

# VARIABILITAS KLOOROFIL-A DI PERAIRAN SEKITAR PULAU BALI, INDONESIA MELALUI ANALISIS SATELIT MULTI RESOLUSI

Rizki Hanintyo<sup>a,\*</sup> dan Dinarika Jatisworo<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Balai Riset dan Observasi Laut, Jl. Baru Perancak, Jembrana-Bali, Indonesia

\*Koresponden penulis: rizki.hanintyo@yahoo.com , rizki.hanintyo@kkp.go.id

## Abstrak

Klorofil-a (Chl-a) merupakan informasi yang sangat penting untuk mengetahui kesuburan suatu perairan. Dalam studi ini kami menyajikan analisis komparatif variabilitas klorofil-a dari produk level 3 Chl-a pada 4 (empat) data satelit yaitu Aqua MODIS, VIIRS-SNPP, Himawari-8, dan Sentinel 3 OLCI pada wilayah Selat Bali. Analisis didasarkan pada data rerata bulanan Chl-a pada tahun 2020. Hasil perhitungan rerata statistik menunjukkan bahwa informasi chl-a pada satelit Aqua MODIS dan Sentinel 3 OLCI mengalami peningkatan nilai rerata di bulan mei hingga agustus sedangkan pada satelit Himawari 8 AHI dan Suomi NPP VIIRS cenderung stabil dan tidak menunjukkan variasi. Variabilitas klorofil-a sangat nampak di daerah selat bali dan cenderung statis di daerah kepulauan Nusa Penida dan bali utara

**Kata kunci:** Himawari-8, Klorofil-a, MODIS, Selat Bali, Sentinel 3 OLCI, VIIRS-SNPP

## Abstract

Chlorophyll-a (Chl-a) is very important information to determine the fertility of water. In this study, we present a comparative analysis of the variability of chlorophyll-a from level 3 Chl-a products on 4 (four) satellite data, namely Aqua MODIS, VIIRS-SNPP, Himawari-8, and Sentinel 3 OLCI in the Bali Strait region. The analysis is based on Chl-a's monthly average data in 2020. The results of mean statistical calculations show that the Chl-a concentration has been increased at mei to august from Aqua MODIS and Sentinel 3 OLCI satellite data. In the other hand, Himawari 8 AHI and Suomi NPP VIIRS tend to be stable and didn't show any variation. The Chl-a concentration showed high variability in bali strait area and tend to be stable in Nusa Penida Island and north bali seas.

**Keywords:** Himawari-8, Chlorophyll-a, MODIS, Bali Strait, Sentinel 3 OLCI, VIIRS-SNPP

## PENDAHULUAN

Informasi tentang sebaran fitoplankton di perairan merupakan salah satu misi dari satelit oceancolor [1], [2]. Proksi terbaik untuk mengetahui sebaran dan biomassa fitoplankton adalah dengan melihat konsentrasi Chl-a [3], [4]. Informasi nilai Chl-a dapat diestimasi dengan menggunakan berbagai cara, salah satunya adalah dari data satelit. Oleh karena itu saat ini telah berkembang sensor yang dapat mendeteksi Chl-a dengan variasi resolusi spasial ataupun temporal yang lebih baik.

Terdapat banyak jenis satelit hiperspektral yang dapat digunakan untuk mendeteksi Chl-a seperti MODIS, SeaWiFS, atau VIIRS. Ada juga satelit multispektral seperti Landsat, SPOT, dan Sentinel yang memiliki panjang gelombang hijau dan biru sehingga dapat

diekstraksi menjadi informasi Chl-a. Faktanya, satelit hiperspektral memiliki akuisisi temporal yang lebih baik dan sangat ideal digunakan untuk deteksi klorofil-a [5], sebaliknya sensor multispektral dengan tingkat resolusi spasial yang lebih baik cenderung digunakan untuk kajian terestrial [6]. Oleh karena itu dalam kajian ini akan digunakan 3 satelit hiperspektral yaitu Aqua MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), VIIRS-SNPP (*The Visible and Infrared Imager/Radiometer Suite - Suomi NPP*), Himawari-8, serta 1 satelit multispektral yaitu Sentinel 3 OLCI (*The Ocean and Land Colour Instrument*) dalam mendeteksi Chl-a di perairan. Kajian ini akan fokus pada analisis komparatif nilai variabilitas bulanan yang ditunjukkan oleh keempat data satelit tersebut. Nilai variabilitas bulanan dan musiman akan

