

## Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* di Pesisir Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta

Valen Febirose Diana, Indra Budi Prasetyawan\*, Yusuf Jati Wijaya

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
Email: \*indrabudiprasetyawan@lecturer.undip.ac.id

### Abstrak

Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, merupakan wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan rentan terhadap perubahan garis pantai akibat faktor alam seperti gelombang, angin, pasang surut, serta aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menghitung luasan perubahan garis pantai di pesisir Kulon Progo pada kurun waktu 2022 hingga 2024 menggunakan Citra Sentinel-2 dengan metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai di wilayah tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui analisis citra Sentinel-2 untuk digitasi garis pantai dengan metode NDWI dan DSAS. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 5 (lima) titik di sepanjang pesisir Kulon Progo. Pemilihan 5 lokasi dengan masing-masing 1 titik pengambilan data bertujuan untuk mewakili kondisi sedimen di area pesisir secara keseluruhan. Hasil analisis DSAS menunjukkan perubahan garis pantai signifikan dengan laju abrasi dan akresi bervariasi. Tinggi gelombang maksimum meningkat dari 3,58 m pada tahun 2022 menjadi 4,66 m di tahun 2024, sementara kecepatan *longshore current* meningkat dari 1,11 m/s pada tahun 2022 menjadi 1,77 m/s di tahun 2024. Transport sedimen meningkat dari 452.318,585 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2022 menjadi 733.371,87 m<sup>3</sup>/tahun di tahun 2024. Distribusi sedimen didominasi pasir (83–99%), menunjukkan lingkungan berenergi tinggi. Luas akresi tertinggi terjadi pada tahun 2023 – 2024 sebesar 118,56 ha, sedangkan abrasi tertinggi tercatat sebesar 52,67 ha pada tahun 2022 – 2024.

**Kata kunci** : Arus Sejajar Pantai, Transport Sedimen, Perubahan Garis Pantai, DSAS

### Abstract

#### *Analysis of Shoreline Changes Using Digital Shoreline Analysis System (DSAS) in Coastal Kulonprogo, Special Region of Yogyakarta*

Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta, is a coastal area directly adjacent to the Indian Ocean and is vulnerable to shoreline changes due to natural factors such as waves, wind, tides, and human activities. This research was conducted to analyze and calculate the extent of shoreline changes in the coastal area of Kulon Progo Regency in the period 2022 to 2024 using Sentinel-2 Satellite Imagery with the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) method, and identify the factors that cause shoreline changes in the area. This research uses a quantitative approach through the analysis of Sentinel-2 satellite images for shoreline digitization using the NDWI and DSAS methods. Sediment sampling was conducted at 5 beach points along the coast of Kulon Progo Regency. The selection of 5 locations with 1 data collection point each aims to represent sediment conditions in the coastal area as a whole. The results of the DSAS analysis showed significant shoreline changes with varying rates of abrasion and accretion. Maximum wave height increased from 3.58 m in 2022 to 4.66 m in 2024, while longshore current velocity increased from 1.11 m/s in 2022 to 1.77 m/s in 2024. Sediment transport increased from 452,318.585 m<sup>3</sup>/yr in 2022 to 733,371.87 m<sup>3</sup>/yr in 2024. Sediment distribution is dominated by sand (83-99%), indicating a high-energy environment. The highest area of accretion occurred in 2023 - 2024 amounting to 118.56 ha, while the highest abrasion was recorded at 52.67 ha in 2022 - 2024.

**Keywords**: Longshore Current, Sediment Transport, Shoreline Changes, DSAS

## PENDAHULUAN

Kabupaten Kulon Progo merupakan salah satu kabupaten dari tiga kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Kabupaten Kulon Progo mempunyai morfologi pantai cenderung landai. Morfologi pantai tersebut, apabila terjadi gelombang pasang dapat mengakibatkan air akan masuk ke wilayah daratan relatif lebih jauh sehingga daerah luapan air menjadi sangat luas dan berpengaruh terhadap perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai di Kabupaten Kulon Progo dipengaruhi oleh adanya gelombang yang dibangkitkan oleh angin sehingga berdampak pada terjadinya abrasi maupun akresi terhadap garis pantai. Perubahan garis pantai yang terjadi di pesisir Kabupaten Kulon Progo mempengaruhi kegiatan nelayan, terutama berdampak terhadap jumlah nelayan yang beroperasi. Selain itu, perubahan garis pantai juga berdampak terhadap tempat tambatan perahu nelayan sehingga akan menyulitkan nelayan saat menambatkan perahu (Cahyono *et al.*, 2017).

Perubahan garis pantai merupakan suatu permasalahan tanpa henti yang disebabkan oleh faktor gelombang, angin, arus sejajar pantai (*longshore current*), transport sedimen, pasang surut, dan aktivitas manusia seperti pembangunan infrastruktur pelindung pantai. Pada penelitian terkait perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Kulon Progo sudah pernah dilakukan sebelumnya, salah satunya dilakukan oleh Cahyono *et al.* (2017). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Cahyono *et al.* (2017) data citra satelit yang digunakan adalah citra Landsat-7 tahun 1999 dan 2002, serta citra Landsat-8 tahun 2013 dan 2016. Dalam penelitian tersebut diperoleh hasil pada wilayah pesisir Kabupaten Kulon Progo selama tahun 1999 hingga 2016 mengalami abrasi maupun akresi. Abrasi terparah berada di Pantai Trisik dengan terjadi abrasi sebesar 219,5 m yang disebabkan oleh gelombang besar dan luapan Muara Sungai Progo. Abrasi tersebut berdampak terhadap tumbuhan pantai yang mengering serta merusak bangunan rumah warga. Sedangkan akresi terbesar berada di Pantai Glagah dengan terjadi akresi sebesar 60,4 m. Akresi tersebut disebabkan oleh keberadaan *breakwater* yang berfungsi untuk menahan laju abrasi yang terjadi di wilayah tersebut.

