

Analisis kesesuaian perairan untuk budidaya ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) menggunakan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis di Perairan Kota Probolinggo

Indri Ika Widyastuti^{1*}, Friska Intan Sukarno², Tri Tiyasmihadi³, Puspa Aulia Widya Ningrum³

¹Program Studi Teknik Bangunan Kapal

Jurusan Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. 60111

²Program Studi Manajemen Bisnis

Jurusan Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60111

³Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal

Jurusan Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60111

*E-mail: indriwidyastuti@ppns.ac.id

Abstrak: Budidaya ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) berbasis keramba jaring apung (KJA) membutuhkan kondisi perairan yang sesuai, terutama terkait parameter oseanografi seperti kedalaman, salinitas, suhu, klorofil-a, *total suspended solid* (TSS), dan arus. Penelitian ini bertujuan memetakan tingkat kesesuaian perairan untuk budidaya kerapu di wilayah pesisir Probolinggo dengan memanfaatkan citra satelit MODIS/Aqua, VIIRS, dan Sentinel-3 OLCI. Parameter oseanografi diekstraksi dari citra Level-2 menggunakan algoritma standar NASA Ocean Color dan algoritma TSS Laili. Analisis spasial dilakukan melalui proses *reclassify*, pembobotan, dan teknik *weighted overlay* aplikasi sistem informasi geografis untuk menentukan kelas kesesuaian perairan, yakni sangat sesuai (S1), sesuai (S2), dan tidak sesuai (S3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi perairan berada pada kisaran optimum budidaya, dengan suhu permukaan laut 30,24–30,50°C, salinitas 32,93–33,02 ppt, TSS 8,57–22,59 mg/L, serta konsentrasi klorofil-a yang mendukung kesuburan perairan. Kedalaman perairan 5–25 meter juga sesuai dengan standar kebutuhan struktural KJA. Secara spasial, wilayah sangat sesuai (S1) memiliki luas 4.951,67 ha (16,91%), wilayah sesuai (S2) mencakup 23.574 ha (80,52%), dan wilayah tidak sesuai (S3) seluas 749,94 ha (2,56%). Hasil analisis menunjukkan bahwa lebih dari 97% perairan Probolinggo masih layak dan potensial untuk pengembangan budidaya kerapu, sehingga dapat menjadi dasar perencanaan kawasan budidaya laut yang berkelanjutan.

Kata Kunci: budidaya kerapu, citra satelit, kesesuaian perairan, oseanografi, sistem informasi geografis

Abstract: Floating net cage (KJA)-based grouper fish farming requires suitable water conditions, especially related to oceanographic parameters such as depth, salinity, temperature, chlorophyll-a, total suspended solid (TSS), and current. This study aims to map the level of water suitability for grouper cultivation in the coastal area of Probolinggo by utilizing MODIS/Aqua, VIIRS, and Sentinel-3 OLCI satellite images. Oceanographic parameters were extracted from Level-2 images using the NASA Ocean Color standard algorithm and the TSS Laili algorithm. Spatial analysis was carried out through a reclassification process, weighting, and Weighted Overlay techniques using a Geographic Information System application to determine marine aquaculture site suitability classes, namely very suitable (S1), suitable (S2), and unsuitable (S3). The research results indicate that the water conditions are within the optimum range for cultivation, with sea surface temperatures of 30.24–30.50°C, salinity of 32.93–33.02 ppt, TSS of 8.57–22.59 mg/L, and chlorophyll-a concentrations that support water fertility. Water depths of 5–25 meters also meet the structural requirements of floating net cages (KJA). Spatially, the highly suitable area (S1) covers 4951.67 ha (16.91%), the suitable area (S2) covers 23574 ha (80.52%), and the unsuitable area (S3) covers 749.94 ha (2.56%). The analysis shows that more than 97%

of Probolinggo's waters are still suitable and have the potential for grouper cultivation, thus providing the basis for planning sustainable marine aquaculture areas..

Keywords: grouper cultivation, satellite imagery, water suitability, oceanography, geographic information systems

PENDAHULUAN

Perairan pesisir kota Probolinggo memiliki potensi besar untuk pengembangan budidaya laut. Kawasan ini memiliki morfologi pantai yang landai, salinitas relatif stabil, serta kedalaman perairan yang sesuai untuk kegiatan budidaya keramba jaring apung (KJA) (Apriliawati et al., 2017). Namun, peningkatan aktivitas manusia di wilayah pesisir, seperti kegiatan pertanian, perikanan tangkap, industri, dan permukiman, telah menyebabkan tekanan terhadap kualitas perairan (Siregar et al., 2021). Pencemaran dari aliran sungai dan limbah organik dapat menurunkan kecerahan, meningkatkan kadar padatan tersuspensi, dan memicu eutrofikasi, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap daya dukung lingkungan untuk budidaya ikan (Damar et al., 2018).

Salah satu komoditas utama yang memiliki prospek tinggi di kawasan ini adalah ikan kerapu (*Epinephelus* sp.) yang memiliki pangsa pasar internasional yang menjanjikan (Santoso, 2019). Namun, keberhasilan kegiatan budidaya ikan kerapu sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan yang sesuai dengan kebutuhan biologisnya (Affan et al., 2018). Ikan kerapu memerlukan suhu antara 25-30°C, Salinitas 27-32.1 ppt (Samad et al., 2023).

