Volume 19, No. 1, 2026

ISSN: 1907-9931 (print), 2476-9991 (online)

Analisis Pengaruh Parameter Oseanografi Terhadap Nilai Produktivitas Primer Bersih Di Perairan Selat Makassar Dan Perairan Laut Arafura

Analysis Of The Effect Of Oceanographic Parameters On Net Primary Productivity Values In The Makassar Strait And Arafura Sea Waters

Arjuno Yo Indarto, Dyah Ayu Sulistyorini*

Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Kelautan dan Perikanan Fakultas Pertanian,
Universitas Trunojoyo Madura
Jalan Raya Telang, Po. Box. 2 Kamal, Bangkalan, Jawa Timur - Indonesia

*Corresponding author email: dyah.ayu@trunojoyo.ac.id

Submitted: 15 August 2025 / Revised: 30 April 2026 / Accepted: 30 April 2026

http://doi.org/10.21107/jk.v19i1.31514

ABSTRAK

Perairan Selat Makassar dan Laut Arafura merupakan perairan yang strategis karena perairan ini dilewati oleh Arus Lintas Indonesia yang tidak hanya membawa massa air tetapi juga memungkinkan adanya transport nutrient dan produktivitas primer. Hasil perikanan tangkap bergantung dengan Nilai Produktivitas Primer bersih hasil dari aktivitas fitoplankton atau klorofil-a pada suatu perairan. Nilai Produktivitas Primer dapat dipengaruhi oleh parameter oseanografi, unsur hara, cahaya, dan Photosynthetically Available Radiation (PAR). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisis perbedaan Nilai Produktivitas Primer pada perairan Selat Makassar dan Laut Arafura dengan memanfaatkan citra satelit Aqua-MODIS menggunakan metode Vertically Generalized Production Model (VGPM) pada rentang waktu kajian tahun 2022-2024. Hasil penelitian menunjukan antara Selat Makassar dan Laut Arafura memiliki karakteristik oseanografi yang berbeda, dengan parameter oseanografi memiliki pengaruh yang besar terhadap Nilai Produktivitas Primer di Selat Makassar maupun Laut Arafuara. Variabilitas NPP dipengaruhi oleh perubahan parameter oseanografi dan perubahan iklim ENSO, dimana pada Selat Makassar NPP tertinggi didapatkan pada saat kondisi La-Nina sedang pada Laut Arafura mendapatkan kondisi NPP tertinggi pada saat kondisi Normal.

Kata kunci: *Nilai Produktivitas Primer, Parameter Oseanografi, ENSO, Selat Makassar, Laut Arafura*

ABSTRACT

The The Makassar Strait and Arafura Sea are strategic waters because these waters are passed by the Indonesian Throughflow which not only carries water masses but also allows nutrient transport and primary productivity. Capture fisheries yields depend on the net Primary Productivity Value resulting from phytoplankton or chlorophyll-a activity in a body of water. Primary productivity value can be influenced by oceanographic parameters, nutrients, light, and Photosynthetically Available Radiation (PAR). The purpose of this study is to determine and analyze the differences in Primary Productivity Values in the waters of the Makassar Strait and Arafura Sea by utilizing Aqua-MODIS satellite imagery using the Vertically Generalized Production Model (VGPM) method in the 2022-2024 study period. The results showed that the Makassar Strait and Arafura Sea have different oceanographic characteristics, with oceanographic parameters having a major influence on Primary Productivity Values in the Makassar Strait and Arafura Sea. NPP variability is influenced by changes in oceanographic parameters and ENSO climate change, where in the Makassar Strait the highest NPP is obtained during La-Nina conditions while in the Arafura Sea the highest NPP conditions are obtained during Normal conditions.

Keywords: *Net Primary Productivity, Oceanographic Parameters, ENSO, Makassar Strait, Arafura Sea*

PENDAHULUAN

Selat Makassar yang terlatak diantara Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi, merupakan perairan yang dilintasi Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Kondisi perairan Selat Makassar dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang menggerakan massa air dari

Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia sehingga perairan ini memiliki dinamika yang kompleks (Atmadipoera dan Widyastuti, 2014). ARLINDO membawa banyak nutrien mengalir dari Samudra Pasifik menuju ke Samudra Hindia melewati perairan di Indonesia yaitu pada Perairan Laut Arafura dan Perairan Selat Makassar. Nutrien tersebut nantinya akan menjadi sumber makanan bagi fitoplankton. Fitoplankton yang ditemukan di Selat Makassar yaitu kelas Bacillariohyceae yang sering ditemukan dengan kelimphan yang tinggi dengan genus Chaetoceros dan Nitzhia. Dari kelas Cyanophyceae yang sering ditemukan dengan kelimpahan relative tinggi Adalah Oscillatoria sedangkan kelas Chlrophyceae yang ditemukan Adalah genus Choococus (Suntaning *et al.,* 2022) Perairan Laut Arafura terletak dibagian Indonesia Timur yang berbatasan langsung dengan Australia dan Papua Nugini. Kedua wilayah perairan tersebut memiliki karakter oseanografi yang unik karena dilewati oleh ARLINDO, karena arus ini membawa massa air dengan karakteristik suhu dan salinitas yang berbeda dari biasanya, yang berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem di laut. Karakteristik oseanografi yang unik tersebut membuat kedua perairan tersebut memiliki potensi sumber daya alam hayati yang besar, termasuk ikan dan biota lainnya. Ikan, biota, dan mahluk hidup lainnya di laut sangat bergantung pada produktivitas primer di perairan (Giu *et al.,* 2020).

Produktivitas primer di perairan erat kaitannya dengan konsentrasi klorofil-a yang menjadi indikator produktivitas primer di perairan. Konsentrasi klorofil-a di suatu perairan dapat menggambarkan besarnya produktivitas primer suatu perairan dan tinggi rendah kandungan serta sebarannya sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan (Ningrum *et al*., 2022). Klorofil-a merupakan bagian dari pigmen fitoplankton yang berkaitan dengan studi variabilitas oseanografi memiliki peran penting karena kuantifikasi biomassa fitoplankton dan distribusinya merupakan aspek mendasar dalam menentukan efisiensi produksi biologis di perairan (Robles-Tamayo *et al*., 2020). Fitoplankton yang ada di perairan menjadi dasar rantai makanan pada ekosistem di laut, yang produktivitasnya sangat bergantung pada ketersediaan nutrien serta pengaruh kondisi lingkungan seperti Suhu Permukaan Laut (SPL) (Sidik *et al*., 2015). Suhu permukaan laut pada setiap periode waktu mengalami fluktuasi nilai suhu permukaan. Suhu permukaan laut akan dapat bervariasi dari bulan ke bulan sepanjang tahun, yang dipengaruhi oleh faktor faktor lingkungan seperti radiasi sinar matahari, pola angin, arus laut, serta fenomena iklim global ENSO.