Article history:

Diterima / Received 25-05-2021

Disetujui / Accepted 31-07-2021

Diterbitkan / Published 31-07-2021

©2021 at <http://jfm.ub.ac.id>

lebih baik jika menggunakan data komposit Chl-a bulanan. Beberapa penelitian terdahulu mengandalkan data Chl-a bulanan yang digunakan untuk mempelajari variabilitas musiman alga regional ke global [7], [8], anomali antar tahunan [9], [10], hubungan antara biologi dan fisika [11], dan tren jangka panjang dalam periode Chl-a [12], [13], atau untuk menilai keluaran model biogeokimia [14], [15], dan penelitian-penelitian tersebut menginformasikan bahwa Chl-a bulanan sangat relevan digunakan.

Penelitian yang membandingkan data Chl-a dari berbagai satelit baru dilakukan di Laut Mediterania yang diterapkan pada data hiperspektral yaitu MODIS, SeaWiFS, dan MERIS dengan membandingkan nilai Chl-a pada data satelit dengan hasil pengukuran in situ [16], [17]. Perbandingan informasi Chl-a dari berbagai data satelit untuk perairan di Indonesia sangat diperlukan. Hal ini terkait dengan kondisi perairan Indonesia yang berbeda dengan Laut Mediterania, serta belum adanya penelitian yang membandingkan informasi Chl-a di Indonesia dari berbagai satelit. Oleh karena itu, karya ini berkontribusi pada upaya untuk menganalisis perbedaan antara nilai perekaman konsentrasi Chl-a sehingga akan diketahui data satelit apa yang paling baik digunakan untuk monitoring kondisi Chl-a di perairan.

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Aqua MODIS, Suomi NPP VIIRS, Himawari 8 dan Sentinel 3 OLCI tahun 2020.

**Table 1.** Data Satelit yang digunakan

Satelit & Sensor	Level data	Resolusi
Aqua MODIS	Level 3 – Bulanan	4 Km
Suomi NPP VIIRS	Level 3 – Bulanan	4 Km
Himawari – 8 AHI	Level 3 – Bulanan	5 km
Sentinel 3 OLCI*	Level 1 - Harian	1 km

\* dilakukan rata-rata bulanan

Data Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS di unduh dari situs OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>) dalam format NetCDF (\*nc). Data Himawari 8 AHI di unduh dari FTP JAXA Ptree System dalam format NetCDF (\*nc) dan data Sentinel 3 OLCI di

unduh dari ESA Copernicus Scihub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) dalam format ZIP.

Data sentinel 3 OLCI yang digunakan adalah data harian Level 1 yang telah dilakukan proses reprojeksi dan aplikasi prosesor Case 2 Regional Coast Color / C2RCC yang telah ada di software ESA SNAP. C2RCC merupakan suatu algoritma berbasis jaringan syaraf tiruan / neural network yang berbasis database simulasi reflektansi permukaan air / water leaving reflectance (Brockman, 2016). Salah satu output dari prosesor C2RCC adalah sebaran chlorophyll-a. Proses subset data sentinel 3 juga dilakukan di software ESA SNAP untuk daerah sekitar bali dengan cakupan  $114^{\circ} - 116^{\circ}$  BT dan  $7,5^{\circ} - 9,5^{\circ}$  LS. Dari hasil subset kemudian dilakukan proses binning dari data harian ke data bulanan.

