

# Pemanfaatan Citra Satelit Aqua-MODIS untuk Pemantauan Dinamika Spasio-Temporal Produktivitas Primer Bersih di Perairan Laut Jawa

Alfandy Putra Anugrah<sup>1</sup>, Zainul Hidayah<sup>1\*</sup>, Abdurrahman As-Syakur<sup>2</sup>,  
Herlambang Aulia Rachman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kelautan dan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura  
Jl. Raya Telang No 02 Kamal Bangkalan Madura Jawa Timur 69162 Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana  
Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran Kuta Selatan, Bali 80361 Indonesia

Email : zainulhidayah@trunojoyo.ac.id

## Abstract

### Utilization of Aqua-MODIS Satellite Imagery for Spatio-Temporal Dynamics Monitoring of Net Primary Productivity in Java Sea

The Java Sea is an area with the highest rate of exploitation of fishery resources in Indonesia. As much as 32% of the total national fishery production or 2.2 million tons has come from catches in the Java Sea, even though the area of these waters only covers 7% of the total area of national waters. Fisheries productivity is related to the net primary productivity value resulting from the activity of phytoplankton or chlorophyll-a. Net primary productivity (NPP) is influenced by the presence of nutrients, light, chlorophyll-a, Photosynthetically Available Radiation (PAR) and sea surface temperature (SST). The purpose of this research is to analyze the distribution value of net primary productivity in the Java Sea by utilizing Aqua-MODIS satellite imagery using the Vertically Generalized Production Model (VGPM) method with a range of 2017-2021. The results showed that the waters of the Java Sea have quite high fertility and are classified as Eutrophic because the general monthly average from 2017-2021 has an NPP value of >750 mgC/m<sup>2</sup>/day. The value of primary productivity follows the seasonal pattern, will be high in the east monsoon season and decrease in the west monsoon season.

**Keywords** : nett primary productivity, Java Sea, nutrients, Aqua-Modis

## Abstrak

Laut Jawa merupakan wilayah dengan laju eksploitasi sumberdaya perikanan tertinggi di Indonesia. Sebanyak 32% dari total produksi perikanan nasional atau sebesar 2,2 juta ton berasal dari hasil tangkapan di Laut Jawa meskipun luas wilayah perairan ini hanya mencakup 7% dari total luas wilayah perairan nasional. Produktivitas perikanan tangkap berhubungan dengan nilai produktivitas primer bersih hasil dari aktivitas fitoplankton atau klorofil-a. Produktivitas primer bersih di suatu perairan dipengaruhi oleh adanya unsur hara, cahaya, klorofil-a, *Photosynthetically Available Radiation* (PAR) dan suhu permukaan laut (SPL). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai distribusi produktivitas primer bersih di Laut Jawa dengan memanfaatkan citra satelit Aqua-MODIS menggunakan metode *Vertically Generalized Production Model* (VGPM) dengan rentang tahun 2017-2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan Laut Jawa memiliki kesuburan yang cukup tinggi dan tergolong *Eutrofik* karena rata-rata bulanan secara umum mulai dari tahun 2017-2021 memiliki nilai NPP >750 mgC/m<sup>2</sup>/hari. Nilai produktivitas primer mengikuti pola musim, akan tinggi pada musim timur (kemarau) dan menurun pada musim barat (penghujan).

**Kata Kunci** : produktivitas primer bersih, Laut Jawa, nutrients, Aqua-Modis

## PENDAHULUAN

Laut Jawa merupakan perairan dengan potensi perikanan tangkap pelagis kecil yang cukup besar di Indonesia. Pada tahun 2014-2015 tercatat bahwa produksi perikanan tangkap di Laut Jawa termasuk yang terbesar diantara Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) di seluruh Indonesia. Pada periode tersebut produksi perikanan tangkap di Laut Jawa mencapai sekitar 6,03 juta ton atau setara dengan 17,91% dari total produksi perikanan tangkap Indonesia (Restiangsih & Hidayat, 2018). Sebagai perairan yang berbatasan dengan pulau-pulau besar yaitu Jawa di sebelah selatan dan

Kalimantan di sebelah utara, kondisi parameter oseanografi Laut Jawa dipengaruhi oleh massa air yang berasal dari Laut Cina Selatan dan Laut Flores. Massa air tersebut mempengaruhi sebaran suhu permukaan laut (SPL) dan kandungan klorofil-a yang berdampak pada pola musim penangkapan ikan di Laut Jawa (Kusumah, 2010; Putra *et al.*, 2017; Saputro *et al.*, 2023).

Klorofil-a sebagai salah satu indikator kesuburan perairan terkandung dalam organisme fitoplankton. Klorofil-a dari fitoplankton merupakan pigmen aktif yang berperan penting dalam proses fotosintesis di lingkungan perairan. Kandungan klorofil-a yang tinggi menunjukkan keberadaan fitoplankton, diikuti oleh zooplankton dan ikan pelagis yang kemudian membentuk rantai makanan (Kasim *et al.*, 2014). Oleh karena itu, hasil tangkapan ikan pelagis diketahui memiliki korelasi yang erat dengan kandungan klorofil-a (Ekaputra *et al.*, 2020; Garini *et al.*, 2021; Hastuti *et al.*, 2021; Kuswanto *et al.*, 2017). Lebih lanjut, konsentrasi klorofil-a adalah indikator utama yang digunakan dalam estimasi nilai produktivitas perairan yang merupakan salah satu variabel penting dalam pengelolaan sumber daya ikan (Smedi & Safitri, 2015; Hidayah *et al.*, 2020).