Pengamatan perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Kulon Progo menggunakan pendekatan spasial Citra Sentinel-2 dengan metode DSAS. Menurut Wawan *et al.* (2022), *Digital Shoreline Analysis Sistem* (DSAS) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur dan memetakan perubahan garis pantai dari waktu ke waktu. DSAS ini sendiri merupakan suatu perangkat lunak yang berfungsi di atas platform ArcGIS, yang merupakan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dikembangkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) dan *United States Geological Survey* (USGS). Metode tersebut sesuai dalam pengamatan perubahan garis pantai pada suatu wilayah dikarenakan metode tersebut memiliki kemampuan untuk menganalisis pergeseran garis pantai secara efektif dengan menggunakan data geospasial yang tersedia serta lebih efisien dalam segi penggunaan waktu dan biaya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui luasan perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Kulon Progo pada kurun waktu 2022 hingga 2024 dan mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Kulon Progo.

## MATERI DAN METODE

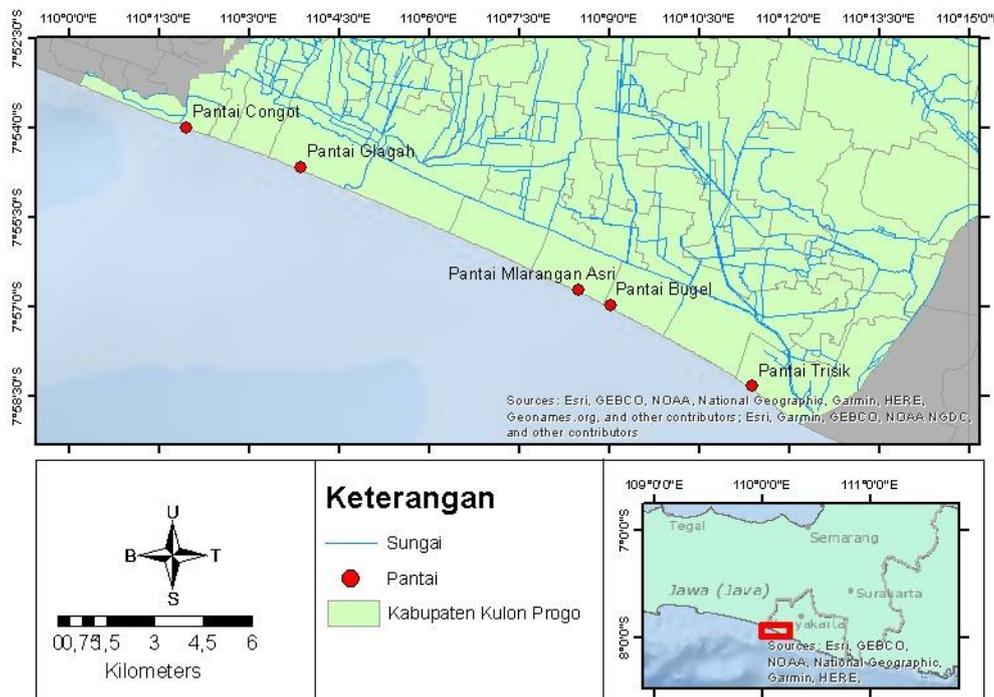
### Materi Penelitian

Penelitian dilakukan di sepanjang pesisir Kulon Progo yang terletak antara  $7^{\circ}38'42''$  -  $7^{\circ}59'3''$  LS dan  $110^{\circ}1'37''$  -  $110^{\circ}16'26''$  BT (Gambar 1). Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer yaitu Citra Satelit Sentinel-2 dengan tahun perekaman 2022, 2023, dan 2024 serta data sedimen yang diambil di 5 (lima) titik lokasi pengamatan lapangan. Data sekunder yang digunakan adalah data gelombang laut ERA-5 tahun 2022-2024, data angin yang diperoleh dari *Asia-Pacific Data-Research Center* (APDRC) tahun 2022-2024, serta data pasang surut tahun 2024 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

### Metode Pengolahan Data Perubahan Garis Pantai

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan ArcGIS. Citra satelit Sentinel dipotong untuk memperkecil wilayah analisis, kemudian garis pantai diekstrak menggunakan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dengan akurasi 99,85%. Digitasi garis pantai tahun 2022, 2023, dan 2024 dilakukan pada skala 1:20.000 untuk menghitung luas akresi dan abrasi menggunakan *Calculate Geometry* dengan satuan hektar (ha). Analisis laju perubahan garis pantai dilakukan dengan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) menggunakan parameter *End Point Rate* (EPR) untuk menghitung laju perubahan per tahun dan *Net Shoreline*

*Movement* (NSM) untuk mengukur jarak perubahan garis pantai dari waktu ke waktu (Wicaksono *et al.* 2020; Setyawan *et al.* 2021; Setyoningrum *et al.* 2023; Utomo *et al.* 2023).



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian dan Titik Lokasi Pengambilan Sedimen (Titik merah)

**Metode Gelombang Laut**

Pengolahan data gelombang laut, data yang telah diunduh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak OpenGrADS. Data gelombang yang diperoleh dari situs *Marine Copernicus* pada <https://data.marine.copernicus.eu/products> dengan periode dari tahun 2022 hingga 2024. Data tersebut mencakup rekaman dari tahun 2022, 2023, dan 2024 yang berisi informasi mengenai tinggi, periode, dan arah gelombang laut. Langkah yang dilakukan di awal adalah input data ke dalam OpenGrADS. Proses input ini meliputi pembuatan *command* dasar visualisasi data gelombang, merata-ratakan tinggi gelombang signifikan serta mengelompokkan data gelombang laut di Pesisir Kulon Progo berdasarkan waktu.

