

Sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Ombai menggunakan data citra satelit aqua-modis

Distribution of chlorophyll-a concentrations in Ombai Strait Waters using aqua-modis satellite image data

Raymundus Putra Situmorang^{1,2*}, Yosy Gustasya², Safingi Alamsah², Muhammad Afrisal², Supriyadi^{2,3}, Wanri Sitanggang², Masrurah Ismail², Herning Pramudya², Gillang Fernando²

AFFILIASI

¹Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

³National Taiwan Ocean University, Taiwan

*Korespondensi:

raymundus.putra@idu.ac.id

Diterima: 22-04-2024

Disetujui: 30-05-2024

COPYRIGHT @ 2024 by Agricola: Jurnal Pertanian.

This work is licensed under a Creative Commons Attributions 4.0 International License

ABSTRACT

Chlorophyll-a in waters is one of the important factors that determines the primary productivity/fertility of waters. Chlorophyll-a measurements can be carried out in two ways, namely conventionally by direct measurements in the field and modernly by using remote sensing technology. This research aims to determine variations in the distribution of chlorophyll-a in the waters of the Ombai Strait. The data used in this research is monthly level 3 climatology data from 2003–2022 from the Aqua-MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) satellite using a remote sensing and geographic information system approach. This research showed that the highest chlorophyll-a concentration was found in coastal areas and the lowest concentration was found in offshore waters. According to the monthly distribution of chlorophyll-a, the highest concentration was recorded in July with values ranging from 0.251-10.486 mg/m³ with an average of 0.566 mg/m³, and the lowest concentration was recorded in November with values ranging from 0.158-2.151 with an average of 0.427 mg/m³.

KEYWORDS: Aqua-MODIS; Chlorophyll-a; Geographic Information System; Ombai Strait; Remote Sensing.

ABSTRAK

Klorofil-a pada perairan adalah salah satu faktor penting yang menentukan produktivitas primer/kesuburan perairan. Pengukuran klorofil-a dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara konvensional dengan pengukuran langsung di lapangan dan secara modern dengan menggunakan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi sebaran klorofil-a di perairan Selat Ombai. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan klimatologi level 3 dari tahun 2003–2022 dari satelit Aqua-MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*) dengan pendekatan penginderaan jauh dan sistem informasi geografi. Hasil dari penelitian ini adalah konsentrasi klorofil-a tertinggi ditemukan di wilayah pesisir dan konsentrasi terendah ditemukan di perairan lepas pantai. Berdasarkan sebaran klorofil-a bulanan, nilai konsentrasi tertinggi tercatat pada bulan Juli dengan nilai berkisar 0,251-10,486 mg/m³ dengan rata-rata 0,566 mg/m³ dan konsentrasi terendah tercatat pada bulan November dengan nilai berkisar 0,158-2,151 dengan rata-rata 0,427 mg/m³.

KATA KUNCI: Aqua-MODIS; Klorofil-a; Sistem Informasi Geografis; Selat Ombai; Penginderaan Jauh.

1. PENDAHULUAN

Selat Ombai merupakan jalur yang relatif sempit dan dalam dengan batimetri yang kompleks. Letaknya di antara pulau Alor di Indonesia dan pantai utara Timor Leste. Selat Ombai menghubungkan perairan Laut Banda di utara dengan perairan Laut Sawu di selatan. Selat Ombai juga merupakan jalur Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang membawa karakteristik massa air (Moore dan Marra, 2002). ARLINDO tersebut mengalir dari Laut Banda menuju Selat Ombai kemudian menuju ke Laut Sawu dan Selat Rote (Gordon *et al.*, 1994). Pada kondisi ini massa air tersebut mempunyai salinitas yang tinggi, suhu yang rendah dan kaya nutrisi sehingga memberi dampak pada tingkat kesuburan perairan (Abigail *et al.*, 2015).

Tingkat kesuburan perairan sangat tergantung pada konsentrasi klorofil-a yang dapat dilihat dari besarnya konsentrasi klorofil-a suatu perairan. Jika klorofil-a perairan tinggi, maka tingkat kesuburan perairan

tersebut akan tinggi dan sebaliknya, jika klorofil-a suatu perairan rendah, maka tingkat kesuburan perairan tersebut akan rendah (Gunawan *et al.*, 2019). Sihombing, *et al.* (2013) mengatakan kondisi oseanografi suatu perairan sangat terkait dengan tinggi rendahnya sebaran konsentrasi klorofil-a. Hal ini dikarenakan klorofil-a, merupakan indikator untuk distribusi dan kelimpahan fitoplankton. Oleh karenanya dapat digunakan sebagai pendekatan kesuburan perairan dan ketersediaan makanan yang merupakan penciri dari *fishing ground* (Aufar *et al.*, 2021).

Pengukuran konsentrasi klorofil-a di perairan selama ini sering dilakukan secara langsung di lapangan. Cara ini tentu saja memerlukan waktu yang relatif lama dan tidak efektif untuk mengumpulkan sampel dan dana yang cukup besar untuk analisa dan pengumpulan data (Hamuna dan Dimara, 2017). Seiring dengan perkembangan zaman, mengamati segala fenomena yang ada di laut memerlukan teknologi yang tepat. Sejak ditemukan atau digunakannya teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan satelit, ketersediaan data kelautan semakin pesat, baik dari segi waktu maupun ruang (Situmorang *et al.*, 2022a). Pengukuran konsentrasi klorofil-a dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Hal ini dikarenakan teknik penginderaan jauh memiliki kemampuan yang tinggi dalam menganalisis area yang luas dan sulit ditempuh dengan metode konvensional dalam waktu yang singkat (Lillesand dan Kiefer, 2014). Sumber data yang berasal dari data citra akan menampilkan persebaran data klorofil-a dalam cakupan yang luas. Salah satu satelit penginderaan jauh yang dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi kandungan klorofil-a pada perairan adalah satelit *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Dengan menggunakan citra satelit Aqua MODIS, dapat dilakukan pengamatan variasi sebaran klorofil-a di perairan Selat Ombai selama dua puluh tahun terakhir dari tahun 2003-2022 yang selaras dengan tujuan dari penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit Aqua MODIS berupa citra klorofil-a level 3 *Standar Mapped Image* (SMI) bulanan klimatologi. Citra yang digunakan memiliki rentang waktu selama 20 tahun dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2022 dan citra yang digunakan memiliki resolusi spasial 4 km. Data citra satelit Aqua MODIS didapatkan secara gratis dan dapat diunduh secara langsung dari laman resmi MODIS, yaitu www.oceancolor.gsfc.nasa.gov. Data citra MODIS didistribusikan dalam bentuk *NC file*.

