

## Analisis Sebaran Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, dan Zona Potensial Penangkapan Ikan Cakalang di Perairan Jayapura

Fernanda Gitarini Fofied<sup>1\*</sup>, Agus Hartoko<sup>2</sup>, Suradi Wijaya Saputra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan., Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

Email : fgitarini@gmail.com

### Abstrak

Suhu permukaan laut dan klorofil-a merupakan parameter oseanografi yang penting untuk mengetahui keberadaan ikan cakalang dan mempermudah dalam menganalisis daerah penangkapan yang potensial. Penelitian ini menggunakan data suhu permukaan laut dan klorofil-a dari sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) Aqua yang diunduh pada situs resmi *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Sea WIFS Data Analysis System* (SeaDAS). Tujuan dilakukan penelitian ini adalah menganalisis sebaran Suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a di Perairan Jayapura pada Musim Timur dan Musim Barat, serta memetakan zona potensial penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Perairan Jayapura berdasarkan sebaran spasial temporal musim Timur dan musim Barat. Data SPL dan klorofil satelit diolah dari 2018-2020. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada penelitian yaitu metode deskriptif. Data koordinat tangkapan ikan cakalang dan data citra SPL dan klorofil-a diolah dengan metoda geo-statistik gridding. Selanjutnya data spasial tangkapan ikan di overlaykan pada data spasial SPL dan klorofil-a. SPL di perairan Jayapura bervariasi antara 28–35°C tahun 2018-2020 Musim Timur dan Musim Barat. Variasi konsentrasi klorofil-a secara temporal rata-rata berkisar antara 0,2-0,5 mg/m<sup>3</sup> tahun 2018-2020 Musim Timur dan Musim Barat. Tangkapan ikan cakalang berkisar antara 60-1000 Kg. Daerah penangkapan ikan yang potensial adalah daerah yang konsentrasi klorofil-a tinggi dengan kisaran pada Musim Timur antara 0,1-0,5 mg/m<sup>3</sup> tahun berapa 2020 Musim Timur. Klorofil pada musim Barat 2020 berkisar antara 0,3–0,5 mg/m<sup>3</sup>. Suhu optimum untuk penangkapan ikan pada Musim Timur 2020 berkisar antara 29°C-30°C, dan Musim Barat berkisar antara 28–30 °C.

**Kata kunci:** Cakalang, Jayapura, Klorofil-a, Suhu permukaan laut

### Abstract

#### *Analysis of the Distribution of Sea Surface Temperature, Chlorophyll-a, and Potential Zones for Cakalang Fishing in Jayapura Waters*

*Sea surface temperature and chlorophyll-a are important oceanographic parameters to determine the presence of skipjack tuna and analyze potential fishing zones. This research uses sea surface temperature and chlorophyll-a data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor downloaded from the National Aeronautics and Space Administration (NASA) official website and processed the data using the Sea WIFS Data Analysis System (SeaDAS) software. The aim of this research is to analyze the distribution of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a concentrations in Jayapura waters during the East and West seasons, as well as to map the potential fishing zones for skipjack tuna (Katsuwonus pelamis) in Jayapura waters based on the temporal distribution of the East and West seasons. West. Satellite SST and chlorophyll data were processed from 2018-2020. The research method used in this research refers to research, namely the descriptive method. The coordinate data for skipjack tuna catches and SST and chlorophyll-a image data were processed using geo-statistical gridding methods. Next, the spatial data on fish catches is overlaid on the SST and chlorophyll-a spatial data. SST in Jayapura waters varies between 28–35°C in 2018-2020 East Season and West Season. The average temporal variation in chlorophyll-a concentration ranges between 0.2-*

*0.5 mg/m<sup>3</sup> in 2018-2020 East Season and West Season. Skipjack tuna catches range from 60-1000 kg. Potential fishing areas are areas with high concentrations of chlorophyll-a with a range in the East Season between 0.1-0.5 mg/m<sup>3</sup> what year is the 2020 East Season. Chlorophyll in the 2020 West season ranged from 0.3–0.5 mg/m<sup>3</sup>. The optimum temperature for fishing in the 2020 East Season is between 29°C-30°C, and the West Season is between 28–30°C.*

**Keywords:** skip jack tuna, Jayapura, Chlorophyll-a, sea surface temperature

## PENDAHULUAN

Potensi sumberdaya perikanan pelagis telah memberikan kontribusi yang nyata dalam pembangunan yang ditunjukkan dengan naiknya produksi penangkapan ikan setiap tahun (Taher *et al.*, 2020; Tangke, 2020). Salah satu andalan penangkapan adalah perikanan tuna, yang tingkat pemanfaatannya tergolong tinggi. Tidak heran kemudian permintaan dunia terus meningkat dalam berbagai bentuk. Tahun 2018 ekspor perikanan tuna mencapai 15,4% dari total ekspor komoditas utama (KKP, 2018), dengan demikian tuna Indonesia menyumbang sebanyak 95,75 ribu ton dari total 3 komoditi perikanan ekspor utama yaitu udang, tuna dan kepiting rajungan (Yonvitner *et al.*, 2020). Jenis perikanan tangkap dengan nilai ekonomis tinggi adalah sumber daya ikan cakalang, dan jenis ikan ini banyak tersebar hampir di seluruh wilayah perairan Indonesia, di bagian barat sampai dengan timur. Penyebaran ikan cakalang di Indonesia meliputi Samudera Indonesia, pantai barat Sumatera, Selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara, perairan Indonesia Timur meliputi Laut Banda, Laut Flores, Laut Maluku, Laut Makassar. Ikan cakalang merupakan bagian dari Ikan pelagis besar yang memiliki karakteristik oseanik atau memiliki sifat selalu berupaya dari suatu perairan ke perairan lain yang mempunyai kondisi oseanografi, biologis dan meteorologis yang sesuai dengan habitatnya (Syakib & Handiani, 2023) Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) merupakan salah satu sumber daya hayati laut yang sangat potensial di perairan kawasan timur Indonesia. Ikan jenis ini juga menjadi salah satu penyumbang devisa negara terbesar dari sektor non-migas. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), produksi ikan cakalang di Indonesia sebanyak 537.688 ton dengan nilai Rp 13,45 triliun pada Tahun 2022. Jumlah tersebut naik hingga 24,2% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebesar 432.845 ton dengan nilai Rp9,9 triliun. Uktolseja (1978) menjelaskan bahwa, cakalang di wilayah perairan Indonesia Timur tersedia sepanjang tahun, namun hasil

tangkapannya sangat dipengaruhi oleh jenis alat tangkap, musim penangkapan ikan, serta ketersediaan jumlah nelayan. Permasalahan yang sering terjadi dalam kegiatan penangkapan ikan yaitu nelayan tidak mengetahui area *fishing ground* di suatu perairan, sehingga sering kali hanya sedikit hasil tangkapan yang diperoleh. Nelayan tradisional pada umumnya menentukan area *fishing ground* dengan mengandalkan pengamatan dan pengalaman.

Data Dinas Perikanan Kota Jayapura menunjukkan sejak 2014 produksi ikan tangkap nelayan di Jayapura selalu melampaui target. Pada tahun 2014, produksi perikanan tangkap mencapai 22.916,63 ton atau 20,06 persen diatas target yang ditetapkan 18.318,9 ton. Kenaikan kembali terjadi pada 2017 dan 2018, dimana produksi perikanan tangkap mencapai 49.093,81 ton dan 50.913,14 ton. Data volume produksi perikanan tangkap laut Kota Jayapura Tahun 2019 tercatat 367.423 ton sedangkan tahun 2020 menjadi 379.514 ton. Nilai produksi perikanan tangkap pada tahun 2019 yaitu Rp 11.113.011.531,- dan terjadi kenaikan di tahun 2020 menjadi Rp 11.694.446.086,-. Jumlah nelayan sendiri pada tahun 2019 tercatat sebanyak 161.053 nelayan. Jumlah alat tangkap ikan yakni sebanyak 1.475 unit yang terdiri dari pancing tonda, purse seine dan bagan. Jumlah sarana penangkapan ikan yakni mencapai 1.711 unit dengan jumlah Rumah Tangga (RT) perikanan menjadi 2.180 RT.

Pada Tahun 2012 tercatat hasil tangkapan ikan cakalang yang didaratkan di PPI Hamadi Kota Jayapura yakni 153.374 ton dengan jumlah trip 415 (Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Jayapura, 2020). Kota Jayapura memberikan kontribusi produksi ikan tuna atau cakalang sebesar 3,63% dari total tangkapan ikan tuna di Indonesia pada tahun 2018 kurang lebih sebesar 181.000 ton (KKP 2019). Namun potensi ini belum dieksplorasi secara maksimal, karena pada umumnya nelayan menentukan area *fishing ground* menggunakan cara tradisional yaitu mengandalkan kebiasaan dan pengalaman tanpa didukung data mengenai lokasi

penangkapan. Hal ini mengakibatkan hasil tangkapan kurang optimal, memakan waktu yang lama dan biaya operasional yang lebih besar (Wangi dan Sunardi, 2019). Ketidakpastian hasil tangkapan disebabkan karena nelayan belum mengetahui lokasi yang potensial untuk menangkap ikan (Abidin *et al.*, 2012). Jenis kapal yang digunakan umumnya ialah 5 GT serta belum adanya alat *fish finder* sehingga alat bantu yang digunakan nelayan umumnya berupa GPS, nelayan harus menjelajah mencari tanda-tanda alam yang mereka ketahui menyebabkan biaya operasional penangkapan menjadi tinggi akibat dari tingginya biaya Bahan Bakar Minyak kapal.