Perairan Selat Makassar dan Perairan Laut Arafura sudah dikenal memiliki potensi sumber daya alamnya yang besar, hal tersebut tidak terlepas dari kondisi lingkungan dan produktivitas primer yang tinggi, namun variabilitas klorofil-a pada kedua lokasi tersebut masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Kajian yang dimaksud yaitu terutama dalam kaitannya dengan perubahan Suhu Permukaan Laut (SPL) dan iklim pada periode waktu tertentu. Informasi mengenai kajian hubungan ini sangat penting untuk pengelolaan sumber daya alam laut secara efektif dan berkelanjutan, yang mana diketahui sebelumnya bahwa perairan Selat Makassar dan Perairan Laut Arafura memiliki peran yang vital dalam ekosistem maritim di Indonesia, disebabkan oleh tingginya potensi Sumber Daya Alam yang dapat dimanfaatkan diperairan tersebut.

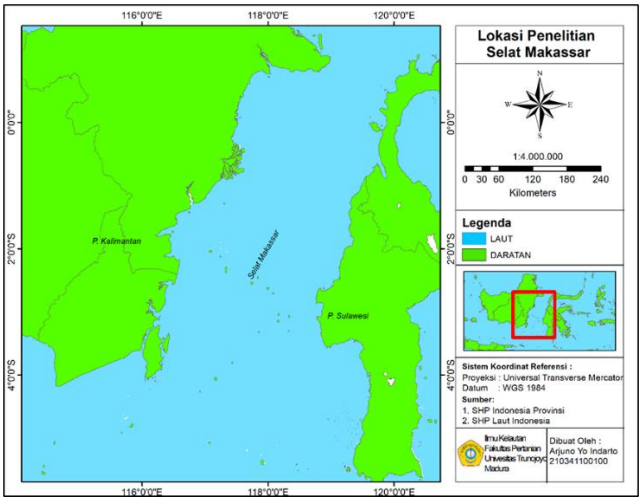
MATERI DAN METODE

Penelitian di laksanakan di Perairan Selat Makassar dan Perairan Laut Arafura dengan pengambilan data parameter oseanografi selama 3 tahun pada tahun 2022-2024. Periode ini dipilih karena rentang waktu 2022 – 2024 untuk menangkap variabilitas temporal jangka pendek hingga menengah, termasuk flutuasi musimam dan pengaruh fenomena iklim global, dengan dukungan data satelit yang konsisten dan resolusi temporal yang memadai. Titik koordinat 0.3°LU - 4°LS sampai dengan 134° - 120°BT pada perairan laut Selat Makassar. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data parameter oseanografi pada lingkungan laut yang meliputi data Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a. Photosynthetically Available Radiation (PAR), Arus, Salinitas dan Oceanic Nino Index (ONI) 3.4, yang tersaji opada table berikut

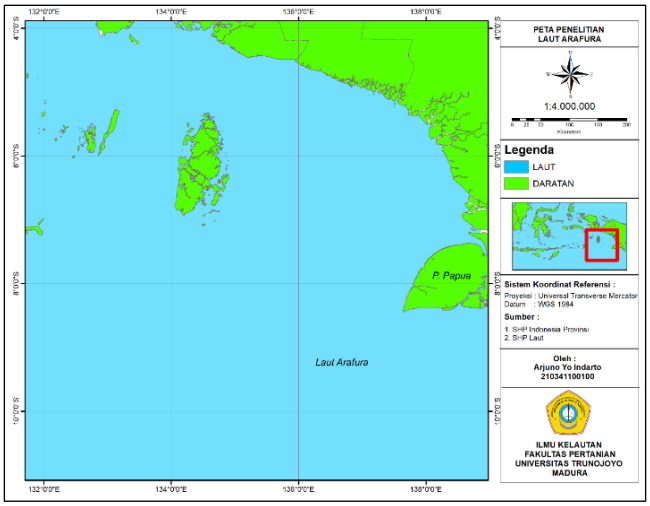
Tabel 1. Data dan Keterangan

No	Data	Resolusi		Sumber
		Spasial	Temporal	
1	Suhu Permukaan Laut	4 km	Bulanan tahun 2022-2024	https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/l3/

No	Data	Resolusi		Sumber
		Spasial	Temporal	
2.	Klorofil-a	4 km	Bulanan tahun 2022-2024	https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/l3/
3.	Photosynthetically Available Radiation (PAR)	4 km`	Bulanan tahun 2022-2024	https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/l3/
4.	Arus	13 km	Bulanan tahun 2022-2024	https://data.marine.copernicus.eu/
5.	Salinitas	9 km	Bulanan tahun 2022-2024	https://data.marine.copernicus.eu/
6.	Oceanic Niño Index (ONI) 3.4	220 km	Bulanan tahun 2022-2024	https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Selat Makassar



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Laut Arafura

Selat makassar dipilih karena merupakan jalur arus Lintas Indonesia yang memepengaruhi distribusi massa air dan nutrient, sedangkan laut Arafura dipilih karena merupakan merupakan perairan dangkaln yang subur dengan dinamika upwelling tinggi, sehingga keduanya representative untuk dikaji pengaruh parameter oseanografi terhapap produktifitas primer bersih.

Produktivitas Primer

Nilai Produktivitas Primer didapatkan dengan menggunakan beberapa parameter oseanografi yang terdiri dari Suhu Permukaan Laut (SPL), Klorofil-a, dan PAR yang berasala dari citra Aqua-MODIS (Moderate Resolution

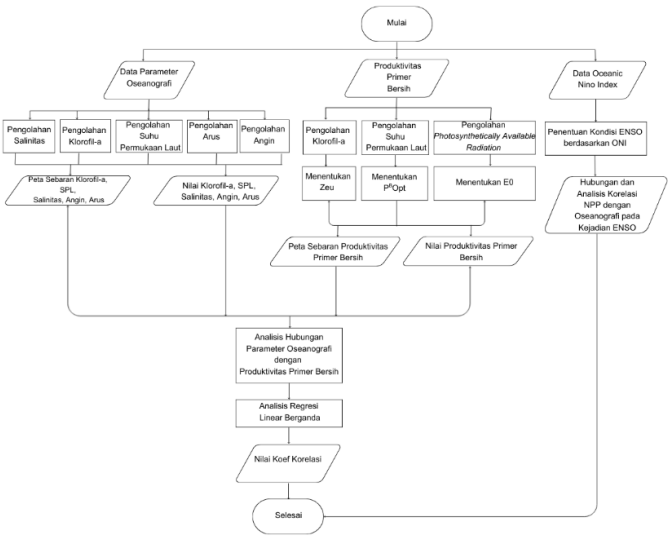
Imaging Spectro-radiometer) level 3 dengan resolusi spasial 4 km. Data-data yang sudah dikumpulkan tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai produktivitas primer bersih. Nilai produktivitas primer bersih didapatkan dengan menggunakan model Vertically Generalized Production Model (VGPM) (Behrenfeld & Falkowski, 1997). Metode VGPM ini merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui/estimasi nilai produktivitas primer bersih berbasis nilai klorofil-a yang sedang melakukan proses produksi primer dari permukaan laut menuju kedalaman eufotik (Wulandari *et al*., 2019). Data lain yang digunakan untuk memperoleh nilai produktivitas primer bersih yaitu data lama penyinaran matahari atau Day Length. Formula yang digunakan untuk perhitungan produktivitas primer bersih dengan model VGPM menurut (Behrenfeld & Falkowski dalam Anugrah *et al.,* 2023) adalah sebagai berikut :