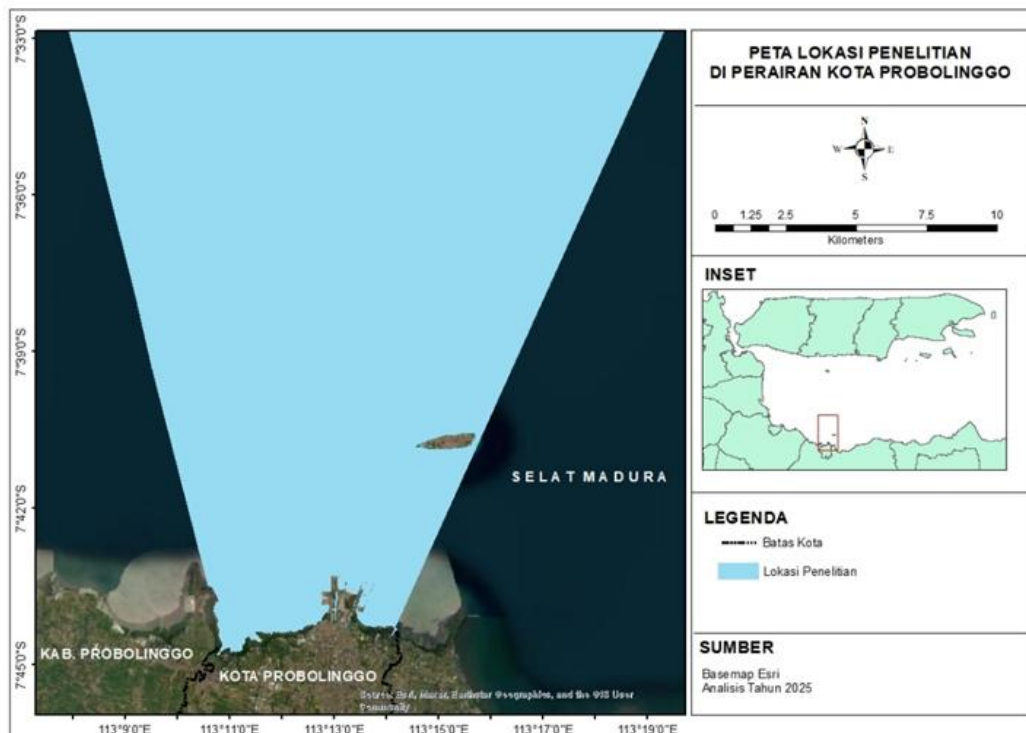
Permasalahan utama dalam pengembangan budidaya laut di perairan pesisir Probolinggo adalah keterbatasan informasi spasial yang komprehensif dan terkini mengenai kesesuaian kawasan perairan berdasarkan dinamika kualitas lingkungan. Penentuan lokasi budidaya yang masih banyak dilakukan secara konvensional berisiko menempatkan keramba jaring apung (KJA) pada kawasan yang rentan terhadap pencemaran atau memiliki kondisi oseanografi yang kurang mendukung, sehingga dapat menurunkan daya dukung lingkungan dan meningkatkan risiko kegagalan budidaya (Affan et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis data spasial dan teknologi penginderaan jauh untuk mengidentifikasi kawasan perairan yang benar-benar sesuai dan berkelanjutan bagi pengembangan budidaya ikan kerapu (Mawardi, 2021).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh, khususnya citra satelit, telah menjadi metode penting dalam menganalisis kualitas air laut dalam menentukan lokasi budidaya perairan. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara ekstensif di area yang luas, sehingga mendukung penilaian yang tepat waktu terhadap berbagai parameter kualitas air, seperti kekeruhan, salinitas, dan konsentrasi klorofil, dengan menggunakan satelit seperti Sentinel-2 dan Landsat 8 (Cruz-Montes et al., 2023). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis kualitas air menggunakan citra satelit dapat memberikan prediksi yang akurat terkait lokasi potensial untuk budidaya perikanan (Mawardi, 2021). Parameter seperti klorofil-a sebagai indikator produktivitas primer sangat penting untuk budidaya ikan karena memengaruhi ketersediaan pakan alami di perairan (Silva et al., 2018). Analisis citra satelit dapat meningkatkan akurasi data untuk pemilihan lokasi budidaya dengan memberikan informasi spasial yang komprehensif, meningkatkan efisiensi pemantauan, dan memungkinkan penilaian lokasi produksi yang andal, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan budidaya perikanan (Quaade et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi yang sesuai untuk budidaya ikan kerapu di Pesisir Probolinggo berdasarkan analisis parameter kualitas air yaitu kedalaman, salinitas, suhu, klorofil-a, *total suspended solid* (TSS), dan arus menggunakan data citra satelit. Dengan memanfaatkan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat mendukung pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas sektor perikanan di kawasan ini. Penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam memetakan lokasi potensial dan mendukung perencanaan budidaya perikanan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di perairan pesisir Probolinggo, Jawa Timur (Gambar 1), yang secara geografis terletak pada kisaran koordinat $7^{\circ}35'30''$ – $7^{\circ}45'00''$ LS dan $113^{\circ}08'00''$ – $113^{\circ}19'00''$ BT. Penelitian dilaksanakan pada periode Februari–Oktober 2025, dengan menggunakan citra satelit yang menggambarkan kondisi perairan terkini pada musim timur, musim peralihan dan musim barat.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai lembaga penyedia data kelautan dan penginderaan jauh. Data utama berupa citra satelit dari Ocean Color (NASA) dan Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Citra satelit yang digunakan merupakan data Level-2 dengan periode perekaman Februari–Oktober 2025, yang mewakili kondisi perairan pada musim barat, musim peralihan, dan musim timur. Seluruh citra yang dianalisis merupakan hasil perekaman pada siang hari (*daytime*). Jenis dan sumber data yang digunakan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data dan sumber data

Jenis Data	Sumber Data	Tahun Analisis	Resolusi Spasial	Keterangan
Citra Ocean Color (MODIS/Aqua & VIIRS)	NASA Ocean Color Web	2025	MODIS: ± 1 km VIIRS: ± 750 m	Estimasi parameter suhu permukaan laut (SST) dan klorofil-a
Citra Sentinel-3 OLCI	Copernicus CMEMS	2025	± 300 m	Arus permukaan, salinitas, dan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)
Batimetri dan batas administrasi	Badan Informasi Geospasial (BIG)	2025	± 30 m (batimetri raster)	Kontur kedalaman dan batas wilayah pesisir

Pengolahan dan analisis data yang digunakan pada penelitian ini, meliputi:

a. Pra-pengolahan data citra

Koreksi radiometrik tidak dilakukan dalam penelitian ini karena data satelit yang digunakan merupakan produk Level-2 (L2) yang telah melalui proses koreksi radiometrik dan atmosferik secara otomatis oleh sistem pemrosesan NASA dan Copernicus.