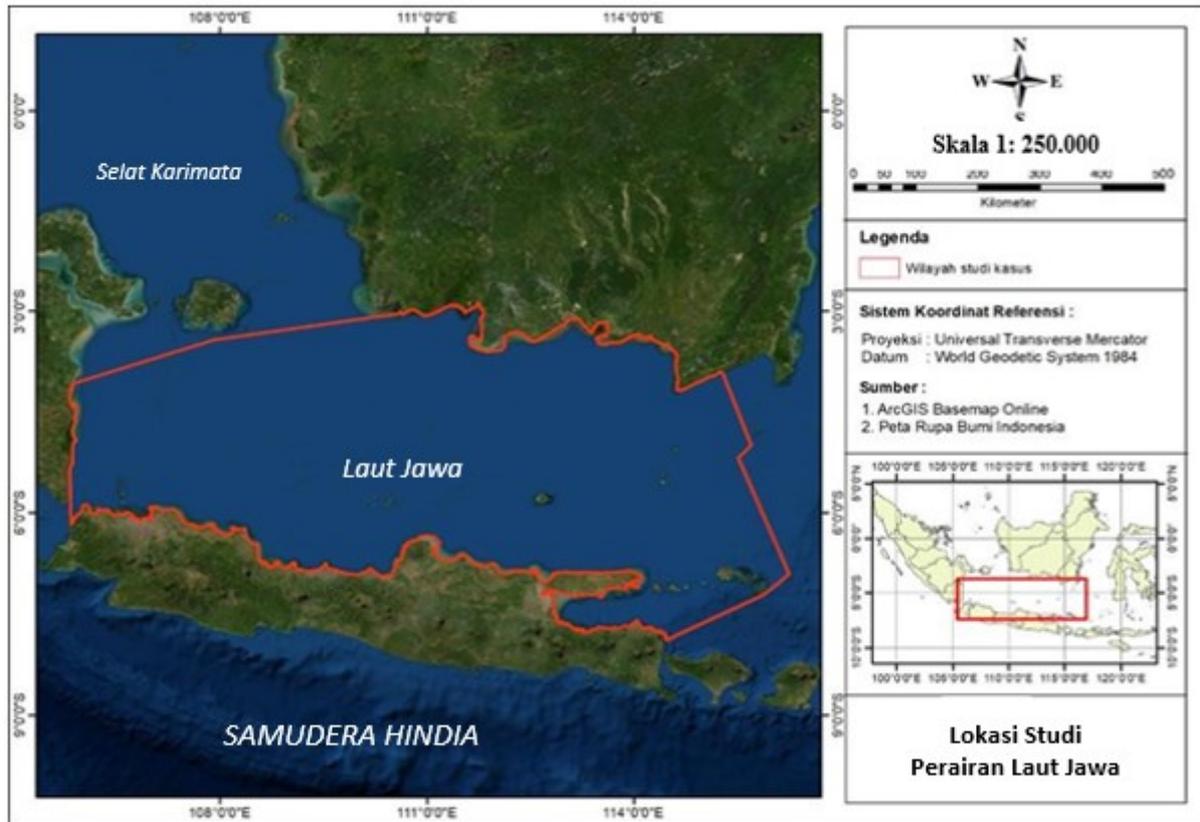
Produktivitas primer merupakan laju produksi karbon organik berupa karbohidrat per satuan volume dan waktu, melalui proses fotosintesis yang dilakukan oleh organisme yang dapat mengolah makanannya sendiri (produsen) (Lee *et al.*, 2015). Sementara itu, produktivitas primer bersih (*Nett Primary Productivity/NPP*) adalah laju serapan bahan organik ke dalam jaringan setelah dikurangi penggunaan proses respirasi untuk jangka waktu tertentu (Asriyana & Yuliana, 2012). Selain ditentukan oleh kandungan klorofil-a, produktivitas primer sebuah perairan dipengaruhi oleh beberapa parameter lainnya yaitu intensitas cahaya matahari, suhu permukaan laut (SPL) dan *Photosintetically Active Radiation* (PAR) (Wulandari *et al.*, 2019). Produktivitas primer pada suatu perairan berperan penting dalam proses siklus karbon serta rantai makanan pada perairan, selain itu juga berperan sebagai sumber kadar gas oksigen terlarut dalam perairan (Ma *et al.*, 2014; Nuzapril *et al.*, 2017b).

Konsentrasi klorofil-a dalam perairan dapat dideteksi oleh sensor optik pada satelit penginderaan jauh. Nilai reflektan pada panjang gelombang spektrum merah hingga inframerah dekat (0,63–1,65  $\mu\text{m}$ ) umumnya digunakan untuk memetakan sebaran klorofil-a dan menghitung besarnya produktivitas primer suatu perairan. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk memperkirakan produktivitas primer adalah satelit Aqua dengan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) level 3. Data citra Aqua-MODIS Level 3 adalah citra yang telah terkoreksi atmosfer dan radiometrik.

Pemanfaatan citra satelit Aqua-MODIS untuk menduga sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Indonesia antara lain telah dilakukan di perairan Selat Bangka, Teluk Jakarta, Selat Bali, pantai barat Sumatera, selatan Maluku serta beberapa perairan lain di Indonesia (Haryanto *et al.*, 2021; Iswari *et al.*, 2016; Pasaribu *et al.*, 2021; Prianto *et al.*, 2013; Tarigan & Wiadnyana, 2013). Namun, penelitian-penelitian tersebut hanya menganalisis sebaran klorofil di permukaan air. Sementara itu, analisis lanjutan untuk mengetahui tingkat produktivitas primer belum banyak dilakukan. Studi tentang variabilitas produktivitas primer tercatat dilakukan pada tahun 2019 di perairan Samudra Hindia selatan Jawa (Wulandari *et al.*, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial dan temporal produktivitas primer bersih perairan Laut Jawa serta dinamika perubahannya berdasarkan musim.

## MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian ini adalah perairan Laut Jawa yang terletak diantara 5°21'47,09"LS - 6°7'28,62"LS dan 106°17'34,08"BT - 116°31'8,92"BT (Gambar 1). Luas Laut Jawa diperkirakan sekitar 310.000 km<sup>2</sup> dan berbatasan dengan pesisir utara Jawa dan Madura, timur Sumatera dan selatan Kalimantan. Terdapat beberapa gugusan pulau kecil di perairan ini antara lain Kepulauan Seribu, Karimunjawa dan Bawean. Kondisi batimetri Laut Jawa termasuk dalam perairan dangkal dengan



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Perairan Laut Jawa

kedalaman hingga mencapai 46 meter. Tipe pasang surut yang dominan di Laut Jawa adalah campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) (Budi & Pamungkas, 2017). Pada kondisi normal, tinggi gelombang di Laut Jawa berkisar antara 0,2-0,5 meter namun saat kondisi cuaca buruk tinggi gelombang dapat mencapai 2,5 – 3,0 meter.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data bulanan dari tahun 2018-2022 yang terdiri dari parameter SPL, PAR dan konsentrasi klorofil-a yang berasal dari citra Aqua-MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer*) level 3 dengan resolusi spasial 1 km. Data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai produktivitas primer bersih menggunakan model *Vertically Generalized Production Model* (VGPM) (Behrenfeld & Falkowski, 1997). Metode VGPM merupakan salah satu metode yang digunakan untuk estimasi produktivitas primer bersih berbasis nilai klorofil-a yang melakukan proses produksi primer dari permukaan laut menuju kedalaman eufotik (Putra *et al.*, 2017; Wulandari *et al.*, 2019). Data pendukung lain untuk mendapatkan nilai produktivitas primer bersih yaitu data *Day length* atau data lama penyinaran matahari yang diperoleh menggunakan model Brock (Kaskaoutis & Polo, 2019). Alur perhitungan produktivitas primer bersih disajikan pada Gambar 2. Formula perhitungan produktivitas primer bersih adalah sebagai berikut :

$$NPP = P^{bOpt} \times E_0 \times Zeu \times C_{sat} \times DL \dots \dots \dots (1)$$