Pola kehidupan ikan tidak bisa dipisahkan dari berbagai kondisi lingkungan, sehingga keberadaan ikan di suatu perairan dapat diprediksi melalui pendekatan kondisi fisika oseanografi. Faktor oseanografi seperti suhu permukaan laut, salinitas, konsentrasi klorofil laut, cuaca dan perubahannya akan mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan ikan, seperti kecepatan makan ikan, metabolisme, pemijahan, dan aktifitas lainnya. Penentuan lokasi penangkapan ikan cakalang di tentukan berdasarkan musimnya, dan kondisi musim akan berbeda di setiap perairan. Penangkapan Ikan Cakalang dapat dilakukan sepanjang tahun, akan tetapi lokasinya akan berubah-ubah bergantung musimnya (Firdaus *et al.*, 2018). Suhu Permukaan Laut (SPL) dan klorofil-a adalah dua parameter oseanografi utama untuk mengidentifikasi keberadaan ikan cakalang. Kedua parameter ini mempermudah dalam menganalisis daerah penangkapan ikan cakalang (Sariato, 2018). Di wilayah Indonesia, ikan cakalang hidup rata-rata pada suhu antara 14,7°C–30°C dan hidup di kedalaman kurang dari 260 m di bawah permukaan laut. Cakalang termasuk jenis ikan tuna dalam famili Scombridae (Syakib & Handiani, 2023) Konsentrasi klorofil-a, dimana jenis ikan ini dapat hidup berada di kisaran 0,20-0,55 mg/m<sup>3</sup> (Supyan *et al.*, 2020).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sebaran suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a di perairan laut Kota Jayapura agar dapat memberikan informasi kepada para nelayan, serta memetakan daerah potensial penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di perairan laut Kota Jayapura. Wilayah penangkapan ikan dapat ditentukan apabila terdapat informasi tentang indikator – indikator

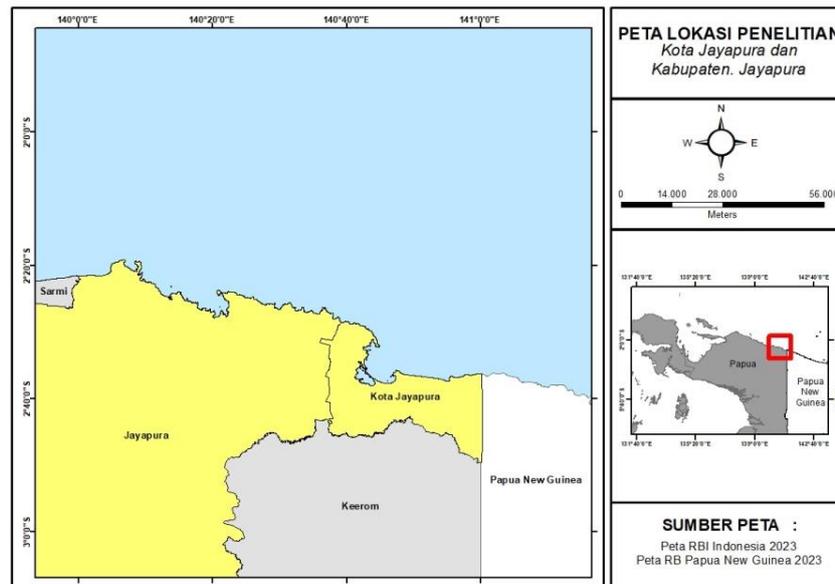
yang mempengaruhi eksistensi ikan. Indikator yang dimaksud yaitu ketersediaan makanan dan kondisi oseanografis perairan contohnya suhu permukaan laut (SPL) perairan serta konsentrasi parameter klorofil-a (Takwir *et al.*, 2021) Dengan mengetahui parameter oseanografi terutama suhu dan klorofil-a optimum dari suatu spesies ikan pada suatu perairan, maka data tersebut dapat digunakan untuk menduga keberadaan kelompok ikan dengan tujuan penangkapan atau eksploitasi (Tangke, 2020). Penginderaan jauh merupakan suatu teknik yang dapat diaplikasikan untuk pengamatan parameter oseanografi perairan seperti kandungan klorofil-a dan SPL.

## MATERI DAN METODE

Penggunaan data satelit Aqua-MODIS sangat baik untuk pemantauan SPL karena mempunyai resolusi temporal yang tinggi, sehingga dinamika dan gejala perubahan SPL dapat diamati secara berkala dan kontinu serta pola sebarannya dapat dianalisis. Lokasi penelitian dibatasi hanya pada perairan Jayapura (Kota dan Kabupaten Jayapura), Provinsi Papua (Gambar 1). Data pada penelitian ini menggunakan citra SPL satelit Aqua-MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Level 3 komposit bulanan periode Juni 2011 sampai Mei 2015 dengan resolusi spasial 4km x 4km yang diunduh dari situs NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) dalam format Hierachial Data Format (HDF).

Penelitian ini dilaksanakan di perairan laut Jayapura, Provinsi Papua WPPNRI 717 (Gambar 1) . Sumber data hasil tangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) diperoleh melalui pengambilan informasi di Dinas Perikanan Kota Jayapura, suhu permukaan laut bulanan,serta klorofil-a. Selanjutnya, data hasil tangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) akan dibandingkan terhadap data suhu permukaan laut dan klorofil-a.

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan pada September 2023 dengan menggunakan citra SPL satelit Aqua-MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) Level 3 komposit bulanan periode Januari-Desember selama 2018 hingga 2020 dengan resolusi spasial 4km x 4km yang diunduh dari situs NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Alat yang digunakan adalah perangkat keras yaitu perangkat lunak yang terdiri dari VMware Player (untuk menjalankan Seadas 7.5.3), Seadas 7.5.3 (untuk mengolah data mentah dari satelit Aqua



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Modis menjadi format .ascii), Microsoft Excel 2007 (untuk membuka data format .ascii), Notepad (untuk menyimpan data .ascii dari Microsoft Excel), ER-Mapper 7.0.

Data numerik SPL dan klorofil-a AquaMODIS dilakukan proses interpolasi spasial metoda geostatistik gridding, selanjutnya dioverlay dan layout peta sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a (Hartoko & Helmi, 2004; Hartoko, 2013a, 2013b, 2013c). Pengolahan data klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) diperoleh dari database NASA yaitu oceancolor dalam bentuk format NetCDF (*Network Common Data Form*). Hasil proses pengolahan dan pengunduhan data kemudian diolah memakai perangkat lunak SeaDAS 7.5.3. Pada software SeaDAS 7.5.3., digunakan dengan pemotongan citra (*cropping*). Setelah melakukan pemotongan citra dilakukan mengolah di Microsoft Excel untuk menghilangkan nilai “NaN” supaya tidak terbaca oleh satelit karena menghalangi objek seperti awan. Selanjutnya, pengolahan menggunakan ArcGIS 10.3 sebagai membuat dan menampilkan hasil pengolahan data menjadi visual. Metode penelitian menggunakan metode eksploratif, yaitu untuk mencari tahu suatu kejadian tertentu atau hubungan antara dua atau lebih variabel, dimana variabel tersebut yaitu suhu permukaan laut dan klorofil-a (*independent variable*), dan hasil tangkapan ikan cakalang (*dependent variable*). Sebaran Konsentrasi klorofil-a dan suhu

permukaan laut secara spasial ditentukan dengan melakukan analisis visual terhadap peta sebaran konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Data musim Barat yaitu Oktober hingga Maret diolah dan ditentukan rata-ratanya begitupun dengan data musim Timur yaitu April hingga September.

