

Analisis Hubungan Kemunculan Hiu Paus (*Rhincodon typus*) dengan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pada Perairan Botubarani Provinsi Gorontalo

*Analysis of the Relationship between the Presence of Whale Sharks (*Rhincodon typus*) with Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a in Botubarani Waters, Gorontalo Province*

Romansah Wumu*, Shabri Indra Suryalfihra

Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda, Kalimantan Timur 75242, Indonesia

*Korespondensi penulis: romansah@politanisamarinda.ac.id

Diterima: 19112022; Diperbaiki: 03072024; Disetujui: 04072024; Dipublikasi: 04072024

Abstrak: Hiu Paus merupakan salah satu hewan yang terancam punah, sehingga masuk dalam hewan yang dilindungi. Salah satu lokasi kemunculan Hiu Paus di Indonesia adalah perairan Botubarani Provinsi Gorontalo. Perairan tersebut dijadikan Kawasan Ekowisata Hiu Paus yang bertujuan meningkatkan ekonomi masyarakat setempat sekaligus menjadi lokasi riset dan konservasi Hiu Paus. Kemunculan Hiu Paus pada perairan Botubarani masih belum banyak diketahui penyebabnya. Secara umum kemunculan Hiu Paus pada suatu lokasi tergantung pada kondisi kimia, fisik, dan biologi perairan. Penelitian bertujuan mencari korelasi antara kemunculan Hiu Paus pada perairan Botubarani menggunakan parameter suhu permukaan laut (SPL) dengan dan Klorofil-a. Kedua data tersebut diperoleh dari data citra Modis dan Landsat-8. Hasil pengujian korelasi antara kemunculan Hiu Paus dengan Klorofil-a dari data harian MODIS Aqua dan Terra masing-masing adalah -0,356 dan -0,077, sedangkan korelasi dengan SPL masing-masing adalah 0,338 dan 0,108. Hasil ini menunjukkan korelasi moderat antara kemunculan Hiu Paus dengan SPL dari data MODIS Aqua, tetapi korelasi yang lemah dengan Klorofil-a. Pengujian korelasi menggunakan data Landsat-8 menunjukkan korelasi moderat positif antara kemunculan Hiu Paus dengan Klorofil-a sebesar 0,499, sementara korelasi dengan SPL menunjukkan nilai yang sangat lemah sebesar -0,183. Selain itu, terdapat korelasi negatif kuat antara Klorofil-a dan SPL dengan nilai -0,782 pada data Landsat-8, mengindikasikan fenomena upwelling. Disparitas dalam hasil ini disebabkan perbedaan resolusi spasial antara data MODIS dan Landsat-8 serta kompleksitas dinamika perairan pesisir yang mempengaruhi kualitas data satelit.

Copyright © 2024 Geoid. All rights reserved.

Abstract: The Whale shark is one of the endangered animals, including protected animals. The Botubarani waters of Gorontalo Province are one of the locations where whale sharks appear in Indonesia. The waters are used as a Whale Shark Ecotourism Area which aims to improve the local community's economy as well as a location for Whale Shark research and conservation. The appearance of whale sharks in the waters of Botubarani is still not widely studied. In general, the appearance of whale sharks in a location depends on the chemical, physical and biological conditions of the waters. This study aims to determine the relationship between the appearance of whale sharks in Botubarani waters using sea surface temperature (SST) parameters with chlorophyll-a. Both data were obtained from Modis and Landsat-8 image data. The results showed a low correlation between the appearance of whale sharks with Chlorophyll-a and SPL derived from Modis data. The correlation tests between Whale Shark appearances and Chlorophyll-a from daily MODIS Aqua and Terra data were -0.356 and -0.077, respectively, while the correlations with SST were 0.338 and 0.108, respectively. These results show a moderate correlation between Whale Shark appearances and SST from MODIS Aqua data, but a weak correlation with Chlorophyll-a. The correlation tests using Landsat-8 data showed a moderate positive correlation between Whale Shark appearances and Chlorophyll-a of 0.499, while the correlation with SST was very weak at -0.183. Additionally, there was a strong negative correlation between Chlorophyll-a and SST, with a value of -0.782 from Landsat-8 data, indicating an upwelling phenomenon. The disparity in these results is due to the differences in spatial resolution between MODIS and Landsat-8 data, as well as the complexity of coastal water dynamics affecting satellite data quality.

Kata kunci: Klorofil-a; Laut; *Rhincodon typus*; Suhu

Cara untuk sitasi: Wumu, R., Suryalfihra, S. I. (2024). Analisis Hubungan Kemunculan Hiu Paus (*Rhincodon typus*) dengan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a pada Perairan Botubarani Provinsi Gorontalo. *Geoid*, 19(2), 293 - 304.