**Metode Sedimen**

Data sedimen yang digunakan merupakan data sedimen yang diambil di lapangan dengan menggunakan sekop. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 titik pada setiap pantai di Kabupaten Kulon Progo yaitu Pantai Trisik, Pantai Bugel, Pantai Mlarangan, Pantai Congot, dan Pantai Glagah (Gambar 1). Pengolahan sampel sedimen dilakukan dengan metode pengayakan atau *Sieve Shaker* dengan tahapan sebagai berikut: (1) Sampel sedimen yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 200 gram. Setelah itu sampel sedimen dilakukan penyakan menggunakan *Sieve Shaker* dengan saringan berukuran 2 mm; 0,6 mm; 0,425 mm; 0,25 mm; 0,15 mm; 0,075 mm; dan 0,045 mm. Pada proses pengayakan yang berlangsung selama 15 menit dengan amplitudo 50. (2) Setelah proses pengayakan selesai, sampel sedimen yang berada di dalam pada setiap ukuran saringan kemudian dimasukkan ke dalam *ziplock* kemudian ditimbang. (3) Berat sedimen yang ditimbang menggunakan timbangan digital kemudian dicatat dan dilakukan perhitungan fraksi butir sedimen dan penamaan sedimen menggunakan Segitiga *Shepard*.

Hasil pengayakan kemudian diinterpretasikan ke dalam grafik *Sieve Graph* untuk mengetahui berat fraksi sedimen dengan menggunakan perangkat lunak *Sieve Graph*. Nilai presentase kumulatif berat fraksi sedimen yang didapat kemudian divisualisasikan menggunakan diagram segitiga *Shepard* untuk penamaan sedimen.

### Metode Perhitungan Transpor Sedimen

Transpor sedimen merupakan proses perpindahan sedimen yang diakibatkan oleh adanya *longshore current* yang timbul akibat gelombang pecah di pesisir pantai. Transpor sedimen tersebut dapat diprediksi menggunakan persamaan empiris yang mengacu pada kondisi gelombang di lokasi penelitian. Mengacu terhadap penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al.* (2022) dan Wijayanti (2023) perhitungan transpor sedimen sebagai berikut:

Menghitung  $C_b$

$$C_b = \sqrt{gd_b}$$

Menghitung fluks energi gelombang sepanjang pantai saat pecah

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Menurut CERC (1984) dalam Triatmodjo (1999), untuk menghitung transpor sedimen pertahun dengan satuan  $m^3/tahun$  adalah sebagai berikut:

$$Q_s = 1290P_1$$

Untuk menghitung transpor sedimen perhari adalah sebagai berikut:

$$Q_s = 0,401P_1$$

Untuk menghitung kecepatan *longshore current* adalah sebagai berikut:

$$v = 1,17\sqrt{gd_b} \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Keterangan:  $P_1$  : Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai saat pecah (Nm/d/m);  $P$  : Massa jenis air laut ( $1025 \text{ kg/m}^3$ );  $G$  : Percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );  $H_b$ : Tinggi gelombang pecah (m);  $C_b$ : Kecepatan gelombang pecah;  $(m/s)\alpha_b$  : Sudut gelombang pecah ( $^\circ$ );  $Q_s$  : Volume transpor sedimen dalam satuan waktu ( $m^3/hari$  dan  $m^3/tahun$ )

### Metode Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari situs resmi Badan Informasi Geospasial <https://srgi.big.go.id/tides> dalam bentuk elevasi muka air laut per jam pada tahun 2022. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dengan menggunakan metode *Admiralty*. Metode ini digunakan untuk memperoleh komponen pasang surut, meliputi LLWL (*Lowest Low Water Level*), MSL (*Mean Sea Level*), HHWL (*Highest High Water Level*), serta nilai Formzahl. Hasil pengolahan menggunakan metode *Admiralty* memberikan informasi mengenai jenis pasang surut yang terjadi di perairan Kulon Progo, Yogyakarta. Komponen pasang surut yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan jenis pasang surut di lokasi penelitian.

### Metode Pengolahan Data Angin

Data kecepatan dan arah angin di perairan Kabupaten Kulon Progo diperoleh dari data ASCAT pada <https://apdrc.soest.hawaii.edu/> dengan periode waktu dari tahun 2022-2024. Dalam pengolahan data angin, data tersebut mencakup rekaman dari tahun 2022 hingga 2024. Pengolahan data angin sama halnya dengan pengolahan data gelombang laut. Tahap awal dari proses ini adalah memasukkan data ke dalam perangkat lunak *OpenGrADS*, dimulai dengan mengunggah file data angin dalam format NetCDF. Selanjutnya, data tersebut divisualisasikan menggunakan *script* di *OpenGrADS* guna menghasilkan peta vektor yang menampilkan arah dan kecepatan angin di lokasi penelitian. Visualisasi dilakukan dengan menentukan domain wilayah, skala kecepatan angin, serta rentang waktu pengamatan. Tahap berikutnya mengatur resultan arah dan kecepatan angin menggunakan fungsi matematis yang ada pada *OpenGrADS* untuk memperoleh informasi mengenai pola angin.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