Data Aqua MODIS dan Himawari 8 AHI yang telah di unduh dari situs oceancolor dan JAXA Ptree adalah data bulanan tahun 2020 dengan cakupan global. Algoritma yang digunakan dalam penentuan konsentrasi klorofil-a pada citra Aqua MODIS adalah menggunakan hubungan empiris remote sensing reflectance band biru (443-488 nm) dan band hijau (547 nm) citra Aqua MODIS. Sedangkan penentuan konsentrasi klorofil-a pada citra Himawari 8 AHI adalah menggunakan model *Inherent Optical Properties* / IOP dan algoritma empiris band 1 dan 2 dan band 2 dan band 3.

Proses subset untuk citra Aqua MODIS dan Himawari 8 AHI dilakukan dengan cakupan yang sama dengan data Sentinel 3 di software SEADAS. Perhitungan statistik dari masing-masing citra satelit dilakukan di software ArcGIS untuk melihat variabilitas klorofil-a secara bulanan.

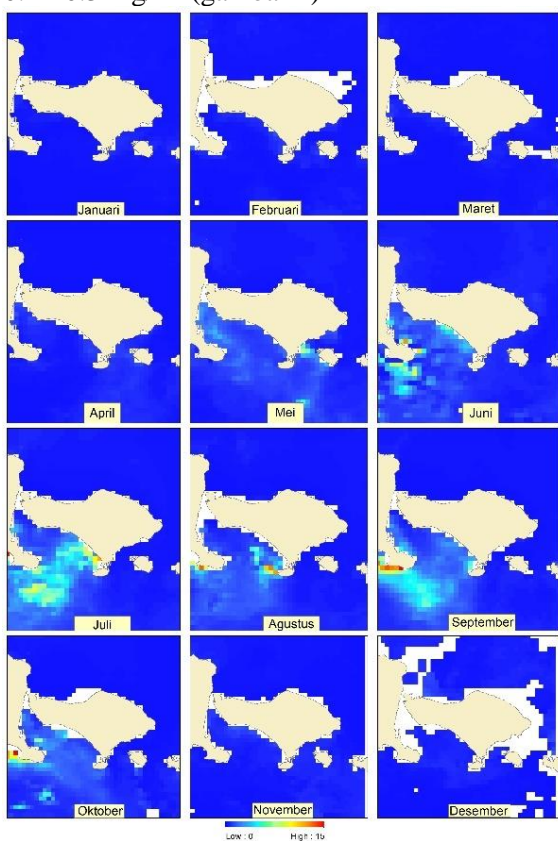
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aqua MODIS

Data Aqua MODIS level 3 komposit bulanan parameter klorofil-a yang telah di unduh dari situs oceancolor dapat melihat variabilitas dan sebaran klorofil-a di sekitar area bali. Secara bulanan, nilai rerata klorofil-a tinggi di bulan mei hingga oktober dengan nilai rerata klorofil-a tertinggi di bulan juli yaitu  $1.18 \text{ mg/m}^3$  sedangkan nilai maksimal klorofil-a tertinggi di bulan juli dengan nilai 43.54

mg/m<sup>3</sup> dan nilai minimal terendah pada bulan desember dengan nilai 0.08 mg/m<sup>3</sup> (gambar 5).