Pada persamaan 1, NPP merupakan nilai produktivitas primer bersih harian dari permukaan hingga kedalaman zona eufotik ( $mgC\ m^{-2}\ hari^{-1}$ ); Zeu merupakan estimasi kedalaman eufotik (m) yang diperoleh berdasarkan nilai klorofil-a. DL (*Day Length*) merupakan lama siang hari (jam/hari);  $C_{sat}$  merupakan nilai dari konsentrasi klorofil-a permukaan laut yang diperoleh dari data satelit Aqua-MODIS ( $mgChl/m^3$ );  $P^{bOpt}$  merupakan tingkat maksimum fiksasi karbon dalam kolom air

sebagai fungsi polinom SPL. Penerapan perhitungan NPP pada citra Aqua-MODIS dinyatakan dalam formula-formula dibawah ini :

$$P^B_{opt} = \begin{cases} 1,13 & \text{if } T < -1.0 \\ 4,00 & \text{if } T > 28,8 \\ P^B_{opt} & \text{Otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

$$P^B_{Opt} = 1,2956 + 2,749 \times 10^{-1}T + 6,17 \times 10^{-2}T^2 - 2,05 \times 10^{-2} T^3 + 2,462 \times 10^{-3} T^4 - 1,348 \times 10^{-4} T^5 + 3,4132 \times 10^{-6} T^6 - 3,27 \times 10^{-8} T^7 \dots\dots\dots(3)$$

$$C_{tot} = \begin{cases} 38,0 (C_{sat})^{0,425} & \text{if } C_{sat} < 1 \\ 40,2 (C_{sat})^{0,507} & \text{if } C_{sat} > 1 \end{cases} \dots\dots\dots(4)$$

$$C_{sat} = \begin{cases} Zeu1 = 200(C_{tot})^{-0,293} \\ 568,2(C_{tot})^{-0,746} & \text{if } Zeu1 < 102 \end{cases} \dots\dots\dots(5)$$

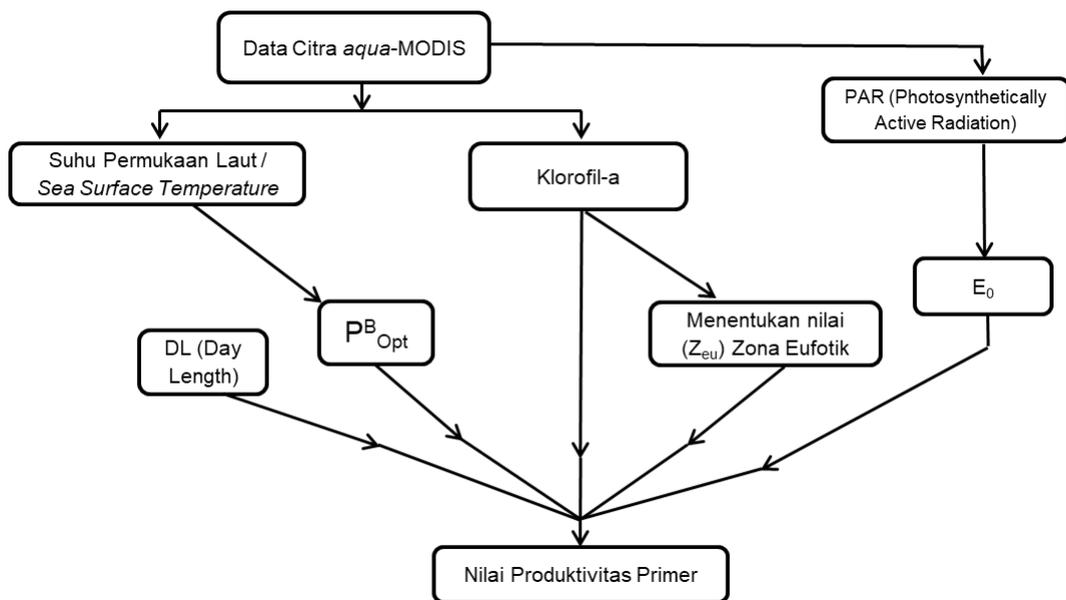
$$E_0 = \begin{cases} 0 & \text{if } PAR < 0 \\ E_0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots(6)$$

$$E_0 = 0,66125 \times \frac{PAR}{PAR+4,1} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan : T = suhu permukaan laut (°C); C<sub>tot</sub> = nilai konsentrasi klorofil total (mgChl/m<sup>3</sup>); C<sub>sat</sub> = nilai konsentrasi klorofil dari citra satelit Aqua-MODIS; E<sub>0</sub> = sea surface daily; PAR (mol quanta/m<sup>2</sup>/hari).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data SPL Laut Jawa diperoleh dari pengolahan citra satelit Aqua-MODIS tahun 2018-2022 yang kemudian dirata-rata untuk setiap bulan (Gambar 3). Hasil analisis menunjukkan bahwa sepanjang tahun nilai SPL Laut Jawa berkisar antara 21°C sampai dengan 35,6°C. Rata-rata nilai SPL pada musim barat (30,17 °C ± 0,38 °C) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim timur (28,59 °C ± 0,24 °C). Fluktuasi bulanan SPL Laut Jawa disajikan pada Gambar 4.