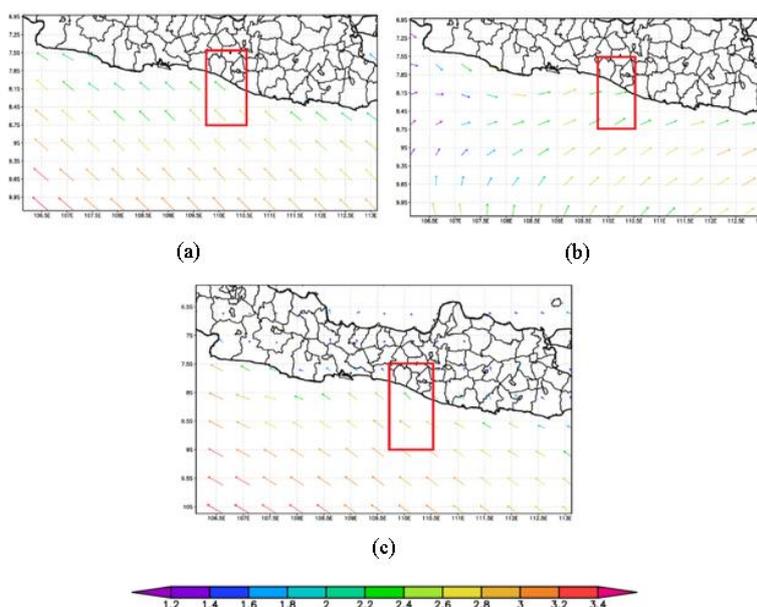
**Angin**

Dalam proses pembentukan gelombang di laut dalam yang bergerak menuju perairan dangkal terdapat faktor penting yang memengaruhi yaitu angin yang memberikan dampak baik secara langsung maupun tidak langsung. Data angin pada lokasi penelitian disajikan dalam bentuk peta dan mengacu terhadap skala Beaufort. Berdasarkan skala tersebut, kecepatan dan arah angin dijadikan sebagai acuan pembangkit gelombang laut pada Perairan Kabupaten Kulon Progo. Pada Tahun 2022 angin bertiup dari arah tenggara dengan kecepatan angin berhembus 2,2 – 2,8 m/s. Pada Tahun 2023 angin bertiup dari arah barat daya dan mengalami pembelokan menuju arah timur laut dengan kecepatan angin berhembus 1,3 – 1,5 m/s. Pada Tahun 2024 angin bertiup dari arah tenggara dengan kecepatan angin berhembus 1,92 – 3,2 m/s (Gambar 2).

Pola arah dan kecepatan angin yang berbeda tersebut menunjukkan terjadi perubahan kecepatan angin sesuai dengan musim angin tersebut bertiup, dimana hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi atmosfer yang stabil dan tekanan angin yang lebih rendah. Hal tersebut didukung oleh pendapat Wardhani *et al.* (2021) pada musim Barat dan Timur kecepatan angin cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim Peralihan. Hal ini disebabkan oleh adanya tekanan tinggi di Benua Australia dan tekanan rendah di Benua Asia selama musim Timur, yang menyebabkan angin bergerak dengan kecepatan tinggi dan arah yang konsisten dari Australia menuju Asia. Sebaliknya, pada musim Peralihan, perbedaan tekanan antara kedua benua tidak terlalu besar, sehingga angin yang bergerak memiliki kecepatan rendah dan arah yang kurang stabil.

**Tinggi dan Periode Gelombang Laut**

Tinggi dan periode gelombang signifikan pada tahun 2022, 2023, dan 2024 Pesisir Kulon Progo yang diperoleh dari situs *Marine Copernicus* diperlihatkan pada Tabel 1. Gelombang laut di Perairan Kulon Progo pada musim Barat tahun 2022 memiliki tinggi signifikan rata-rata 1,89 m, dengan nilai maksimum mencapai 3,07 m yang dipengaruhi oleh kecepatan angin berkisar 3,52–4,18 m/s yang bertiup dari arah barat laut menuju timur. Energi angin tersebut berperan sebagai pembangkit utama gelombang, di mana peningkatan kecepatan angin secara langsung berkorelasi dengan peningkatan tinggi gelombang melalui transfer energi kinetik ke permukaan laut. Pada Tahun 2022 tinggi gelombang maksimum sebesar 3,58 m, nilai tinggi gelombang minimum sebesar 0,99 m, dan nilai ketinggian gelombang rata-rata sebesar 1,94 m. Pada Tahun 2023 tinggi gelombang maksimum sebesar 3,93 m, nilai tinggi gelombang minimum sebesar 0,88, dan nilai ketinggian gelombang rata-rata sebesar 1,94 m. Pada Tahun 2024 tinggi gelombang maksimum sebesar 4,66 m, nilai tinggi gelombang minimum sebesar 0,86 m, dan nilai ketinggian gelombang rata-rata sebesar 2,01 m.



**Gambar 2.** Kecepatan dan Arah Angin Tahun (m/s) (a) 2022; (b) 2023; (c) 2024 di Pesisir Kulon Progo

**Tabel 1.** Tinggi Gelombang Signifikan Tahun 2022 – 2024

Tahun	Hmax	Hmin	Hs
2022	3,58	0,99	1,94
2023	3,93	0,88	1,94
2024	4,66	0,86	2,01

**Tabel 2.** Periode Gelombang Signifikan Tahun 2022 – 2024

Periode	Tmax	Tmin	Ts
2022	21,90	7,15	13,82
2023	21,12	6,68	13,66
2024	22,92	6,79	13,77

**Tabel 3.** Kecepatan *Longshore Current* Tahun 2022 – 2024

Periode (Tahun)	<i>Longshore Current</i> (m/s)
2022	1,11
2023	1,61
2024	1,77

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa gelombang tertinggi terjadi pada Musim Timur yang disebabkan oleh kecepatan angin pada tahun tersebut lebih tinggi dibandingkan pada Musim lainnya. Hal ini disebabkan oleh angin yang kuat pada Musim Timur, yang menyebabkan gelombang lebih tinggi dari Musim lainnya. Hal ini selaras dengan penelitian Naufalina *et al.* (2022), pada wilayah perairan Selatan Jawa memiliki karakteristik kekuatan angin dan gelombang yang tinggi sebagai keterlibatan dari monsoon Benua Australia dan Asia.

### ***Longshore Current***

Gelombang pecah merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi arus sejajar pantai (*longshore current*) di perairan pesisir. Kecepatan *longshore current* mengalami variasi dari tahun ke tahun terlihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada tahun 2022 kecepatan *longshore current* sebesar 1,11 m/s. pada tahun 2023 kecepatan *longshore current* sebesar 1,61 m/s dan pada tahun 2024 kecepatan *longshore current* sebesar 1,77 m/s. Kecepatan *longshore current* setiap tahunnya cenderung meningkat. Peningkatan kecepatan arus sejajar pantai (*longshore current*) sangat memainkan peran penting terhadap transpor sedimen.