Citra modis yang diunduh yaitu citra klorofil-a yang selanjutnya diolah menggunakan *software* Seadas 7.4. Dalam prosesnya pertama dilakukan pemotongan data (*cropping*). Pemotongan ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan daerah yang diinginkan yaitu perairan Selat Ombai. Kemudian masuk kedalam tahap ekstraksi nilai-nilai kandungan konsentrasi klorofil-a, data tersebut di-*Export* kedalam bentuk *Mask Pixels*. Selanjutnya data dari *Export Mask Pixels* tersebut berisi data *pixels*, titik koordinat *latitude*, *longitude*, dan nilai konsentrasi klorofil-a. Kemudian data tersebut dibuka dan dirapikan di Ms.Excel dan disimpan kembali dengan format .txt. Setelah itu data format .txt tersebut dibuka dan ditampilkan pada *software* Arc.Map 10.6. Agar tampilan citra lebih informatif maka dilakukan perbaikan tampilan citra antara lain dengan menyisipkan *landmask*, skala warna, *gridline* dan dilakukan *layouting* peta sebaran konsentrasi klorofil-a pada *software* Arc.Map 10.6.

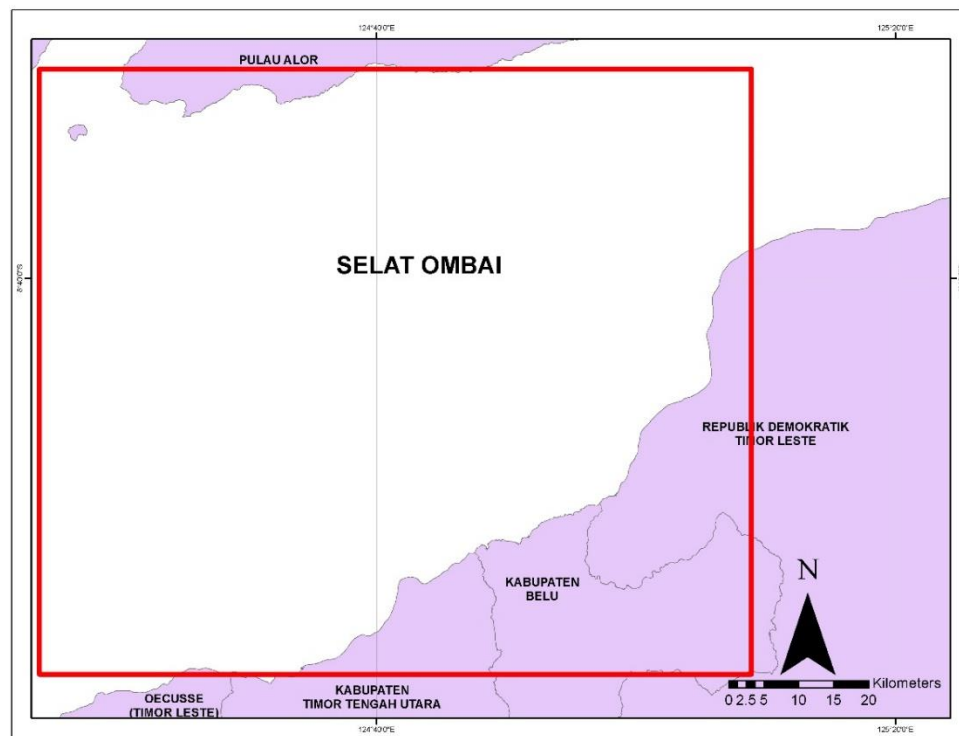
2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan satu tahap, yaitu pengolahan data citra Aqua MODIS level 3 Perairan Selat Ombai periode 20 tahun dari tahun 2003 sampai 2022. Daerah lokasi penelitian berada di Selat Ombai dengan batas area kajian pada koordinat 8,27° LS – 9,37° LS dan 124,05° BT – 125,25° BT.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

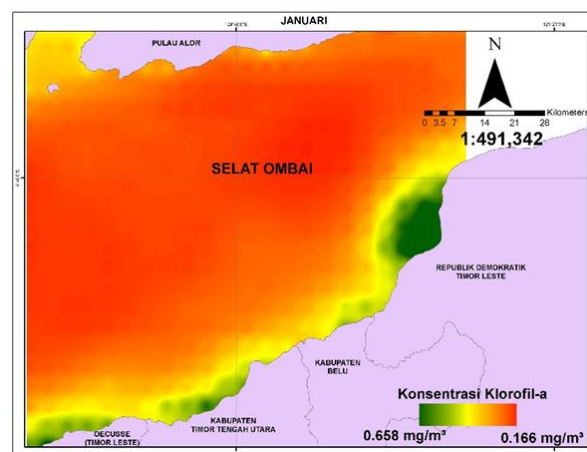
3.1. Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Bulanan Klimatologi selama 20 tahun (2003-2022)

Sebaran konsentrasi klorofil-a yang diekstrak dari citra satelit Aqua MODIS hasil perekaman bulan Januari tahun 2003 sampai dengan bulan Desember 2022 menghasilkan nilai konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Ombai berkisar 0,158-10,486 mg/m³. Hasil perekaman konsentrasi klorofil-a menggunakan data Aqua