b. Ekstraksi parameter oseanografi

Pengolahan citra dilakukan untuk memperoleh parameter oseanografi utama yang berpengaruh terhadap kesesuaian habitat ikan kerapu. Parameter yang dihasilkan meliputi suhu permukaan laut, klorofil-a, *total suspended solid* (TSS), arus permukaan, salinitas.

c. Rata-rata musiman

Klasifikasi musiman yang dilakukan untuk data yang mewakili Musim Barat (Februari), Musim Peralihan (Juni), Musim Timur (Oktober). Perhitungan nilai rata-rata musiman menggunakan Raster Calculator (Rahayu et al., 2023):

$$P_{\text{musim}} = \frac{P_{\text{Barat}} + P_{\text{Peralihan}} + P_{\text{Timur}}}{3}$$

Tahap ini menghasilkan representasi kondisi oseanografi rata-rata untuk tiap musim.

d. Skoring dan pembobotan

Penilaian kesesuaian lokasi budidaya ikan kerapu dilakukan melalui pendekatan skoring dan pembobotan parameter fisika-kimiawi perairan. Setiap parameter dikelompokkan ke dalam tiga kelas kesesuaian, yaitu sangat sesuai (S1), sesuai (S2), dan tidak sesuai (S3) (Adibrata et al., 2023). Klasifikasi ini didasarkan pada rentang nilai parameter yang mendukung pertumbuhan optimal, kelangsungan hidup, dan kesehatan ikan kerapu sesuai standar budidaya laut lepas pantai (Radiarta & Erlania, 2021).

Pemberian bobot pada setiap parameter mencerminkan tingkat pengaruhnya sebagai faktor pembatas terhadap keberhasilan budidaya. Parameter yang secara fisiologis dan ekologis memiliki dampak lebih besar diberi bobot lebih tinggi (3), sedangkan parameter dengan pengaruh sekunder diberi bobot lebih rendah (2-1) (Gentry et al., 2021). Penentuan bobot dan skor mengacu pada matriks kesesuaian perairan budidaya ikan laut yang telah banyak digunakan di Indonesia (Adibrata et al., 2023). Skor diberikan dalam rentang 1, 3, dan 5 dengan kriteria sebagai berikut: skor 5 untuk kondisi optimum (S1), skor 3 untuk kondisi masih mendukung namun kurang optimal

(S2), dan skor 1 untuk kondisi di luar batas toleransi fisiologis ikan (S3). Kriteria pembobotan dan penilaian setiap parameter disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria kesesuaian perairan budidaya ikan kerapu

No	Parameter	Bobot	S1		S2		S3	
			Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
1	Kedalaman (m)	3	8 - 20	5	5-<8 atau >20-<25	3	<5 atau >25	1
2	Salinitas (ppt)	2	30 – 35	5	20 – 29	3	<20 atau >35	1
3	Suhu (°C)	2	27 – 32	5	20 – 26	3	<20 atau >35	1
4	Klorofil-a (mg/l)	1	>10	5	4 - 10	3	<4	1
5	TSS (mg/l)	3	<20	5	>20-80	3	>80	1
6	Arus	3	0.2 - 0.4	5	0.05 - <0.2 atau >0.4-<0.5	3	<0.05 atau >0.5	1

Sumber: Modifikasi Marpaung (2018) dan Yuspita et al. (2022)

e. Analisis spasial (*weighted overlay*)

Semua peta parameter kemudian dioverlay menggunakan metode *weighted overlay* di ArcGIS 10.8 yang meliputi reclassify tiap parameter berdasarkan skor kesesuaian, Weighted Overlay untuk menggabungkan semua parameter. Klasifikasi hasil akhir menjadi kelas S1 (sangat sesuai), S2 (sesuai), S3 (tidak sesuai) sehingga menghasilkan peta kesesuaian perairan budidaya ikan kerapu.

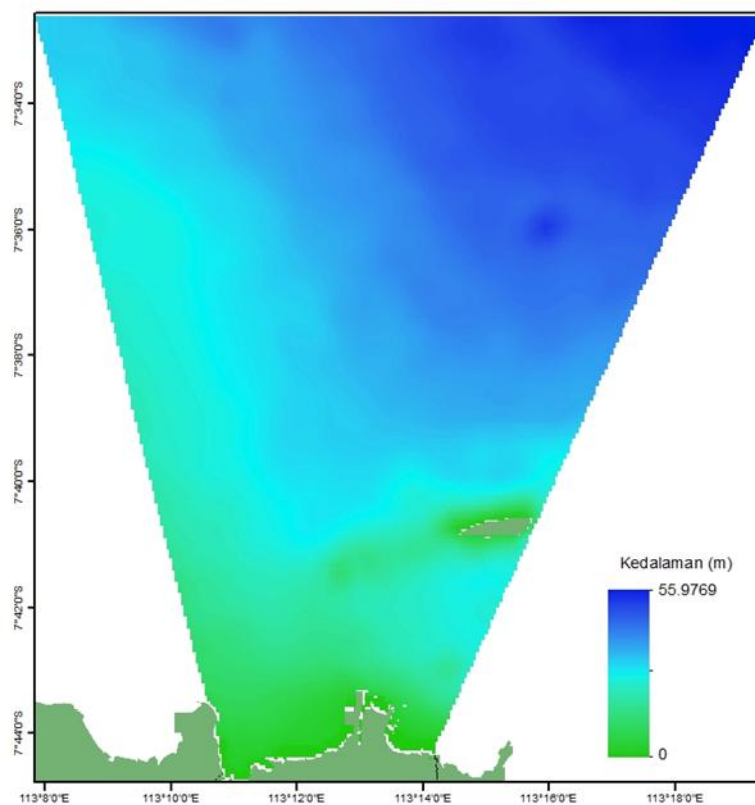
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil ekstraksi parameter oseanografi

a. Kedalaman

Hasil ekstraksi citra satelit yang telah melalui proses perhitungan rata-rata musiman (Gambar 2) menunjukkan bahwa perairan Kota Probolinggo memiliki gradien kedalaman yang jelas dari pesisir ke arah Selat Madura. Kedalaman perairan di lokasi penelitian berkisar antara 0-56 m. Kedalaman perairan meningkat secara bertahap dari zona pesisir menuju perairan lepas, dengan gradien kedalaman yang relatif halus. Pola ini menunjukkan karakteristik morfologi dasar perairan yang landai dan seragam pada sebagian besar wilayah penelitian.