### **Distribusi Jenis Sedimen**

Hasil analisis distribusi jenis sedimen dari lima titik pengambilan sampel di wilayah pesisir menunjukkan bahwa seluruh lokasi didominasi oleh sedimen berjenis pasir dengan persentase yang bervariasi. Pantai Trisik memiliki komposisi pasir sebesar 94%, Pantai Bugel sebesar 97%, Pantai Mlarangan sebesar 94%, Pantai Congot sebesar 83%, dan Pantai Glagah sebesar 99% (Tabel 4). Persentase tersebut mengindikasikan bahwa kelima pantai yang diteliti memiliki karakteristik sedimen yang seragam, dengan dominasi fraksi pasir yang tinggi. Dominasi sedimen pasir di seluruh lokasi penelitian menunjukkan adanya dinamika oseanografi yang mempengaruhi distribusi sedimen, terutama gelombang dan arus sejajar pantai. Pada pantai dengan energi gelombang tinggi, sedimen berukuran lebih halus cenderung tertransportasi lebih jauh ke laut, sementara fraksi pasir yang lebih berat tetap terendapkan di zona *intertidal* dan *subtidal*.

**Transpor Sedimen**

Berdasarkan hasil perhitungan transpor sedimen berdasarkan musim yang terlampir pada Tabel 5 menunjukkan bahwa transpor sedimen mengalami variasi setiap tahunnya. Nilai transpor sedimen perhari tahun 2022 memiliki nilai transpor sebesar 1.239,229 m<sup>3</sup>/hari, tahun 2023 memiliki nilai transpor sedimen sebesar 1.999,767 m<sup>3</sup>/hari, dan tahun 2024 memiliki nilai transpor sedimen sebesar 2.009,238 m<sup>3</sup>/hari. Sedangkan transpor sedimen pertahun tahun 2022 memiliki nilai 452.318,585 m<sup>3</sup>/tahun, tahun 2023 memiliki nilai transpor sedimen sebesar 729.914,955 m<sup>3</sup>/tahun, dan tahun 2024 memiliki nilai transpor sedimen sebesar 733.371,87 m<sup>3</sup>/tahun.

**Pasang Surut**

Data pasang surut ditampilkan dalam bentuk grafik elevasi pasang surut tahun 2024 serta nilai elevasi muka air laut dan nilai Formzahl untuk menentukan tipe pasang surut di pesisir Kulon Progo (Gambar 3). Grafik pasang surut April Tahun 2024 menunjukkan nilai HWL sebesar 462 cm; MSL sebesar 463 cm; LWL sebesar 231 cm; dan Formzahl sebesar 0,43. Tipe pasang surut pada perairan Kabupaten Kulon Progo merupakan tipe pasang surut campuran condong harian ganda, yaitu keadaan yang dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Hal tersebut dikarenakan nilai Formzahl yang diperoleh memiliki nilai antara 0,25 – 1,5 (0,5 < F < 1,5). Hal ini selaras dengan pendapat Sasmito (2020) yang melakukan penelitian mengenai dinamika pasang surut perairan Selatan Jawa mengatakan bahwa tipe pasang surut di perairan Selatan Jawa cenderung sama yaitu pasang surut campuran condong ke harian ganda atau *Mixed Prevailing Semi Diurnal*.

**Tabel 4.** Distribusi Jenis Sedimen Dasar Perairan pada Area Gelombang Pecah

Lokasi	Fraksi Sedimen (%)			Jenis Sedimen
	Pasir	Lanau	Lempung	
Pantai Trisik	94	0,88	0,48	Pasir
Pantai Bugel	97	0,96	0,48	Pasir
Pantai Mlarangan	94	1,08	0,06	Pasir
Pantai Glagah	83	0,69	0,11	Pasir
Pantai Congot	99	0,45	0,06	Pasir

**Tabel 5.** Nilai transpor sedimen pantai per tahun

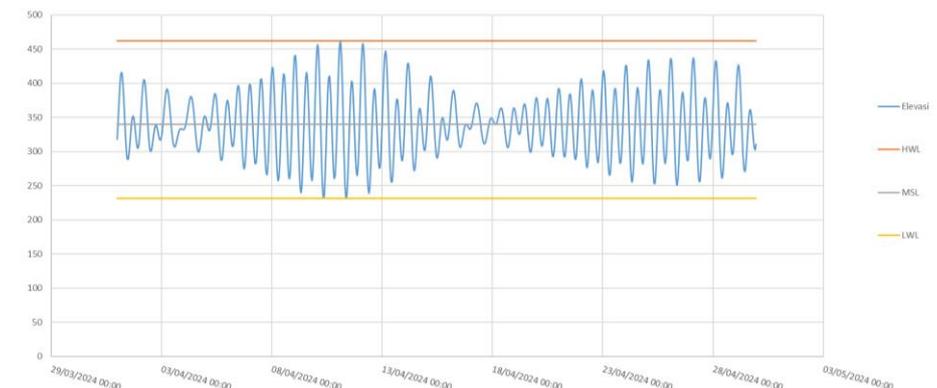
Periode (Tahun)	Transpor Sedimen (m <sup>3</sup> /hari)	Transport Sedimen (m <sup>3</sup> /tahun)
2022	1.239,229	452.318,585
2023	1.999,767	729.914,955
2024	2.009,238	733.371,87

**Tabel 6.** Jarak Perubahan Garis Pantai (*End Point Rate*)

Tahun	<i>End Point Rate</i> (EPR)			
	Tertinggi	Terendah	Rata-Rata	
			Akresi (+)	Abrasi (-)
2022 – 2023	40,75	-26,92	9,07	-8,94
2023 – 2024	162,83	-258,82	54,41	-49,97
2022 – 2024	74,47	-29,38	36,37	-11,35

**Tabel 7.** Jarak Perubahan Garis Pantai (*Net Shoreline Movement*)

Tahun	<i>Net Shoreline Movement (NSM)</i>			
	Tertinggi	Terendah	Rata-Rata	
			Akresi (+)	Abrasi (-)
2022 – 2023	40,75	-26,92	9,07	-8,94
2023 – 2024	129,61	-42,45	74,38	-20,96
2022 – 2024	148,98	-58,77	72,75	-22,71