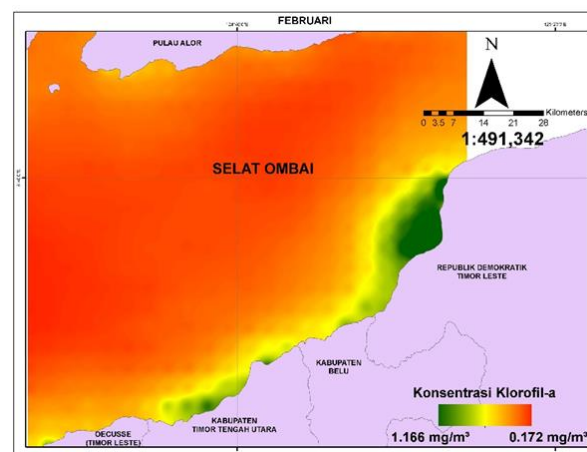


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

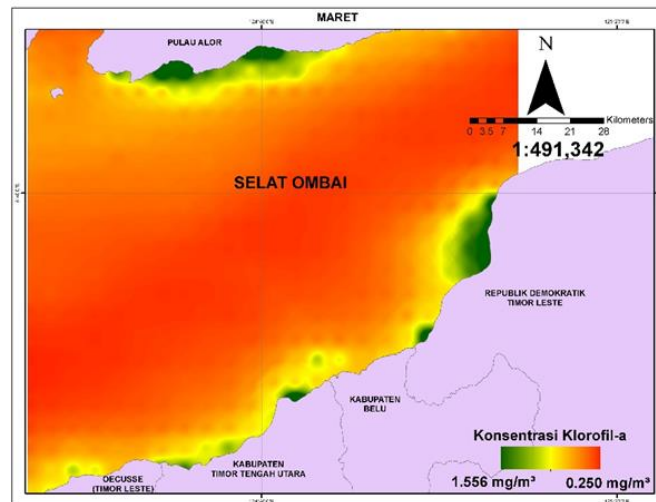
MODIS bulanan klimatologi di Perairan Selat Ombai dapat dilihat pada Gambar 2-13.



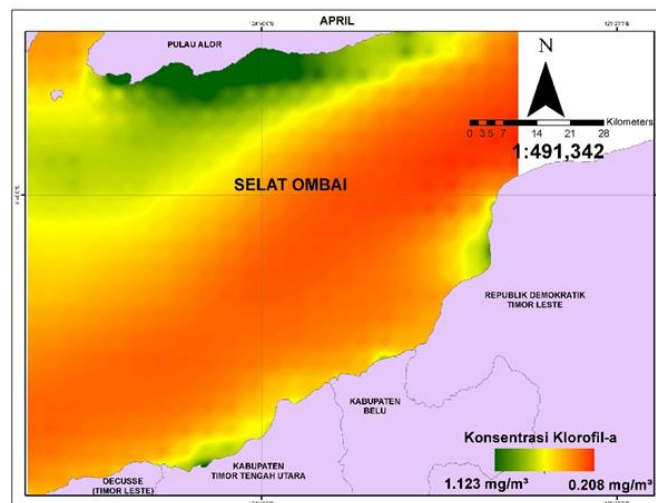
Gambar 2. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Januari



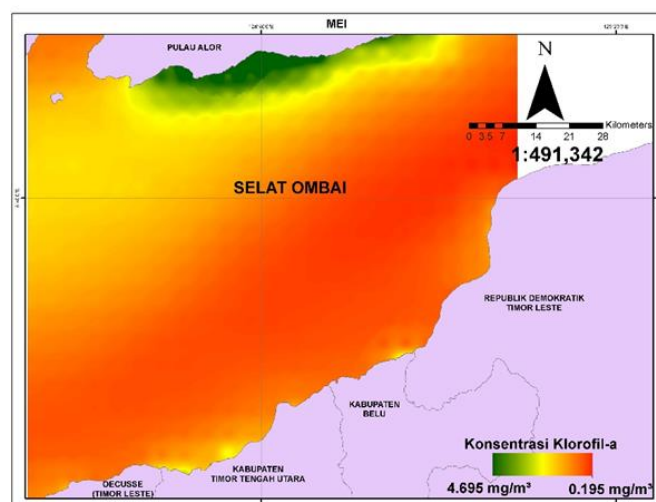
Gambar 3. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Februari



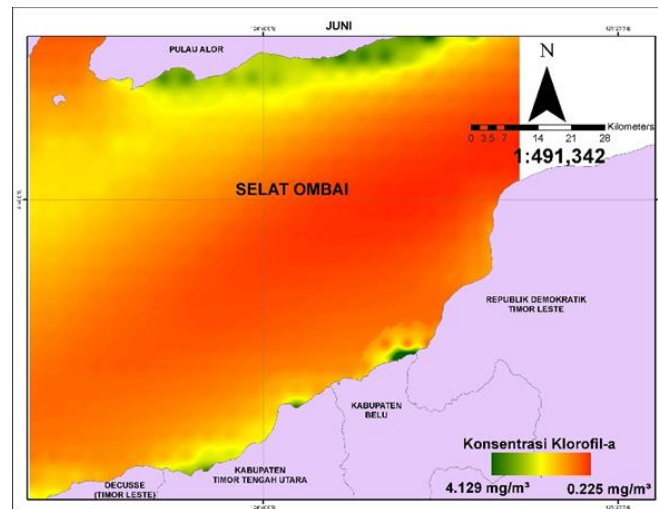
Gambar 4. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Maret