Analisis statistik yang digunakan yaitu Regresi Polynomial untuk mencari hubungan antara variabel bebas x (SPL dan klorofil-a) terhadap variabel terikat y (hasil tangkapan ikan cakalang). Hasil tangkapan sangat dipengaruhi oleh musim angin, masa musim-musim yang terdapat banyak ikan yakni pada saat musim angin barat dan musim angin timur berlangsung. Lintang, *et al* (2012) dalam penelitiannya melaporkan bahwa peningkatan hasil tangkapan disebabkan kondisi perairan yang sesuai serta ketersediaan makanan yang banyak bagi ikan tuna. Hal ini juga dipengaruhi oleh cuaca. Pada saat waktu angin bertiup dengan kencang diikuti gelombang yang tinggi, nelayan enggan turun ke laut yang mengakibatkan hasil tangkapan juga menurun.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Angin musim barat adalah angin yang berhembus dari Benua Asia ke Benua Australia dan mengandung curah hujan yang banyak di Indonesia bagian barat. Angin musim barat menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan (Sudarto, 2011). Muson barat terjadi sekitar bulan Oktober

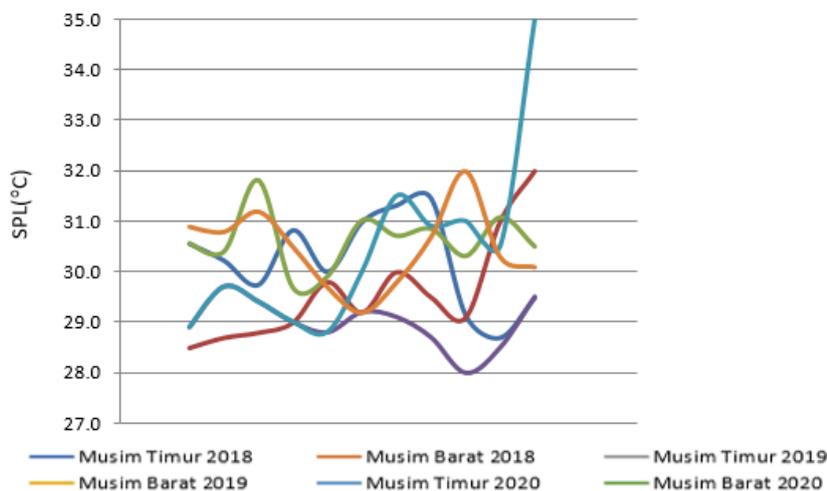
hingga Maret dan wilayah perairan Indonesia mempunyai kecepatan maksimum 10 m/s. Rata-rata lokasi perairan Indonesia memiliki kecepatan angin sekitar 8 m/s (Dida, *et al.*, 2016). Sedangkan Musim Timur terjadi pada bulan April hingga Agustus ketika matahari bergeser ke belahan bumi Utara. Angin ini tidak banyak membawa uap air atau menurunkan hujan karena hanya melewati laut kecil dan jalur sempit seperti Laut Timor, Laut Arafuru, dan sebagian selatan Irian Jaya dan Nusa Tenggara. Dida, *et al* (2016) dalam penelitiannya melaporkan bahwa pada bulan April sampai dengan September atau dikenal dengan muson timur, wilayah Indonesia memiliki kecepatan angin yang cukup besar khususnya wilayah selatan khatulistiwa dengan kecepatan minimum 6 m/s dan kecepatan maksimum 12 m/s.

**Suhu permukaan laut (SPL)**

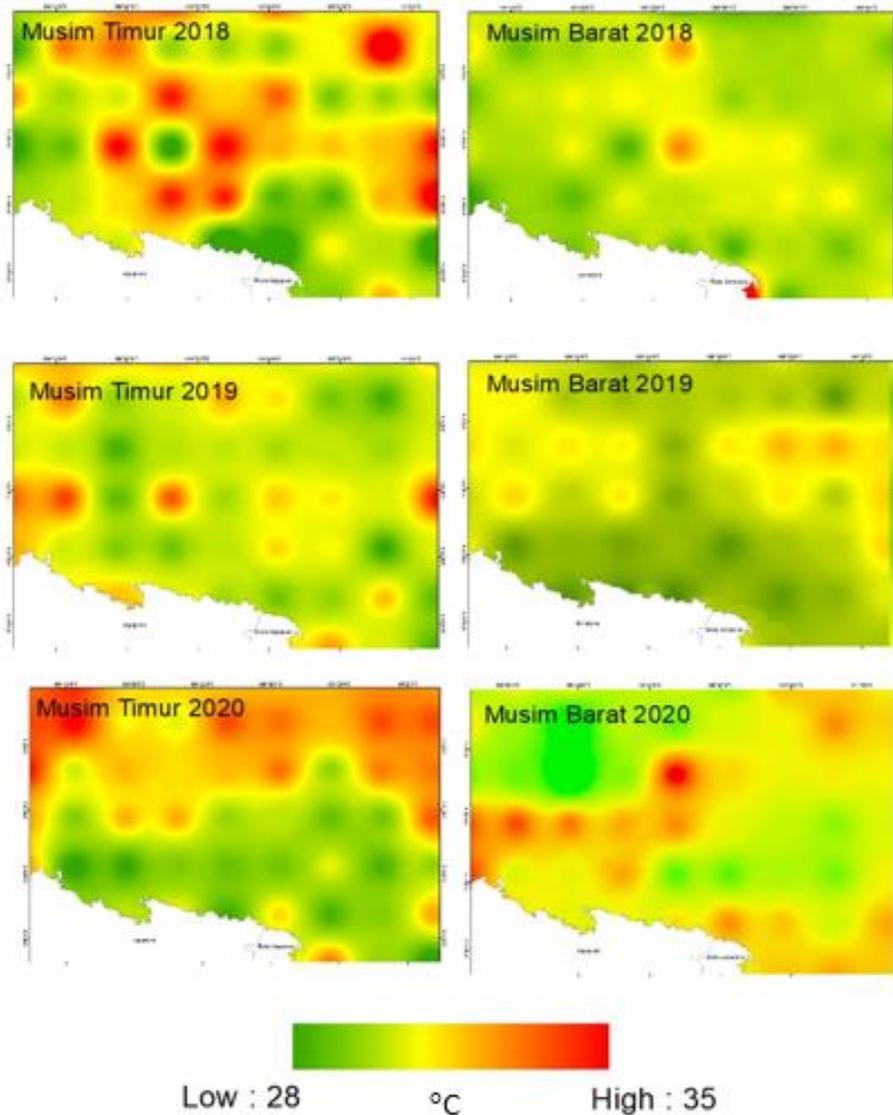
Diketahui bahwa suhu yang ditemukan pada daerah penelitian yakni di perairan Jayapura berkisar antara 28-30°C masih optimum bagi kehidupan cakalang yaitu suhu hangat walaupun terdapat kisaran yang lebih. Hamuna *et al.* (2015) melaporkan bahwa SPL di perairan Jayapura mengalami variasi secara musiman. Secara umum nilai rata-rata SPL maksimum di perairan Jayapura terjadi pada Musim Timur dengan rata-rata suhu musiman 29 °C dan minimum pada bulan Musim Timur dengan rata-rata suhu musiman 28 °C. Dengan kata lain, perairan Jayapura memiliki potensi perairan yang cukup bagi ketersediaan ikan cakalang. SPL yang hangat disebabkan curah hujan yang rendah. Kondisi sebaliknya terjadi saat curah hujan tinggi menyebabkan suhu permukaan laut menjadi rendah. Sebaran SPL jika dihubungkan

dengan adanya pergerakan arah dan kecepatan angin akan memperkuat pernyataan bahwa tinggi atau rendahnya nilai SPL dipengaruhi oleh angin dan perubahan musim.

Karakteristik SPL di perairan Kota Jayapura pada umumnya relatif hampir sama dengan perairan lainnya di Indonesia yang juga menunjukkan kisaran SPL relatif tinggi yang merupakan ciri khas dari perairan tropis. Hal ini didasari oleh posisi geografis Indonesia yang terletak di daerah khatulistiwa dengan tingkat pemanasan sinar matahari pada daerah khatulistiwa yang relatif tinggi, dimana kisaran SPL di perairan Indonesia rata-rata berkisar antara 26°C–31°C (Gaol *et al.*, 2014). Secara temporal, variasi nilai SPL di perairan Jayapura selama kurun waktu musim timur 2018 sampai musim barat 2020 dapat dilihat pada gambar 2. Nilai rata-rata SPL bervariasi antara 28°C–35°C dengan suhu minimum 28,5°C pada musim barat tahun 2019 dan suhu maksimum 35°C pada musim timur tahun 2019. Hal ini menunjukkan bahwa dengan suhu tersebut ikan cakalang masih dapat beradaptasi. Kondisi ini juga sesuai dengan hasil penelitian Gunarso (1985) suhu yang ideal untuk ikan cakalang antara 26°C–32°C. Secara umum pola hubungan suhu permukaan laut dengan hasil tangkapan ikan cakalang adalah linier. Sedangkan pola yang sebenarnya adalah bahwa hubungan antara suhu permukaan laut dengan hasil tangkapan ikan cakalang adalah berbanding terbalik. Dimana seharusnya bahwa ketika suhu permukaan laut meningkat maka hasil tangkapan ikan cakalang akan menurun, sedangkan ketika suhu permukaan laut menurun maka hasil tangkapan ikan cakalang akan meningkat.