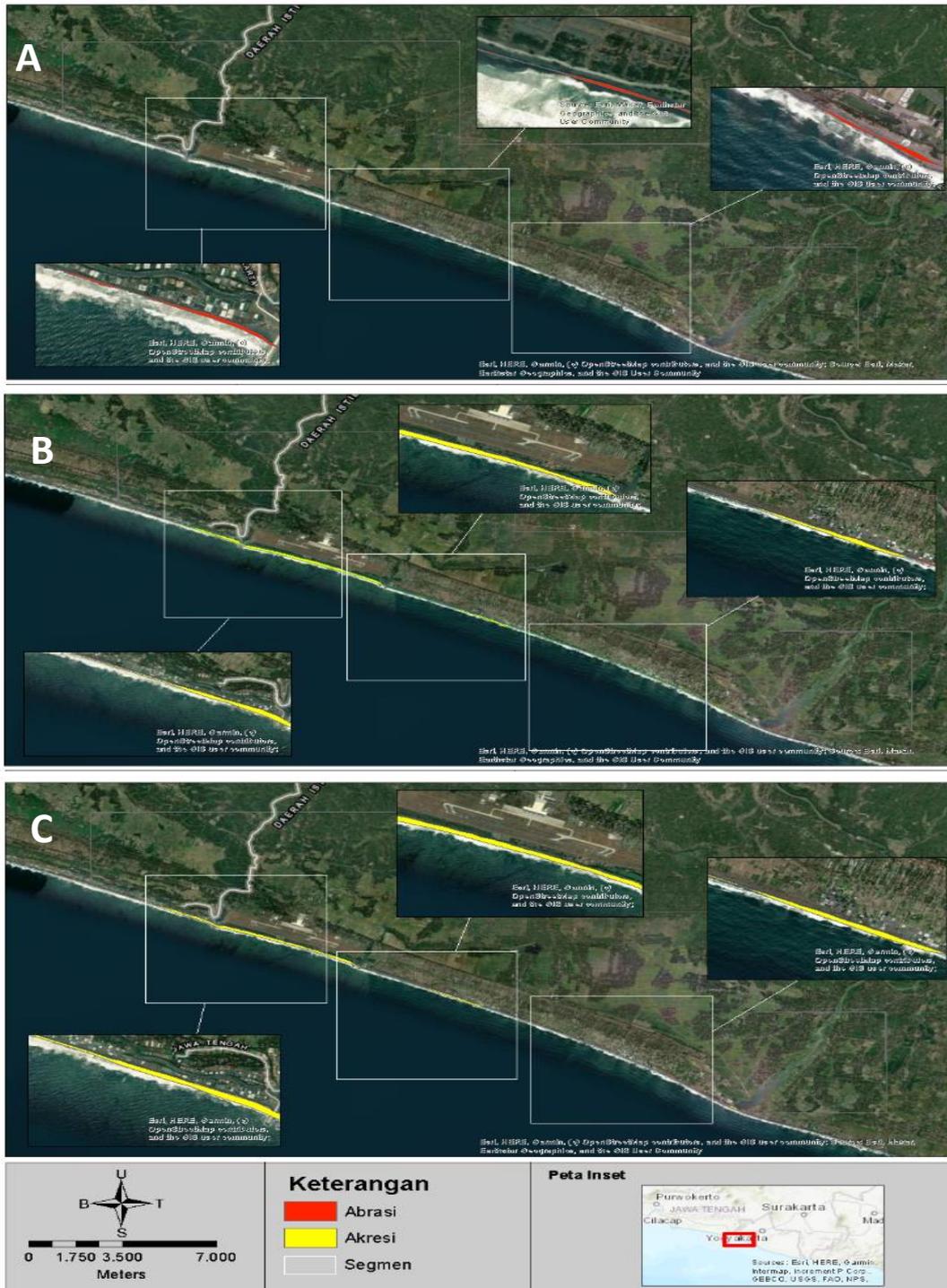
**Gambar 3.** Grafik Elevasi Pasang Surut April Tahun 2024

**Perubahan Garis Pantai**

Perubahan garis pantai yang dianalisis menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* disajikan dalam bentuk peta perubahan garis pantai untuk periode tahun 2022-2024 (Gambar 4). Analisis ini mencakup perhitungan *End Point Rate (EPR)* untuk menentukan laju perubahan garis Pantai (Tabel 6), dan *Net Shoreline Movement (NSM)* untuk mengukur jarak perubahan garis pantai antara pantai terlama dan terbaru (Tabel 7), serta luas total perubahan yang menggaambarkan area yang mengalami abrasi maupun akresi selama periode penelitian (Tabel 8). Nilai EPR tertinggi terjadi pada tahun 2023 – 2024 sebesar 162,83 m dan nilai terendah sebesar -258,82 m dengan rata-rata akresi adalah 54,41 ha dan abrasi -49,97 ha. Sedangkan untuk nilai NSM tertinggi pada tahun 2022 – 2024 dengan nilai jarak adalah 148.98 m dan nilai jarak terendah adalah -58,77 m. Nilai rata-rata jarak akresi sejauh 72,75 m sedangkan nilai rata-rata jarak abrasi sejauh -22,71 m.

Pada tahun 2022, hasil penelitian di Perairan Kulon Progo menunjukkan bahwa pada musim Barat, gelombang laut memiliki tinggi signifikan rata-rata 1,89 m dengan nilai maksimum 3,07 m, yang dipengaruhi oleh angin berkecepatan 3,52 – 4,18 m/s yang bertiup dari barat laut ke timur. Energi angin ini memicu pembentukan gelombang dan menghasilkan *longshore current* dengan kecepatan 1,11 m/s, sehingga terjadi transport sedimen sebesar 1.239,22 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 452.315,3 m<sup>3</sup>/tahun) serta perubahan garis pantai dengan akresi 13,33 ha dan abrasi 14,60 ha, dengan dominasi pasir sebesar 83–99%. Pada musim Peralihan I 2022, kondisi gelombang menunjukkan tinggi rata-rata 1,79 m (maksimum 3,16 m, minimum 0,98 m) dengan kecepatan angin 1,26 – 1,62 m/s yang bertiup dari tenggara, menghasilkan *longshore current* 1,01 m/s dan transport sedimen sebesar 1.010,09 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 368.685,04 m<sup>3</sup>/tahun) yang mendukung dinamika serupa.