$NPP = P^{B}Opt \times E0 \times Zeu \times Csat$

NPP merupakan Nilai Produktivitas Primer dari permukaan hingga pada kedalaman eufotik (mgC m-2 hari-1); Zeu merupakan estimasi kedalaman eufotik (m) yang diperoleh berdasarkan nilai klorofil-a; Csat merupakan nilai dari konsentrasi klorofil-a permukaan laut yang diperoleh dari data satelit Aqua-MODIS (mgChl/m3); PBopt merupakan tingkat maksimum fiksasi karbon dalam kolom air sebagai fungsi polinom SPL.

Analisa Data

Analisa data menggunakan analisa secara deskriptif dan statistik. Metode deskriptif adalah prosedur pemecahan masalah dengan menganalisa atau menggambarkan obyek dan subyek dalam penelitian yang berdasarkan pada fakta-fakta yang terjadi di lapangan. Analisa visual dianalisa dengan analisis spasial untuk mengamati pola distribusi parameter oseanografi dan Nilai Produktivitas Primer dan analisis temporal yang merupakan hasil pengolahan data menurut satuan urutan waktu tertentu. Analisa statistik menggunakan analisa regresi linear berganda dengan menggunakan Uji T dan Uji F. Jika nilai Sig F lebih kecil dari 0,05 dengan tingkat derajat kepercayaan 95% , maka hipotesis diterima berarti semua variabel independen (bebas) mempengaruhi variabel terikat dependen (terikat). Jika nilai Sig T (probabilitas) > 0,05 maka hipotesis ditolak, hal ini berarti variabel independen (bebas) tidak mempengaruhi signifikan terhadap variabel dependen (terikat).



Gambar 3. Alur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah terkait dengan pengaruh parameter oseanografi terhadap produktifitas primer bersih di perairan selat makassar dan laut Arafura. Selanjutnya, dilakukan studi literarur untuk mengkaji teori, konsep, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar ilmiah. Berdasarkan kajian tersebut, dilakukan pengumpulan data berupa parameter oseanografi seperti sushu permukaan laut, Klorofil-a, salinitas, dan arus laut. Data yang telah diperoleh kemudian melalui tahap pengolahan untuk memastikan kualitas dan kesesuaian format analisis. Tahap berikutnya Adalah analisis data menggunakan metode atatistik atau pemodelan untuk mengetahui hubungan pengaruh antar variable. Hasil analisis kemudian di interpratasikan untuk memahami pola dan Tingkat pengaruh parameter oseanografi terhadap produktifitas primer bersih. Akhirnya, penelitian ini di akhri dengan penarikan Kesimpulan yang

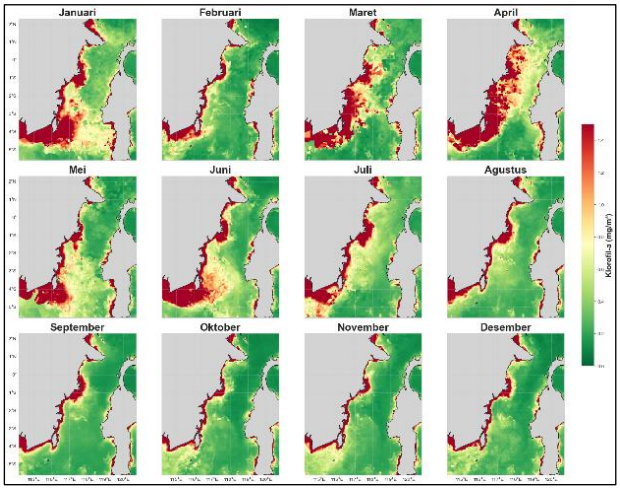
merangkum temuan utama serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Paramater Oseanografi di Selat Makassar

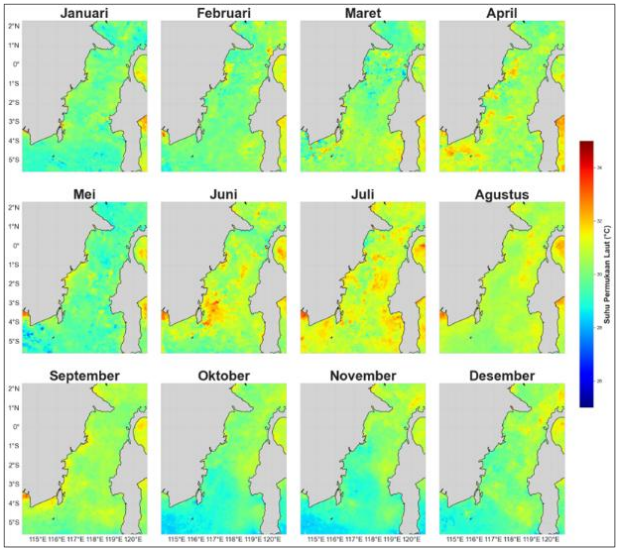
Klorofil-a

Bulan Januari – Maret dapat terlihat pada peta visualisasi terlihat konsentrasi klorofil-a yang cenderung relatif lebih tinggi (ditunjukan dengan warna merah) pada wilayah pesisir, khususnya pada bagian barat Selat Makassar. Bulan April – Juni menunjukan adanya perubahan pola sebaran klorofil-a, yang ditandai dengan beberapa lokasi pada daerah kajian yang mengalami penurunan konsentrasi klorofil-a. Juli - September pada periode ini terdapat adanya variasi persebaran klorofil-a yang Kembali meningkat, berdasarkan pengamatan pada bulan September konsentrasi klorofil-a sangat rendah. Oktober – Desember terjadi kenaikan persebaran klorofil-a yang berasal dari area pesisir. Dari hasil pengamatan konsentrasi klorofil-a yang menyebar menuju ke arah tengah perairan Selat Makassar (antara Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi) didominasi berasal dari Pulau Kalimantan karena dari Kalimantan lebih banyak sungai yang bermuara langsung ke Selat Makassar seperti Sungai Mahakam. Nilai konsentrasi klorofil-a nampak tinggi pada daerah dekat dengan pantai dibandingkan dengan perairan lepas pantai. Sebaran nilai klorofil-a dapat dilihat pada **Gambar 4.**