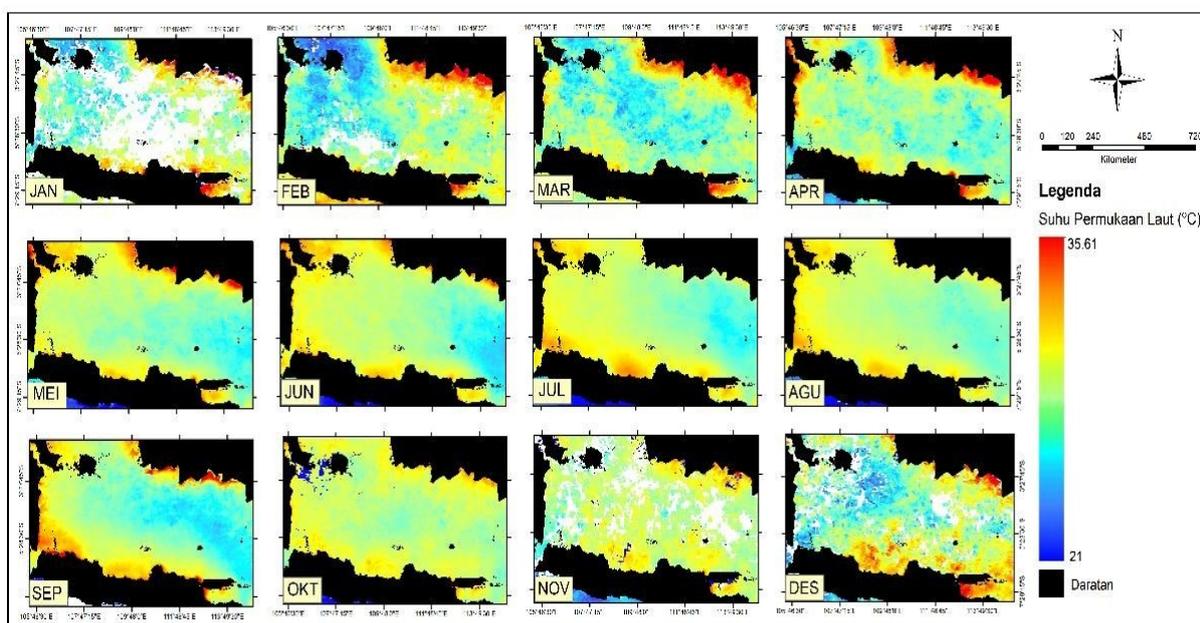


**Gambar 2.** Diagram Alir Perhitungan Nilai Produktivitas Primer Bersih

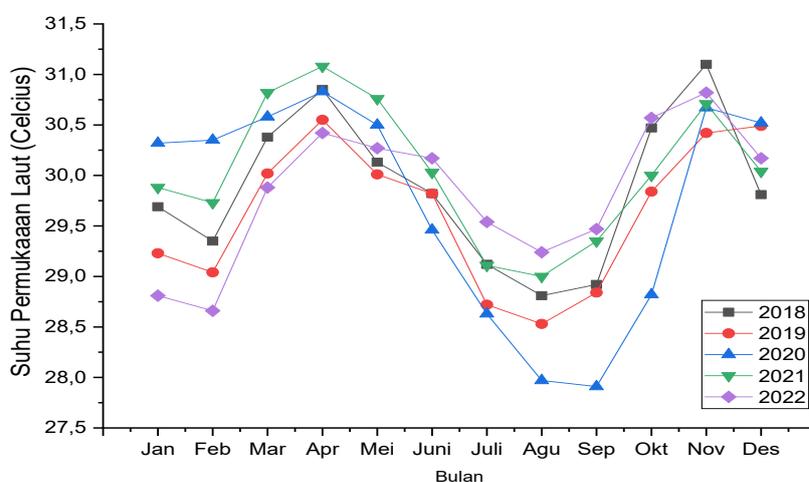
Pada model VGPM nilai SPL selanjutnya digunakan untuk menghitung besarnya tingkat maksimum fiksasi karbon dalam kolom air ( $P^{Bopt}$ ). Menggunakan hasil perhitungan nilai rata-rata SPL, maka dapat diketahui bahwa nilai  $P^{Bopt}$  perairan Laut Jawa memiliki nilai kisaran 0,8 mgChl/hari hingga 5,5 mgChl/hari dengan rata-rata perbulannya 3,5 mgChl/hari hingga 4,12 mgChl/hari. Kisaran Nilai  $P^{Bopt}$  Laut Jawa termasuk dalam kategori yang baik dan mendukung fitoplankton untuk melakukan fotosintesis secara maksimal (Rahmat *et al.*, 2016).

### Konsentrasi Klorofil-a

Berdasarkan hasil pengolahan citra satelit Aqua-MODIS menunjukkan bahwa nilai rata-rata bulanan konsentrasi klorofil-a di Laut Jawa pada periode tahun 2018-2022 termasuk rendah, yaitu <2 mg/m<sup>3</sup>. Perairan dengan kandungan klorofil-a rendah (oligotrofik) memiliki kandungan unsur hara yang rendah dan belum tercemar. Perairan oligotrofik pada umumnya jernih dan tidak dijumpai melimpahnya tanaman air serta alga (Isnaeni *et al.*, 2015). Sebaran spasial konsentrasi klorofil-a Laut Jawa disajikan pada Gambar 5. Nilai konsentrasi klorofil-a nampak tinggi pada daerah dekat dengan



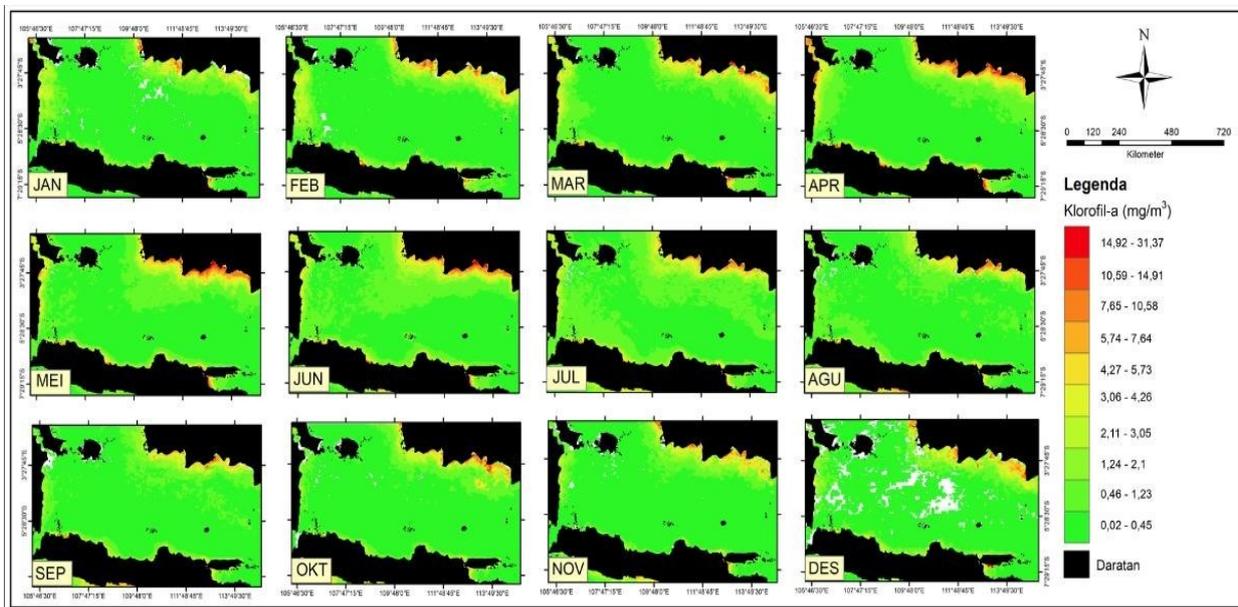
Gambar 3. Rata-Rata Nilai SPL Laut Jawa Tahun 2018-2022



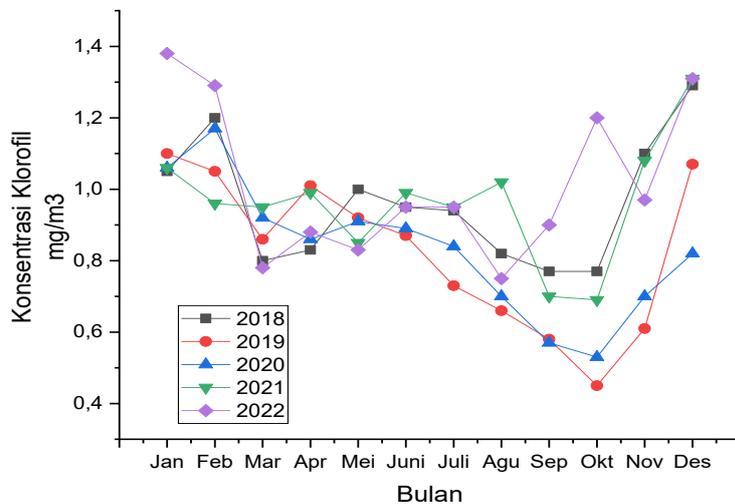
Gambar 4. Fluktuasi SPL Bulanan Laut Jawa Tahun 2018-2022

pantai dibandingkan dengan perairan lepas pantai. Hal ini disebabkan karena adanya suplai nutrisi dari daratan yang lebih besar dibandingkan dengan perairan lepas pantai (Nuzapril *et al.*, 2017b).