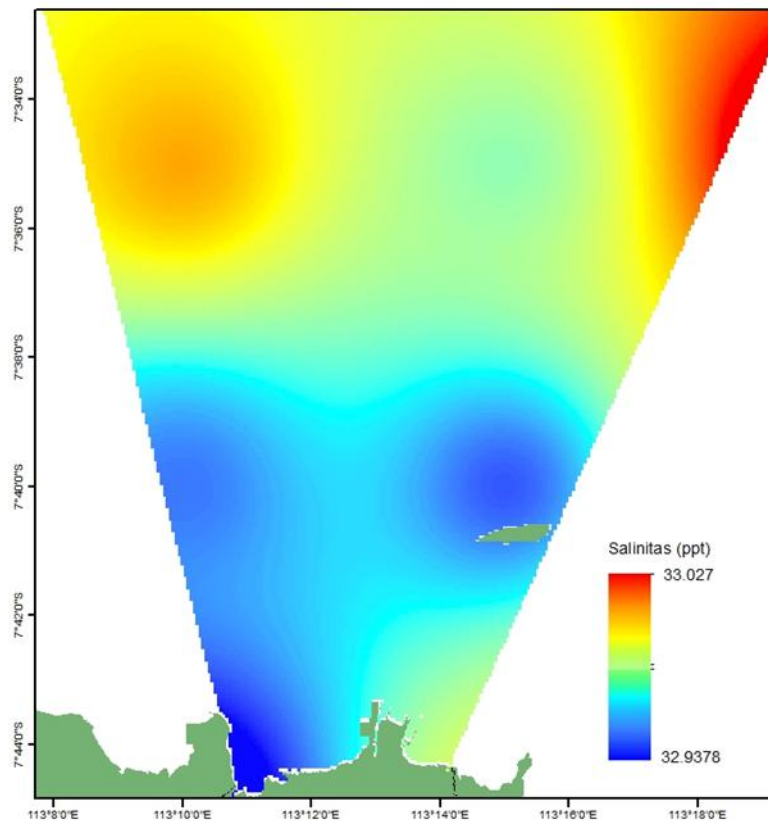
Pola kedalaman ini sejalan dengan karakter geomorfologi pantai utara Jawa Timur yang landai dan menerima suplai sedimen dari berbagai muara sungai, sehingga membentuk perairan dangkal luas di pesisir serta kedalaman yang meningkat tajam ke arah laut (Sari et al., 2020; Rahmawati et al., 2021). Informasi kedalaman ini penting sebagai dasar analisis kesesuaian perairan, terutama untuk perencanaan budidaya laut, jalur pelayaran, dan pengelolaan ruang pesisir secara berkelanjutan.



Gambar 2. Peta kedalaman perairan Kota Probolinggo

b. Salinitas

Hasil ekstraksi citra satelit dengan pendekatan rata-rata musiman menunjukkan bahwa nilai salinitas di perairan Kota Probolinggo berada pada kisaran 32.94–33.02 ppt (Gambar 3). Secara spasial, nilai salinitas cenderung lebih rendah pada wilayah pesisir, kemudian mengalami peningkatan menuju perairan yang lebih jauh dari daratan. Pola distribusi ini terlihat stabil pada setiap periode pengamatan, menunjukkan adanya karakteristik salinitas pesisir yang dipengaruhi oleh dinamika perairan pantai serta keterbatasan fluktuasi salinitas secara musiman di wilayah studi. Rentang salinitas yang terukur berada dalam kategori sangat sesuai (S1) untuk budidaya ikan kerapu, yang umumnya membutuhkan salinitas 30–35 ppt untuk pertumbuhan optimal (Samad et al., 2023). Kondisi ini memperlihatkan bahwa wilayah pesisir Kota Probolinggo memiliki stabilitas salinitas yang baik dan tidak menunjukkan indikasi penurunan akibat intrusi air tawar atau peningkatan ekstrem akibat evaporasi permukaan (Wisha et al., 2021).



Gambar 3. Peta sebaran salinitas rata-rata musiman

c. Suhu

Hasil ekstraksi citra satelit yang telah melalui proses perhitungan rata-rata musiman menunjukkan bahwa suhu permukaan laut di perairan Kota Probolinggo berada pada kisaran 30.24–30.50°C (Gambar 4). Secara spasial, nilai suhu cenderung lebih tinggi pada bagian perairan tengah dan utara, sementara daerah yang lebih dekat dengan pantai menunjukkan suhu yang sedikit lebih rendah. Pola ini tampak relatif konsisten antar musim, mencerminkan adanya perbedaan pemanasan permukaan laut serta dinamika perairan yang memengaruhi distribusi suhu sepanjang periode pengamatan.

Kisaran suhu tersebut masih berada dalam rentang optimum 27–32°C untuk budidaya kerapu, sehingga seluruh area dapat dikategorikan S1 (sangat sesuai). Kondisi suhu yang stabil ini dipengaruhi oleh rendahnya variasi termal di pesisir utara Jawa, di mana perairan relatif dangkal dan memiliki pencampuran massa air yang cukup merata (Wisha et al., 2021).

d. Klorofil-a

Hasil ekstraksi citra satelit yang telah melalui proses perhitungan rata-rata musiman menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Probolinggo berada pada kisaran 0.82–6.29 mg/L (Gambar 5). Secara spasial, konsentrasi klorofil-a cenderung lebih tinggi di wilayah pesisir dan perairan bagian tengah, kemudian menurun ke arah perairan yang lebih terbuka. Pola ini relatif konsisten antar musim, mencerminkan adanya pengaruh masukan nutrisi dari daratan serta dinamika perairan pesisir yang stabil sepanjang periode pengamatan.