Pendahuluan

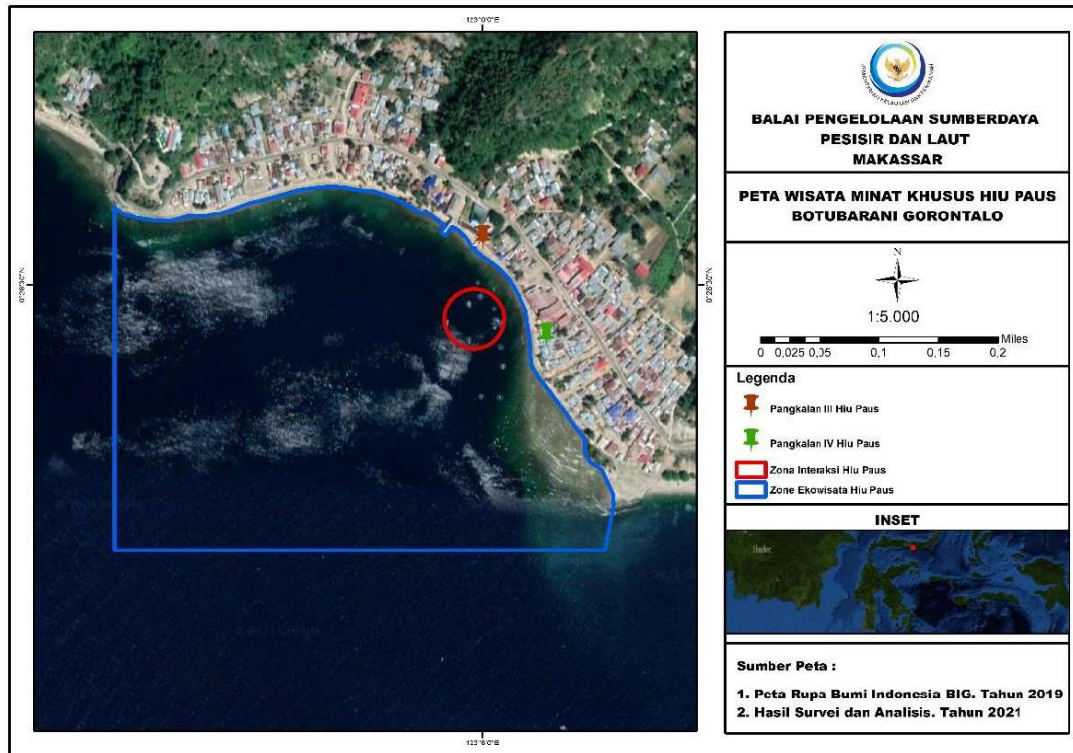
Hiu paus (*Rhincodon typus*) merupakan ikan berukuran besar dengan berat hingga mencapai 21,000 kg dan hidup pada perairan hangat pada area tropis hingga subtropis (Stewart & Wilson, 2005). Hiu Paus merupakan hewan yang dilindungi dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan RI nomor 18 Tahun 2013, hal tersebut dikarenakan statusnya yang terancam punah (Rohner et al., 2018). Di Indonesia populasi hiu paus sering ditemui pada perairan Teluk Cenderawasih, Talisayan Kalimantan Timur, Probolinggo Jawa Timur, Botubarani Gorontalo, Kaimana Papua, Anambas Kepulauan Riau, dan Lembata Nusa Tenggara (Himawan et al., 2017).

Hasil Pengamatan hiu paus (*Rhincodon typus*) di lepas pantai Goa (Laut Arab bagian utara) menunjukkan kemunculan *R. typus* di pantai Goa dikarenakan nilai SST (28,11 °C) dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi (1,6 mg/m³) (Chandrasekar et al., 2020). Di Indonesia telah banyak dilakukan penelitian tentang kemunculan *R. typus* berdasarkan parameter lingkungan. Penelitian menggunakan maximum entropy model yang dilakukan di perairan Probolinggo (Jawa Timur) tentang potensi kemunculan *R. Typus* berdasarkan parameter SPL dan Klorofil-a dari data penginderaan jauh, serta kedalaman perairan dari GEBCO, menunjukkan secara berturut turut parameter yang paling berpengaruh terhadap kemunculan *R. Typus* adalah kedalaman (71,0%), klorofil-a (15,7%), dan SPL (13,3%) (Syah et al., 2018). Hasil penelitian lain yang dilakukan di Taman Nasional Teluk Cenderawasih (TNTC), menggunakan menunjukkan metode statistik Generalized Additive Model (GAM) menunjukkan parameter SPL dan Klorofil Permukaan Laut adalah dua parameter paling penting yang mempengaruhi kehadiran hiu paus, diikuti oleh Tinggi Permukaan Laut, kedalaman (batimetri), dan parameter arus (Manuhutu et al., 2021). Penelitian lainnya yang dilakukan di TNTC diperoleh korelasi antara tangkapan ikan teri dan hiu paus selama musim barat dan musim timur berturut-turut sebesar 0,912 dan 0,819. SPL dan klorofil-a memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil tangkapan ikan teri dan frekuensi kemunculan hiu paus, tapi tidak pada semua musim (Ihsan et al., 2018). Hasil penelitian lain dengan menggunakan metode yang sama (GAM) untuk menganalisis kemunculan *R. Typus* dari data data in-situ (WWF Indonesia) berdasarkan parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a dari citra Aqua-MODIS di TNTC menunjukkan kemunculan hiu paus di permukaan diamati banyak terjadi pada pada SPL berkisar antara 30,50-31,80 °C, dan untuk konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,20-0,40 mg/m³ (Ranintyari et al., 2018). Berdasarkan uraian hasil penelitian di atas parameter klorofil-a dan SPL yang diperoleh dari data citra satelit dapat digunakan untuk menganalisis kemunculan hiu paus.

Perairan Botubarani Provinsi Gorontalo merupakan kawasan ekowisata Hiu Paus. Pengelolaan Kawasan ekowisata tersebut bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat sekaligus menjadi area riset Hiu Paus (Handoko et al., 2019). Pengelolaan kawasan wisata tersebut dibawah pengawasan Balai Pengelolaan Sumber daya Pesisir dan Laut (BPSPL) Makassar (Handoko et al., 2019). Kemunculan hiu paus pada perairan Botubarani tidak jauh dari bibir pantai hal tersebut dikarenakan kedalaman laut pada perairan yang curam, di mana pada jarak kurang dari 15 meter dari bibir pantai, kedalaman air berubah secara drastis dari 1-2 meter menjadi 20-30 meter hingga laut lepas. (Handoko et al., 2019). Menurut keterangan nelayan setempat kemunculan Hiu Paus mengikat saat kemunculan ikan nike (*Awaous melanocephalus*) (Handoko et al., 2018). Dugaan lain disebutkan Hiu Paus kemunculan Hiu Paus dikarenakan aktivitas pemberian makanan berupa kulit udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) oleh wisatawan dan masyarakat setempat (Handoko et al., 2018). Namun penelitian lain menuliskan kemunculan Hiu Paus pada perairan Botubarani tidak sepenuhnya dikarenakan adanya pemberian makanan berupa limbah kulit udang vaname, tapi lebih dipengaruhi oleh kecenderungan adanya sumber makanan berupa plankton, dan ikan kecil yang melimpah (Handoko et al., 2017). Kemunculan Hiu Paus di perairan Botubarani belum banyak diketahui penyebabnya. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian secara spasial dan temporal kemunculan hiu paus dengan kondisi lingkungan di perairan Teluk Tomini Gorontalo (Rahman et al., 2017).