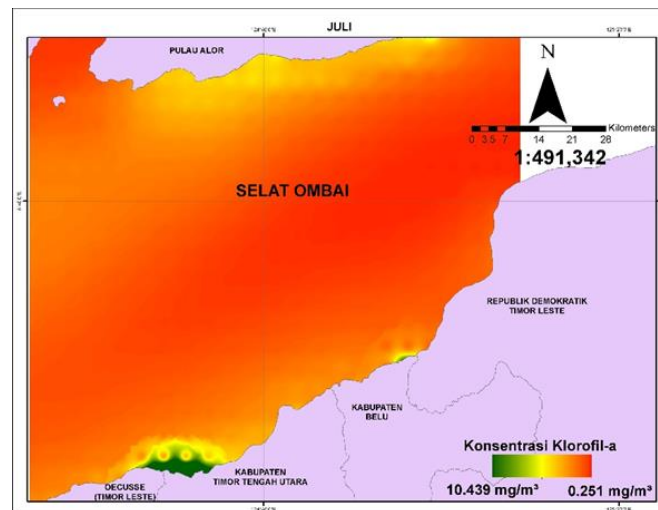
Gambar 5. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-April



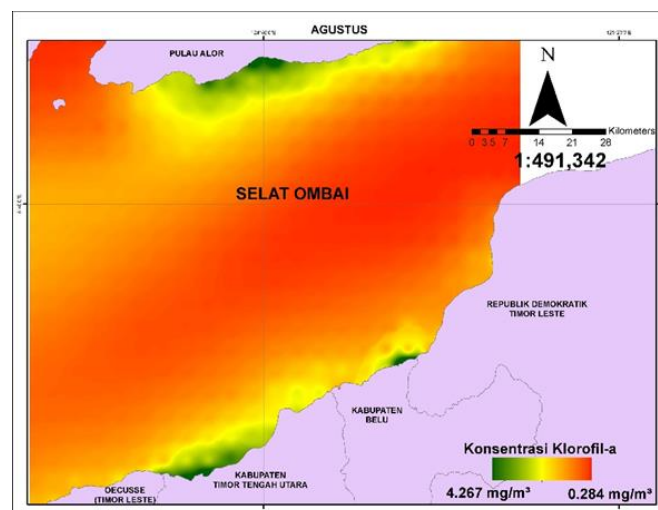
Gambar 6. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Mei



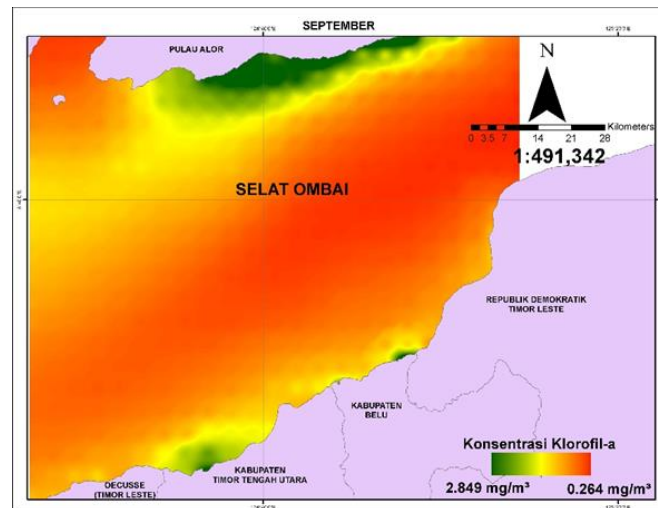
Gambar 7. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Juni



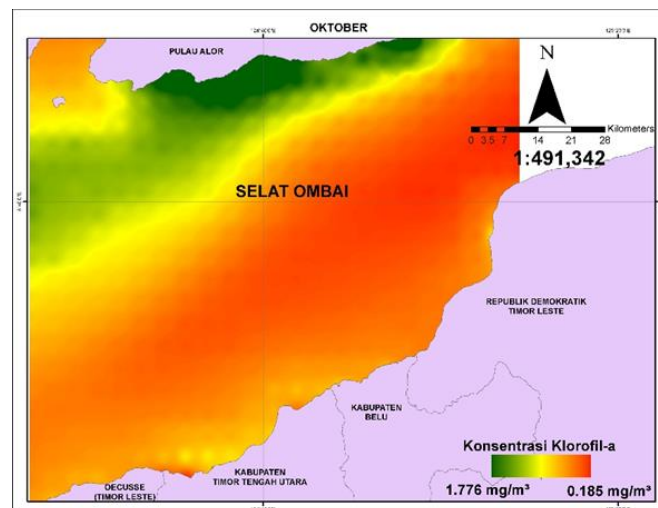
Gambar 8. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Juli



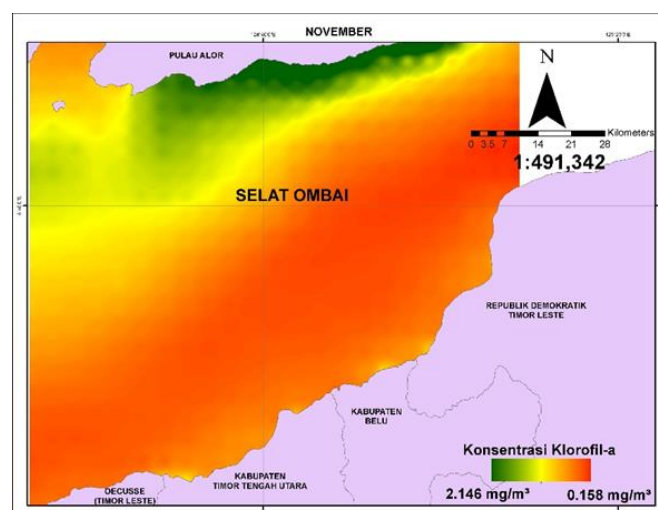
Gambar 9. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Agustus