Berdasarkan kriteria kesesuaian, sebagian besar wilayah perairan berada pada kelas S2 (cukup sesuai) karena nilai klorofil-a berkisar 2–4 mg/L. Meskipun tidak berada pada kondisi optimum (>10 mg/L), kisaran ini masih mendukung produktivitas alami perairan

untuk budidaya laut. Konsentrasi klorofil-a yang rendah di bagian utara mengindikasikan perairan lebih oligotrofik karena lebih jauh dari pengaruh daratan dan muara, sedangkan konsentrasi sedang-tinggi di selatan berkaitan dengan tingginya input nutrisi dari aktivitas pelabuhan dan aliran sungai, konsisten dengan dinamika pesisir Jawa Timur (Sari et al., 2020).

e. TSS

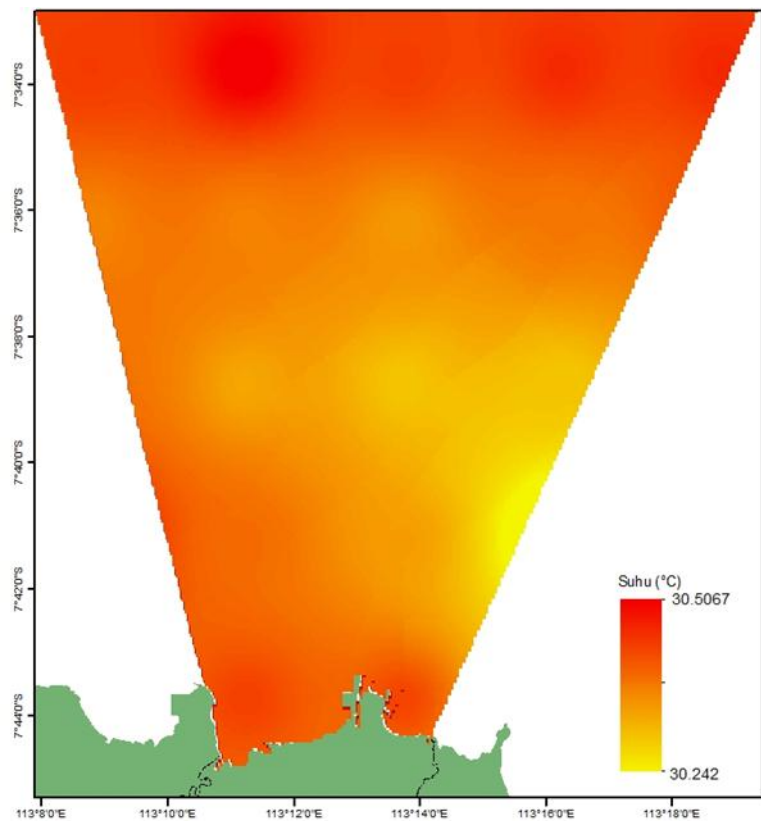
Hasil ekstraksi citra satelit setelah dilakukan pengolahan rata-rata musiman menunjukkan bahwa nilai TSS di perairan Kota Probolinggo berada pada kisaran 8.57–22.59 mg/L (Gambar 6). Secara spasial, konsentrasi TSS terlihat lebih tinggi pada wilayah pesisir, khususnya di sekitar muara dan kawasan yang berdekatan dengan daratan, kemudian menurun menuju bagian perairan yang lebih jauh dari pantai. Pola distribusi ini tampak relatif stabil antar musim, menunjukkan adanya pengaruh dinamika sedimen pesisir yang berlangsung secara berkelanjutan sepanjang periode pengamatan.

Nilai TSS <20 mg/L pada sebagian besar area menempatkan wilayah penelitian dalam kategori S1–S2, yang masih layak untuk budidaya kerapu. Konsentrasi tinggi di dekat pantai (kelas mendekati S3) berpotensi mengurangi efisiensi difusi oksigen dan memengaruhi fisiologi ikan, namun wilayah tersebut bukan area ideal untuk budidaya kerapu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Yuliana et al. (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan TSS di pesisir utara Jawa dipengaruhi intensitas aktivitas pelabuhan dan sedimentasi sungai.

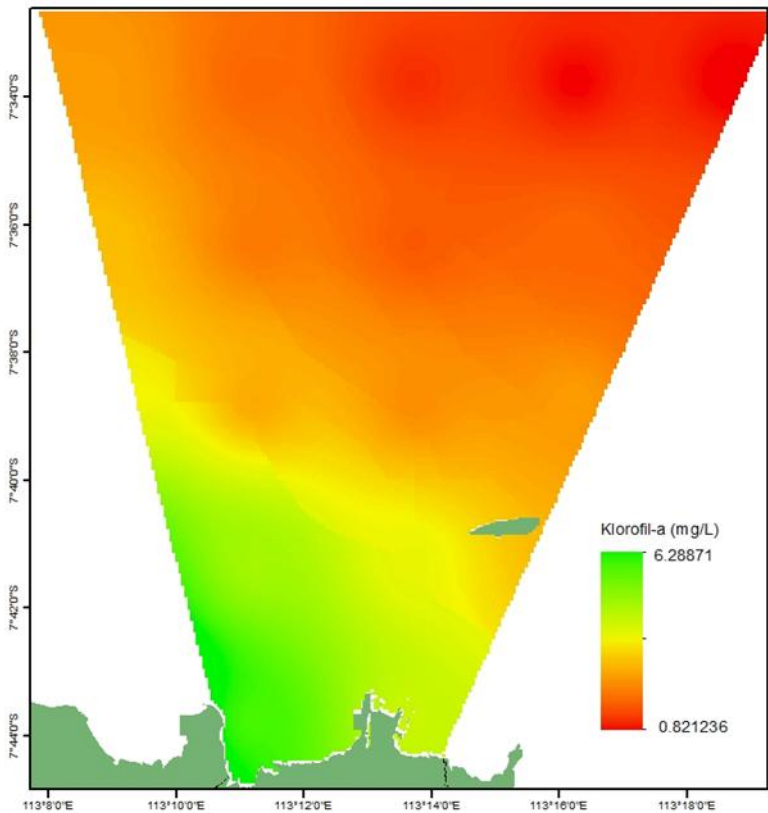
f. Arus

Berdasarkan hasil ekstraksi citra satelit yang telah dilakukan dengan penghitungan rata-rata musiman, kecepatan arus di perairan Kota Probolinggo berada pada kisaran 0.004–0.038 m/s (Gambar 7). Distribusi spasial menunjukkan bahwa kecepatan arus relatif lebih rendah pada wilayah dekat pantai, kemudian meningkat pada bagian perairan yang lebih terbuka. Variasi ini terlihat cukup konsisten antar musim, yang mengindikasikan adanya perbedaan intensitas pergerakan massa air antara zona pesisir dan perairan lepas sepanjang periode pengamatan.