Data dan Metode

Penelitian dilakukan pada perairan Botubarani Provinsi Gorontalo, tepatnya pada area Ekowisata Hiu Paus Botubarani (Gambar 1). Secara astronomis lokasi penelitian berada pada $0^{\circ}28'34''$ - $0^{\circ}28'17''$ lintang Utara dan $123^{\circ}05'43.6''$ - $123^{\circ}06'06.6''$ bujur Timur. Pemilihan lokasi berdasarkan kemunculan Hiu Paus pada perairan tersebut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (BPSPL Makassar, 2022)

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) data *time series* kemunculan Hiu Paus November 2020 s.d Mei 2022 yang bersumber dari kalender kemunculan hiu paus pada area lokasi penelitian yang berasal dari BPSPL Makassar dan POKDARWIS Botubarani, dan 2) data *time series* klorofil-a dan SPL November 2020 s.d Mei 2022 yang diperoleh dari data Modis dan pengolahan data Landsat-8 yang tersedia pada *catalog* data *Google Earth Engine* (GEE). Data citra satelit yang digunakan merupakan data citra bebas awan. Pengolahan data tersebut menggunakan perangkat *cloud computing* GEE. User perlu melakukan registrasi pada <https://earthengine.google.com/> dan kemudian masuk ke <https://code.earthengine.google.com/> untuk dapat mengakses *code editor* GEE. Google telah memfasilitasi *user* untuk dapat mempelajari lebih banyak tentang GEE melalui <https://developers.google.com/earth-engine>.

Pengolahan data diawali dengan mengolah data citra Modis Terra dan Modis Aqua. Data tersebut difilter waktu (Filter.date) sesuai dengan data kemunculan hiu paus di perairan Botubarani. Kemudian memilih band Klorofil-a dan SST (chlor_a dan 'sst'), memilih data sesuai lokasi penelitian. Tahapan selanjutnya adalah membuat grafik *time series* Klorofil-a dan SST harian dan rata-rata bulanan. Selanjutnya adalah menguji korelasi kemunculan hiu paus dengan data Klorofil-a dan SST dari data harian maupun bulanan. Metode pengujian korelasi bergantung pada distribusi data, jika salah semua data berdistribusi normal maka menggunakan *pearson correlation* dan jika salah satu data tidak berdistribusi normal maka menggunakan *spearman correlation*.

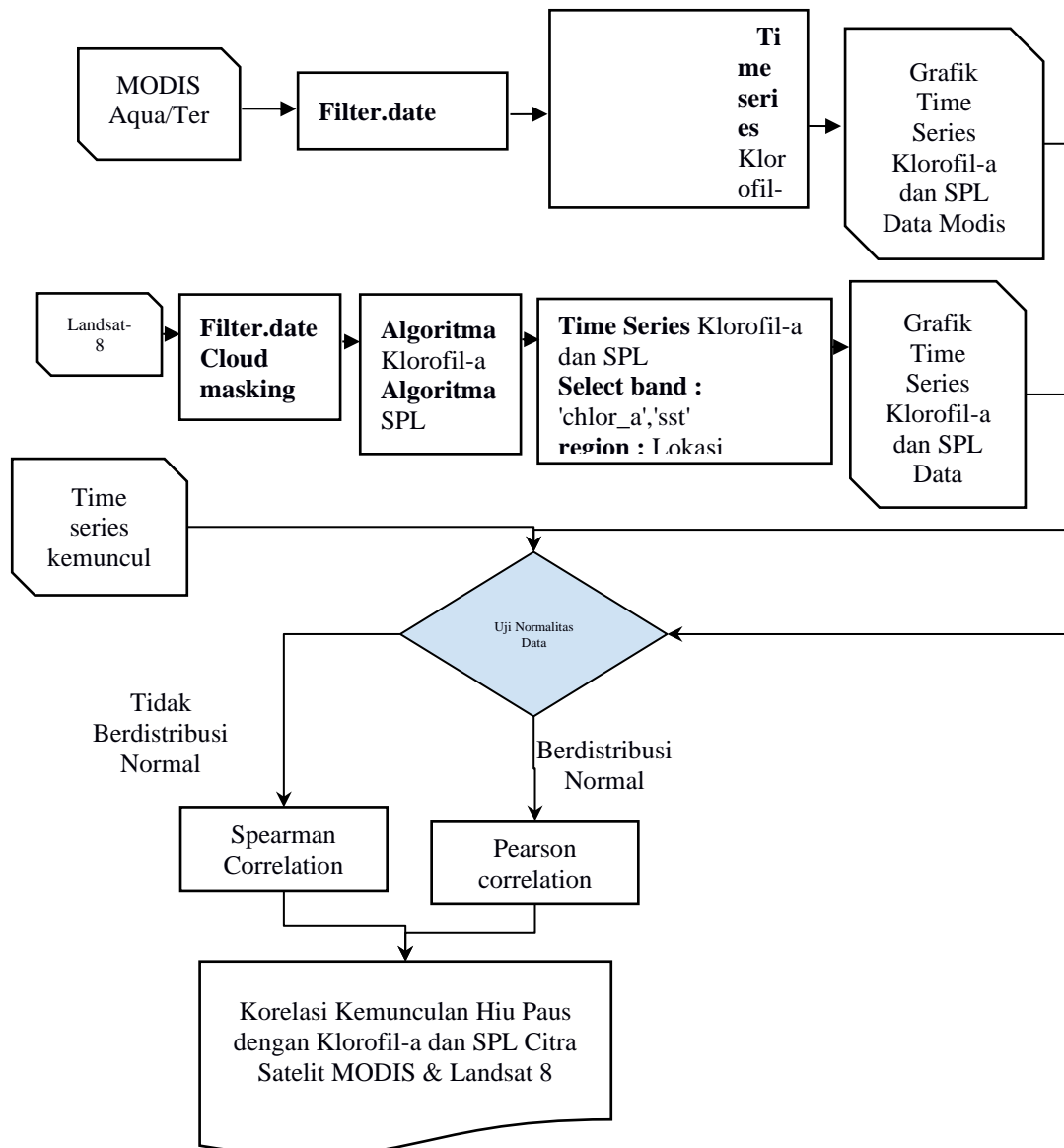
Pengolahan data Landsat-8 diawali dengan membuka data Landsat-8, kemudian melakukan filter waktu sesuai dengan data *time series* Kemunculan Hiu Paus. Selanjutnya melakukan *Cloud Masking* pada *ImageCollection* Landsat-8 sehingga data yang diperoleh tidak berawan. Tahapan berikutnya yaitu menerapkan algoritma Klorofil-a (Persamaan 1) dan SPL (Persamaan 2) sehingga diperoleh band Klorofil-a dan SPL (Donya et al., 2020; Nuriya et al., 2010). Kemudian membuat grafik *time series* seperti pada pengolahan data MODIS.