**Gambar 2.** Grafik variabilitas temporal SPL Data Satelit Aqua MODIS



**Gambar 3.** Sebaran Spasial Suhu Permukaan Laut Data Satelit Aqua MODIS

### Sebaran Spasial Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Jayapura

SPL termasuk salah satu faktor penting untuk kehidupan biota laut karena suhu sangat mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan organisme yang ada di suatu perairan. Suhu permukaan laut yang optimum untuk penangkapan ikan cakalang bisa bervariasi, tergantung perubahan waktu dan tempat. Penyebaran ikan cakalang di suatu perairan secara dominan dipengaruhi oleh suhu permukaan laut. Hela dan Laevastu (1970) menyebutkan bahwa fluktuasi suhu dan perubahan geografis merupakan faktor penting dalam merangsang dan menentukan konsentrasi gerombolan ikan. Suhu menempati peranan dalam penentuan daerah penangkapan ikan, akan tetapi penyebaran ikan cakalang juga

dipengaruhi oleh faktor oseanografi lain. Dengan sebaran spasial SPL yang relatif stabil yakni kisaran suhu 28°C–30°C maka perairan Kota Jayapura memiliki suhu yang ideal untuk ikan cakalang.

Nontji (1987) menjelaskan bahwa suhu merupakan suatu parameter oseanografi umum yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan sumber daya hayati, terlebih pada kehidupan ikan di perairan. Fluktuasi suhu permukaan laut sangat dipengaruhi oleh jumlah panas yang diberikan oleh matahari (Wely, 1970). Suhu permukaan laut dan klorofil-a merupakan dua indikator yang sangat memengaruhi keberadaan ikan di perairan, khususnya ikan cakalang karena ikan ini tergolong suka melakukan imigrasi untuk kelangsungan hidupnya. Setiap spesies ikan memiliki

kemampuan beradaptasi pada habitat dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

Profil sebaran spasial rata-rata SPL perairan Jayapura berdasarkan musim disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan visualisasi sebaran spasial rata-rata SPL bulanan di perairan Jayapura cenderung meningkat. SPL perairan Jayapura akan menyebar secara merata pada seluruh perairan atau dengan variasi SPL yang relatif kecil. Rata-rata SPL bulanan pada Musim Timur dan Musim Barat menunjukkan sebaran spasial SPL yang relatif stabil, ini terlihat dari kisaran suhu yang mendominasi yaitu kisaran suhu 28°C-30°C. Pada akhir Musim Timur SPL menjadi tinggi dan menyebar merata ke seluruh perairan Jayapura dimana hampir seluruh perairan Jayapura memiliki suhu diatas 29°C.

Secara umum, berdasarkan visualisasi sebaran spasial rata-rata SPL bulanan di perairan Jayapura cenderung mengalami fluktuasi berdasarkan musim. Perairan lepas pantai atau jauh dari pesisir akan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan perairan dekat pesisir. Akan tetapi pada bulan-bulan tertentu, SPL perairan Jayapura akan menyebar secara merata pada seluruh perairan atau dengan variasi SPL yang relatif kecil. Bila dibandingkan dengan musim-musim yang lainnya, suhu perairan Jayapura pada musim timur didominasi oleh suhu hangat, dimana intensitas penyinaran dari matahari relatif sedang sampai tinggi. SPL pada musim timur menunjukkan sebaran spasial SPL mengalami fluktuasi suhu tinggi, terutama pada musim timur tahun 2019 dan musim timur 2018.

Pada daerah yang lebih dekat dengan pesisir, rata-rata SPL didominasi oleh suhu 28°C dan pada perairan lepas pantai 29°C-30°C. SPL yang rendah pada Musim Barat Tahun 2019 diduga berhubungan dengan curah hujan yang sangat tinggi. Hal ini terjadi karena perbedaan jumlah penyinaran atau pemanasan air laut oleh sinar matahari yang lebih tinggi pada musim timur, dan sebaliknya pada musim barat lebih banyak terjadi hujan di wilayah Indonesia. Menurut Aldrian dan Susanto (2003) bahwa terdapat korelasi antara SPL dengan kondisi curah hujan. Sebagai perairan yang berada di wilayah tropis dan dekat dengan garis khatulistiwa, maka sepanjang tahun kondisi SPL di perairan Jayapura umumnya cenderung hangat. Akan tetapi dengan adanya pergantian musim yang terjadi sangat berdampak pada fluktuasi nilai SPL, walaupun dengan tingkat fluktuasi yang kecil. Pola fluktuasi SPL perairan Jayapura dan beberapa

penelitian terkait lainnya seperti Savitria *et al.* (2013) menunjukkan bahwa SPL di perairan Jayapura dan perairan utara Papua umumnya lebih tinggi pada musim timur dibandingkan musim barat dengan pola fluktuasi naik-turunnya nilai SPL adalah 3 bulanan (musiman).

Variasi bulanan SPL perairan Jayapura cenderung sama dengan perairan utara Raja Ampat yang menyerupai variasi bulanan SPL di Samudera Pasifik bagian selatan (Savitria *et al.*, 2013) Pola tahunan SPL perairan Jayapura memiliki puncak tinggi pada bulan Mei-Juni (musim timur) puncak rata-rata SPL bulanan terendah pada bulan Januari-Maret (musim barat). Hasil penelitian ini relatif sama dengan pola tahunan SPL pada region Maluku, sebagian Papua dan utara Papua. Menurut Aldrian *et al.* (2007) bahwa pola tahunan pada region Maluku, sebagian Papua dan utara Papua memiliki puncak pada bulan Mei-Juli, dimana SPL di Pasifik barat di timur laut Indonesia lebih hangat daripada SPL di selatan Indonesia. Angin munson timur tidak banyak menurunkan hujan sehingga menyebabkan wilayah Indonesia akan mengalami musim kemarau. Pergerakan angin munson timur menyebabkan wilayah perairan Indonesia, termasuk perairan Jayapura (utara Papua) memiliki suhu perairan yang relatif tinggi.

Sebagai perairan yang berada di wilayah tropis dan dekat dengan garis khatulistiwa, maka sepanjang tahun kondisi SPL di perairan Jayapura umumnya cenderung hangat. Akan tetapi dengan adanya pergantian musim yang terjadi sangat berdampak pada fluktuasi nilai SPL, walaupun dengan tingkat fluktuasi yang kecil. Pola fluktuasi SPL perairan Jayapura dan beberapa penelitian terkait lainnya seperti Savitria *et al.* (2013) dan SPL di perairan Jayapura dan perairan utara Papua umumnya lebih tinggi pada musim timur dibandingkan musim barat dengan pola fluktuasi naik-turunnya nilai SPL adalah 3 bulanan (musiman).

Variasi bulanan SPL perairan Jayapura cenderung sama dengan perairan utara Raja Ampat yang menyerupai variasi bulanan SPL di Samudera Pasifik bagian selatan (Savitria *et al.*, 2013). Pola tahunan SPL perairan Jayapura memiliki puncak tinggi pada bulan Mei-Juni (musim timur) dan Oktober-November (peralihan timur-barat) dengan rata-rata SPL bulanan yang tidak berbeda jauh, sedangkan sebagai perairan yang berada di wilayah tropis dan dekat dengan garis khatulistiwa, maka sepanjang tahun kondisi SPL di perairan Jayapura umumnya cenderung hangat. Akan tetapi dengan

adanya pergantian musim yang terjadi sangat berdampak pada fluktuasi nilai SPL, walaupun dengan tingkat fluktuasi yang kecil.

**Regresi Polinomial antara Hasil Tangkapan terhadap Suhu Permukaan Laut**

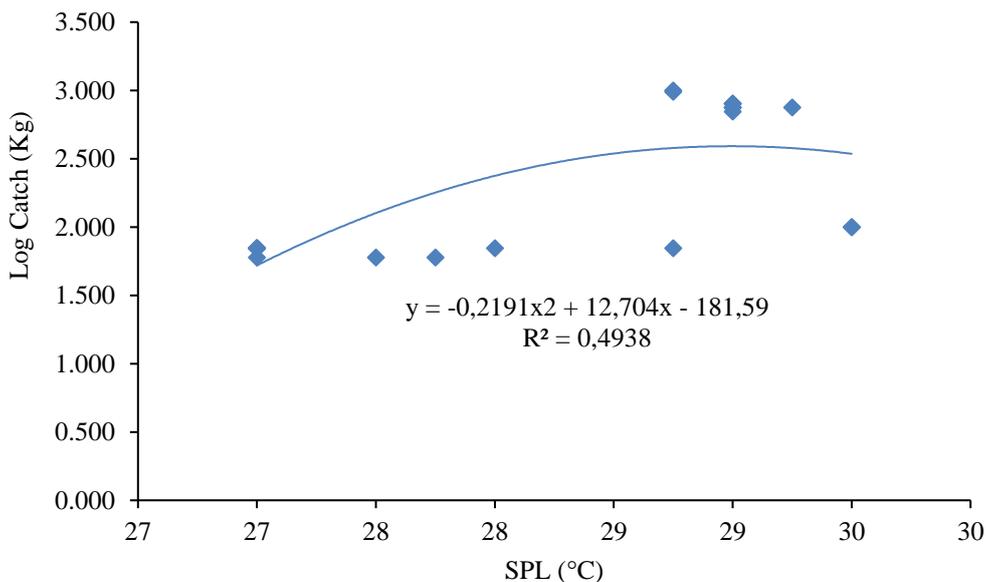
Pada analisis ini dilakukan korelasi antara SPL dengan hasil tangkapan ikan cakalang dihasilkan nilai korelasi nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,4938 dengan persamaan regresi  $y = 0.2191x^2 + 12.704x - 181.59$  artinya 13% menjelaskan model persamaan regresi yang diperoleh. Hasil analisis regresi polinomial menunjukkan hubungan antara SPL dan hasil tangkapan ikan cakalang sangat kecil Gambar 4. Dalam korelasi SPL dengan hasil penangkapan ikan cakalang Gambar 4, berdasarkan grafik menunjukkan bahwa hubungan dimana semakin tinggi SPL maka hasil tangkapan semakin meningkat. peningkatan hasil tangkapan secara drastis terjadi pada suhu yang berkisar sekitar 28°C. Hal ini sesuai dengan penelitian Setiawati *et al.* (2015) bahwa hasil tangkapan tidak selalu berpengaruh terhadap sebaran SPL melainkan juga di pengaruhi oleh klorofil-a dan kedalaman. Kondisi ini membuktikan bahwa ikan cakalang masih dapat mentolerir SPL sampai 30°C. Penyebaran ikan cakalang di suatu wilayah perairan tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor oseanografi tertentu. Kemungkinan penyebaran ikan cakalang di suatu tempat secara dominan dipengaruhi oleh SPL tetapi di daerah lain