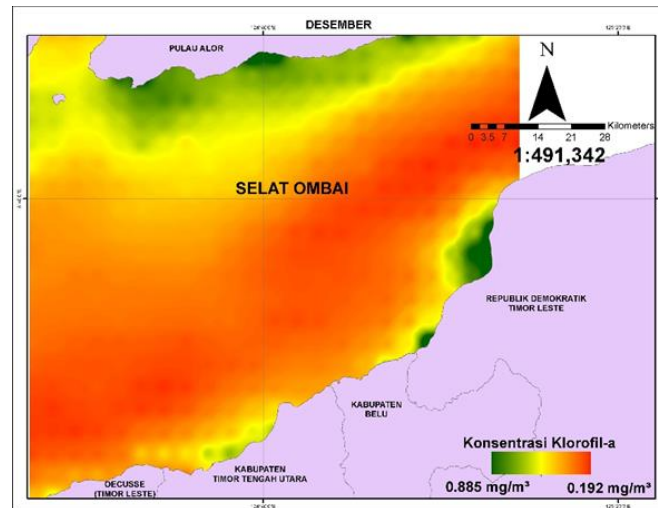
Gambar 10. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-September



Gambar 11. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Oktober



Gambar 12. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-November



Gambar 13. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Klimatologi Bulanan-Desember

Pada Gambar 2 dan 3 pola sebaran konsentrasi maksimum klorofil-a terlihat muncul di wilayah pesisir (Kabupaten Belu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Distrik Oecusse Timor Leste dan wilayah Republik Demokratik Timor Leste) yang mencapai nilai maksimum di bulan tersebut yang ditunjukkan pada warna hijau pada peta dengan nilai sebesar $0,658 \text{ mg/m}^3$ pada bulan Januari dan $1,166 \text{ mg/m}^3$ pada bulan Februari. Nilai Klorofil-a semakin berkurang saat menuju lepas pantai atau Perairan Selat Ombai. Hal ini sesuai dengan Kunarso *et al.*, (2018) yang menyatakan bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a di pesisir dipengaruhi oleh suplai unsur hara dari daratan.

Selanjutnya pada Gambar 4, 5, 6, 7, dan 8 terlihat sebaran klorofil-a mulai muncul di wilayah pesisir selatan Pulau Alor dan menyebar menuju Laut Sawu. Kemudian sebaran klorofil-a pada bulan Maret (Gambar 4) hingga bulan Mei (Gambar 6) mulai mengalami penurunan yang signifikan pada wilayah pesisir Pulau Timor (Kabupaten Belu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Distrik Oecusse Timor Leste dan wilayah Republik Demokratik Timor Leste). Pada Gambar 7 dan Gambar 8 dibulan Juni dan Juli sebaran klorofil-a di wilayah selatan pesisir Pulau Alor hingga Laut Sawu mulai berkurang, puncak berkurangnya terjadi pada bulan Juli. Selanjutnya sebaran klorofil-a di wilayah pesisir Pulau Timor mulai terlihat lagi pada bulan Juni dan Juli khususnya di wilayah pesisir Kabupaten Belu, Kabupaten Timor Tengah Utara dan Distrik Oecusse Timor Leste.

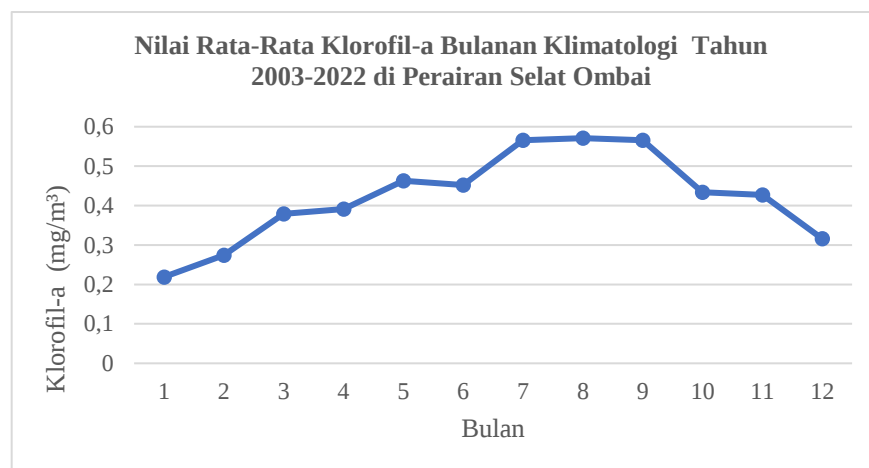
Kemudian pada Gambar 9, 10, 11, 12 dan 13 dapat dilihat pada Gambar 9 di bulan Agustus sebaran klorofil-a mulai muncul kembali secara bersamaan di wilayah pesisir selatan Pulau Alor menyebar menuju Laut Sawu dan wilayah pesisir Pulau Timor (Kabupaten Belu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Distrik Oecusse Timor Leste dan wilayah Republik Demokratik Timor Leste), dengan konsentrasi maksimum pada bulan agustus sebesar $4,267 \text{ mg/m}^3$. Selanjutnya pada Gambar 10 di bulan September dapat terlihat bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a di wilayah selatan pesisir Pulau Alor mulai menyebar menuju wilayah Selat Ombai dan juga Laut Sawu, lalu penyebaran tersebut mulai berkurang pada bulan desember. Pada wilayah pesisir utara Pulau Timor sebaran konsentrasi klorofil-a mulai menurun sangat signifikan dimulai dari bulan september (Gambar 10) hingga bulan november (Gambar 12). Sebaran klorofil-a mulai terlihat lagi di wilayah pesisir Pulau Timor pada Gambar 13 di bulan Desember utamanya di wilayah pesisir Republik Demokratik Timor Leste, Kabupaten Belu dan Kabupaten Timor Tengah Utara.