Rata-rata nilai konsentrasi klorofil di perairan Laut Jawa pada musim barat ( $1,03 \text{ mg/m}^3 \pm 0,14 \text{ mg/m}^3$ ) lebih tinggi dibandingkan kondisi saat musim timur ( $0,84 \text{ mg/m}^3 \pm 0,16 \text{ mg/m}^3$ ). Rata-rata nilai konsentrasi klorofil-a per bulan pada periode tahun 2018-2022 ditampilkan pada Gambar 6. Variabilitas iklim tahunan dan pergerakan arus diperkirakan menjadi penyebab meningkatkan kandungan klorofil pada musim barat. Pada saat musim barat (November-Februari) tampak terjadi peningkatan SPL (Gambar 3) sebagai akibat pengaruh massa air hangat yang mengalir dari belahan bumi selatan, khususnya perairan Benua Australia yang mengalami musim panas. Kombinasi kenaikan SPL dan ketersediaan nutrient menyebabkan kenaikan konsentrasi klorofil-a di Laut Jawa.



Gambar 5. Rata-Rata Nilai Konsentrasi Klorofil-a Laut Jawa Tahun 2018-2022



Gambar 6. Fluktuasi Konsentrasi Klorofil Bulanan Laut Jawa Tahun 2018-2022

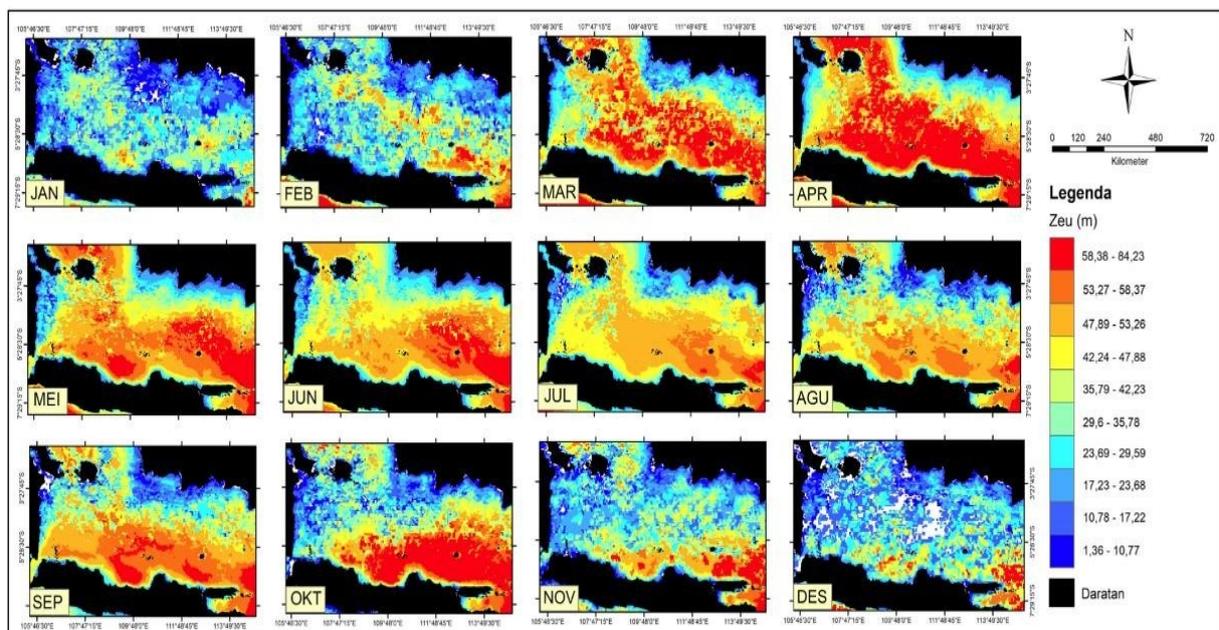
Analisis lanjutan dilakukan untuk mengetahui nilai kedalaman eufotik ( $Z_{eu}$ ) yang merupakan batas kedalaman dimana cahaya matahari dapat menembus perairan. Tinggi atau rendahnya nilai zona eufotik dipengaruhi oleh nilai estimasi konsentrasi klorofil yang dihitung sebelumnya, dengan pendekatan bahwa fitoplankton yang membawa pigmen klorofil-a banyak hidup di daerah perairan yang dangkal karena melimpahnya nutrisi dan cahaya matahari masih menembus perairan untuk melakukan fotosintesis.

Perairan Laut Jawa memiliki rata-rata kedalaman eufotik berkisar antara 25,25 m hingga 49,54 m dengan rata-rata bulanan mencapai  $38,51 \text{ m} \pm 15,84 \text{ m}$ . Namun, saat bulan-bulan tertentu (Maret-April dan September-Oktober) kedalaman eufotik di sebagian besar Laut Jawa mencapai nilai maksimal yaitu  $> 70 \text{ m}$  (Gambar 7). Jika dibandingkan dengan kedalaman rata-rata laut Jawa yang diperkirakan  $< 100 \text{ meter}$ , maka zona eufotik perairan Laut Jawa termasuk cukup dalam. Untuk perairan laut yang bebas dari pengaruh padatan tersuspensi yang meningkatkan kekeruhan perairan, kedalaman zona eufotik bisa mencapai hingga 150 m (Nuzapril *et al.*, 2017a).

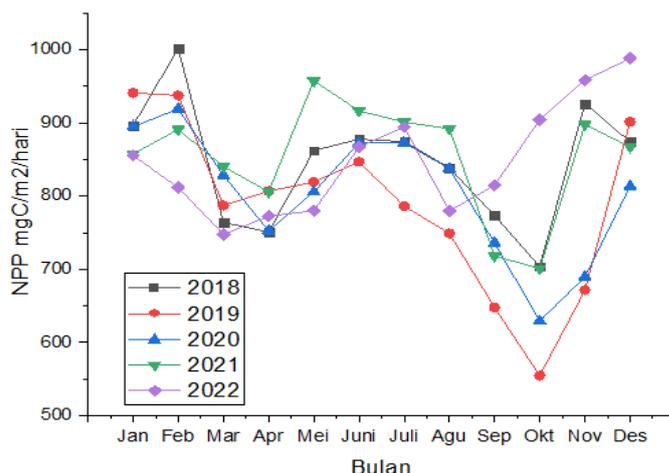
**Produktivitas Primer Bersih (Net Primary Productivity)**

Hasil analisis lanjutan menunjukkan bahwa nilai rata-rata produktivitas primer bersih (NPP) bulanan pada tahun 2018 – 2022 di perairan Laut Jawa cenderung memiliki pola yang sama (Gambar 8). Nilai NPP tertinggi umumnya terjadi pada puncak musim barat, antara bulan Desember hingga Januari dengan kisaran mencapai  $900 - 1100 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$ . Nilai NPP cenderung stabil dan tidak berfluktuatif selama musim peralihan I hingga musim timur dengan kisaran mencapai  $750 - 850 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$ . Selanjutnya, selama musim peralihan II NPP perairan Laut Jawa berada pada kisaran terendah mencapai  $500 - 700 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$ . Perbedaan pola terjadi pada tahun 2022 dimana nilai rata-rata NPP terendah terjadi pada bulan Maret dengan nilai rata-rata NPP  $747,62 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$ , sedangkan nilai rata-rata NPP tertinggi justru terjadi dibulan Oktober sebesar  $904,29 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$ .