$$Klorofil - a = \left(\frac{ReflektanBandMerah}{ReflektanNIR - ReflektanSWIR} \right)^{3,497} \tag{1}$$

$$SPL = \left((RadBand10 - 273) + (2,946x((RadBand10 - 273) - (RadBand11 - 273))) - 0,038 \right) \tag{2}$$

Proses selanjutnya adalah melakukan pengujian korelasi yang diawali dengan pengujian normalitas data seperti pada proses pengolahan data MODIS.

Proses pengolahan data citra satelit dapat dilihat pada Gambar 2 dan *link* berikut https://github.com/RomansahWumu/GEE_Hiu_Paus.git.

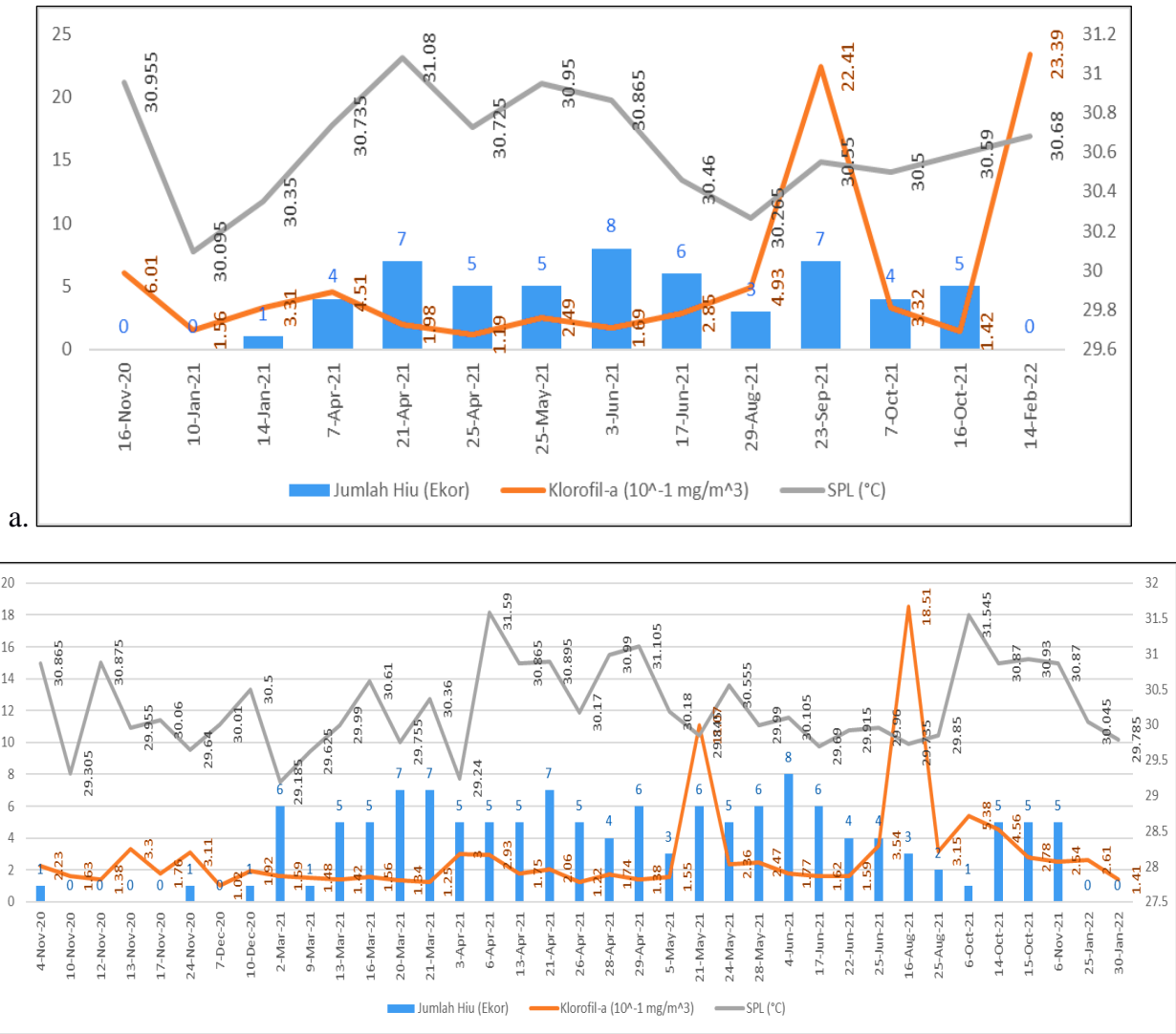


Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Hasil dan Pembahasan

1. Data Modis Harian

Data Modis terdiri dari data Terra dan Aqua. Berdasarkan data harian Modis Aqua diperoleh kandungan Klorofil-a pada perairan Botubarani berkisar 0,119 – 2,339 mg.m⁻³ dengan nilai rata-rata 0,579 mg.m⁻³, dan SPL berkisar 30,095 – 31,080 °C dengan nilai rata-rata 30,629 °C. Sedangkan berdasarkan Data harian Modis Terra diperoleh kandungan Klorofil-a pada perairan Botubarani berkisar 0,102 – 1,851 mg.m⁻³ dengan nilai rata-rata 0,286 mg.m⁻³, dan SPL berkisar 29,185 – 31,590 °C dengan nilai rata-rata 30,256 °C. Hasil data *time series* pengolahan data Modis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Time Series Klorofil-a dan SPL Data Modis (a. Harian Aqua, b. Harian Terra), dan Kemunculan Hiu Paus

Pengujian normalitas data data SPL dan Klorofil-a dari data harian Modis Aqua dan Terra serta data jumlah R.Typus menunjukkan beberapa data tidak berdistribusi normal (Tabel 2)

