Musim Barat Suhu Permukaan Laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan periode Musim Timur. Sehingga penulis menggunakan data yang berasal dari Marine Copernicus sebagai data untuk dianalisis selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2 Peta SPL bulanan di Laut Maluku



Gambar 3 Peta Chl-a bulanan di Laut Maluku

Analisis Klimatologis SPL

Rata-rata SPL di Laut Maluku bagian Utara pada Musim Barat (Januari-Februari) sebesar 29.1°C dan di Laut Maluku bagian Selatan rata-rata SPL sebesar 29.4°C lebih tinggi 0.3°C daripada bagian Utara. Hal ini menyebabkan terjadinya fenomena Downwelling, dimana massa air turun ke kolom air yang lebih dalam. Jika dilihat dari data curah hujan, curah hujan Stasiun Meteorologi Maritim Bitung yang mewakili Laut Maluku bagian Utara sebesar 118 mm sedangkan Stasiun Meteorologi Oesman Sadik sebesar 206 mm yang menandakan bahwa terjadi penguapan lebih besar akibat SPL yang lebih tinggi. di Laut Maluku Bagian Selatan. Namun menurut penelitian yang dilakukan oleh (Wirasatriya, et al., 2019; Wirasatriya, et al., 2019) penurunan SPL di Laut Maluku bagian Utara dapat terjadi akibat adanya *laten heat flux* atau

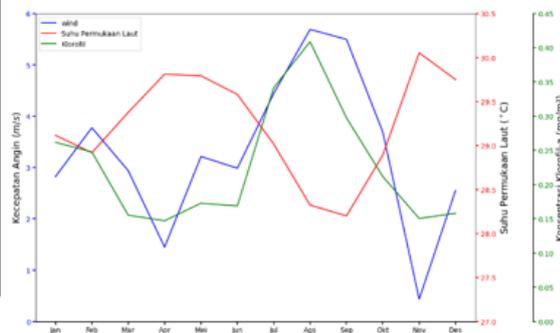
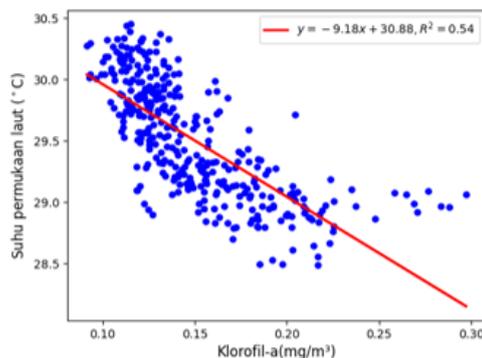
penurunan SPL yang diakibatkan hilangnya uap oleh hembusan angin.

Pada Musim Peralihan I (Maret-April-Mei) terjadi kenaikan SPL antara $0.4 - 0.8^{\circ}\text{C}$ dibandingkan pada Musim Barat. Laut Maluku bagian Selatan jauh lebih hangat yaitu 29.8°C dibandingkan bagian Utara. 29.3°C . hal ini dikarenakan sifat dari musim peralihan dimana kecepatan angin mulai melemah dengan arah angin yang berubah-ubah. Pada Musim Timur (Juni-Juli-Agustus) terjadi penurunan SPL hingga 1.2°C , penurunan SPL minimal terjadi di Laut Maluku bagian Selatan sebesar 27.9°C , sedangkan Laut Maluku bagian Utara sebesar 28.6°C . Jika ditinjau dari data curah hujan, Laut Maluku bagian utara terjadi kecenderungan penurunan curah hujan yaitu 29 mm pada bulan Agustus, sedangkan Laut Maluku bagian Selatan terjadi kecenderungan kenaikan curah

hujan yaitu 127 mm pada bulan Agustus. Hal ini menandakan bahwa Laut Maluku bagian Utara dan Selatan memiliki iklim yang berbeda.

Pada Musim Peralihan II (September-Oktober-November) sudah terjadi peningkatan SPL hingga mencapai 30°C, namun nilai SPL minimum selama tahun 2023 terjadi pada bulan September yaitu 27.7 °C di Laut Maluku bagian Selatan. Terjadi perpanjangan durasi pendinginan SPL di laut Maluku yang biasanya terjadi

pada bulan Agustus, hal ini diakibatkan oleh pengaruh El Nino yang sedang berlangsung. Terjadi kecenderungan peningkatan indeks ENSO dari awal tahun 2023 dengan perubahan masuk kepada fase El Nino dengan indeks 0.8 pada bulan Juni dan 1.6 pada bulan September. Fenomena El Nino ini dapat meningkatkan intensitas dan memperpanjang durasi upwelling (Wirasatriya et al., 2017).



Analisis Klimatologis Chl-a

Konsentrasi Chl-a pada Musim Barat rata-rata sebesar 0.24 mg/m³. Pada bulan Januari konsentrasi Chl-a di Laut Maluku bagian Utara lebih besar 0.26 mg/m³, jika dibandingkan dengan Laut Maluku bagian Selatan rata-rata sebesar 0.18 mg/m³. Namun pada bulan Februari di Laut Maluku bagian Selatan terjadi kenaikan Chl-a mencapai 0.28 mg/m³. Peningkatan Konsentrasi Chl-a pada Musim Barat ini diakibatkan oleh pengaruh dari faktor peningkatan curah hujan yang mengakibatkan nutrisi dari daratan masuk ke dalam perairan laut dan dibawa oleh arus.