Berdasarkan sebaran spasial produktivitas primer bersih dapat dilihat bahwa konsentrasi NPP terlihat tinggi di daerah dekat pantai dan semakin berkurang mengarah laut lepas (Gambar 9). Sebaran spasial rata-rata NPP bulanan dari tahun 2018 - 2022 menunjukkan nilai yang lebih rendah saat musim timur dan peralihan I. Kawasan perairan pesisir selatan Pulau Kalimantan secara konsisten



**Gambar 7.** Rata-Rata Kedalaman Eufotik ( $Z_{eu}$ ) Laut Jawa Tahun 2018-2022



**Gambar 8.** Fluktuasi Konsentrasi Klorofil Bulanan Laut Jawa Tahun 2018-2022

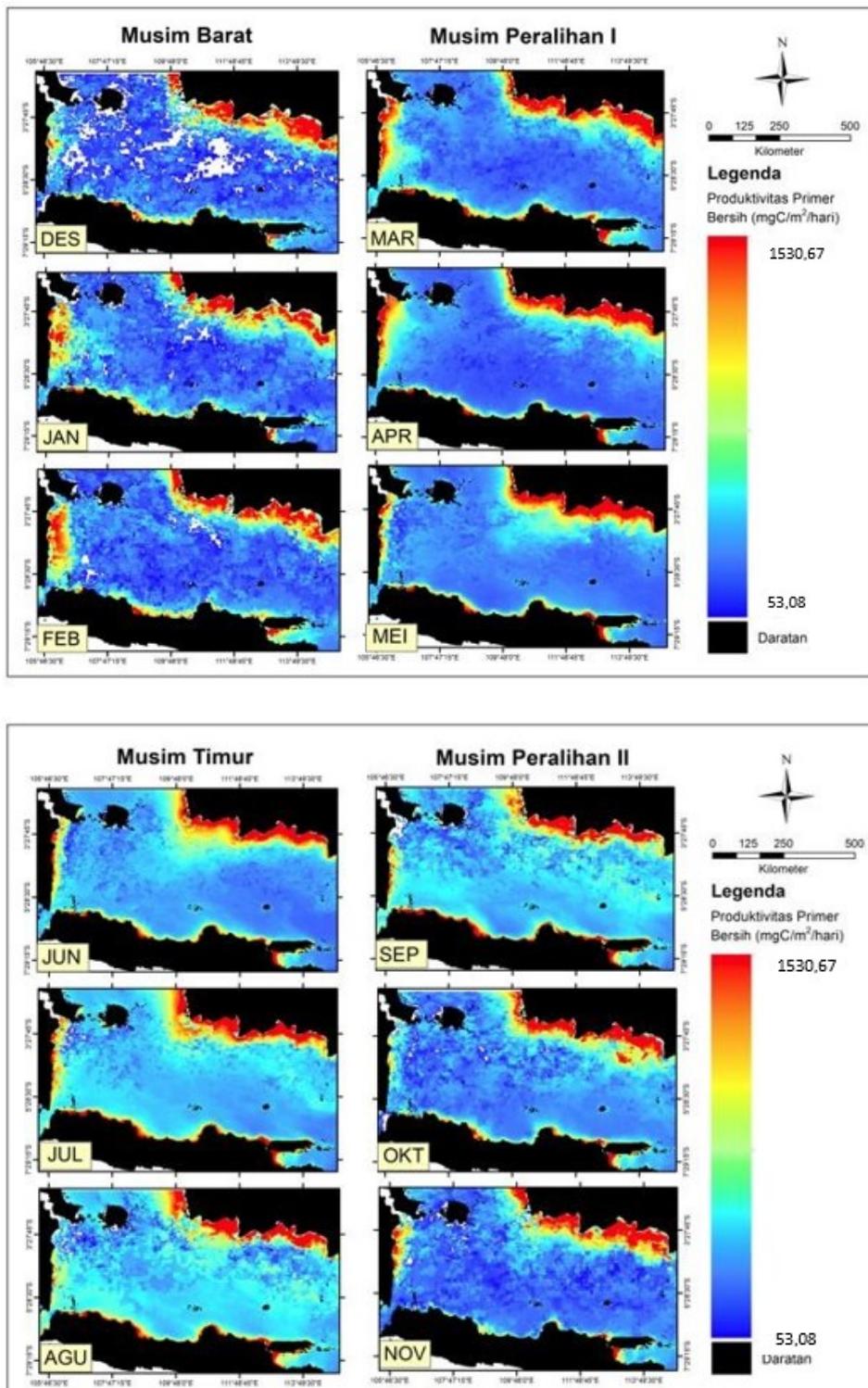
menunjukkan nilai NPP yang tinggi sepanjang tahun. Hal ini terjadi karena kawasan tersebut merupakan muara dari beberapa sungai besar yang membawa massa air dengan kandungan nutrient yang tinggi. Kandungan klorofil dan keberadaan fitoplankton memberikan dampak penting pada produktivitas primer perairan muara. Fitoplankton mempunyai klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis yang menghasilkan zat gula dan oksigen (Febbrianna et al., 2018).

Sebaran spasial dan temporal nilai NPP di perairan laut secara langsung dipengaruhi oleh konsentrasi biomassa fitoplankton sebagai organisme autotrof. Distribusi temporal sangat dipengaruhi siklus matahari tahunan dan harian, misalnya alga motil yang melakukan migrasi vertikal harian. Distribusi temporal juga disebabkan siklus reproduksi, seperti peningkatan jumlah beberapa jenis fitoplankton pada bulan-bulan tertentu (Mercado-Santana et al., 2017; Vallina et al., 2017). Sementara itu, suplai nutrient menjadi faktor yang berpengaruh terhadap sebaran NPP secara spasial. Kondisi perairan yang kaya unsur hara mengandung kelimpahan fitoplankton yang tinggi, sehingga proses fotosintesis terjadi dengan laju yang optimal. Namun, dapat terjadi pula kelimpahan fitoplankton yang tinggi terjadi di perairan yang cukup jauh dari daratan. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkatnya sejumlah nutrien ke permukaan perairan akibat pembalikan massa air atau *upwelling*. Proses *upwelling* ini mengakibatkan terjadinya pengkayaan nutrien sehingga kelimpahan fitoplankton dan produktivitas primer meningkat.