Tabel 2. Pengujian Normalitas Data ($\alpha = 0,05$)

	p-value	Keterangan
Modis Aqua		
Jumlah Hiu	0,15944	p-value $> \alpha$, data berdistribusi normal
Klorofil-a	0,00004	p-value $\leq \alpha$, data tidak normal
SPL	0,98593	p-value $> \alpha$, data berdistribusi normal
Modis Terra		
Jumlah Hiu	0,0013774132	p-value $\leq \alpha$, data tidak normal
Klorofil-a	0,0000000003	p-value $\leq \alpha$, data tidak normal
SPL	0,1134143174	p-value $> \alpha$, data berdistribusi normal

Hasil korelasi Spearman antara kemunculan Hiu Paus dengan kandungan Klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) dari data harian MODIS Aqua dan MODIS Terra. Untuk MODIS Aqua, ditemukan korelasi negatif yang moderat antara kemunculan Hiu Paus dengan Klorofil-a (-0,356), menunjukkan bahwa peningkatan Klorofil-a dapat berhubungan dengan penurunan kemunculan hiu paus. Di sisi lain, terdapat korelasi positif yang juga moderat antara kemunculan Hiu Paus dengan SPL (0,338), mengindikasikan bahwa SPL yang lebih tinggi cenderung menyertai peningkatan kemunculan hiu paus. Untuk MODIS Terra, hubungan antara kemunculan Hiu Paus dengan Klorofil-a (-0,077) dan SPL (0,108) menunjukkan korelasi yang lemah dan tidak signifikan secara statistik. Penyebab korelasi antara kemunculan Hiu Paus dengan data SPL dan Klorofil-a dari data Modis Aqua lebih tinggi dari pada data Terra belum bisa dipastikan dengan baik, hal tersebut dikarenakan pendataan jumlah hiu merupakan data akumulasi dalam satu hari bukan merupakan data pada saat satelit merekam wilayah kajian (Perairan Botubarani).

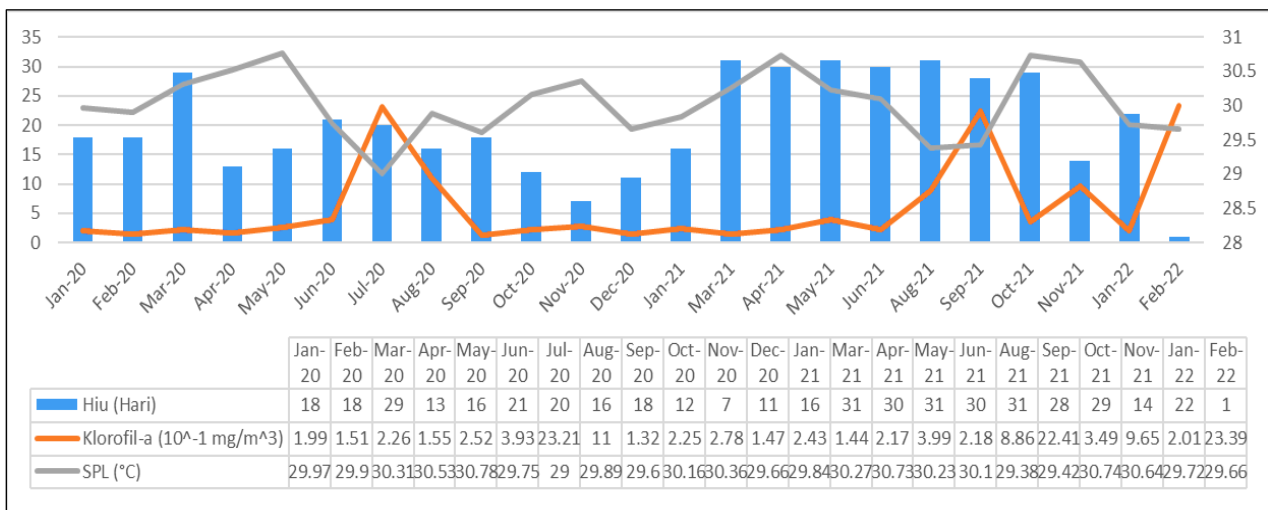
Tabel 3. Spearman Correlation Klorofil-a dan SPL Data Harian Modis, dan Kemunculan Hiu Paus

	Modis Aqua			Modis Terra		
	Hiu	Klorofil-a	SPL	Hiu	Klorofil-a	SPL
Hiu	1,000			1,000		
Klorofil-a	-0,356	1,000		-0,077	1,000	
SPL	0,338	-0,046	1,000	0,108	0,016	1,000

Kecilnya korelasi antara SPL dari data MODIS dengan kemunculan hiu paus dikarenakan adanya bias yang relatif besar antara data SST MODIS dengan data SST in-situ pada daerah pesisir/perairan dangkal (Smit et al., 2013). Untuk memperoleh data SST yang lebih baik pada area pesisir pantai diperlukan data dengan resolusi spasial yang lebih baik dari data MODIS (O’Carroll et al., 2019). Sama dengan SST, untuk data Klorofil-a dari data MODIS yang memiliki resolusi spasial yang kecil hanya baik digunakan untuk wilayah yang homogen, sehingga kualitas data menurun pada wilayah mendekati pesisir pantai (Waite & Mueter, 2013).

2. Hasil Pengolahan Data Modis Bulanan

Hasil pengolahan data rata-rata bulanan Modis diperoleh kandungan Klorofil-a pada perairan Botubarani berkisar 0,132 – 2,339 mg.m⁻³ dengan nilai rata-rata 0,599 mg.m⁻³, dan SPL berkisar 28,999 – 30,776 °C dengan nilai rata-rata 30,027 °C. (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Klorofil-a dan SPL Data Modis Bulanan, dan Kemunculan Hiu Paus di Perairan Botubarani

Pengujian normalitas data data SPL dan Klorofil-a dari data harian Modis bulanan serta data jumlah R.Typus menunjukkan data klorofil-a tidak berdistribusi normal (Tabel 4)

Tabel 4. Pengujian Normalitas Data ($\alpha = 0,05$)

	p-value	Keterangan
Modis Bulanan		
Jumlah Hiu	0,087994	p-value > α , data berdistribusi normal
Klorofil-a	0,000003	p-value $\leq \alpha$, data tidak normal
SPL	0,702074	p-value > α , data berdistribusi normal

Berdasarkan hasil pengujian normalitas data (Tabel 4), pengujian korelasi menggunakan *Spearman Correlation*. Hasil pengujian korelasi menunjukkan tidak ada hubungan yang berarti antara kemunculan Hiu Paus dengan SPL dan kandungan Klorofil-a dari data Modis bulanan (Tabel 5).