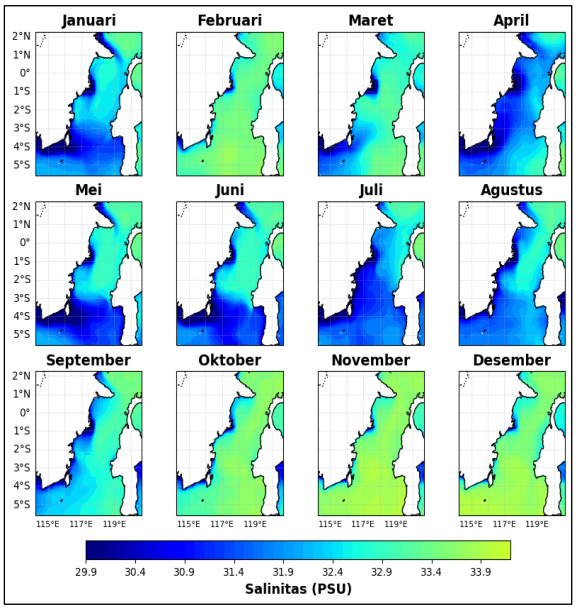
Gambar 4. Sebaran Nilai Klorofil-a Selat Makassar

Suhu Permukaan Laut dapat berubah setiap bulannya atau setiap periode waktu tahunnya, perubahan SPL tersebut dapat disebabkan oleh variabilitas perubahan pada atmosfer yang berpengaruh terhadap SPL (Tyrrell *et al.,* 2015). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perubahan SPL pada setiap periode waktu atau tahun yang terus berbeda yaitu meliputi dinamika oseanografi perairan dan atmosfer (Deser *et al.,* 2010). Peta visualisasi Rata-rata Nilai Suhu Permukaan Laut dapat dilihat pada **Gambar 5.**



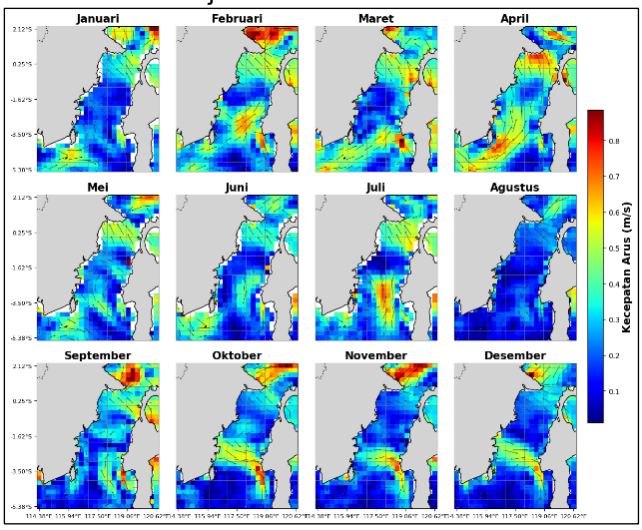
Gambar 5. Sebaran Nilai Suhu Permukaan Laut Selat Makassar

Persebaran salinitas pada Selat Makassar cenderung rendah pada daerah yang berdekatan dengan daratan terutama yang berlokasi di muara Sungai yang merupakan lokasi yang bercampuran antara air tawar dan air laut, sementara semakin menjauhi daratan salinitas menjadi lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa salinitas di perairan laut yang lebih dekat dengan daratan umumnya lebih rendah dibandingkan dengan laut lepas. Perairan yang dekat dengan pantai memiliki nilai salinitas yang lebih rendah karena masih terdapat pengaruh air tawar dari daratan. Sebaliknya salinitas di perairan laut lepas sudah tidak memiliki pengaruh dari darat sehingga memiliki nilai salinitas yang tinggi (Nybakken, 1998).Perbedaan nilai salinitas pada air laut dapat disebabkan oleh pengadukan massa air dari bawah menuju ke permukaan dan penyusupan air laut dari tengah laut menuju ke daratan (Simanjuntak, 2009). Peta visualisasi Rata-rata Nilai Salinitas dapat dilihat pada **Gambar 6.**



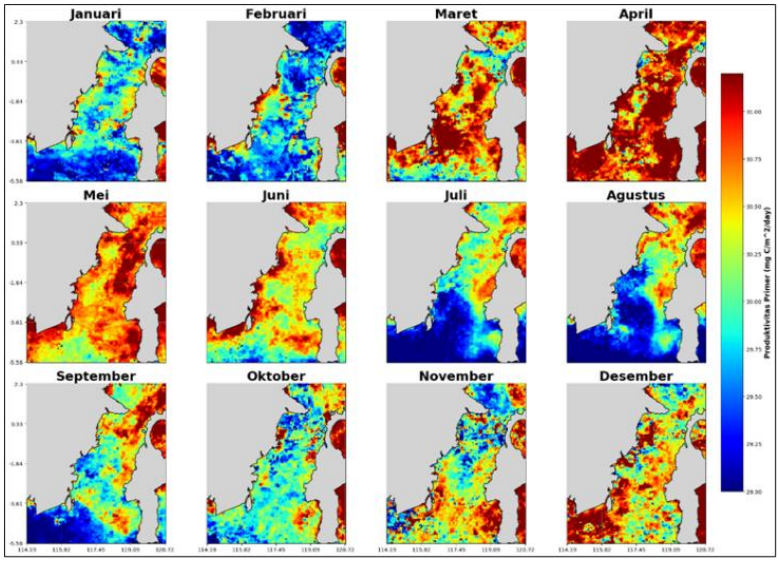
Gambar 6. Sebaran Nilai Salinitas Laut Selat Makassar

Dari hasil pengataman citra satelit dan pengolahan data citra satelit di Perairan Selat Makassar pada periode tahun 2022 – 2024, arah dan kecepatan arus terus mengalami perubahan seiring pergantian bulan. Rata – rata kecepatan arus di Selat Makassar pada periode tahun 2022 – 2024 yaitu 0.30 (m/s). Vektor arus yang mengarahkan pergerakan arah dari pegerakan arus menunjukan umumnya pergerakan arus bergerak dari arah Utara menuju ke Selatan sepanjang tahun. Kejadian tersebut sesuai dengan karakteristik ARLINDO (Arus Lintas Indonesia) yang bergerak dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia melewati Perairan Selat Makassar. Peta visualisasi Rata-rata Nilai arus dapat dilihat pada **Gambar 7.**