Pada musim Timur 2022, tinggi gelombang mencapai rata-rata 2,31 m (maksimum 3,57 m, minimum 1,23 m) yang dibangkitkan oleh angin tenggara kencang dengan kecepatan 7,04 – 7,26 m/s. Kondisi ini menghasilkan *longshore current* tertinggi sebesar 2,29 m/s dan transport sedimen mencapai 3.032,99 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 1.107.041,715 m<sup>3</sup>/tahun), serta mendorong perubahan garis pantai dengan akresi meningkat menjadi 34,23 ha dan abrasi menurun menjadi 12,39 ha. Sedangkan pada musim Peralihan II 2022, gelombang dengan tinggi rata-rata 1,92 m (maksimum 3,13 m, minimum 1,13 m) dihasilkan oleh angin tenggara 4,8 – 5,2 m/s, yang menciptakan *longshore current* 1,53 m/s dan transport sedimen sebesar 1.557,484 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 568.481,66 m<sup>3</sup>/tahun).



**Gambar 4.** Perubahan Garis Pantai A (Tahun 2022), B (Tahun 2023), C(Tahun 2024 )

Selain didapatkan nilai *EPR (End Point Rate)* dan *NSM (Net Shoreline Movement)* diperoleh pula nilai luas total area yang mengalami abrasi maupun akresi. Pada tahun 2022 – 2023 luasan total yang mengalami akresi sebesar 112,65 ha sedangkan luasan total yang mengalami abrasi sebesar 16,96 ha. Pada tahun 2023 – 2024 luasan total yang mengalami akresi sebesar 118.56 ha sedangkan luasan total yang mengalami akresi sebesar 21,58 ha. Pada tahun 2022 – 2024 luasan total yang mengalami akresi sebesar 114,66 ha dan luasan total yang mengalami abrasi sebesar 22,77 ha (Tabel 9).

**Tabel 8.** Luas Total Perubahan

Tahun	Luas Area (ha)	
	Akresi	Abrasi
2022 – 2023	112,65	16,96
2023 – 2024	118,56	21,58
2022 – 2024	114,66	22,77

Data tahun 2023 mengungkapkan bahwa pada musim Barat, gelombang memiliki tinggi rata-rata 1,94 m dengan angin 4,4 – 4,62 m/s yang menghasilkan *longshore current* 1,26 m/s dan transport sedimen mencapai 762.674 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 452.318,585 m<sup>3</sup>/tahun), serta perubahan garis pantai berupa akresi 12,45 ha dan abrasi 21,86 ha. Pada musim Peralihan I 2023, tinggi gelombang maksimum tercatat 3,61 m dengan rata-rata 1,82 m, diiringi angin tenggara 1,68–1,92 m/s, *longshore current* 1,14 m/s, dan transport sedimen sebesar 413.716 m<sup>3</sup>/hari (151.006,34 m<sup>3</sup>/tahun). Di musim Timur 2023, gelombang mencapai tinggi antara 0,80 – 2,25 m (rata-rata 1,98 m) dengan angin dominan dari timur 6,3 – 7,7 m/s yang membentuk *longshore current* 2,19 m/s dan transport sedimen 2.368,72 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 864.582,8 m<sup>3</sup>/tahun). Sedangkan pada musim Peralihan II, gelombang memiliki tinggi rata-rata 1,93 m dengan angin 4,8–6 m/s, *longshore current* 1,15 m/s, dan transport sedimen sebesar 772.940 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 282.123,1 m<sup>3</sup>/tahun). Secara keseluruhan, data tahun 2023 menunjukkan kecepatan angin berkisar 1,3 – 1,5 m/s dan gelombang maksimum mencapai 3,93 m, yang mendukung *longshore current* rata-rata 1,61 m/s serta transport sedimen 1.999,767 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 729.914,955 m<sup>3</sup>/tahun) dengan total perubahan garis pantai (akresi 112,56 ha dan abrasi 16,96 ha) yang dominan membawa pasir.

Pada tahun 2024, analisis menunjukkan bahwa di musim Barat, gelombang mencapai tinggi maksimum 4,65 m dengan rata-rata 1,97 m, dibangkitkan oleh angin barat daya dengan kecepatan 2–2,2 m/s. Kondisi ini menghasilkan *longshore current* sebesar 1,29 m/s dan transport sedimen mencapai 1.900,24 m<sup>3</sup>/hari (693.587,6 m<sup>3</sup>/tahun), serta perubahan garis pantai dengan akresi 13,72 ha dan abrasi 52,67 ha. Pada musim Peralihan I 2024, gelombang memiliki tinggi maksimum 2,30 m, minimum 0,60 m, dan rata-rata 1,72 m yang dihasilkan oleh angin tenggara 2,88 – 3,20 m/s, menciptakan *longshore current* 1,24 m/s dan transport sedimen 476.199 m<sup>3</sup>/hari (173.812,635 m<sup>3</sup>/tahun) dengan perubahan garis pantai yang sama. Di musim Timur 2024, tinggi gelombang rata-rata mencapai 2,01 m (maksimum 4,66 m) dengan angin tenggara 6,5 – 7,8 m/s, yang mendukung *longshore current* 1,31 m/s dan transport sedimen sebesar 1.351,56 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 493.319,4 m<sup>3</sup>/tahun), sementara pada musim Peralihan II, gelombang dengan tinggi maksimum 3,24 m dan rata-rata 1,88 m, dipengaruhi oleh angin tenggara 3,6 – 4,5 m/s, menghasilkan *longshore current* 1,26 m/s dan transport sedimen 1.380,36 m<sup>3</sup>/hari (sekitar 503.831,4 m<sup>3</sup>/tahun) dengan pola perubahan garis pantai yang konsisten.