Hubungan antara kandungan klorofil-a, produktivitas primer dan kelimpahan fitoplankton seringkali dikaitkan dengan produksi perikanan tangkap. Interaksi antara mangsa dan predator dalam rantai makanan menunjukkan keberadaan zooplankton berupa kopepoda menjadi faktor penting keberadaan ikan pelagis dalam perairan tergantung pada kelimpahan fitoplankton yang dapat diindikasikan oleh tingkat kandungan klorofil-a. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Adnan (2008) dan (Kasim et al., 2014) menunjukkan pengaruh nyata kandungan klorofil-a terhadap jumlah produksi tangkapan ikan layang (*Decapterus russelli*) di perairan Laut Jawa ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,56$ ). Penelitian-penelitian lain yang dilakukan di perairan Halmahera dan Pelabuhan Ratu juga mengkonfirmasi temuan ini untuk beberapa jenis ikan pelagis lainnya seperti cakalang (*Katsuwonus pelamis*), tuna (*Euthynnus sp*), dan teri (*Stelephorus sp*) (Ekaputra et al., 2020; Hastuti et al., 2021; Supyan et al., 2020).

Perkembangan teknik pengolahan citra satelit memungkinkan untuk menganalisis kandungan klorofil yang dikombinasikan dengan suhu permukaan laut (SPL) untuk menjadi indikator utama pendugaan ZPPI (Zona Potensial Penangkapan Ikan) di berbagai wilayah perairan di Indonesia. Titik ZPPI ditentukan dengan cara melihat kontur sebaran SPL dan klorofil-a yang saling berpotongan satu sama lain. Titik pertemuan antara kontur yang dihasilkan dari SPL dan distribusi Klorofil kemungkinan

merupakan daerah penangkapan ikan yang baik untuk perikanan pelagis kecil (Fitriani *et al.*, 2020; Mursyidin & Musfekar, 2021). Rentang nilai SPL dan kandungan klorofil-a yang dijadikan sebagai indikator penentuan ZPPI spesifik untuk tiap spesies ikan pelagis, namun umumnya berkisar antara 24-32°C dan >0,2 mg/m<sup>3</sup> (Hasyim, 2015; Juliana & Indra, 2021; Saifuddin *et al.*, 2019; Sulistyowati *et al.*, 2022).



**Gambar 9.** Rata-Rata Nilai NPP Musiman Laut Jawa Tahun 2018-2022

Citra satelit Aqua MODIS resolusi spasial 1 km menjadi sumber utama data klorofil dan SPL yang digunakan secara resmi oleh Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh – LAPAN dalam penyediaan informasi ZPPI secara periodik. Selain informasi resmi yang dikeluarkan pemerintah, citra satelit ini juga cukup sering digunakan oleh para peneliti dalam pendugaan ZPPI untuk wilayah perairan tertentu khususnya Laut Jawa, Samudera Hindia dan berbagai perairan lainnya di Indonesia. Kelebihan utama dari satelit ini adalah resolusi temporal nya yang cukup tinggi. Satelit Aqua-MODIS mengorbit bumi secara polar pada ketinggian 705 km dan melewati wilayah sekitar ekuator ( $\pm 30^\circ$  LU-LS) setiap dua hari pada pukul 10.30 waktu lokal. Dengan resolusi temporal tersebut, pemantauan harian dinamika atmosfer dan lautan dapat diperoleh secara kontinu. Lebih jauh, satelit Aqua-MODIS memiliki resolusi spektral yang lebih tinggi dibandingkan satelit sejenis seperti NOAA-AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), SeaWiFS (*Sea-viewing Wide Field of View Sensor*) dan HIRS (*High Resolution Imaging Spectrometer*). Sensor pada satelit Aqua-MODIS dapat mendeteksi pantulan gelombang elektromagnetik dalam 36 saluran (*band*) berbeda. Khusus untuk deteksi fitoplankton, *ocean colour* dan proses biogeokimia laut saluran yang digunakan adalah band 8-16 dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) 405-877 nm. Konfigurasi band pada satelit Aqua-MODIS sangat bermanfaat untuk mengamati dinamika yang terjadi di atmosfer dan permukaan laut secara global.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan penggunaan citra satelit Aqua-MODIS dalam pemantauan produktivitas primer bersih (NPP) di perairan Laut Jawa selama 5 tahun (2018-2022). Sebaran spasio-temporal NPP secara langsung dipengaruhi oleh kandungan klorofil-a yang ditunjukkan dengan konsistensi pola/ fluktuasi bulanan yang diperoleh. Sebaran spasial menunjukkan bahwa di kawasan pesisir utara Pulau Jawa dan selatan Pulau Sumatra memiliki NPP yang lebih tinggi dibandingkan dengan NPP di perairan laut lepas. Hal tersebut disebabkan oleh suplai unsur hara yang dibawa oleh aliran sungai dan bermuara di kawasan pesisir. Nilai NPP teramati lebih tinggi saat musim barat dan mencapai maksimal pada bulan Desember-Februari (900-1100 mgC/m<sup>2</sup>/hari). Sementara itu selama musim timur dan peralihan I, nilai NPP cenderung stabil dan tidak berfluktuatif (500-700 mgC/m<sup>2</sup>/hari).

## DAFTAR PUSTAKA

- Behrenfeld, M.J., & Falkowski, P.G. (1997). Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(1), 1–20. doi: 10.4319/lo.1997.42.1.0001
- Budi, W., & Pamungkas, A. (2017). Perbandingan Karakteristik Oseanografi Pesisir Utara Dan. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan, September*, p.191–202.
- Ekaputra, M., Hamdani, H., Suryadi, I.B.B., & Apriliani, I.M. (2020). Penentuan Daerah Penangkapan Potensial Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) Berdasarkan Citra Satelit Klorofil-A Di Palabuhanratu, Jawa Barat. *Albacore Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 3(2), 169–178. doi: 10.29244/core.3.2.169-178
- Febrianna, V., Muskananfolo, M. R., & Suryanti, S. (2018). Produktivitas Primer Perairan Berdasarkan Kandungan Klorofil-A Dan Kelimpahan Fitoplankton Di Muara Sungai Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6(3), 318–325. doi: 10.14710/marj.v6i3.20593
- Fitriani, N., Bashit, N., & Hadi, F. (2020). Analisis Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan Ikan (Fishing Ground) Dengan Menggunakan Citra Satelit Terra Modis Dan Parameter Oseanografi. *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 50–58.
- 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
- Haryanto, Y.D., Hadiman, H., Agdialta, R., & Riama, N.F. (2021). Pengaruh El Niño Terhadap Pola Distribusi Klorofil-a dan Pola Arus di Wilayah Perairan Selatan Maluku. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3), 364–374. doi: 10.14710/jkt.v24i3.10456
- Hastuti, H., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Subardjo, P., & Kunarso, K. (2021). Pengaruh Faktor Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Teri (*Stelephorus* sp) di Jepara. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(2), 197–205. doi: 10.14710/ijoce.v3i2.11222