Variabilitas bulanan pada daerah selat bali dimana perubahan konsentrasi klorofil-a terlihat dengan jelas secara bulanan. Pada bulan mei, konsentrasi klorofil-a di daerah selat bali mulai meningkat di bandingkan bulan april dan konsentrasi tertinggi pada bulan juli di daerah selat bali. Bulan november hingga april merupakan bulan dimana konsentrasi klorofil-a di daerah selat bali memiliki konsentrasi rendah. Di lain sisi, konsentrasi klorofil-a daerah bali bagian utara dan daerah nusa penida memiliki konsentrasi klorofil-a yang statis dan tidak memiliki variabilitas yang tinggi. Konsentrasi klorofil-a pada daerah Bali bagian utara dan nusa penida berkisar antara 0.1 - 0.3 mg/m<sup>3</sup> (gambar 1)



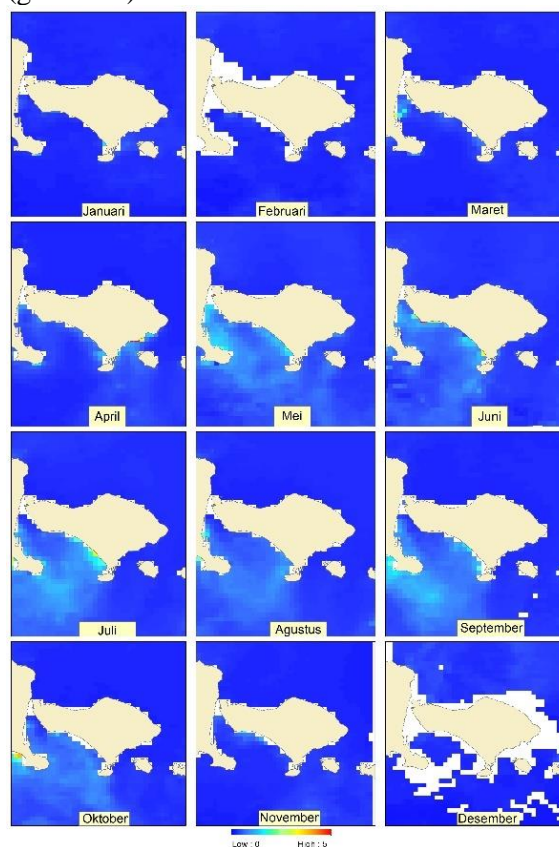
Gambar 1. Klorofil-a Aqua MODIS

### VIIRS

Seperti data Aqua MODIS Level 3, data Suomi NPP VIIRS level 3 bulanan parameter klorofil-a diunduh dari situs oceancolor untuk melihat variabilitas dan sebaran klorofil-a di sekitar area bali. Nilai rerata konsentrasi klorofil-a tinggi pada bulan mei – oktober dengan nilai rerata tertinggi pada bulan mei

yaitu 0.4 mg/m<sup>3</sup>. Nilai konsentrasi klorofil-a maksimal secara bulanan adalah pada bulan april sebesar 23.29 mg/m<sup>3</sup> dan nilai terendah pada bulan desember sebesar 0.04 mg/m<sup>3</sup>.

Seperti di citra Aqua MODIS, secara bulanan, variabilitas konsentrasi klorofil-a dapat terlihat dengan jelas di daerah selat bali dan variabilitas pada daerah bali utara dan nusa penida tidak nampak jelas. Variabilitas konsentrasi klorofil-a di selat bali pada bulan mei hingga oktober berkisar antara 0.4 hingga 2 mg/m<sup>3</sup>. Sedangkan variabilitas konsentrasi klorofil di bali utara dan nusa penida cenderung statis dengan nilai konsentrasi klorofil berkisar antara 0.1 hingga 0.2 mg/m<sup>3</sup> (gambar 2)