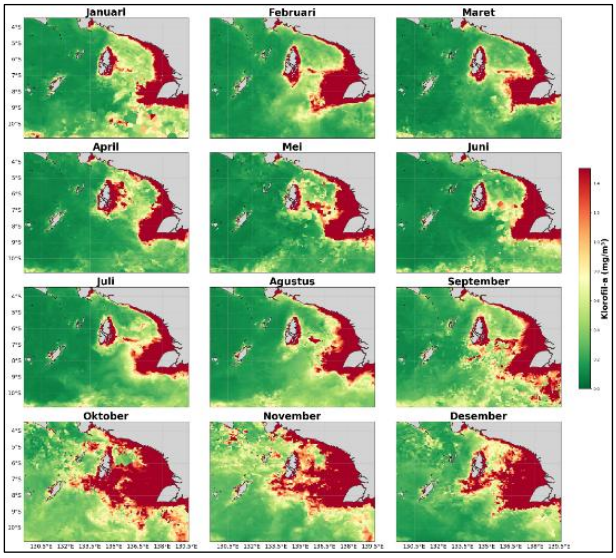
Gambar 7. Sebaran Arah dan Kecepatan Arus Selat Makassar

Pada periode bulan Januari – Maret produktivitas primernya rendah yang ditandai dengan dominasi dari warna biru pada periode bulan tersebut, hal ini berkaitan dengan rendahnya konsentrasi klorofil-a pada periode bulan tersebut. Periode bulan April – Mei berlangsung peningkatan produktivitas primer drastis yang dapat ditandai dengan warna merah yang semakin banyak, menjadi indikasi dari meningkatnya konsentrasi klorofil-a. Periode selanjutnya yaitu Juni – Agustus wilayah selatan menampilkan nilai yang lebih rendah jika dilihat perbandingannya dengan wilayah utara, yang hubungan dengan terhambatnya pertumbuhan fitoplankton pada wilayah selatan. Periode Bulan September – Desember produktivitas primer mulai didapati meningkat khususnya pada daerah area pesisir, peningkatan produktivitas primer erat kaitannya dengan peningkatan klorofil-a. Tingginya nilai produktivitas primer pada bagian area pesisir atau yang lebih dekat dengan daratan dikarenakan kawasan perairan tersebut merupakan hilir dari aliran sungai seperti Sungai Mahakam yang merupakan sungai terbesar di Provinsi Kalimantan Timur yang bermuara di Selat Makassar. Sungai membawa massa air dengan kandungan nutrien tinggi yang berasal dari daratan. Sebaran spasial dan temporal produktivitas primer di perairan dipengaruhi oleh konsentrasi biomassa fitoplankton yang berperan sebagai organisme autotrof. Kandungan klorofil dan ketersediaan fitoplankton di perairan memberikan efek yang penting pada produktivitas primer di muara (Anugrah *et al.,* 2023). Peta visualisasi Rata-rata Nilai Produktivitas Primer dapat dilihat pada **Gambar 8.**



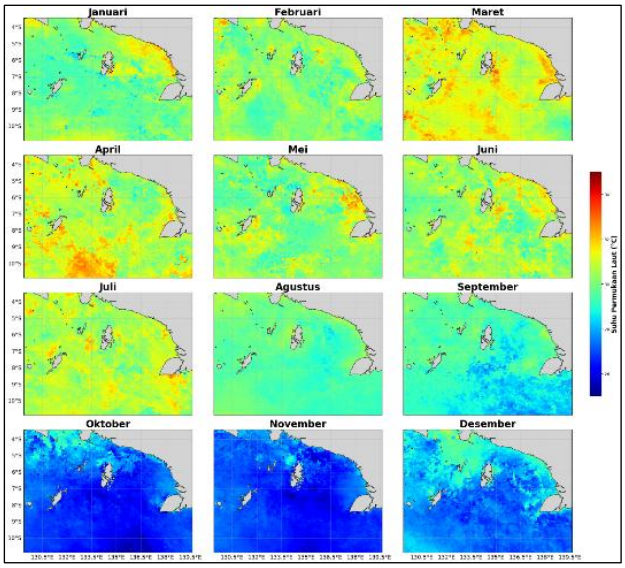
Gambar 8. Rata-rata Nilai NPP Bulanan Selat Makassar tahun 2022-2024

Bulan Desember dapat terlihat pada peta visualisasi terlihat konsentrasi klorofil-a tinggi yang ditandai dengan warna merah nyaris menyeluruh pada wilayah pesisir, khususnya pada bagian Tenggara Laut Arafura. Sebaran klorofil-a Laut Arafura dapat dilihat pada **Gambar 9**. Januari – Februari masih tetap menunjukan tinggi pada sisi wilayah pesisir meskipun persebaran klorofil-a menuju kearah laut lepas mulai berkurang. Bulan Desember – Maret merupakan periode musim barat yang menyebabkan tingginya curah hujan yang menyebabkan run off Sungai yang membawa nutrient dari daratan. Bulan Maret - Mei terjadi penurunan distribusi klorofil-a terutama pada bagian laut lepas, tetapi pada sisi pesisir menunjukan konsentrasi yang tinggi. Bulan Juni – Agustus didominasi dengan warna hijau terutama pada laut lepas yang mengalami penurunan klorofil-a, untuk wilayah pesisir tetap memiliki kadar klorofil-a yang tinggi terutama pada wilayah Tenggara. Penurunan klorofil-a pada Bulan Juni - Agustus (musim kering) dapat disebabkan oleh stratifikasi meningkat, dan suplai nutrient dari daratan menurun karena berkurangnya run off dari air hujan yang mengalir melewati Sungai (Handoko *et al*., 2024). Bulan September – November menampilkan dimulainya peningkatan klorofil-a terutama pada wilayah Selatan dan Tenggara serta lonjakan konsentrasi klorofil-a yang cukup signifikan pada bulan Oktober – November hingga menuju ke laut lepas, yang menjadikan periode ini sebagai pemulihan klorofil-a menjelang dan pada saat musim barat. Variabilitas iklim yang terjadi tahunan serta pergerakan arus diasumsikan menjadi penyebab meningkatnya klorofil-a pada periode bulan September – November.