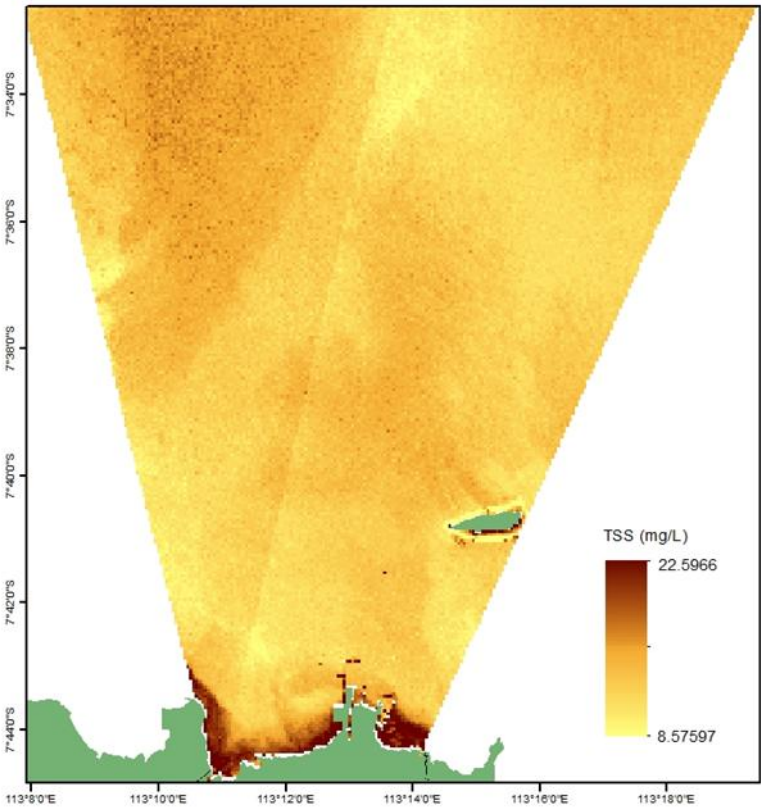
Kecepatan arus 0.013–0.022 m/s mendominasi sebagian besar wilayah dan menjadi kondisi yang paling ideal untuk kegiatan budidaya laut karena mampu menjaga pertukaran air tanpa memberikan tekanan berlebih pada organisme. Pada area timur laut kecepatan arus berkisar antara 0.022–0.038 m/s, yang bermanfaat dalam meningkatkan dinamika air tetapi tetap berada dalam batas aman untuk budidaya



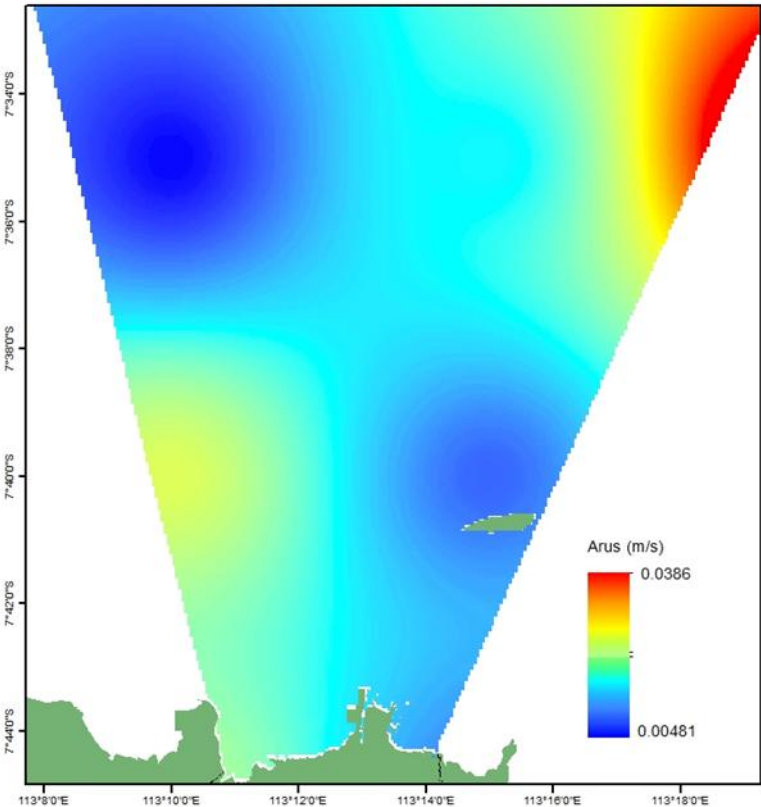
Gambar 4. Peta sebaran suhu rata-rata musiman