Pada Gambar 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 dan 13 diatas terlihat bahwa hampir sepanjang tahun konsentrasi klorofil-a dari wilayah selatan Pesisir Pulau Alor menyebar hingga ke Laut Sawu. Hal ini mengindikasikan bahwa di wilayah pesisir selatan Pulau Alor hingga Laut Sawu memiliki tingkat produktivitas primer yang tinggi. Hal ini selaras dengan penelitian dari Maro *et al.*, 2021 yang melaporkan bahwa tingginya tingkat produktivitas primer di Laut Sawu menimbulkan fenomena oseanografi yang unik berdasarkan kombinasi dari Suhu Permukaan Laut dan klorofil-a pada massa air laut. Selanjutnya adanya pergerakan arus vertikal dari arah selatan Samudera Hindia masuk melalui selat antara Sawu dan Kepulauan Rote dan mengakibatkan terjadinya *upwelling* melalui selat utama Lamalera, Alor dan Wetar. Massa air laut yang lebih jauh ke utara dari Samudera Hindia menyebabkan terjadinya proses pencampuran horizontal dengan massa air Samudera Pasifik di Laut Banda dan menghasilkan massa air laut yang kaya nutrisi (Maro *et al.*, 2021). Berdasarkan hal tersebut tingginya unsur hara dan produktivitas primer di Laut Sawu melalui biomassa fitoplankton juga dikonfirmasi

juga oleh hasil data klorofil-a satelit Aqua MODIS seperti pada Gambar 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 dan 13. Pencampuran massa air dari Samudera Hindia yang dingin dengan air Samudera Pasifik yang hangat meningkatkan konsentrasi nutrisi dan produksi primer di Laut Sawu (Sutton *et al.*, 2019; Li & Yu., 2020). Dinamika perpindahan massa air laut terjadi pada lapisan permukaan akibat pola dinamika vertikal suhu air laut sehingga terjadi proses *upwelling*, serta terjadi proses pencampuran horizontal akibat pola angin monsun di Laut Sawu. Dampak proses *upwelling* air laut secara vertikal memicu terjadinya pengayaan nutrisi air laut dan biomassa fitoplankton pada lapisan atas selat dangkal dan sepanjang wilayah pantai (Sediadi, 2004; Packard *et al.*, 2015).

Tabel 1. Nilai Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Selat Ombai.

No	Bulan	Maksimal	Minimal	Rata-Rata
1	Januari	0,658	0,166	0,219
2	Februari	1,166	0,172	0,274
3	Maret	1,562	0,25	0,379
4	April	1,127	0,208	0,391
5	Mei	4,698	0,195	0,463
6	Juni	4,166	0,225	0,452
7	Juli	10,486	0,251	0,566
8	Agustus	4,302	0,284	0,571
9	September	2,871	0,263	0,566
10	Oktober	1,782	0,185	0,434
11	November	2,151	0,158	0,427
12	Desember	0,886	0,191	0,316



Gambar 14. Grafik nilai rata-rata klorofil-a bulanan klimatologi tahun 2003-2022 di Perairan Selat Ombai

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan Juli dengan nilai yang berkisar 0,251-10,486 mg/m³ dengan rata-rata nilai klimatologi bulanan 0,566 mg/m³. Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat lokasi nilai konsentrasi tertinggi berada di wilayah pesisir Kabupaten Timor Tengah Utara, Distrik Oecusse Timor Leste, dan Kabupaten Belu. Kemudian nilai konsentrasi terendah terjadi pada bulan november dengan nilai yang berkisar 0,158-2,151 mg/m³ dengan rata-rata nilai klimatologi bulanan 0,427 mg/m³. Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat lokasi nilai konsentrasi terendah berada di wilayah pesisir utara Pulau Timor dan menyebar menuju ke wilayah perairan Selat Ombai. Nilai konsentrasi klorofil-a di wilayah pesisir relatif tinggi dan bergerak menurun seiring menjauhi wilayah pesisir. Hal ini diduga disebabkan oleh unsur

hara yang tinggi yang ditambahkan dari aliran sungai (Situmorang *et al.*, 2022b). Konsentrasi klorofil yang tinggi di perairan pesisir dan pantai karena limpasan dari daratan, sedangkan konsentrasi klorofil rendah di perairan lepas pantai karena tidak ada pasokan nutrisi langsung dari daratan (Kunarso *et al.*, 2018). Kemudian konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi di sepanjang pantai dan lebih rendah di laut lepas, kemungkinan disebabkan oleh *upwelling* pantai, pasokan nutrisi yang dibawa oleh proses pesisir dan debit sungai (Muskananfolo *et al.*, 2020; Setiawan dan Habibi, 2011; Setiawan *et al.*, 2019). Selanjutnya Yulianto *et al.* (2018) menyatakan bahwa kandungan klorofil-a yang tinggi terdapat pada lapisan permukaan dekat daratan, menurun ke arah laut.

Pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa grafik nilai rata-rata klorofil-a bulanan klimatologi tahun 2003-2022 di Perairan Selat Ombai setiap bulannya mengalami peningkatan dari bulan januari hingga mencapai puncaknya di bulan agustus dengan nilai 0,571 mg/m³. Kemudian di bulan oktober sampai desember mengalami penurunan nilai konsentrasi klorofil-a dengan nilai konsentrasi klorofil-a secara berurutan dari bulan oktober-desember sebesar 0,434 mg/m³; 0,427 mg/m³ dan 0,316 mg/m³. Kondisi hidrologi perairan, perubahan musim, kondisi arus, dan lokasi aliran sungai dapat menyebabkan perbedaan luas sebaran dan nilai konsentrasi klorofil (Jamshidi dan Bakar 2011; Wernand *et al.*, 2013; Sabrina *et al.*, 2018; Pelly *et al.*, 2020). Berdasarkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa pada bulan Juli, Agustus, dan September nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a berada dinilai yang relatif sama dan berada pada kategori nilai tertinggi. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan di Laut Sawu oleh Muskananfolo *et al.*, 2021 bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada musim timur (Juni–Agustus). Kondisi laut yang dingin pada musim timur menunjukkan pengaruh *upwelling*, yang membuat daerah kaya akan sumber makanan dan pasokan unsur hara. Pertumbuhan fitoplankton sebagai produsen utama dipicu oleh keberadaan klorofil, yang menarik bagi ikan untuk berkumpul di sekitarnya (Susilo *et al.*, 2021). Klorofil-a dapat mencerminkan dinamika plankton di lautan dan umumnya digunakan dalam studi ekosistem laut (Asanuma *et al.*, 2003; Hao *et al.*, 2019; Yuan-Jian *et al.*, 2012; Yulianto *et al.*, 2018). Selanjutnya klorofil-a juga merupakan indikator penting *upwelling* samudera dan biomassa fitoplankton (Manzer *et al.*, 2019) dan mewakili salah satu pendorong paling penting produktivitas ekosistem laut (Gittings *et al.*, 2018; Racault *et al.*, 2017; Susanto dan Marra, 2005).