Pada Musim Peralihan I, terjadi penurunan konsentrasi Chl-a dengan rata-rata sebesar 0.14 mg/m³. Konsentrasi Chl-a tertinggi terjadi di Perairan Kepulauan Banggai. Hal ini terjadi dikarenakan di perairan tersebut terdapat pengaruh dari limpasan nutrisi yang berasal dari Kepulauan Banggai,

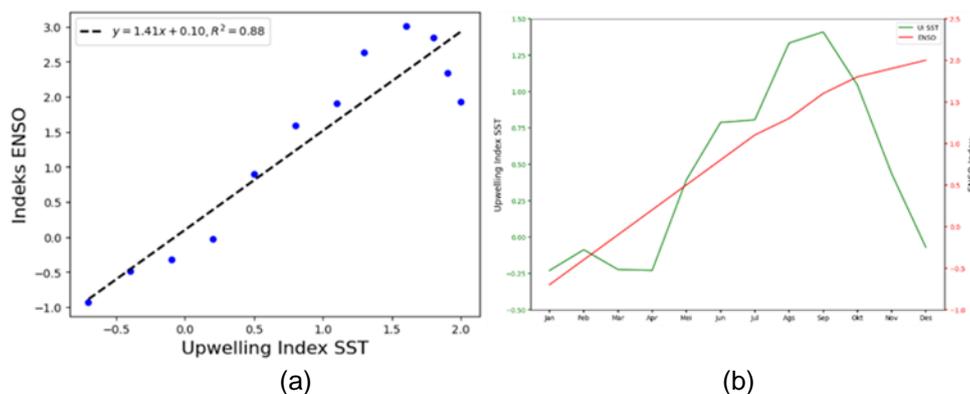
Pada Musim Timur, terjadi peningkatan Chl-a. Peningkatan

konsentrasi Chl-a dimulai pada bulan Juni, dimana peningkatan Konsentrasi Chl-a tertinggi di sekitar Perairan Selat Banggai dengan rata-rata sebesar 0.75 mg/m³ dan Perairan bagian Timur Provinsi Sulawesi Utara dengan rata-rata sebesar 0.49 mg/m³. Konsentrasi Chl-a terjadi pada bulan Agustus rata-rata sebesar 1.6 mg/m³ yang terjadi di Perairan Semenanjung Teluk Tomini. Faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan Konsentrasi Chl-a. Peningkatan Chl-a dan penurunan SPL di sepanjang Musim Timur merupakan indikator terjadinya Upwelling. Upwelling di Laut Maluku terjadi akibat dari kecepatan angin yang membangkitkan Ekman Mass Transport atau dapat disebut Coastal Upwelling. Lokasi Laut Maluku yang berada di Khatulistiwa menyebabkan arah Ekman Mass Transport searah dengan arah angin meskipun terjadi di wilayah Belahan Bumi Selatan (Atmadipoera et al., 2018). Pada Musim Peralihan II, konsentrasi Chl-a mengalami penurunan dimulai pada bulan September konsentrasi Chl-a 0.24 mg/m³ di Laut Maluku bagian Utara dan bagian

Selatan sebesar 0.48 mg/m^3 . Jika ditinjau dari SPL minimum yang terjadi pada bulan September, namun tidak berbanding lurus dengan blooming Chl-a.

Analisis Upwelling

Investigasi lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan analisis statistik. Analisis statistik menggunakan Regresi Linier yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh El Nino terhadap Upwelling melalui pendekatan Indeks ENSO terhadap UI SST.



Gambar 5. (a) Regresi linier indeks ENSO dan UI SST (b) *time series* indeks ENSO dan UI SST bulanan

Regresi linier menunjukkan bahwa kecenderungan regresi linier antara variabel terikat UI di Laut Maluku di pengaruhi oleh Indeks ENSO (Gambar 5a). Hal ini dapat dilihat dari koefisien determinasi untuk hubungan antara ENSO dengan UI SST 0.84 artinya bahwa ENSO berpengaruh lebih berpengaruh pada UI SST sebesar 84%. Adapun persamaan regresi linernya sebagai berikut:

$$Y = 141X + 0.1$$

Jika dikaji lebih mendalam dengan menggunakan grafik *time series* perbandingan antar ketiga indeks ini (Gambar 5b) pada Musim Barat yaitu Bulan Januari – Februari UI wind mengalami kecenderungan yang tidak linier yaitu penurunan nilai indeks, sedangkan indeks ENSO dan UI SST mengalami kecenderungan kenaikan yang linier. Hal ini diduga dikarenakan oleh masih terdapatnya pengaruh La Nina dari tahun 2022 atau transisi antara fase La Nina menuju fase Netral.