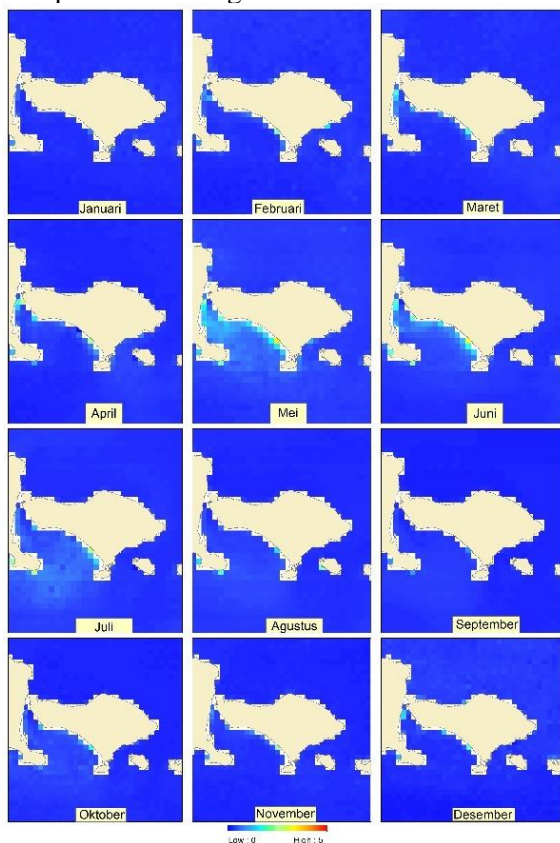
Gambar 2. Klorofil-a VIIRS

### Himawari 8 AHI

Data himawari 8 AHI level 2 telah di unduh dari FTP server milik Japan Aerospace Agency / JAXA untuk melihat variabilitas dan sebaran klorofil-a di sekitar area bali. Nilai rerata konsentrasi klorofil-a cukup statis dari bulan januari hingga desember dengan nilai rerata konsentrasi klorofil 0.18 hingga 0.36 mg/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai maksimal konsentrai klorofil-a adalah 3,46 mg/m<sup>3</sup> pada bulan mei dan nilai

minimal konsentrasi klorofil-a adalah  $0,001 \text{ mg/m}^3$  pada bulan april (gambar 3).

Berbeda dengan Aqua MODIS dan VIIRS, citra satelit Himawari – 8 tidak menunjukkan variasi yang cukup jelas dari bulan ke bulan di daerah selat bali, bali utara dan nusa penida. Peningkatan konsentrasi klorofil-a terlihat sedikit adanya kenaikan di daerah selat bali pada bulan mei hingga juli. Peningkatan tersebut terjadi baik pada daerah pesisir maupun daerah tengah selat bali.



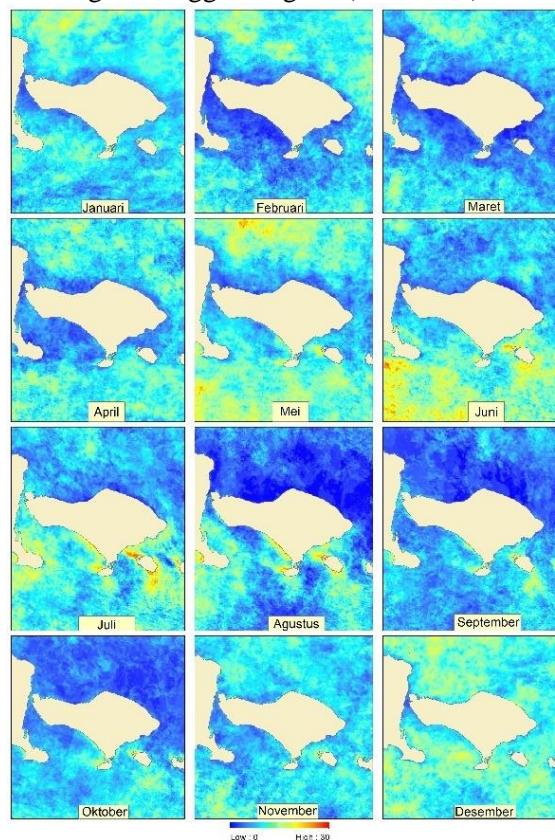
**Gambar 3.** Klorofil-a Himawari 8

### Sentinel 3 OLCI

Citra sentinel 3 yang telah dilakukan reproyeksi, selanjutnya akan diaplikasikan C2RCC processor. Beberapa parameter perlu diberikan pada C2RCC processor, antara lain suhu permukaan laut dan salinitas. Proses ini dilakukan pada citra Sentinel 3 OLCI data harian. C2RCC processor tidak hanya menghasilkan informasi klorofil-a dan Total Suspended Matter / TSM, tetapi juga melakukan koreksi atmosfer dan cloud masking.