penyebarannya dipengaruhi oleh arus. Disamping itu, pengaruh SPL terhadap penyebaran ikan cakalang untuk perairan tropis adalah kecil karena suhu relatif sama (konstan) sepanjang tahun.

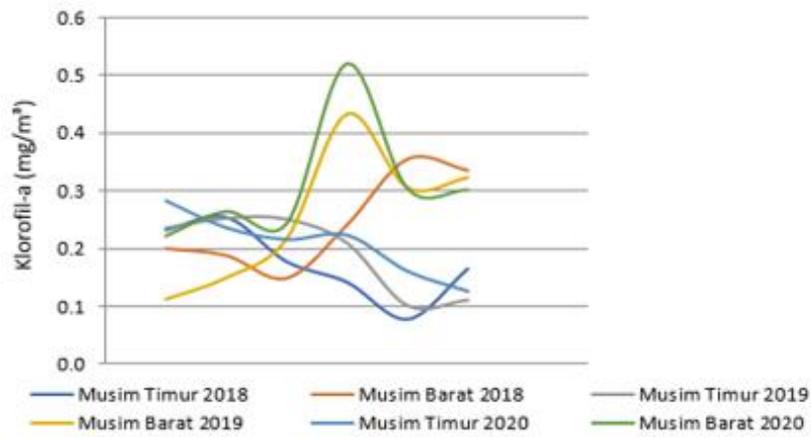
**Klorofil-a**

Salah satu parameter oseanografi yang penting untuk mendeteksi habitat ikan pelagis yaitu Klorofil-a. Dalam penelitian ini, diamati kisaran klorofil-a yang sesuai untuk spesies pelagis ikan cakalang yang dapat digunakan untuk mengetahui daerah potensial penangkapan. Konsentrasi klorofil-a pada lokasi penelitian pada Musim Timur maupun Barat Tahun 2018-2020 yaitu rata-rata berkisar antara 0,2-0,5 mg/m<sup>3</sup>.

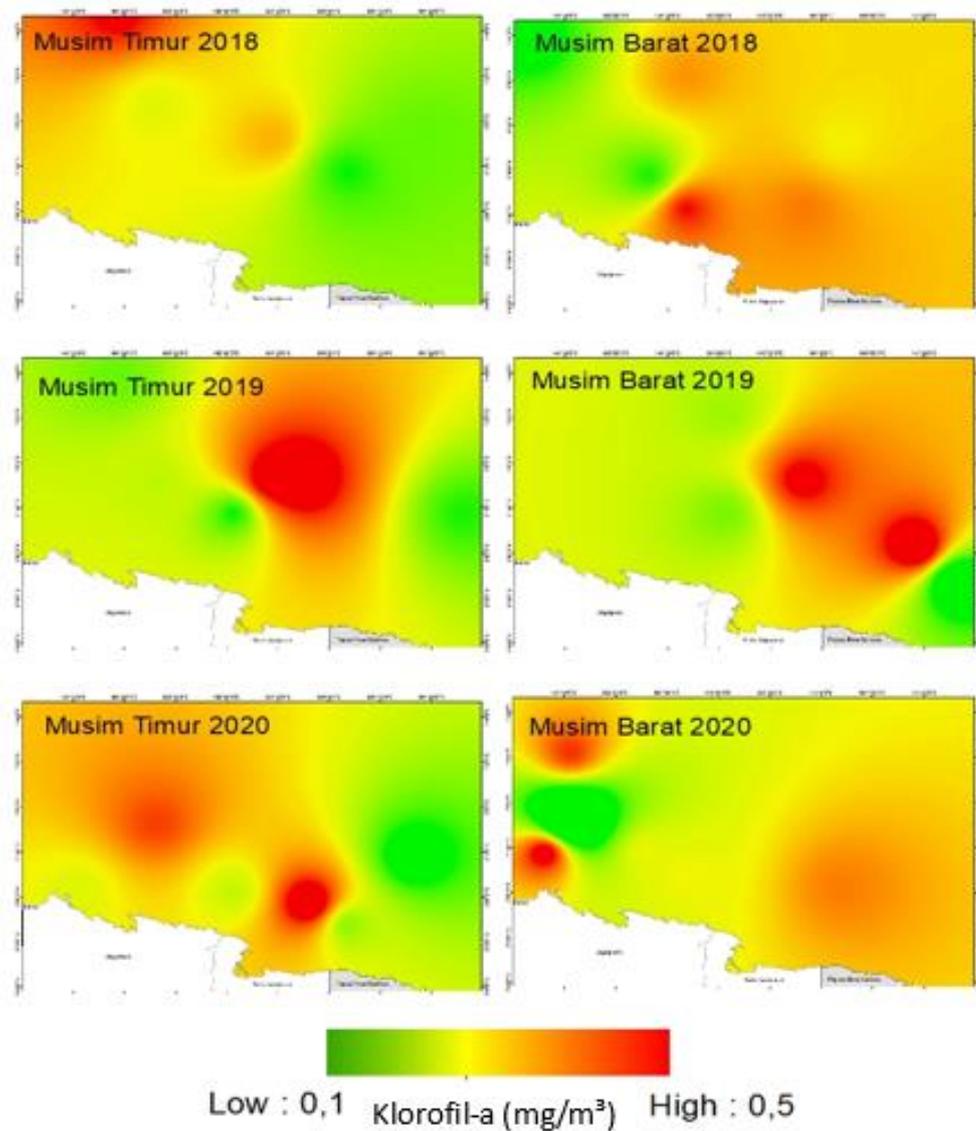
Hasil yang diperoleh dari pengukuran variasi konsentrasi klorofil-a secara temporal tersaji pada Gambar 5. Pada Gambar 5. menunjukkan bahwa pada Musim Timur 2018 sampai Musim Barat 2020 terlihat konsentrasi klorofil-a yang berfluktuasi, berkisar antara 0,1-0,5 mg/m<sup>3</sup> dengan konsentrasi terendah 0,15 mg/m<sup>3</sup> pada Musim Timur 2018 dan tertinggi 0,52 mg/m<sup>3</sup> pada Musim Barat 2020. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Titaheluw *et al.* (2022) bahwa fluktuasi nilai konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Ternate erat kaitannya dengan kelimpahan fitoplanton, dimana klorofil-a merupakan pigmen yang terdapat pada sel fitoplankton (terutama diatom) yang menyebabkan sebaran klorofil-a terdistribusi secara horizontal.



**Gambar 4.** Grafik Polinomial antara Hasil Tangkapan dan Suhu Permukaan Laut



**Gambar 5.** Grafik Variabilitas Temporal Klorofil-a Data Satelit Aqua MODIS



**Gambar 6.** Sebaran Spasial Klorofil-a Data Satelit Aqua MODIS

Klorofil-a digunakan sebagai indikator kelimpahan fitoplankton di suatu perairan dan merupakan salah satu parameter yang berpengaruh dalam menentukan produktivitas primer di perairan. Tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan sangat tergantung dengan kondisi oseanografi suatu perairan. Beberapa parameter yang mempengaruhi dan mengontrol sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya dan nutrient (Ayuningtyas, 2006). Klorofil-a berkaitan erat dengan produktivitas primer yang ditunjukkan dengan besarnya biomassa fitoplankton yang menjadi rantai pertama makanan ikan-ikan kecil yang kemudian akan menjadi makanan bagi ikan-ikan besar termasuk ikan pelagis seperti ikan cakalang. Menurut Amiruddin (1993), faktor yang dapat meningkatkan konsentrasi klorofil-a di suatu perairan salah satunya adalah dengan adanya upwelling yang disebabkan oleh sistem angin monsun.