Tabel 5. *Spearman Correlation* Klorofil-a dan SPL Data Harian Modis, dan Kemunculan Hiu Paus

	Hiu	Klorofil-a	SPL
Hiu	1,000		
Klorofil-a	0,040	1,000	
SPL	-0,001	-0,040	1,000

Serupa dengan data MODIS harian, kecilnya korelasi antara kemunculan hiu paus dengan klorofil-a dan SPL dikarenakan letak kemunculan hiu paus pada perairan Botubarani berada pada wilayah pesisir pantai. Data SPL dan klorofil-a dari data MODIS kurang representatif pada wilayah yang dekat dengan pesisir pantai (O'Carroll et al., 2019; Waite & Mueter, 2013).

3. Hasil Pengolahan Data Landsat Harian

Pengolahan data Klorofil-a dari data Landsat-8 (Gambar 5) menunjukkan kandungan Klorofil-a pada perairan Botubarani berkisar antara $0,039 - 0,250 \text{ mg.m}^{-3}$ dengan nilai rata-rata $0,095 \text{ mg.m}^{-3}$. Sedangkan SPL dari data Landsat-8 berkisar antara $28,939 - 30,315^\circ\text{C}$ dengan nilai rata-rata $29,517^\circ\text{C}$.

Data klorofil-a dari hasil pengolahan data Landsat-8 tidak berdistribusi normal (Tabel 6). Berdasarkan hal tersebut maka pengujian korelasi menggunakan *Spearman Correlation*.

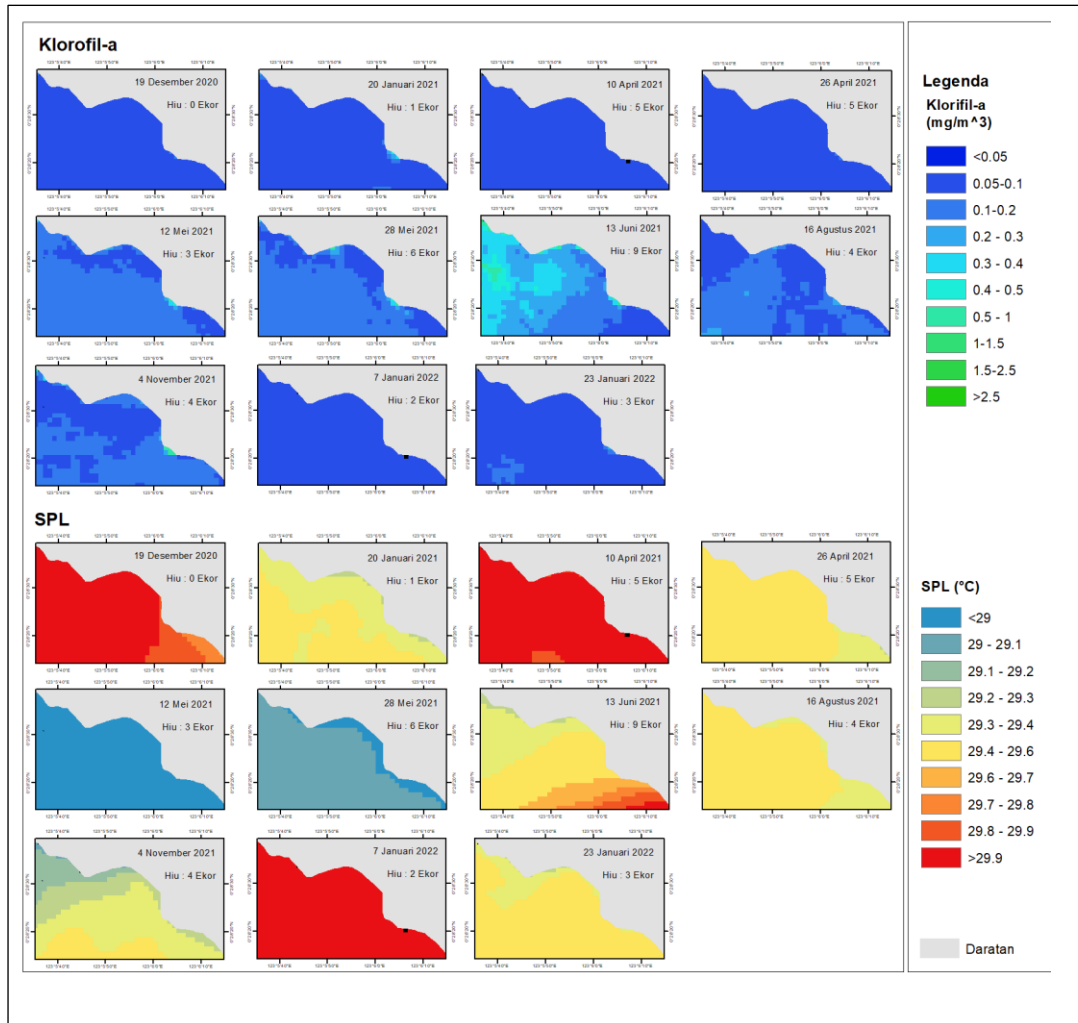
Tabel 6. Pengujian Normalitas Data ($\alpha = 0,05$)

	p-value	Keterangan
Landsat-8		
Jumlah Hiu	0,886	p-value $> \alpha$, data berdistribusi normal
Klorofil-a	0,013	p-value $< \alpha$, data tidak normal
SPL	0,311	p-value $> \alpha$, data berdistribusi normal