Dari hasil bining data harian menjadi data bulanan, terlihat bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a tersebar tidak hanya di daerah pesisir

tetapi juga di daerah lautan lepas. Pada bulan November hingga Mei, konsentrasi klorofil-a melimpah di bagian utara Pulau Bali antara  $2 \text{ mg/m}^3$  hingga  $16 \text{ mg/m}^3$ . Sedangkan pada bulan juni hingga oktober, konsentrasi klorofil di bagian utara Pulau Bali cukup rendah antara  $0,01 \text{ mg/m}^3$  hingga  $2 \text{ mg/m}^3$  (Gambar 4).



**Gambar 4.** klorofil-a Sentinel 3 OLCI

Berdasarkan gambar 5, tampak bahwa nilai rerata / *mean* dari citra Himawari 8 AHI dan Suomi NPP VIIRS memiliki pola yang sama dan cenderung stabil dari bulan januari hingga desember. Sedangkan pada citra Aqua MODIS dan Sentinel 3 OLCI nampak rerata pada bulan mei hingga agustus memiliki nilai rerata yang tinggi di bandingkan bulan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi klorofil-a di daerah selat bali berada pada awal musim kemarau dimana tingkat intensitas penyinaran matahari lebih tinggi di bandingkan dengan bulan-bulan lainnya sehingga terjadi proses fotosintesis. Pola variabilitas klorofil-a dapat terlihat jelas dari citra satelit Sentinel 3, Himawari, VIIRS dan MODIS pada rentang resolusi yang berbeda-beda.



**Gambar 5.** Statistik Klorofil-a

## KESIMPULAN

Satelit Aqua MODIS, Suomi NPP VIIRS, Himawari 8 dan Sentinel 3 OLCI mampu menyajikan informasi sebaran klorofil-a secara time series untuk daerah bali. Sebaran dan variabilitas klorofil-a dapat terlihat dengan jelas di daerah selat bali. Daerah bali utara dan daerah kepulauan nusa penida tidak nampak variabilitas dan cenderung statis secara temporal.

Secara temporal dan rerata, rerata konsentrasi klorofil-a meningkat di bulan juli

pada sensor Aqua MODIS, Suomi NPP VIIRS dan Himawari 8. Selain itu, pada bulan juli, pada semua sensor nampak kenaikan konsentrasi klorofil-a di daerah selat bali. Hal ini di sebabkan karena pada bulan tersebut pada musim kemarau dimana tingkat intensitas penyinaran matahari lebih tinggi di bandingkan dengan bulan lainnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada JAXA Ptree atas penyediaan data Himawari 8, NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Ecology Laboratory, Ocean Biology Processing Group untuk data Aqua MODIS dan VIIRS dan European Space Agency untuk data Sentinel 3 OLCI.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. A. Yoder, C. R. McClain, G. C. Feldman, and W. E. Esaias, "Annual cycles of phytoplankton chlorophyll concentrations in the global ocean: A satellite view," *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 7, no. 1, 1993, doi: 10.1029/93GB02358.
- [2] A. Longhurst, S. Sathyendranath, T. Platt, and C. Caverhill, "An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data," *J. Plankton Res.*, vol. 17, no. 6, 1995, doi: 10.1093/plankt/17.6.1245.
- [3] F. Watanabe, E. Alcântara, M. Curtarelli, M. Kampel, and J. Stech, "Landsat-based remote sensing of the colored dissolved organic matter absorption coefficient in a tropical oligotrophic reservoir," *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, vol. 9, 2018, doi: 10.1016/j.rsase.2017.12.004.
- [4] Y. Huot, M. Babin, F. Bruyant, C. Grob, M. S. Twardowski, and H. Claustre, "Does chlorophyll *a* provide the best index of phytoplankton biomass for primary productivity studies?," *Biogeosciences Discuss.*, 2007, doi: 10.5194/bgd-4-707-2007.
- [5] I. Moutzouris-Sidiris and K. Topouzelis, "Assessment of Chlorophyll-a concentration from Sentinel-3 satellite images at the Mediterranean Sea using CMEMS open