Gambar 9. Sebaran Nilai Klorofil-a di Laut Arafura

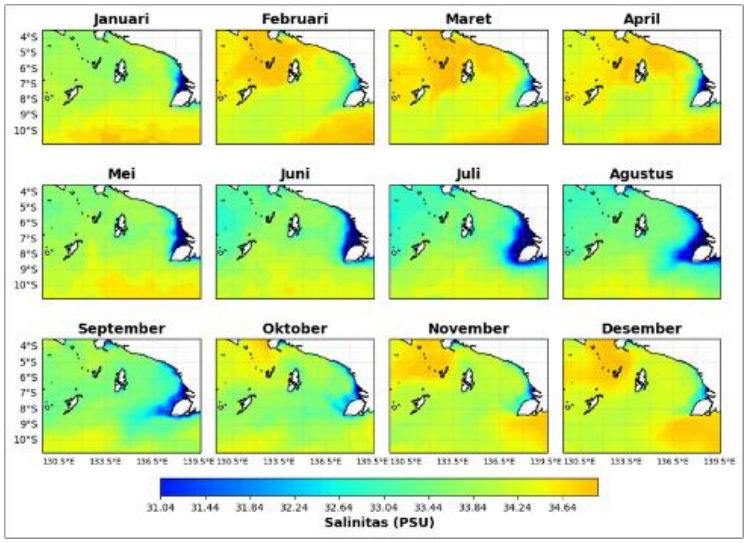
Bulan Desember – Maret didominasi oleh warna hijau kekuningan hingga merah pada seluruh wilayah dengan kisaran suhu 30°C - 32°C, menandakan terjadi pemanasan yang berasal dari radiasi sinar matahari dan kondisi perairan yang stabil. Bulan April – Mei suhu permukaan mulai mengalami sedikit penurunan namun masih ada wilayah yang hangat, yang masih didominasi dengan warna hijau kekuningan. Bulan Juni – Agustus suhu permukaan laut mulai mengalami turun secara cepat, khususnya pada bulan Agustus sudah mulai memasuki zona biru-hijau (27°C - 29°C). Hal tersebut diperkirakan terjadi akibat peningkatan pencampuran massa air laut/mixing dan upwelling. Bulan September – November pada periode bulan ini terjadi penurunan suhu permukaan laut yang signifikan, yang didominasi dengan sebaran warna biru pada spl, menandakan suhu permukaan laut mencapai titik terendahnya pada periode bulan ini (26°C - 28°C).



Gambar 10. Sebaran Nilai Suhu Permukaan Laut Arafura

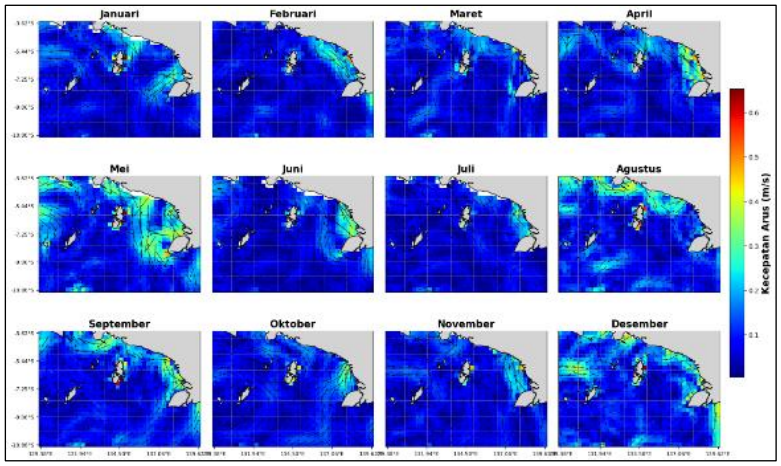
Bulan Januari – Maret salinitas cenderung tinggi pada seluruh wilayah, pada periode bulan ini terjadi musim barat, dimana terjadi saat curah hujan tinggi, tetapi salinitas belum menunjukan penurunan signifikan diperkirakan karena efek peluruhan belum dirasakan pada seluruh wilayah. Salinitas yang masih tinggi tersebut disebabkan oleh lokasi Laut Arafura yang dilewati oleh ARLINDO, yang membawa massa air asin bersalinitas tinggi dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia. Aliran arus ini dapat mempertahankan atau dapat meningkatkan nilai salinitas pada wilayah tersebut, karena massa air dari Samudra Pasifik memiliki salinitas tinggi (Gordon, 2005). April –Juni terjadi penurunan salinitas secara

drastis terutama pada wilayah pesisir, yang mana pada periode bulan ini aliran run off dari sungai maupun daratan sudah mulai sampai pada perairan. Juli – Agustus salinitas cenderung rendah khususnya dibagian pesisir, disebabkan karena tingginya masukan run off air tawar yang melewati sungai, sedangkan pada laut lepas tetap menunjukan salinitas tinggi atau stabil. Bulan September – Oktober siklus salinitas sudah mengalami pola peningkatan lagi, pada bagian pesisir salinitas sudah meningkat serta pada lepas pantai salinitas tinggi. Sebaran salinitas dapat dilihat pada **Gambar 11.**



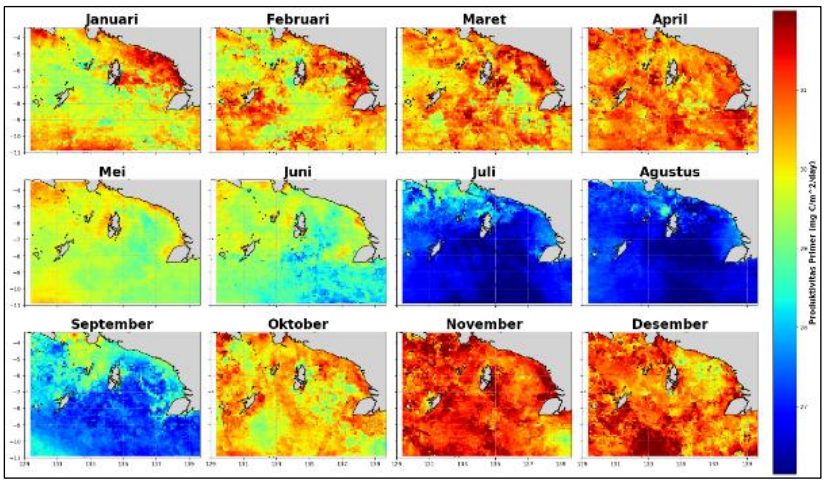
Gambar 11. Sebaran Nilai Salinitas

Terdapat dinamika arus permukaan laut yang dapar disebakan oleh pergerakan variabilitas dan dinamika angin. Warna pada peta menampilkan arus, dengan skala dari biru (mencerminkan kecepatan rendah) hingga dan merah (kecepatan tinggi). Kecepatan angin dan arah angin yang tidak stabil dapat menyebabkan melemahnya pola arus permukaan dan munculnya arus pusaran lokal (eddies), yang ditunjukkan oleh arah arus yang tidak seragam dan kecepatan yang lebih rendah, yaitu < 0.2 m/s.



Gambar 12. Sebaran Kecepatan dan Arah Arus Laut Arafura

Secara umum Nilai Produktivitas Primer di wilayah utara menunjukan produktivitas yang tinggi terutama pada wilayah pesisir atau yang dekat daratan karena diperkirakan terpengaruh oleh dekatnya dengan suplai nutrien dari daratan. Laut Arafura menjadi lokasi hilir dari aliran beberapa sungai di daratan Papua seperti sungai Hellwig, Pomats, Asewet, Digul yang membuat perairan Arafura pada bagian pesisirnya memiliki produktivitas primer yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengahnya. Sungai membawa massa air dengan kandungan nutrien tinggi yang berasal dari daratan. Sebaran spasial dan temporal produktivitas primer di perairan dipengaruhi oleh konsentrasi biomassa fitoplankton yang berperan sebagai organisme autotrof.