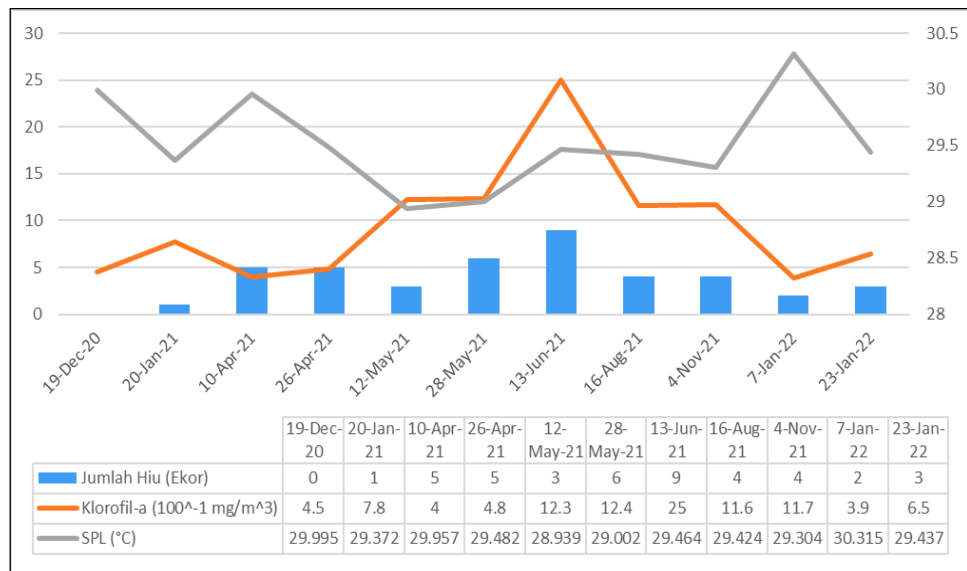
Berdasarkan hasil pengujian korelasi Spearman (Tabel 7), terdapat korelasi moderat antara kemunculan Hiu Paus dengan kandungan Klorofil-a ($r = 0,499$). Hal tersebut menunjukkan peningkatan Klorofil-a diperairan Botubarani cenderung diikuti oleh Kemunculan Hiu Paus. Hal ini berbeda dengan hasil pengolahan data MODIS Aqua yang menunjukkan peningkatan Klorofil-a dapat berhubungan dengan penurunan kemunculan hiu paus. Perbedaan ini dikarenakan data resolusi MODIS yang kecil yang hanya baik digunakan pada perairan yang homogen, sedangkan area penelitian berada pada perairan yang dekat dengan pantai sehingga cenderung tidak homogen (Waite & Mueter, 2013). Disisi lain, korelasi antara kemunculan Hiu Paus dengan SPL menunjukkan nilai yang sangat lemah ($r = -0,183$), menandakan tidak ada hubungan yang berarti antara SPL dengan kemunculan Hiu Paus.

Tabel 7. *Spearman Correlation* Klorofil-a dan SPL Data Landsat-8, dan Kemunculan Hiu Paus

	Hiu	Klorofil-a	SPL
Hiu	1,000		
Klorofil-a	0,499	1,000	
SPL	-0,183	-0,782	1,000



a.



b.

Gambar 5. a. Hasil Pengolahan Citra Satelit Landsat-8
 b. Grafik *Time Series* Klorofi-a dan SPL data Landsat-8, dan Jumlah Hiu

Pengujian korelasi Spearman antara Klorofil-a dengan SPL, menunjukkan terdapat korelasi negatif yang kuat antara Klorofil-a dan SPL ($r = -0,782$). Hal tersebut berarti penurunan SPL sering sekali bersamaan dengan peningkatan kandungan Klorofil-a. Fenomena tersebut terkait dengan proses proses upwelling, di mana air dingin yang kaya nutrisi naik ke permukaan, meningkatkan kandungan Klorofil-a dan menurunkan SPL. Peristiwa tersebut dapat dilihat pada data tanggal 13 Juni 2021, di mana SPL berkisar antara $28,99^{\circ}\text{C}$ hingga $29,65^{\circ}\text{C}$ dan perubahan SPL terjadi dari arah Tenggara ke Barat Laut, dengan SPL terendah berada di tepi pantai. Kondisi upwelling ini mengakibatkan kandungan Klorofil-a pada tanggal tersebut lebih tinggi dibandingkan tanggal lainnya, dengan nilai rata-rata $25 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$, yang kemudian menarik Hiu Paus ke area tersebut. Pada tanggal 19 Desember 2020 tidak ada Hiu Paus yang muncul di Perairan Botubarani, hal ini terlihat SPL pada perairan tersebut lebih tinggi dibanding bulan-bulan lainnya yaitu rata-rata $29,995^{\circ}\text{C}$ dengan kandungan Klorofil-a yang rendah dari bulan lainnya yaitu $4,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Kesimpulan

Studi ini meneliti hubungan antara kandungan Klorofil-a, suhu permukaan laut (SPL), dan kemunculan Hiu Paus di perairan Botubarani menggunakan data satelit harian dan bulanan dari MODIS Terra, MODIS Aqua, dan Landsat-8. Berdasarkan hasil pengolahan data harian MODIS Aqua, ditemukan kandungan Klorofil-a berkisar antara $0,119 - 2,339 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ dan SPL antara $30,095 - 31,080^{\circ}\text{C}$, sementara MODIS Terra menunjukkan rentang Klorofil-a $0,102 - 1,851 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ dan SPL $29,185 - 31,590^{\circ}\text{C}$. Pengujian korelasi Spearman memperlihatkan bahwa kemunculan Hiu Paus memiliki korelasi negatif moderat dengan Klorofil-a ($-0,356$) dan korelasi positif moderat dengan SPL ($0,338$) pada data MODIS Aqua, sedangkan pada MODIS Terra korelasinya lemah dan tidak signifikan. Analisis bulanan menunjukkan tidak ada hubungan yang berarti antara kemunculan Hiu Paus dengan Klorofil-a dan SPL. Pengolahan data Landsat-8 menunjukkan kandungan Klorofil-a berkisar antara $0,039 - 0,250 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ dan SPL antara $28,939 - 30,315^{\circ}\text{C}$, dengan korelasi moderat positif antara kemunculan Hiu Paus dan Klorofil-a ($0,499$), dan korelasi negatif kuat antara Klorofil-a dan SPL ($-0,782$), menandakan adanya fenomena upwelling. Disparitas dalam hasil ini dapat disebabkan oleh perbedaan resolusi spasial antara data MODIS dan Landsat-8, serta kompleksitas dinamika perairan pesisir yang mempengaruhi kualitas data satelit.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula (PDP). Terima kasih juga kami sampaikan kepada Politeknik Pertanian Negeri Samarinda Program Studi Teknologi Geomatika sebagai unit kerja kami. Terima Kasih kami sampaikan juga kepada pihak Balai Pengelolaan Sumber daya Pesisir dan Laut (BPSPL) Makassar yang telah memberikan data kemunculan Hiu Paus.