4. KESIMPULAN

Konsentrasi klorofil-a tertinggi ditemukan di wilayah pesisir dan konsentrasi terendah ditemukan di perairan lepas pantai. Berdasarkan sebaran klorofil-a bulanan, nilai konsentrasi tertinggi tercatat pada bulan Juli dengan nilai berkisar 0,251-10,486 mg/m³ dengan rata-rata 0,566 mg/m³ berada di wilayah pesisir Kabupaten Timor Tengah Utara, Distrik Oecusse Timor Leste, dan Kabupaten Belu dan untuk konsentrasi terendah tercatat pada bulan November dengan nilai berkisar 0,158-2,151 dengan rata-rata 0,427 mg/m³ berada di wilayah pesisir utara Pulau Timor dan menyebar menuju ke wilayah perairan Selat Ombai. Penelitian lanjutan dapat dikaitkan dengan beberapa parameter oseanografi lainnya seperti data suhu permukaan laut, angin, arus dan kedalaman perairan. Hal ini dimaksudkan agar penelitian yang akan datang dapat menjadi referensi dalam penentuan wilayah potensi penangkapan ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *the National Aeronautics and Space Administration* (NASA) atas penggunaan data satelit MODIS AquaTerra dan aplikasi perangkat lunak SeaDas, serta kepada ESRI atas penggunaan perangkat lunak ArcGis 10.3 untuk mengolah data satelit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abigail, W., Zainuri, M., Pranowo, W.S. (2015). Studi Tentang Produktivitas Primer Berdasarkan Distribusi Nutrien Dan Intensitas Cahaya Di Perairan Selat Badung, Bali. *Jurnal Oseanografi*. Volume 4 No.1. hal: 150-158. [Online]. Diunduh: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Asanuma, I., Matsumoto, K., Okano, H., Kawano, T., Hendiarti, N., Sachoemar, S.I. (2003). Spatial distribution of phytoplankton along the Sunda Islands: the monsoon anomaly in 1998. *J. Geophys. Res. Ocean*. Volume 108. Hal: 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999jc000139>
- Aufar, T.F. Z., Kunarso., Maslukah, L., Ismunarti, D.H., Wirasatriya, A. (2021). Peramalan Daerah Fishing Ground di Perairan Pulau Weh, Kota Sabang Menggunakan Indikator Suhu Permukaan Laut dan Klorofil a serta Hubungannya dengan Kelimpahan Ikan Tongkol. *Journal of Oceanography*. Volume 3 No.2. hal: 1-8. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i2.11221>

- Gittings, J.A., Raitsos, D.E., Krokos, G., Hoteit, I. (2018). Impacts of warming on phytoplankton abundance and phenology in a typical tropical marine ecosystem. *Sci. Rep.* Volume 8. hal : 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20560-5>
- Gordon, A.L., Ffield, A., Ilahude, A.G. (1994). Thermocline of the Flores and Banda Seas. *Journal of Geophysical Research*. Volume 99 No.C9. hal : 18.235-18.242. DOI: 10.1029/94JC01434
- Gunawan, E.A., Agussalim, A., Surbakti, H. (2019). Pemetaan Sebaran Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal Di Teluk Lampung Provinsi Lampung. *Jurnal Maspari*. Volume 11 No.2. hal : 49-58. DOI: <https://doi.org/10.56064/maspari.v11i2.9467>
- Hamuna, B., Dimara, L. (2017). Pendugaan konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 di Perairan Kota Jayapura. *Jurnal Maspari*. Volume 9 No.2. hal : 139 – 148. DOI: <https://doi.org/10.56064/maspari.v9i2.4483>
- Hao, Q., Chai, F., Xiu, P., Bai, Y., Chen, J., Liu, C., Le, F., Zhou, F. (2019). Spatial and temporal variation in chlorophyll a concentration in the Eastern China Seas based on a locally modified satellite dataset. *Estuar. Coast Shelf Sci.* Volume 220. hal : 220–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.01.004>
- Jamshidi, S., Bin Abu Bakar, N. A. (2011). Study on distribution of chlorophyll-a in the coastal waters of Anzali Port, south Caspian Sea. *Ocean Science Discussions*. Volume 8. No.1. hal : 435-451. DOI: 10.5194/osd-8-435-2011
- Kunarso., Situmorang.R.P., Wulandari.S.Y., Ismanto.A. (2018). Variability Of Upwelling In Bone Bay And Flores Sea. *International Journal Of Civil Engineering & Technology(IJCIET)*. Volume 9 No.9. hal : 742–751. [Online]. Diunduh: <http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=9&Issue=10>
- Li Y, X., Yu J. Y. (2020). Why rare tropical cyclone formation after maturity of super El Niño events in the western North Pacific?. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*. Volume 31 No.1. hal : 21-32. DOI: 10.3319/TAO.2019.06.23.01
- Lillesand, T., Kiefer R.W., Chipman, J. (2014). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. New York
- Manzer, C.R., Connolly, T.P., McPhee-Shaw, E., Smith, G.J. (2019). Physical factors influencing phytoplankton abundance in southern Monterey Bay. *Continental Shelf Res.* Volume 180. hal : 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.04.007>
- Maro, J.F., Hartoko.A., Anggoro, S., Muskananfolo, M.R., Nugraha, E. (2021). Sea surface temperature and chlorophyll-a concentrations from MODIS satellite data and presence of cetaceans in Savu, Indonesia. *AACL Bioflux*. Volume 14 No.3. hal : 1190–1200. [Online]. Diunduh: <http://www.bioflux.com.ro/aac1>
- Moore, T.S., Marra, J. (2002). Satellite observations of bloom events in the Strait of Ombai: Relationships to monsoons and ENSO. *An Electronic Journal Of The Earth Sciences*. Volume 3 No.2. hal : 1-15. DOI: 10.1029/2001GC000174
- Muskananfolo, M.R., Supriharyono, Febrianto, S. (2020). Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of sayung demak, Indonesia using digital shoreline analysis system. *Reg. Stud. Mar. Sci.* Volume 34. hal : 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101060>
- Muskananfolo, M.R., Wirasatriya, A. (2021). Spatio-temporal distribution of chlorophyll-a concentration, sea surface temperature and wind speed using aqua-modis satellite imagery over the Savu Sea, Indonesia. *Remote Sens. Appl., Soc. Environ.* Volume 22. DOI: 10.1016/j.rsase.2021.100483
- Packard, T., Osmá, N., Fernández-Urruzola, I., Codispoti, L. A., Christensen, J.P., Gómez, M. (2015). Peruvian upwelling plankton respiration: calculations of carbon flux, nutrient retention efficiency, and heterotrophic energy production. *Biogeosciences*. Volume 12 No.9. hal : 2641-2654. DOI: 10.5194/bg-12-2641-2015
- Pelly, D.A., Marfai, M.A., Pangaribowo, E.H and Fadholi, A. (2020). Chlorophyll-a variability during positive IOD – the east season period in 2019 in Padang Sea, Indonesia. *E3S Web of Conference*. Volume 200. No.14. hal : 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020006002>
- Racault, M.F., Sathyendranath, S., Brewin, R.J.W., Raitsos, D.E., Jackson, T., Platt, T. (2017). Impact of El Niño variability on oceanic phytoplankton. *Front. Mar. Sci.* Volume 4. No. 133. DOI : <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00133>