### Sebaran Spasial Konsentrasi Klorofil-a

Rata-rata konsentrasi klorofil-a di lokasi penelitian (Gambar 6) berkisar antara 0,1-0,5 mg/m<sup>3</sup>. Pada Musim Timur hingga Musim Barat konsentrasi klorofil-a terlihat di hampir seluruh wilayah menyebar homogen dengan kisaran konsentrasi pada Musim Barat relatif lebih tinggi dibandingkan pada Musim Timur. Kondisi ini diduga terjadi karena pengaruh dari pergerakan massa air kaya nutrien. Nutrien memiliki pengaruh besar dalam penyebaran konsentrasi klorofil-a di perairan. Tujuan dari deteksi klorofil-a di perairan berdasarkan musim yaitu untuk mengetahui sebaran dan perubahannya secara spasial dan temporal. Sebaran distribusi klorofil-a sebagaimana pada Gambar 6 menunjukkan bahwa klorofil-a Musim Timur maupun Barat dengan konsentrasi 0,3-0,4 mg/m<sup>3</sup> dominan berada di perairan dekat daratan. Konsentrasi klorofil-a di perairan pantai dan pesisir lebih tinggi disebabkan karena adanya pasokan suplai nutrien melalui *run-off* sungai dari daratan, sedangkan rendahnya konsentrasi klorofil di perairan lepas pantai seperti saat musim timur tahun 2018 karena tidak adanya suplai nutrien dari daratan secara langsung (Nybakken, 1992). Menurut Garini *et al.* (2021) tinggi rendahnya kandungan klorofil-a berkaitan erat dengan pasokan nutrien dari darat melalui aliran sungai. Pola distribusi horizontal klorofil-a didominasi perairan dekat dengan daratan, seperti sungai, mulut sungai, dan pinggir teluk, kemudian secara bertahap sedikit menurun ke arah

tengah teluk dan lebih rendah lagi ke arah terluar teluk (Marlian *et al.*, 2015). Distribusi dari kandungan nitrat dan fosfat dengan klorofil-a secara linier menunjukkan keeratan yang tinggi dengan konsentrasi tinggi di muara dan semakin rendah ke arah laut.

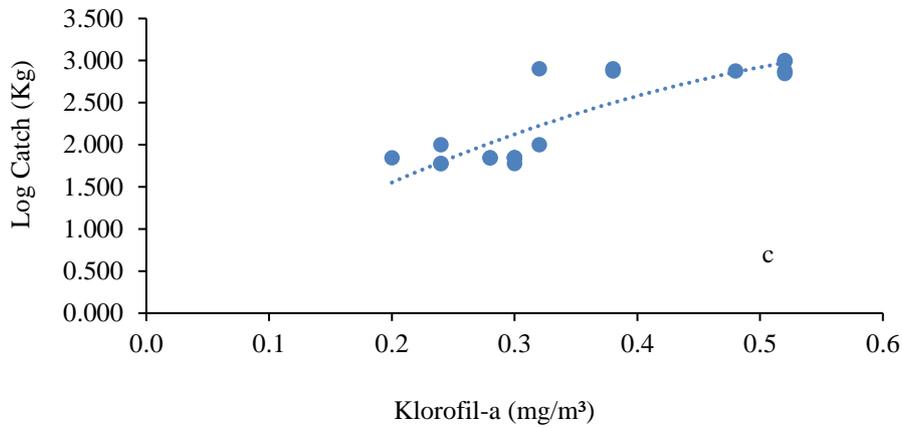
Berdasarkan hasil analisis terlihat bahwa terjadi perubahan luas area klorofil secara tahun dan musim. Luas wilayah perairan dengan konsentrasi klorofil-a yang sesuai untuk ikan cakalang secara musim tertinggi terjadi pada musim barat, musim timur pada tahun 2019, dan Musim Barat pada tahun 2019 dan 2020. Penelitian mengenai kandungan klorofil-a di perairan telah banyak dilakukan di beberapa wilayah perairan Indonesia. Menurut Arinardi *et al.* (1995), tingginya kandungan klorofil di perairan Indonesia hampir selalu berkaitan dengan adanya pengadukan dasar perairan dan dampak aliran sungai (pantai utara Jawa, pantai timur Sumatera bagian Selatan, Kalimantan Selatan dan Irian Jaya/Papua). Tingkat curah hujan memiliki peranan penting karena dapat memengaruhi aktivitas penangkapan dan kondisi perairan yang secara langsung berpengaruh pada keberadaan ikan perairan umum dan juga curah hujan merupakan salah satu komponen abiotik suatu ekosistem yang memengaruhi sebaran suatu jenis (Putuhena, 2011). Tingginya curah hujan menyebabkan banyaknya zat hara yang masuk ke perairan melalui aliran sungai (Putra *et al.*, 2012). Konsentrasi klorofil-a yang tinggi, berkaitan erat dengan ketersediaan makanan untuk ikan. Selain itu, kelimpahan fitoplankton dapat digunakan sebagai indikator kelimpahan stok ikan (Gaol, 2006). Hogue *et al.* (2012) menyatakan bahwa pengaruh curah hujan berdampak langsung pada aliran nutrien pada aliran laut yang berdampak dengan air tawar yang mengalir dari hutan mangrove yang banyak menghasilkan makanan utama dari ikan dan biota perairan. Jika konsentrasi nutrien mencukupi maka komunitas fitoplankton akan berlimpah, sebaliknya dalam kondisi nutrien yang rendah akan berakibat pada rendahnya kelimpahan komunitas fitoplankton dalam perairan (Rahmadi, 2008).

### Regresi Polinomial antara Hasil Tangkapan terhadap Klorofil-a

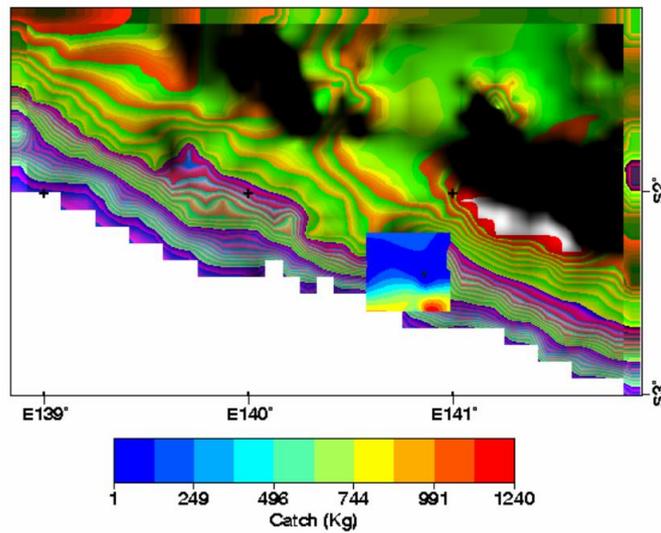
Hubungan antara klorofil-a dengan hasil tangkapan, pada analisis ini dilakukan korelasi antara klorofil-a dengan hasil tangkapan untuk mengetahui hubungannya, dihasilkan nilai

koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,7345 dengan persamaan regresi  $y = 5.8206x^2 + 8.6392x - 0,056$  artinya dari persamaan tersebut 19% menjelaskan

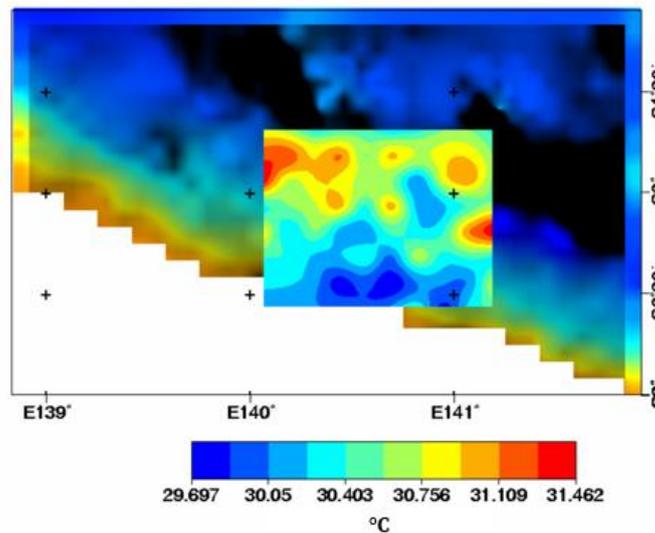
model persamaan regresi yang diperoleh. Hubungan Klorofil-a dengan hasil tangkapan ikan cakalang dapat dilihat pada Gambar 7.