Gambar 13. Sebaran Nilai Produktivitas Primer Laut Arafura

Hasil analisis statistik yang menunjukkan bahwa arus laut tidak berpengaruh signifikasn terhadap produktifitas primer bersih (NPP) mengindikasikan bahwa peran arus dalam mengontrol aktivitas biologis fitoplankton tidak bersitas langsung, melainkan melalui mekanisme tidak langsung seperti distribusi nutrien dan pencamouran massa air. Secara biologis, produktivitas primen=r lebih dipengaruhi oleh ketersediaan nutrien, intersitas cahaya, dan konsntrasi klorofil-a sebagai indikator biomassa fitoplankton. Arus laut relatif stabil atau tidak mengalami variasi yang signifikan selama periode penelitian cenderung tidak mamapu menciptakan perubahan kondisi lingkungan yang cukup besar untuk memicu peningkatan atau penurunan aktifitas fotosintesis secara nyata. Atau dengan kata lain ketidaksignifikan arus menunjukkan bahwa faktor biologis seperti nutrien dan cahaya lebih dominan dalam mengontrol produktivitas primer, sedangakan arus lebih berperan sebagai faktor tidak langsung melalui distribusi massa air.

Selat makassar dan Laut Arafura memiliki karakteristik oseanografi yang kontras sehingga memberikan respons yang berbeda terhadap variabilitas iklim global seperti El Nino-Southern Oscillation (ENSO). Selat Makassar meripakan perairan dalam dan sempit yang berfungsi sebagai jalur utama Arus Lintas Indonesia, sehinggan dinamika perairannya sangat dipengaruhi oleh aliran massa air dari samudra pasifik ke samudra Hindia. Variabiltas ENSO, khususnya El Nino dan La Nina, memudulasi kekuatan arus serta distribusi suhu dan nutrien, yang pada akhirnya mempengaruhi produktivitas primer secara tidak langsung melalui perubahan dinamika fisik perairan. Sebaliknya, Laut Arafura merupakan perairan dangkal dengan paparan benua luas, sehingga lebih responsif terhadap proses lokal seperti pemanasan permukaan, pencampuran vertikal, dan upwelling yang secara langsung meningkatkan ketersediaan nutrien. Dalam kondisi El Nino, penurunan curah hujan dan perubahan pola angin dapat memperkuat proses upwelling di wilayah ini, sehingga meningkatkan produktivitas primer. Sementara pada kondisi La Nina, peningkatan curah huja dan stratifikasi perairan cenderung mengurangu internsitas pencampuran, yang dapat berdampak pada penurunan produktifias. Dengan demikian, selat makassar cenderung menunjukkan respons yang dikendalikan oleh dinamika arus skala besar, sedangkan Laut Arfura lebig dipengaruhi oleh proses lokak yang sensitif terhadap perubahan ENSO, menjadikan keduanya penting untuk dibandingkan dalam memahami variasi produktivitas primer di perairan Indinesia.

Regresi Linear Berganda

Pengaruh parameter oseanografi terhadap Nilai Produktivitas Primer di perairan Selat Makassar diperoleh hasil persamaan regresi linear berganda yaitu $Y = 360.3722 + 42.286\ X_1 - 6.0625\ X_2 - 3.4394\ X_3 - 41.8283\ X_4$. Nilai koefisien determinansi (R^2) didapati sebesar 0.85 di Selat Makassar yang menandakan Nilai Produktivitas Primer dipengaruhi oleh parameter oseanografi (klorofil-a, SPL, arus, dan salinitas) sebesar 85% dan sekitar 15% dipengaruhi oleh faktor lain. Persamaan nilai regresi linear berganda di Laut Arafura didapati yaitu $Y = 82.5097 + 38.9818\ X_1 - 2.0189\ X_2 + 0.1494\ X_3 - 2.9834\ X_4$. Nilai koefisien determinansi (R^2) didapati sebesar 0.97 di Laut Arafura yang menandakan Nilai Produktivitas Primer dipengaruhi oleh parameter oseanografi (klorofil-a, SPL, arus, dan salinitas) sebesar 97% dan sekitar 3% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji T

Selat Makassar nilai klorofil-a berpengaruh secara signifikan terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP) dengan nilai 0.00 < 0.05 dengan perolehan T hitung sebesar 7.949 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan T hitung > T tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari klorofil-a terhadap NPP. Hal yang serupa juga didapatkan oleh suhu permukaan laut di mana perubahan suhu permukaan air laut berpengaruh signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0.026 < 0.05, perolehan T hitung sebesar -2.341 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan -T hitung < -T tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari suhu permukaan laut terhadap NPP. Salinitas yang menunjukan pengaruh signifikan perubahan terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP), dengan nilai signifikansi sebesar 0.004 < 0.05, perolehan T hitung sebesar -2.696 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan -T hitung < -T tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari salinitas terhadap NPP. Arus tidak menunjukan pengaruh signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0.483 > 0.05, perolehan T hitung sebesar -1.385 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan -T hitung > -T tabel yang menandakan tidak terdapat pengaruh signifikan dari arus terhadap NPP. Di Laut Arafura Nilai Produktivitas Primer (NPP) dengan nilai klorofil-a signifikansi sebesar 0.004 < 0.05, perolehan T hitung sebesar 16.836 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan T hitung > T tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari klorofil-a terhadap NPP. Hal yang serupa juga terjadi pada variabel suhu permukaan laut dimana perubahan suhu permukaan laut berpengaruh signifikan terhadap NPP dengan nilai signifikansi sebesar 0.00 < 0.05 dengan perolehan T hitung sebesar -4.848 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan -T hitung < -T table yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari suhu permukaan laut terhadap NPP. Salinitas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP) dengan nilai signifikansi sebesar 0.834 > 0.05, perolehan T hitung sebesar 0.211 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan T hitung > T tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari salinitas terhadap NPP, tetapi berdasarkan nilai signifikansi menunjukan terdapat pengaruh signifikan salinitas terhadap NPP nilai signifikansi ini yang lebih valid untuk digunakan. Arus tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP) dengan nilai signifikansi sebesar 0.867 > 0.05, perolehan T hitung sebesar -0.169 dan T tabel sebesar 2.04 nilai ini mengartikan -T hitung > -T tabel yang menandakan tidak terdapat pengaruh signifikan dari arus terhadap NPP.