Daftar Pustaka

- BPSPL Makassar. (2022). *Data-Data Kemunculan Hiu Paus (Rhincodon Typus) di Perairan Botubarani*. www.kkp.go.id
- Chandrasekar, K., Saravanane, N., Cubelio, S. S., & Sudhakar, M. (2020). Observation of whale shark, *Rhincodon typus* (Smith, 1828) off Goa, northern Arabian sea. In *Indian Journal of Geo Marine Sciences* (Vol. 49, Issue 04, pp. 548–552). <https://podaac.jpl.nasa.gov/>
- Donya, M. A. C., Sasmito, B., & Nugraha, A. L. (2020). Pemetaan Parameter Suhu Permukaan Laut Dan Oksigen Terlarut Di Perairan Pulau Karimunjawa Kabupaten Jepara Menggunakan Citra Landsat-8. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(4), 52–58.
- Handoko, K., Andry Indryasworo Sukmoputro, R., Himawan, M. R., & Tania, C. (2018). *Pola Kemunculan Hiu Paus (Rhincodon typus) di Perairan Botu Barani, Gorontalo*. 49–56.
- Handoko, K., Himawan, M. R., Tania, C., Syarifuddin, U., Jakasukma, M., Maduppa, H., Subhan, B., & Hadrina, S. (2019). *Hiu Paus Pantai Botubarani Gorontalo*.
- Handoko, K., Indryasworo Sukmoputro, Ra., Himawan, M. R., Tania, C., & Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut

- Makassar-KKP, B. (2017). Karakteristik Populasi (*Rhincodon typus*) dan Pola Perilaku Tinggalnya di Pantai Botubarani, Bone Bolango, Gorontalo. *AND OCEAN JOURNAL*, 1(2), 169–178.
- Himawan, M. R., Tania, C., Fadela, S. N., & Bramandito, A. (2017). *Whale Shark Indonesia Project*, Bogor Agricultural University, WWF-Indonesia (pp. 1–30). www.whalesharkindonesia.org.
- Ihsan, E. N., Enita, S. Y., Kunarso, & Wirasatriya, A. (2018). Oceanographic Factors in Fishing Ground Location of Anchovy at Teluk Cenderawasih National Park, West Papua: Are These Factors Have an Effect of Whale Sharks Appearance Frequencies? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012017>
- Manuhutu, J. F., Wiadnya, D. G. R., Sambah, A. B., & Herawati, E. Y. (2021). The presence of whale sharks based on oceanographic variations in cenderawasih bay national park, papua, indonesia. *Biodiversitas*, 22(11), 4948–4955. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221129>
- Nuriya, H., Hidayah, Z., & Nugraha, W. A. (2010). Pengukuran Kosentrasi Klorofil-a dengan Pengolahan Citra Landsat ETM-7 dan Uji Laboratorium di Perairan Selat Madura Bagia Barat. *Jurnal KELAUTAN*, 3, 60–65.
- O'Carroll, A. G., Armstrong, E. M., Beggs, H. M., Bouali, M., Casey, K. S., Corlett, G. K., Dash, P., Donlon, C. J., Gentemann, C. L., Høyer, J. L., Ignatov, A., Kabobah, K., Kachi, M., Kurihara, Y., Karagali, I., Maturi, E., Merchant, C. J., Marullo, S., Minnett, P. J., ... Wimmer, W. (2019). Observational Needs of Sea Surface Temperature. *Frontiers in Marine Science*, 6, 420. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00420>
- Rahman, A., Haryadi, J., Sentosa, A. A., Balai, M., Pemulihan, P., Konservasi, D., & Ikan, S. (2017). Kajian Awal Kemunculan Hiu Paus (*Rhincodon typus*, Smith 1828) di Teluk Tomini Dihubungkan dengan Faktor Fisik dan Biologi Perairan. In *Jurnal Akuatika Indonesia* (Vol. 2, Issue 2, pp. 128–136).
- Ranintyari, M., Sunarto, Syamsuddin, M. L., & Astuty, S. (2018). Effects of oceanographic factors on spatial distribution of Whale Shark in Cendrawasih Bay National Park, West Papua. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 149(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/149/1/012050>
- Rohner, C. A., Richardson, A. J., Jaime, F. R. A., Bennett, M. B., Weeks, S. J., Cliff, G., Robinson, D. P., Reeve-Arnold, K. E., & Pierce, S. J. (2018). Satellite tagging highlights the importance of productive Mozambican coastal waters to the ecology and conservation of whale sharks. *PeerJ*, 2018(1). <https://doi.org/10.7717/peerj.4161>
- Smit, A. J., Roberts, M., Anderson, R. J., Dufois, F., Dudley, S. F. J., Bornman, T. G., Olbers, J., & Bolton, J. J. (2013). A Coastal Seawater Temperature Dataset for Biogeographical Studies: Large Biases between In Situ and Remotely-Sensed Data Sets around the Coast of South Africa. *PLoS ONE*, 8(12), e81944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081944>
- Syah, A. F., Musrifah, M., & Cahyono, H. (2018). PEMODELAN DAERAH POTENSIAL KEMUNCULAN HIU PAUS (*Rhincodon typus*) MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DI PERAIRAN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 24(3), 209. <https://doi.org/10.15578/jppi.24.3.2018.209-216>
- Waite, J. N., & Mueter, F. J. (2013). Spatial and temporal variability of chlorophyll-a concentrations in the coastal Gulf of Alaska, 1998–2011, using cloud-free reconstructions of SeaWiFS and MODIS-Aqua data. *Progress in Oceanography*, 116, 179–192. <https://doi.org/10.1016/j.pocan.2013.07.006>



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).