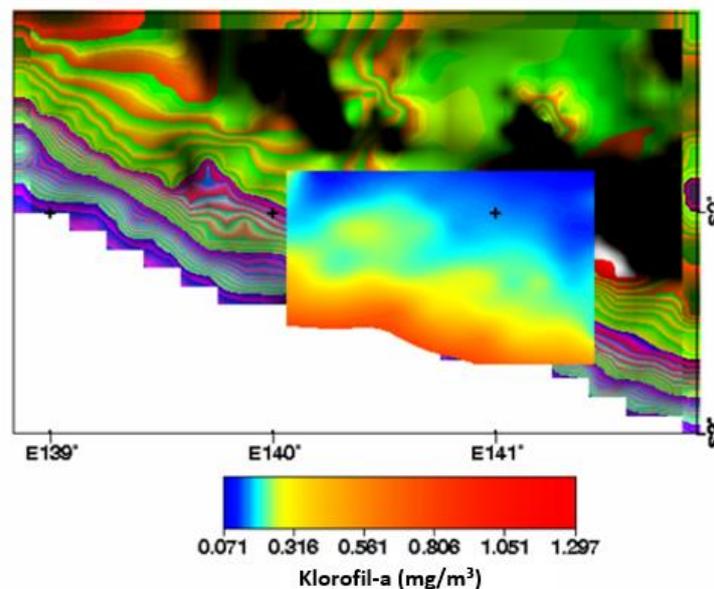
**Gambar 7.** Grafik Polinomial antara Hasil Tangkapan dan Klorofil-a



**Gambar 8.** Tangkapan musim Timur 2020-overlay batimetri Papua



**Gambar 9.** SPL musim Timur 2020 overlay batimetri Papua



**Gambar 10.** Klorofil-a musim Timur 2020 overlay batimetri Papua

Dalam korelasi antara klorofil-a dengan hasil tangkapan, berdasarkan grafik menunjukkan bahwa terdapat kenaikan antara klorofil-a dengan hasil tangkapan. Hasil tangkapan menurun pada konsentrasi klorofil  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . selanjutnya konsentrasi klorofil-a  $0,5 \text{ mg/m}^3$  terjadi peningkatan hasil tangkapan secara drastis. Hasil tangkapan tertinggi diperoleh pada kadar konsentrasi klorofil-a sebesar  $0,5 \text{ mg/m}^3$ .

Variasi antar kedua parameter juga menunjukkan hasil tangkapan ikan cakalang berbanding lurus terhadap kenaikan konsentrasi klorofil-a. Tingginya konsentrasi fitoplankton dapat mengakibatkan berkumpulnya ikan – ikan kecil, krustasean, dan moluska sehingga menjadi makanan bagi ikan cakalang. Sesuai dengan pernyataan Ningsih & Dukalang (2019), tingginya konsentrasi klorofil-a menjadi indikator untuk menentukan produktivitas primer dan meningkatnya produktivitas primer menyebabkan ikan pelagis kecil tersebut terakumulasi yang menjadi mangsa bagi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Penelitian Kuswanto *et al.*, 2017 menjelaskan bahwa parameter klorofil-a dan SPL memiliki pengaruh yang bervariasi tergantung dari musim.

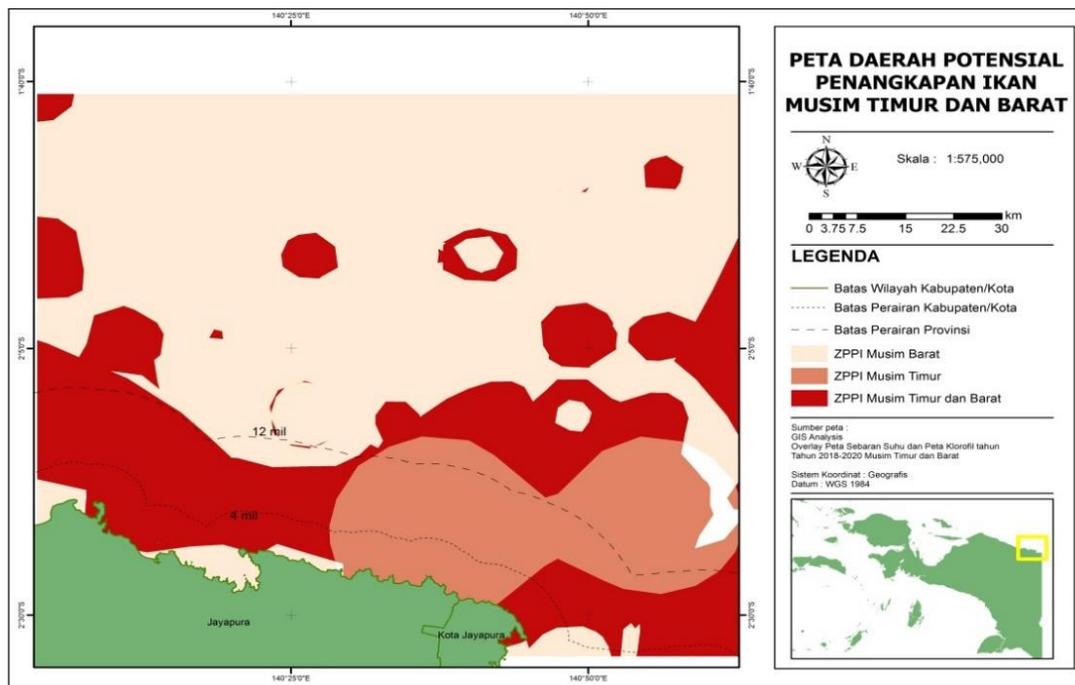
Konsentrasi klorofil-a juga memengaruhi keberadaan ikan di perairan Jayapura. Diketahui bahwa ikan cakalang banyak tertangkap pada kisaran konsentrasi klorofil-a sebesar  $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Konsentrasi klorofil-a di perairan memiliki nilai yang berbeda, karena dipengaruhi oleh faktor-

faktor oseanografi seperti suhu permukaan laut, angin, dan arus. Penyebaran konsentrasi klorofil-a di laut pada umumnya memiliki perbedaan berdasarkan waktu, dan suatu saat ditemukan konsentrasi maksimum klorofil-a di dekat permukaan, namun di lain waktu mungkin lebih terkonsentrasi di bagian bawah kedalaman eufotik (Parsons *et al.* 2013).

#### **Pendugaan Lokasi Potensial Penangkapan Ikan Berdasarkan Parameter SPL dan Klorofil-a Perairan**

Daerah penangkapan ikan (DPI) potensial dalam periode Musim Timur dan Musim Barat pada Gambar 11 didasarkan pada dua indikator yaitu jumlah tangkapan ikan cakalang serta sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a pada daerah penangkapan. Berdasarkan hasil analisis data tahun 2018-2020 SPL antara  $28^\circ\text{C}$ - $30^\circ\text{C}$  dan klorofil-a pada kisaran  $0,1$ - $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Kisaran hasil tangkapan ikan cakalang pada musim Timur 2020 adalah  $60$ - $1000 \text{ Kg}$ , kisaran SPL  $29^\circ\text{C}$ - $30^\circ\text{C}$  dan kisaran klorofil-a antara  $0,1$ - $0,5 \text{ mg/m}^3$ . Pada musim Barat 2020 kisaran tangkapan ikan cakalang antara  $60$ - $500 \text{ Kg}$ , kisaran SPL  $28^\circ\text{C}$ - $30^\circ\text{C}$  dan kisaran klorofil-a antara  $0,3$ - $0,4 \text{ mg/m}^3$ .

Daerah penangkapan ikan potensial adalah daerah yang konsentrasi klorofil-a tinggi dengan kisaran antara  $0,1$ - $0,5 \text{ mg/m}^3$  dan SPL antara  $29^\circ\text{C}$ - $30^\circ\text{C}$ . Pada Musim Timur 2020 antara  $0,1$ - $0,5 \text{ mg/m}^3$  sedangkan pada Musim Barat 2020 berkisar antara  $0,3$ - $0,4 \text{ mg/m}^3$ . Daerah penangkapan ikan



**Gambar 11.** Peta Daerah Potensial Penangkapan Ikan

cakalang yang potensial adalah daerah dengan konsentrasi klorofil-a tinggi dan suhu optimum untuk distribusi ikan. Suhu optimum untuk penangkapan ikan pada Musim Timur berkisar antara 28–29°C, dan Musim Barat berkisar antara 28–30 °C. Suhu permukaan laut dan klorofil-a merupakan dua indikator yang sangat memengaruhi keberadaan ikan di perairan, khususnya ikan cakalang karena ikan ini tergolong suka melakukan imigrasi untuk kelangsungan hidupnya. Setiap spesies ikan memiliki kemampuan beradaptasi pada habitat dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

Nontji (1987) menjelaskan bahwa suhu merupakan suatu parameter oseanografi umum yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan sumber daya hayati, terlebih pada kehidupan ikan di perairan. Fluktuasi suhu permukaan laut sangat dipengaruhi oleh jumlah panas yang diberikan oleh matahari (Wely, 1970).