Gambar 5. Peta sebaran klorofil-a rata-rata musiman



Gambar 6. Peta sebaran TSS rata-rata musiman

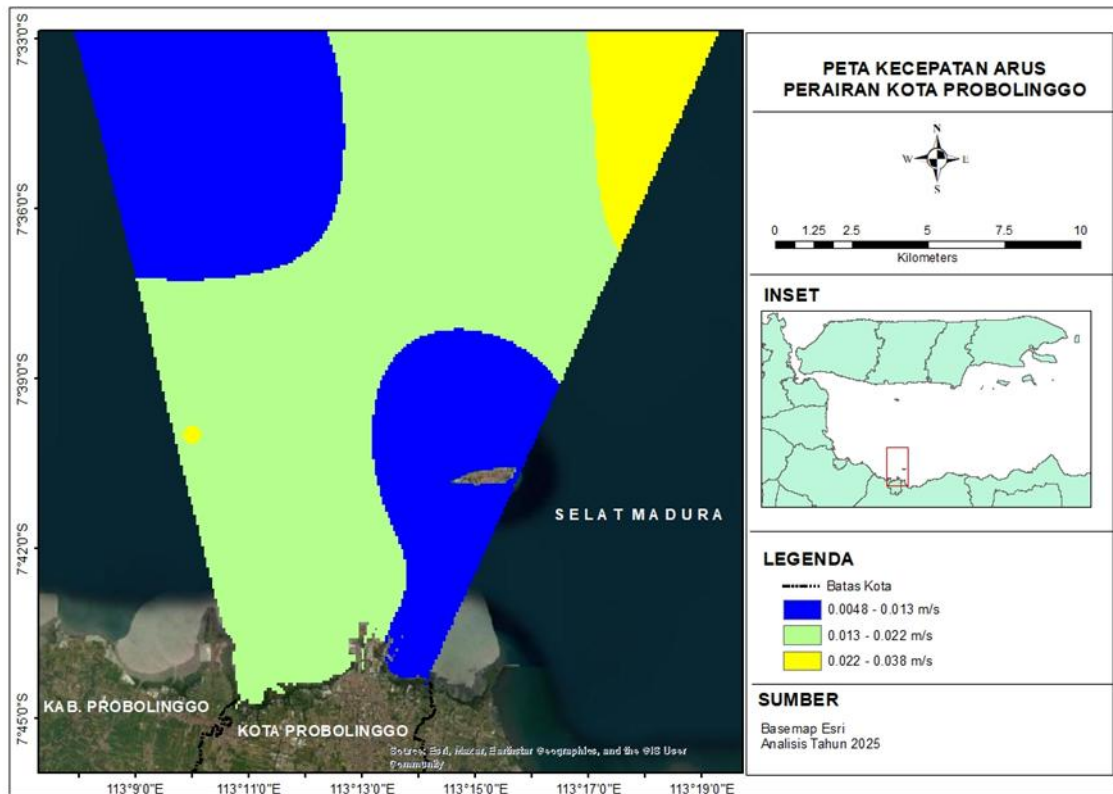


Gambar 7. Peta sebaran arus rata-rata musiman

2. Kesesuaian perairan budidaya kerapu

Analisis kesesuaian perairan budidaya kerapu dilakukan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis *weighted overlay*, dengan seluruh parameter oseanografi yang digunakan berasal dari hasil ekstraksi data penginderaan jauh yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Parameter tersebut meliputi kedalaman, salinitas, suhu, klorofil-a, TSS, dan arus

Hasil analisis spasial berupa overlay variabel parameter oseanografi serta pembobotan (*weighting*) diperoleh kelas kesesuaian perairan budidaya kerapu di perairan kota Probolinggo, yaitu sangat sesuai (S1), sesuai (S2), dan tidak sesuai (S3) (Gambar 8). Secara kuantitatif, kelas S2 mendominasi dengan luas 23574 ha (80.52%), diikuti oleh kelas S1 seluas 4951.67 ha (16.91%), dan kelas S3 dengan luasan terkecil yaitu 749.94 ha (2.56%) (Tabel 2). Distribusi ini menunjukkan bahwa sebagian besar perairan Probolinggo memiliki kondisi parameter oseanografi yang masih mendukung untuk pengembangan budidaya kerapu, terutama dari aspek klorofil-a, salinitas, suhu, dan kedalaman. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Santoso et al. (2019) yang menyatakan bahwa parameter oseanografi dalam rentang optimum berperan penting terhadap keberhasilan budidaya laut.



Gambar 8. Peta sebaran arus

Tabel 2. Luas area berdasarkan kelas kesesuaian budidaya kerapu

No.	Tingkat Kesesuaian perairan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Sangat Sesuai (S1)	4951.67	16.91
2	Sesuai (S2)	23574.00	80.52
3	Tidak Sesuai (S3)	749.94	2.56

Area S1 (sangat sesuai) umumnya berada pada wilayah tengah perairan yang relatif jauh dari daratan dan muara. Kondisi di wilayah ini ditandai oleh salinitas stabil,

kekeruhan rendah, serta konsentrasi klorofil-a yang optimal, sehingga sangat mendukung pertumbuhan ikan. Kelas S2 (sesuai) mencakup area terluas, terutama pada zona tengah perairan. Variabilitas parameter lingkungan pada kelas ini masih berada dalam batas ambang yang direkomendasikan untuk budidaya kerapu, namun memiliki beberapa faktor pembatas, seperti kedalaman perairan yang berada di luar rentang optimal budidaya. Kedalaman di wilayah ini terlalu dalam dibandingkan standar ideal. Meskipun tidak memiliki kualitas setinggi S1, kawasan ini tetap dapat dimanfaatkan untuk budidaya dengan pengelolaan yang tepat. Sementara itu, kelas S3 (tidak sesuai) berada di kawasan pesisir dekat kota yang merupakan daerah pelabuhan, alur pelayaran, serta area dengan intensitas aktivitas maritim yang tinggi. Keberadaan kapal keluar-masuk serta sedimentasi dari muara menyebabkan kekeruhan tinggi, fluktuasi salinitas, dan peningkatan risiko pencemaran minyak (Yuliana et al., 2022). Secara keseluruhan, perairan Probolinggo memiliki potensi yang sangat besar untuk pengembangan budidaya kerapu karena 97% wilayahnya yaitu seluas 28525.67 ha masih dapat dimanfaatkan (kategori S1 dan S2).