Uji F

Hasil Uji F di Selat Makassar didapati nilai F hitung yang didapatkan sebesar 39.554 dan nilai F tabel sebesar 2.678 nilai ini mengartikan F hitung > F tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari parameter oseanografi secara bersama-sama terhadap Nilai Produktivitas Primer di Selat Makassar. Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 1.15616E-12, jika nilai signifikansi yang dihasilkan < 0.05 maka parameter oseanografi berupa klorofil-a, suhu permukaan laut, salinitas, arus sangat berpengaruh terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP) di Selat Makassar secara bersamaan. Hasil Uji F di Laut Arafura didapati nilai F hitung yang didapatkan sebesar 320.6808 dan F tabel sebesar 2.678 nilai ini mengartikan F hitung > F tabel yang menandakan terdapat pengaruh signifikan dari parameter oseanografi secara bersama-sama terhadap Nilai Produktivitas Primer. Nilai sigfikansi didapatkan sebesar 9.70608E-25 yang mana nilai signifikansi tersebut yang dihasilkan < 0.05 maka parameter oseanografi berupa klorofil-a, suhu permukaan laut, salinitas, arus sangat berpengaruh terhadap Nilai Produktivitas Primer (NPP) di Laut Arafura secara bersamaan. Berdasarkan hasil Uji F yang dilakukan mendapatkan nilai signifikansi sebesar 9.70608E-25, nilai yang dihasilkan ini kurang dari 0.005.

Kesimpulan Saran

Nilai Produktivitas Primer (NPP) selama rentang waktu 2022-2024 di Selat Makassar mendapatkan hasil yang tertinggi yaitu sebesar 80.157 C/m²/day, yang terjadi pada tahun 2022, sedangkan terendah pada tahun 2024 sebesar 66.5 C/m²/day, dengan rata-rata NPP sebesar 72.49 C/m²/day, sementara hasil Nilai Produktivitas Primer (NPP) selama rentang waktu 2022-2024 di Laut Arafura mendapatkan hasil yang tertinggi yaitu sebesar 74.1 C/m²/day yang terjadi pada tahun 2024, sedangkan hasil Nilai Produktivitas Primer terendah terjadi pada tahun 2022 sebesar 62.2 C/m²/day, dengan rata-rata NPP sebesar 68.85 C/m²/day. NPP didapati paling tinggi pada Selat Makassar dibandingkan dengan Laut Arafura dengan selisih NPP pada kedua lokasi tersebut terpaut 3.64 mgC/m2/hari. Selat Makassar (perairan dalam) dipengaruhi oleh arus lintas Indonesia dan respons ENSO bersifat tidak langsung melalui perubahan arus dan suhu. Laut Arafura

(perairan dangkal) lebih dipengaruhi proses lokal seperti Upwelling, sehingga respons terhadap ENSO lebih langsung terhadap ketersediaan nutrien dan produktivitas primer. Saran dari Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan daerah potensi penangkapan ikan berbasis parameter oseanografi, mendukung pengelolaan ekosisten laut secara berkelanjutan, serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi adaptasi terhadap variabilitas ilkim seperti ENSO.

DAFTAR PUSTAKA

Anugrah, A. P., Hidayah, Z., As-Syakur, A., & Rachman, H. A. (2023). Pemanfaatan Citra Satelit Aqua-MODIS untuk Pemantauan Dinamika Spasio-Temporal Produktivitas Primer Bersih di Perairan Laut Jawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, *26*(3), 473–484. https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18222

Atmadipoera, Agus S;Widyastuti, P. (2014). a Numerical Modeling Study on Upwelling Mechanism in. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, *6*(2), 355–372.

Behrenfeld, M. J., & Falkowski, P. G. (1997). Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, *42*(1), 1–20. https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.1.0001

Deser, C., Alexander, M. A., Xie, S. P., & Phillips, A. S. (2010). Sea Surface Temperature Variability: Patterns And Mechanisms. In *Annual Review of Marine Science* (Vol. 2, Issue 1). https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120408-151453

Giu, L. O. M. G., Atmadipoera, A. S., Naulita, Y., & Nugroho, D. (2020). Struktur Vertikal Dan Variabilitas Arlindo Yang Masuk Ke Tepi Barat Laut Banda. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, *12*(2), 457–472. https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.29142

Gordon, A. L. (2005). Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow. *Oceanography*, *18*(SPL.ISS. 4), 15–27. https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.01

Handoko, E. Y., Syariz, M. A., & Hanansyah, M. P. (2024). Variasi Klorofil-a di Perairan Sekitar Laut Jawa , Laut Flores , dan Selat Makassar. *Journal of Geodesy Dan Geomatics*, *19*(3), 418–428.

Ningrum, D., Zainuri, M., & Widiaratih, R. (2022). Variabilitas Bulanan Klorofil-A Dan Suhu Permukaan Laut Pada Perairan Teluk Rembang Dengan Menggunakan Citra Sentinel-3. *Indonesian Journal of Oceanography*, *4*(2), 88–96. https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i2.14258

Nybakken, J. W. (1998). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Gramedia.

Robles-Tamayo, C. M., García-Morales, R., Valdez-Holguín, J. E., Figueroa-Preciado, G., Herrera-Cervantes, H., López-Martínez, J., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2020). Chlorophyll a concentration distribution on the mainland coast of the Gulf of California, Mexico. *Remote Sensing*, *12*(8). https://doi.org/10.3390/RS12081335

Sidik, A., Agussalim, A., & Ridho, Mohammad, R. (2015). Taman Nasional Sembilang Value Accuracy of Chlorophyll-a Concentration and Sea Surface Temperature Using Remote Sensing Data At Alanggantang Island Water Sembilang National Park. *Maspari*, *7*(2), 25–32.

Simanjuntak, M. (2009). the Corelation of Environment Factor Chemistry , Physics on Plankton. *Jurnal Perikanan*, *XI*(1), 31–45.

SINTANINGSIH, Ni Wayan; FAIQOH, Eloq; PUTRA, I Dewa Nyoman Nurweda. Distribusi Spasial Plankton Di Selat Makassar. **Journal of Marine and Aquatic Sciences**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 30-43, june 2022. ISSN 2549-7103. Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jmas/article/view/66175>. Date accessed: 30 apr. 2026. doi: https://doi.org/10.24843/jmas.2022.v08.i01.p05.

Tyrrell, N. L., Dommenget, D., Frauen, C., Wales, S., & Rezny, M. (2015). The influence of global sea surface temperature variability on the large-scale land surface temperature. *Climate Dynamics*, *44*(7–8), 2159–2176. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2332-0

Wulandari, N. N. R., Aryanti, N. L. N., & Hendrawan, I. G. (2019). Studi Variabilitas Produktivitas Primer Bersih di Perairan Selatan Indonesia Berdasarkan Data Satelit Aqua Modis. *Journal of Marine Research and Technology*, *2*(2), 38–42.