Keseluruhan data menunjukkan bahwa dinamika pesisir di Kabupaten Kulon Progo sangat dipengaruhi oleh interaksi antara gelombang, angin, dan *longshore current*. Energi angin yang ditransfer ke permukaan laut memicu pembangkitan gelombang yang pecah di zona *surf*, sehingga menghasilkan arus sejajar pantai yang menggerakkan transportasi sedimen. Proses inilah yang menyebabkan perubahan garis pantai melalui mekanisme akresi dan abrasi. Hal tersebut sejalan dengan temuan Ramadhani *et al.* (2021), sedangkan Dewi *et al.* (2020) menekankan bahwa perubahan garis pantai di bagian Selatan Pulau Jawa dipengaruhi langsung oleh energi gelombang. Selain itu, Putra *et al.* (2022) menguraikan peran *longshore current* dalam distribusi sedimen, dan Ansari *et al.* (2020) menyoroti bahwa dominasi pasir dan butiran kasar mengindikasikan dampak signifikan gelombang dalam proses pencampuran partikel sedimen.

Faktor pasang surut juga memainkan peran penting dalam dinamika pesisir, dengan muka air laut tertinggi mencapai 241 cm dan terendah -117 cm, serta tipe pasang surut campuran condong harian ganda yang menyebabkan proses abrasi saat pasang maksimum dan akresi saat surut minimum. Selain faktor oseanografi, aktivitas manusia seperti pembangunan pelindung pantai dan penambangan turut mempengaruhi pola arus dan gelombang, yang berdampak pada perubahan garis pantai. Seperti yang disampaikan oleh Islam *et al.* (2023), interaksi antara pasang surut dan energi gelombang merupakan salah satu kunci dalam memahami dinamika morfologi pesisir di wilayah tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, selama periode pengamatan tahun 2022 hingga 2024, perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Kulon Progo menunjukkan dinamika signifikan dengan fenomena abrasi dan akresi yang saling bergantian. Analisis menggunakan DSAS terhadap citra Sentinel-2 mengungkapkan peningkatan tinggi gelombang maksimum, yaitu dari 3,58 m pada tahun 2022 menjadi 4,66 m pada tahun 2024, yang menandakan intensitas gelombang yang semakin tinggi. Selain itu, kecepatan *longshore current* tercatat meningkat dari 1,11 m/s pada tahun 2022 menjadi 1,77 m/s pada tahun 2024, yang berkontribusi pada percepatan transport sedimen di pesisir. Data transport sedimen menunjukkan kenaikan volume yang signifikan, dari 452.318,585 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2022 menjadi 733.371,87 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2024, sehingga mendukung perubahan morfologi pantai. Analisis distribusi sedimen juga menegaskan dominasi pasir dengan proporsi antara 83% hingga 99%, mencerminkan kondisi pesisir yang berenergi tinggi. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa faktor-faktor oseanografi seperti gelombang, angin, dan arus, yang meningkat secara numerik selama periode pengamatan, memainkan peran krusial dalam dinamika perubahan garis pantai di Kabupaten Kulon Progo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, A., Apriansyah, A., & Risiko, R., 2020. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Muara Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2): 48-54.
- Cahyono, H., Retno, T., Musrifah, W., & Maulana, E., 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan Data Citra Landsat di Pesisir Kabupaten Kulonprogo. *Parangtritis Geomarine Science Park*, 2: 1-12.
- Dewi, P. S., Setiyono, H., Handoyo, G., Widada, S., & Suryoputro, A. A. D., 2020. Studi Perubahan Garis Pantai Tahun 2014-2019 di Pesisir Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3): 233-242.
- Islam, H. S., Suryoputro, A. A. D., & Handoyo, G., 2023. Studi Perubahan Garis Pantai 2017-2021 di Pesisir Kabupaten Batang, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(4): 19-33.
- Naufalina, N. E., Marwoto, J., & Rochaddi, B., 2022. Analisis Sebaran Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir di Perairan Pantai Baron, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2): 61-67.
- Putra, A. N., Handoyo, G., Ismanto, A., Satriadi, A., & Setiyono, H., 2022. Studi Pengaruh *Longshore Current* Terhadap Transpor Sedimen Dasar di Pantai Slamaran, Kota Pekalongan, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(1): 36-46.
- Ramadhani, Y. P., Praktiko, I., & Suryono, C. A., 2021. Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 10(2): 299-305.
- Sasmito, B., 2020. Kajian Dinamika Pasang Surut Pantai Selatan Pulau Jawa Dengan Data Altimetri. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(1): 80-86.
- Setyawan, F. O., Sari, W. K., & Aliviyanti, D., 2021. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System di Kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya, Aceh. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(2): 368-377.
- Setyoningrum, D., Okta, F., Sekar, A., Akmal, F., Falbian, M., & Wicaksono, A., 2023. Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Tahun 2017-2021 (Studi Kasus: Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 7(2): 88-100.
- Utomo, E., & Bakri, M. D., 2023. Studi Perubahan Garis Pantai dengan Metode DSAS (Digital Shoreline Analysis System) Sebagai Upaya Identifikasi Erosi di Pantai Utara Pulau Tarakan. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2): 216-233.
- Wardhani, P. A., Widagdo, S., & Prasita, V. D., 2021. Pola Angin dan Kaitannya terhadap Karakteristik Tinggi Gelombang di Perairan Labuan Bajo, NTT. *Jurnal Riset Kelautan Tropis*, 3(1): 34-42.
- Wawan, W., Harjanti, D. T., & Sulistyarini, S., 2022. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode DSAS di Desa Karimunting Kabupaten Bengkayang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 6(1): 121-131.

- Wicaksono, A. D., Awaluddin, M., & Bashit, N. 2020. Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode *Net Shoreline Analysis System* (NSM) dengan *Add-in Digital Shoreline Analysis system* (DSAS) (Studi Kasus: Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2):21-31.
- Wijayanti, M. D., 2023. Energi Gelombang. Penerbit Bumi Aksara.