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi parameter oseanografi hasil ekstraksi citra seperti suhu, salinitas, kedalaman, TSS, dan klorofil-a memiliki keterkaitan dalam menentukan tingkat kesesuaian perairan bagi budidaya ikan kerapu. Suhu dan salinitas yang stabil mendukung proses metabolisme ikan, sementara kedalaman dan arus yang sesuai berperan penting dalam menjaga sirkulasi air serta mencegah akumulasi limbah organik di sekitar keramba. Konsentrasi klorofil-a yang berada pada tingkat sedang mencerminkan produktivitas perairan yang cukup tanpa memicu eutrofikasi, Nilai TSS yang relatif rendah mendukung penetrasi cahaya dan difusi oksigen terlarut. Interaksi parameter-parameter tersebut menunjukkan bahwa perairan Kota Probolinggo, khususnya pada zona kategori S1 dan S2, memiliki daya dukung lingkungan yang memadai untuk mendukung pertumbuhan dan keberlanjutan budidaya ikan kerapu secara optimal dan berkelanjutan (Samad et al., 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi oseanografi perairan pesisir kota Probolinggo secara umum berada dalam kisaran yang mendukung kegiatan budidaya ikan kerapu. Kedalaman perairan 5–25 meter, suhu perairan berada pada rentang optimum (30.2–30.5°C), salinitas relatif stabil (32.93–33.02 ppt), dan konsentrasi TSS sebagian besar berada pada kategori rendah hingga sedang (<20 mg/L). Sebaran klorofil-a berada pada tingkat produktivitas sedang, terutama di wilayah yang dipengaruhi muara, sedangkan kecepatan arus berada dalam kisaran yang aman bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan kerapu. Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan metode *weighted overlay*, kawasan budidaya ikan kerapu di perairan Probolinggo terbagi menjadi tiga kelas kesesuaian. Zona sangat sesuai (S1) memiliki luas 4951.67 ha, sedangkan zona sesuai (S2) mencapai 23574.00 ha, dan 749.94 ha masuk kategori tidak sesuai (S3) akibat pengaruh sedimen dari muara sungai serta aktivitas pesisir. Secara keseluruhan, dari total wilayah analisis seluas 29275.61 ha, lebih dari 97% area berada dalam kategori layak (S1–S2), sehingga perairan Probolinggo memiliki potensi yang sangat besar untuk pengembangan budidaya ikan kerapu secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti. Penelitian ini didukung dan disponsori oleh DIPA 2025 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya berdasarkan Surat Keputusan Nomor: 295.204/PL19.11/AL.04/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, A. S., Bengen, D. G., Prartono, T., & Rahmawati, S. D. (2023). The environmental parameters suitability for multispecies-based mariculture in Pongok Island waters, Bangka Belitung. *Indonesian Aquaculture Journal*, 18(3), 345–358. <https://doi.org/10.15578/iaj.18.2.2023.133-145>.
- Affan, M., Yusuf, M., & Mustain, M. (2018). Analisis kesesuaian kualitas perairan untuk budidaya ikan kerapu di perairan pesisir. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 28(1), 45–54. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v7i3.82445>.
- Apriliawati, D., Suryono, T., & Damar, A. (2017). Kesesuaian kualitas perairan pesisir untuk pengembangan budidaya laut. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(2), 123–133.
- Cruz-Montes, J. A., Caballero, I., & Navarro, G. (2023). Coastal water quality assessment using Sentinel-2 and Landsat-8 imagery: A multispectral remote sensing approach. *Remote Sensing of Environment*, 288, 113551. <https://doi.org/10.3390/rs14122744>.
- Damar, A., Colijn, F., Hesse, K. J., & Wardiatno, Y. (2018). Eutrophication processes in Indonesian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 147–159. <https://doi.org/10.3390/jmse8090674>.
- Gentry, R. R., Lester, S. E., Kappel, C. V., White, C., & Bell, T. W. (2021). Carrying capacity for aquaculture in the United States: A multi-state, multi-site assessment. *Journal of Shellfish Research*, 40(2), 217–235.
- L. Marpaung. (2018). Daya Dukung Budidaya Ikan Kerapu Pada Keramba Jaring Apung Teluk Awang dan Teluk Bumbang, Bali. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 43–53. <https://doi.org/10.24319/jtpk.9.43-53>.
- Mawardi, M. (2021). Pemanfaatan citra satelit untuk analisis spasial kualitas perairan pesisir. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3), 211–222.
- Quaade, T., Sørensen, K., & Olesen, B. (2024). Enhancing aquaculture site selection using satellite-derived water quality indicators: A spatial decision-support approach. *Aquaculture*, 580, 740112.
- Radiarta, I. N., & Erlania. (2021). GIS-based multi-criteria evaluation for mariculture site suitability in Indonesian coastal waters: A case study of Lampung Bay. *Marine Policy*, 132, 104–115.
- Rahayu, S., Sutanto, H., & Yulianto, B. (2023). Seasonal-based suitability analysis for marine cage aquaculture using satellite imagery. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 7(1), 45–58.
- Rahmawati, D., Susilo, E., & Fadli, M. (2021). Pengaruh masukan sedimen muara sungai terhadap karakteristik oseanografi perairan pesisir Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*, 10(1), 1–10.
- Samad, A., Rahman, M., & Abdullah, A. (2023). Environmental requirements and physiological tolerance of grouper (*Epinephelus* sp.) in tropical mariculture. *Journal of Aquatic Environmental Science*, 12(1), 56–67.
- Santoso, B. (2019). Potensi pengembangan komoditas kerapu dalam mendukung ekspor perikanan Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 14(2), 101–114.
- Santoso, D., Prabowo, A., & Lestari, V. (2019). Potensi Ekonomi Budidaya Kerapu di Indonesia. *Jurnal Perikanan Tangkap dan Budidaya*, 7(2), 87–96.
- Sari, N. P., Putra, A. R., & Wicaksono, A. (2020). Analisis dinamika pesisir dan perubahan garis pantai di Pantai Utara Jawa Timur menggunakan citra satelit multitemporal. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 25(2), 65–74.
- Silva, T. S., Costa, M. P., & Novo, E. (2018). Remote sensing of chlorophyll-a for aquaculture planning in coastal ecosystems. *Ecological Indicators*, 90, 321–330.
- Siregar, V. P., Prasetyo, M., & Widodo, P. (2021). Dampak aktivitas pesisir terhadap kualitas perairan pantai di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pesisir*, 9(1), 22–34.
- Wisha, U. J., Hadi, S., & Nugroho, D. (2021). Thermal Variability and Mixing Characteristics in the Northern Waters of Java. *Journal of Marine Research*, 10(3), 200–212.
- Yuliana, N., Satriadi, A., & Rahayu, W. (2022). Pengaruh Aktivitas Pelabuhan terhadap Fluktuasi TSS di Pesisir Jawa Utara. *Jurnal Oseanografi Tropis*, 7(1), 45–56.
- Yuspita, N. L. E., Kamal, M. M., Mashar, A., & Faiqoh, E. (2022). Analisis kesesuaian lahan budidaya KJA ikan kerapu di perairan Teluk Pegametan, Kabupaten Buleleng, Bali. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(2), 34–44. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.02.5>.