- source in situ data,” *Open Geosci.*, vol. 13, no. 1, 2021, doi: 10.1515/geo-2020-0204.
- [6] M. W. Matthews, “A current review of empirical procedures of remote sensing in Inland and near-coastal transitional waters,” *International Journal of Remote Sensing*, vol. 32, no. 21. 2011, doi: 10.1080/01431161.2010.512947.
- [7] M. E. Carr and E. J. Kearns, “Production regimes in four Eastern Boundary Current systems,” *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, vol. 50, no. 22–26, 2003, doi: 10.1016/j.dsr2.2003.07.015.
- [8] Y. Dandonneau, “Response to Comment on ‘Oceanic Rossby Waves Acting As a ‘Hay Rake’ for Ecosystem Floating By-Products’,”” *Science (80-. )*, vol. 304, no. 5669, 2004, doi: 10.1126/science.1095997.
- [9] R. Murtugudde, J. P. McCreary, and A. J. Busalacchi, “Oceanic processes associated with anomalous events in the Indian Ocean with relevance to 1997-1998,” *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 105, no. C2. 2000, doi: 10.1029/1999jc900294.
- [10] M. J. Behrenfeld *et al.*, “Biospheric primary production during an ENSO transition,” *Science (80-. )*, vol. 291, no. 5513, 2001, doi: 10.1126/science.1055071.
- [11] C. Wilson and V. J. Coles, “Global climatological relationships between satellite biological and physical observations and upper ocean properties,” *J. Geophys. Res. C Ocean.*, vol. 110, no. 10, 2005, doi: 10.1029/2004JC002724.
- [12] W. W. Gregg, N. W. Casey, and C. R. McClain, “Recent trends in global ocean chlorophyll,” *Geophys. Res. Lett.*, 2005, doi: 10.1029/2004GL021808.
- [13] V. Vantrepotte and F. Mélin, “Temporal variability of 10-year global SeaWiFS time-series of phytoplankton chlorophyll a concentration,” *ICES J. Mar. Sci.*, vol. 66, no. 7, 2009, doi: 10.1093/icesjms/fsp107.
- [14] W. W. Gregg, P. Ginoux, P. S. Schopf, and N. W. Casey, “Phytoplankton and iron: Validation of a global three-dimensional ocean biogeochemical model,” *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, vol. 50, no. 22–26, 2003, doi: 10.1016/j.dsr2.2003.07.013.
- [15] M. Vichi, N. Pinardi, and S. Masina, “A generalized model of pelagic biogeochemistry for the global ocean ecosystem. Part I: Theory,” *J. Mar. Syst.*, vol. 64, no. 1–4, 2007, doi: 10.1016/j.jmarsys.2006.03.006.
- [16] G. Volpe, R. Santoleri, V. Vellucci, M. Ribera d’Alcalà, S. Marullo, and F. D’Ortenzio, “The colour of the Mediterranean Sea: Global versus regional bio-optical algorithms evaluation and implication for satellite chlorophyll estimates,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 107, no. 4, 2007, doi: 10.1016/j.rse.2006.10.017.
- [17] G. Volpe, S. Colella, V. Forneris, C. Tronconi, and R. Santoleri, “The Mediterranean Ocean Colour Observing System & System development and product validation,” *Ocean Sci.*, vol. 8, no. 5, 2012, doi: 10.5194/os-8-869-2012.