- Hasyim, B. (2015). Pengembangan dan penerapan informasi spasial dan temporal zona potensi penangkapan ikan berdasarkan data penginderaan jauh. *Kantor Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, Institut Pertanian Bogor (P4W-LPPM)*.
- Hidayah, Z., Nuzula, N.I., & Wiyanto, D.B. (2020). Analisa Keberlanjutan Pengelolaan Sumber Daya Perikanan di Perairan Selat Madura Jawa Timur. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(2), 101-111.
- Isnaeni, N., Suryanti, & Purnomo, P.W. (2015). Kesuburan Perairan Berdasarkan Nitrat, Fosfat dan Klorofil-A di Perairan Ekosistem Terumbu Karang Pulau Karimunjawa. *Management of Aquatic Resources Journal*, 4(2), 75–81.
- Iswari, A.R., Hani'ah, & Nugraha, A.L. (2016). Analisis Hubungan Produktivitas Ikan lemuru dengan Suhu Permukaan laut dan Klorofil-a menggunakan Citra Satelit Aqua Modis (Studi Kasus : Selat Bali). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 233–242.
- Juliana, G., & Indra, T. (2021). Analisis Zona Potensi Penangkapan Ikan Tenggiri Berbasis Citra Satelit Aqua Modis Di Perairan Kabupaten Pangandaran. *FTSP Series 2 Seminars Nasional*, 486–500.
- Kasim, K., Triharyuni, S., & Wujdi, A. (2014). Hubungan Ikan Pelagis Dengan Konsentrasi Klorofil-A Di Laut Jawa Interrelationships Between Pelagic Fish And Chlorophyll- A In The Java Sea Interrelationships Between Pelagic Fish And Chlorophyll-A. *Bawal*, 6(April 2014), 21–29.
- Kaskaoutis, D., & Polo, J. (2019). Editorial for the special issue "solar radiation, modeling, and remote sensing." *Remote Sensing*, 11(10), 10–12. doi: 10.3390/rs11101198
- Kusumah, H. (2010). Karakteristik Parameter Fisika dan Kandungan Klorofil-a di Laut Jawa. In *Ilmu Kelautan - Indonesian Journal of Marine Sciences*, 13(2), 103–112).
- Kuswanto, T. D., Syamsuddin, M.L., & Sunarto. (2017). Hubungan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Tongkol di Teluk Lampung. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, VIII(2), 90–102.
- Lee, Z., Marra, J., Perry, M. J., & Kahru, M. (2015). Estimating oceanic primary productivity from ocean color remote sensing: A strategic assessment. *Journal of Marine Systems*, 149, 50–59. doi: 10.1016/j.jmarsys.2014.11.015
- Ma, S., Tao, Z., Yang, X., Yu, Y., Zhou, X., Ma, W., & Li, Z. (2014). Estimation of marine primary productivity from satellite-derived phytoplankton absorption data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(7), 3084–3092. doi: 10.1109/JSTARS.2014.2298863
- Mercado-Santana, J.A., Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., Sánchez-Velasco, L., Gracia-Escobar, M. F., Millán-Núñez, R., & Torres-Navarrete, C. (2017). Productivity in the Gulf of California large marine ecosystem. *Environmental Development*, 22, 18–29. doi: 10.1016/j.envdev.2017.01.003
- Mursyidin, M. & Musfikar, R. (2021). Pemetaan Zona Potensi Pengakapan Ikan Perairan Kabupaten Pidie Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 43-50. doi: 10.22373/crc.v5i1.8248
- Nuzapril, M., Susilo, S. B., & Panjaitan, J.P. (2017a). Estimasi Produktivitas Primer Perairan Berdasarkan Satelit Landsat-8 di Perairan Kepulauan Karimun Jawa. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 14(1), 25–36.
- Nuzapril, M., Susilo, S. B., & Panjaitan, J. P. (2017b). Hubungan Antara Konsentrasi Klorofil-a Dengan Tingkat Produktivitas Primer Menggunakan Citra Satelit Landsat-8. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 8(1), 105–114. doi: 10.24319/jtpk.8.105-114
- Pasaribu, P. S., Mubarak, M., & Galib, M. (2021). Study of Fishing Ground Determination Based on Chlorophyll-a Distribution in Sibolga Waters using Aqua Modis Satellite. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(1), 61–65. doi: 10.31258/jocos.2.1.61-65
- Prianto, Ulqodry, T.Z., & Aryawati, R. (2013). Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Selat Bangka dengan Menggunakan Citra Aqua-Modis. *Maspri Journal*, 5(1), 22–33.
- Putra, E., Gaol, J. L., & Siregar, V. P. (2017). Hubungan Konsentrasi Klorofil-a Dan Suhu Permukaan Laut Dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Utama Di Perairan Laut Jawa Dari Citra Satelit Modis. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 3(2), 1–10. doi: 10.24319/jtpk.3.1-10
- Restiangsih, Y.H., & Hidayat, T. (2018). Analisis Pertumbuhan Dan Laju Eksploitasi Ikan Tongkol Abu-Abu, *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) di Perairan Laut Jawa. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(2), 95. doi: 10.15578/bawal.10.2.2018.95-104

- Saifuddin, A., Febrianto, V., Purwandari, P., & Hidayat, I.A. (2019). Pemetaan Zona Potensi Penangkapan Ikan Menggunakan Citra Terra Modis Di Kabupaten Jepara. *Prosiding Seminar Nasional Geografi*, October 2019, 355–366.
- Saputro, A. A., Hidayah, Z., & Wirayuhanto, H. (2023). Pemodelan Dinamika Arus Permukaan Laut Alur Pelayaran Barat Surabaya. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16(1), 88-100.
- Smedi, B., & Safitri, N.M. (2015). Estimasi Distribusi Klorofil-A di Perairan Selat Madura Menggunakan Data Citra Satelit Modis dan Pengukuran In Situ Pada Musim Timur. *Research Journal of Life Science*, 2(1), 40–49.
- Sulistyowati, B.I., Istianto, K., & Sukma, P.D. (2022). Analysis Of Potential Zone Catching Of Yellow Fin Tuna (*Thunnus Albacares*) Based on Aqua Modis Images in Cilacap Waters. *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 4(2), 232–239. doi: 10.47685/barakuda45.v4i2.283
- Supyan, S., Noman Susanto, A., & Rizky, M.F. (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. doi: 10.33387/jikk.v3i1.1864
- Tarigan, M.S., & Wiadnyana, N.N. (2013). Pemantauan Konsentrasi Klorofil-a Menggunakan Citra Satelit Terra-Aqua Modis Di Teluk Jakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, 8(2), p.81. doi: 10.15578/jkn.v8i2.6226
- Vallina, S.M., Cermeno, P., Dutkiewicz, S., Loreau, M., & Montoya, J.M. (2017). Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability. *Ecological Modelling*, 361, 184–196. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2017.06.020
- 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.