Pada Musim Peralihan I yaitu Maret - April - Mei dan Musim Timur yaitu Juni – Juli – Agustus ketiga indeks mengalami kecenderungan meningkat. Hal ini dikarenakan pada terjadi perubahan fase

Netral ke fase El Nino didukung dengan perubahan musim Peralihan I menuju Musim Timur, sehingga terjadi penurunan SPL. Pada musim Peralihan II terjadi anomali antara ENSO dengan UI SST, dimana Indeks ENSO mengalami penguatan yang menandakan bahwa El Nino semakin kuat namun terjadi penurunan Indeks UI SST. Sehingga upwelling yang terjadi di Laut Maluku sangat dipengaruhi oleh iklim monsoon, El Nino 2023 hanya memperkuat intensitas dan durasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Fenomena El Nino yang terjadi pada tahun 2023 mempengaruhi upwelling di laut maluku sebesar 84%. Terjadi ketidak seuaian antara puncak Chl-a bulan Agustus SPL dengan puncak SPL yang terjadi bulan September. Saat terjadi El Nino 2023 Chl-a lebih tinggi di Laut Maluku bagian Selatan jika dibandingkan bagian utara, begitu pula dengan SPL.

Saran

Perlu kajian mendalam tentang dampak topografi kepulauan terhadap upwelling.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menudung terwujudnya penulisan jurnal ilmiah ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Fenomena El Nino yang terjadi pada tahun 2023 mempengaruhi upwelling di laut maluku sebesar 84%. Terjadi ketidak seuaian antara puncak Chl-a bulan Agustus SPL dengan puncak SPL yang terjadi bulan September. Saat terjadi El Nino 2023 Chl-a lebih tinggi di Laut Maluku bagian Selatan jika dibandingkan bagian utara, begitu pula dengan SPL.

Saran

Perlu kajian mendalam tentang dampak topografi kepulauan terhadap upwelling.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menudung terwujudnya penulisan jurnal ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera., A., S., J., PurbaMulia, & R.T.D., K. (2020). UPWELLING CHARACTERISTICS IN THE SOUTHERN JAVA WATERS DURING STRONG LA NINA 2010 AND SUPER EL NINO 2015. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 257–276. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.28977>
- Atmadipoera, A. S., Khairunnisa, Z., & Kusuma, D. W. (2018). Upwelling characteristics during El Nino 2015 in Maluku Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 176(1), 012018.
- BMKG. (2023). *Pandangan Iklim (Climate Outlook) 2024*.
- Firdaus, M. (2019). Profil perikanan tuna dan cakalang di Indonesia. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 4(1), 23–32.
- Munandar, B., Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Ambariyanto, A., & Sunaryo, S. (2021). Respon Kecepatan Angin Terhadap Variabilitas Klorofil-a di Laut Filipina Dan Maluku Bagian Utara. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 269–276. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38273>
- Putri, I. W., Wirasatriya, A., Ramdani, F., Jalil, A. R., & Prasetyawan, I. B. (2021a). The El Niño Southern Oscillation (ENSO) Effect on Upwelling in The North Maluku Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 750(1), 012037.
- Putri, I. W., Wirasatriya, A., Ramdani, F., Jalil, A. R., & Prasetyawan, I. B. (2021b). The El Niño Southern Oscillation (ENSO) Effect on Upwelling in The North Maluku Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 750(1), 012037.
- Sahidi, S., Sapsuha, G. D., Laitupa, A. F., & Tangke, U. (2015). Hubungan faktor oseanografi dengan hasil tangkapan pelagis besar di perairan Batang Dua, Propinsi Maluku Utara. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 8(2), 53–63.
- Setiawan, R. Y., & Habibi, A. (2011). Satellite Detection of Summer Chlorophyll-a Bloom in the Gulf of Tomini. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4(4), 944–948. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2163926>
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Sprintall, J. (2007). Observations and proxies of the surface layer throughflow in Lombok Strait. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C3).
- Susanto, R. D., & Song, Y. T. (2015). Indonesian throughflow proxy from satellite altimeters and gravimeters. *Journal of Geophysical Research:*

- Oceans, 120(4), 2844–2855.
- Tangke, U. (2014). Pendugaan daerah penangkapan ikan pelagis berdasarkan pendekatan suhu permukaan laut dan klorofil-a di Laut Maluku. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Dan Perikanan (Agrikan UMMU-Ternate)*, 7, 74–81.
- Wirasatriya, A., Setiawan, R. Y., & Subardjo, P. (2017). The effect of ENSO on the variability of chlorophyll-a and sea surface temperature in the Maluku Sea. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(12), 5513–5518.
- Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Helmi, M., Maslukah, L., Widiyandono, R. T., Herawati, V. E., Subardjo, P., Handoyo, G., Hariyadi, H., & Marwoto, J. (2019). *Heat flux aspects on the seasonal variability of sea surface temperature in the Java Sea*.
- Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Helmi, M., Setiawan, R. Y., & Koch, M. (2019). Distinct characteristics of SST variabilities in the Sulawesi Sea and the northern part of the Maluku Sea during the Southeast Monsoon. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(6), 1763–1770.