- Sabrina, B., Maslukah, L., Wulandari, S.Y. (2018). Chlorophyll-a distribution and its relation with current pattern in northern waters of Central Java. *Omni-Akuatika*. Volume 14. No.1. hal : 69-76. DOI: 10.20884/1.oa.2018.14.1.351
- Sediadi, A. (2004). Efek Upwelling Terhadap Kelimpahan Dan Distribusi Fitoplankton Di Perairan Laut Banda Dan Sekitarnya. *Makara Sains*. Volume 8 No.2. hal : 43-51. DOI: 10.7454/mss.v8i2.409
- Setiawan, R.Y., Habibi, A. (2011). Satellite detection of summer chlorophyll-a bloom in the gulf of tomini. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. Volume 4 No.4. hal : 944–948. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2163926>
- Setiawan, R.Y., Setyobudi, E., Wirasatriya, A., Muttaqin, A.S., Maslukah, L. (2019). The influence of seasonal and interannual variability on surface chlorophyll-a off the western lesser Sunda islands. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. Volume 12 No.11. hal : 4191–4197. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2948385>
- Sihombing, R.F., Aryawati, R., Hartoni. (2013). Kandungan klorofil-a fitoplanton di sekitar perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Prov.Sumatera Selatan. *Jurnal Maspari*. Volume 5 No.1. hal : 33-39. DOI: <https://doi.org/10.56064/maspari.v5i1.1295>
- Situmorang, R.P., Gustasya, Y., Afrisal, M., Supriyadi. (2022a). Application of Oceanographic Data on Illegal Fishing Surveillance for Supporting Maritime Security (Case Study: North Natuna Sea). *Jurnal Pertahanan*. Volume 8 No.3. hal:381-400. DOI: <https://doi.org/10.33172/jp.v8i3.1845>
- Situmorang, R.P., Gustasya, Y., Anwar, S. (2022b). Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan Pelagis di Perairan Laut Kabupaten Belu Berdasarkan Data Citra Satelit. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*. Volume 17 No.1. hal : 88–101. DOI: <https://doi.org/10.31851/jipbp.v17i1.8366>
- Susanto, R.D., Marra, J. (2005). Effect of the 1997/98 El Nino on Chlorophyll a variability along the southern coasts of Java and sumatra. *Int. J. Oceanography Soc.* Volume 18. No. 4. hal : 124–127. DOI: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.13>
- Susilo, E., Kresnabayu, I.M., Swastan, I.G.A. (2021). Peta Lokasi Penangkapan Ikan Lemuru di Selat Bali. *J Fish Mar Res*. Volume 5. No.2. hal : 402–9. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.27>
- Sutton, A.L., Curt, K. S., Jenner, K.C.S., Jenner, M.M. (2019). Deep-sea research part II habitat associations of cetaceans and seabirds in the tropical eastern Indian Ocean. *Deep-Sea Research*. Volume 2 No.166. hal : 171-186.
- Wernand, M.R., van der Woerd, H.J., Gieskes, W.W.C. (2013). Trends in ocean colour and chlorophyll concentration from 1889 to 2000, worldwide. *PLoS ONE*. Volume 8. No.6. hal : 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063766>
- Yuan-Jian, Y., Tao, X., Liang, S., Yun-Fei, F. (2012). Summer monsoon impacts on chlorophyll-a concentration in the middle of the south China sea: climatological mean and annual variability. *Atmos. Oceanogr. Sci. Libr*. Volume 5. hal : 15–19. DOI: <https://doi.org/10.1080/16742834.2012.11446961>
- Yulianto, M., Muskananfolo, M.R., Rahman, A. (2018). Spatial and temporal distribution abundance of phytoplankton and chlorophyll-a in ujung kartini waters jepara. *Indones. J. Fish. Sci. Technol*. Volume 14. No.1. hal : 1–7. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijfst.14.1.1-7>