Fluktuasi hasil tangkapan ikan pada suatu daerah penangkapan ditentukan oleh penyediaan kondisi oseanografi yang optimum pada suatu perairan, baik suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a maupun parameter lainnya. Hal ini karena setiap organisme perairan akan bergerak mengikuti sebaran kondisi yang sesuai tersebut, di samping karena faktor mencari makanan.

## KESIMPULAN

Daerah penangkapan ikan cakalang yang potensial di perairan Jayapura adalah daerah yang memiliki konsentrasi klorofil-a tinggi dengan kisaran pada Musim Timur antara 0,2–0,5 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan pada Musim Barat antara 0,3–0,5 mg/m<sup>3</sup>. Suhu optimum untuk penangkapan ikan cakalang pada Musim Timur berkisar antara 28–29°C dan pada Musim Barat berkisar antara 28–30°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M.Z., Nazir, M. & Musman, M., 2012. Pemetaan potensi daerah untuk pengembangan kawasan minapolitan di beberapa lokasi dalam Provinsi Aceh: suatu kajian awal. *Depik*, 1(1): 68-77. doi: 10.13170/depik.1.1.29
- Aldrian, E., & Susanto, R.D.. 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *International Journal of Climatology*, 23: 1435–1452.
- Aldrian, E., Gates, L.D. & Widodo, F.H. 2007. Seasonal variability of Indonesian rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: The role of ENSO. *Theoretical and Applied Climatology*, 87: 41–59.

- Amiruddin. 1993. Analisis Penangkapan Cakalang dengan Pole and Line di Perairan Teluk Bone dalam Hubungannya dengan Kondisi Oseanografi Fisika. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor
- Arinardi, O.H., Trimaningsih, Sudirjo, Sugestiningsih & Riyono, S.H.. 1995. Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di sekitar Pulau Sumatera. Jakarta: Puslitbang Oseanologi LIPI. 99-107 H.
- Dida, H.P., Suparman, S., & Widhiyanuriyawan, D. 2016. Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2): 95-101.
- Firdaus, M. 2018. Profil Perikanan Tuna Dan Cakalang di Indonesia. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 4(1): 23–32.
- Gaol, J.L. 2006. Kondisi Lingkungan Laut Arafura dari Hasil Kajian Multi Sensor Satelit. In Monintja, D.R, Sularso, A, Sondita, M.F.A & Purbayanto, A (ed). Presfektif Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Tangkap Laut Arafura. Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Bogor. 222 hlm.
- Gaol, J.L., Arhatin, R.E. & Ling, M.M. 2014. Pemetaan suhu permukaan laut dari satelit di perairan Indonesia untuk mendukung “One Map Policy”. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh, Bogor April 2014*, pp.433-442
- Garini, B.N., Suprijanto, J., & Pratikto, I. 2021. Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(1): 102–108. doi: 10.14710/jmr.v10i1.28655
- Gunarso, W. 1985. Tingkah Laku Ikan dalam Hubungannya dengan Alat, Metode dan Taktik Penangkapan. Bogor: Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. 149 hal.
- Hamuna. 2015. Kajian Suhu Permukaan Laut Menggunakan data satelit Aqua-MODIS di Perairan Jayapura.
- Hartoko, A & Helmi, M. 2004. Development of Multilayer Ecosystem Parameters Model. *Journal of Coastal Development*, 7(3): 129-136.
- Hartoko, A. 2013a. Application of Remote Sensing Technology for Marine Resources Management. Book- I: Integrated Approach for Shallow Water Small Pelagic. ISBN: 979-9156-91-2.
- Hartoko, A. 2013b. Application of Remote Sensing Technology for Marine Resources Management. Book- II: Integrated Approach for Deep Seawater Large Pelagic. ISBN: 979-9156-91-0.
- Hartoko, A. 2013c. Application of Remote Sensing Technology for Marine Resources Management. Book-III: Integrated Approach of Coastal Spatial Planning.
- Hela, I., & Laevastu, T.. 1970. *Fisheries Oceanography*. New Ocean Environment Service. Fishing News (Books) Ltd. London. 223p.
- Hoguane, A.M., Ezidio, D.L.C., & Tor, G. 2012. Influence of rainfall on tropical coastal artisanal fisheries a case study of Northern Mozambique. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12(4): 477-482.
- Kuswanto, T. Dea, Laksmi, M., Syamsuddin, & Sunarto. 2017. Hubungan Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Tongkol Di Teluk Lampung. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 8(2): 90–102
- Lintang, C.J., Labaro, I.L., & Telleng. A.T.R.. 2012. Kajian musim penangkapan ikan tuna dengan alat tangkap hand line di Laut Maluku. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 1(1): 6-9.
- Marlian, N., Damar, A. & Effendi, H. 2015. Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3): 272-279
- NASA. 2002. Components and Specifications of MODIS. [www.modis.gsfc.nasa.gov](http://www.modis.gsfc.nasa.gov).
- Ningsih, S., & Dukalang, H. 2019. Penerapan Metode Suksesif Interval pada Analisis Regresi Linier Berganda. *Jambura Journal of Mathematics*, 1(1): 43–53.
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Jakarta: Penerbit Djambatan, hlm. 367–368.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Ahli bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, S. Sukardjo. Jakarta: Gramedia
- Parsons, T.R., Takashi, M., & Hargrave B. 2013. Biological Oceanography Process. Elsevier.
- Putra, E., Gaol, J.L., & Siregar, V.P. 2012. Hubungan Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis di Perairan Laut Jawa dari Citra Satelit Aqua MODIS. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kalutan*, 3(1): 1-10.

- Putuhena, J.D. 2011. Perubahan iklim dan resiko bencana pada wilayah pesisir dan Pulau-pulaukecil.Prosiding Seminar Nasional PengembanganPulau-Pulau Kecil. Universitas Patimura. Maluku.p. 287–298.
- Pusat Data dan Statistik Departemen Kelautan dan Perikanan, 2009.
- Rahmadi, T.E.M. 2008. Dinamika Kelimpahan Komunitas Fitoplankton Dalam Hubungannya dengan Variabilitas Intensitas Cahaya Dan Nutrien Di Perairan Pesisir Maros. *Torani*, 18(1): 72-80.
- Sarianto, D., 2018. Analisis Daerah Penangkapan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Sekitar Bacan dan Obi, Halmahera Selatan. SEMAH
- Savitria, R., Radjawane, I.M., & Mamengko, F.Y.S. 2013. Variabilitas suhu permukaan laut di perairan Raja Ampat. Abstrak Pertemuan Ilmiah Tahunan X ISOI tahun 2013.
- Setiawati, M.D., Sambah, A. B., Miura, F., Tanaka, T., & As-syakur, A.R. 2015. Characterization of bigeye tuna habitat in the Southern Waters off Java–Bali using remote sensing data. *Advances in Space Research*, 55(2): 732-746
- Syakib, M. & Handiani, D.N., 2023. Identifikasi Zona Penangkapan Ikan Cakalang di Indonesia Timur Berdasarkan Data Satelit di Tahun 2022. *Prosiding FTSP Series*, pp.1097-1102.
- Sudarto. 2011. Pemanfaatan Dan Pengembangan Energi Angin Untuk Proses Produksi Garam Di Kawasan Timur Indonesia. *Jurnal TRITON*, 7(2), 61–70.
- Supyan, Susanto, A.N., & Malik, F.R. 2020. Hubungan sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a dengan hasil tangkapan ikan cakalang di daerah fishing ground bagian barat pulau Halmahera. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 3(1): 94-105.
- Takwir, A., Rondonuwu, A.B., Wahidin, N., Rahman, A.A., Giu, L.O. Muh. G., & Erawan, Muh. T.F. 2021. Analisis Kejadian Upwelling Dan Daerah Potensial Penangkapan Ikan Tuna Di Perairan Teluk Tolo. *Jurnal Enggano*, 6(2): 238–252.
- Tangke U. 2020. Produksi dan Nilai Jual Ikan Pelagis Dominan di TPI Higienis Pelabuhan Perikanan.
- Titaheluw, S.S., Andriani, R., Bafagih, A., & Laitupa, I. 2022. Hubungan Klorofil-A Dengan Hasil Tangkapan Ikan Kembung Di Perairan Kota Ternate. *Journal of Global Sustainable Agriculture*, 3(1): 38-45.
- Uktolseja, R., 1978. Catch and effort development of shrimps ("windu", "putih", "dogol") in the Irian Jaya waters during 1974-1976. AGRIS International System for Agricultural Science and Technology
- Wangi, D.A.P. & Sunardi, R.M., 2019. Pendugaan daerah potensi penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) berdasarkan parameter oseanografi di perairan Selat Makassar. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1): 86-9.
- Wely, P.K. 1970. Oceanography An Introduction to the Marine Environment. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Yonvitner, Yuliana, E., Yani, D. E., Setijorini, L. E., Santoso, A., Boer, M., Kurnia, R., & Akmal, S. G. 2020. Fishing gear productivity related fishing intensity and potency of stock vulnerability in Sunda strait. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 404(1): 1-9. doi:10.1088/1755-1315/404/1/012066