

Analisis Perubahan Garis Pantai Parangtritis dan Pengaruh Faktor Oseanografi Menggunakan Citra Landsat

Gilang Pradana Putra, Leony Risala Nova, Anissa Tifana, Fauziana Zahra, Arifa Fitri, Mutya Cahyani, Jahida Qurrata Ayyun, Ivan Maulana Agustin, Muhammad Darryl Heliano, Widya Prarikeslan*

Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat 25131 Indonesia
Email: *widya_geo@fis.unp.ac.id

Abstrak

Perubahan garis pantai merupakan fenomena dinamis di wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh proses oseanografi, seperti gelombang dan pasang surut, serta dapat berdampak pada stabilitas lingkungan pesisir. Pantai Parangtritis, yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia, memiliki dinamika garis pantai yang tinggi sehingga perlu dikaji secara kuantitatif dalam rentang waktu yang panjang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai Pantai Parangtritis selama periode 2004–2024 serta keterkaitannya dengan faktor oseanografi, khususnya gelombang laut dan pasang surut. Analisis dilakukan menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan parameter *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR) berdasarkan citra Landsat multitemporal, sedangkan faktor oseanografi dianalisis menggunakan data deret waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan garis pantai didominasi oleh abrasi, dengan 59% dari 79 transek mengalami kemunduran. Nilai EPR minimum mencapai -9,01 m/tahun dan rata-rata -2,45 m/tahun, sedangkan akresi hanya terjadi secara lokal. Variasi tinggi gelombang tahunan berkisar antara 1,26–2,67 meter dan berasosiasi dengan intensitas abrasi pada periode tertentu. Pasang surut bertipe campuran condong semi-diurnal berperan sebagai faktor penguat abrasi. Hasil ini menunjukkan bahwa citra Landsat multitemporal dan metode DSAS efektif untuk mendukung pemantauan dan pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Kata kunci : Abrasi, DSAS, garis pantai, gelombang, Parangtritis

Abstract

Analysis of Parangtritis Coastline Changes and the Influence of Oceanographic Factors Using Landsat Imagery

Shoreline change is a dynamic coastal process influenced by oceanographic factors, particularly waves and tides, and may have significant implications for coastal environmental stability. Parangtritis Beach, located along the southern coast of Java and directly exposed to the Indian Ocean, exhibits high shoreline dynamics and therefore requires long-term quantitative assessment. This study aims to analyze shoreline changes along Parangtritis Beach during 2004–2024 and to examine their relationship with oceanographic factors, especially wave conditions and tides. Shoreline change analysis was carried out using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) with the Net Shoreline Movement (NSM) and End Point Rate (EPR) parameters derived from multitemporal Landsat imagery. Oceanographic conditions were evaluated using time-series data to describe marine variability associated with shoreline dynamics. The results indicate that shoreline change at Parangtritis Beach was predominantly characterized by abrasion, with 59% of the 79 analyzed transects showing shoreline retreat. The minimum EPR value reached -9.01 m/year, with an average of -2.45 m/year, while accretion occurred only locally. Annual wave heights ranged from 1.26 to 2.67 m and were associated with abrasion intensity during specific periods. In addition, the mixed predominantly semi-diurnal tidal regime acted as a reinforcing factor by increasing wave interaction with the coastal zone. These findings demonstrate that multitemporal Landsat imagery and the DSAS method are effective tools for long-term shoreline monitoring and can support sustainable coastal management.

Keywords: Abrasion, DSAS, coastline, waves, Parangtritis

PENDAHULUAN

Garis pantai didefinisikan sebagai zona batas interaksi antara laut dan daratan yang posisinya dipengaruhi oleh fluktuasi muka air laut akibat pasang surut, gelombang, dan arus laut (Gaol et al., 2025a). Garis pantai memiliki peran strategis sebagai batas fisik alami sekaligus acuan batas administrasi wilayah dan otonomi daerah. Secara alami, garis pantai bersifat dinamis dan dapat mengalami pergeseran posisi dalam skala waktu musiman hingga tahunan sebagai respons terhadap proses oseanografi dan geomorfologi pesisir (Imran et al., 2024).

Perubahan garis pantai umumnya terjadi akibat ketidakseimbangan proses sedimentasi di wilayah pesisir, yang ditandai oleh akresi sebagai hasil pengendapan sedimen dan abrasi sebagai akibat pengikisan sedimen oleh energi gelombang dan arus laut (Amanu et al., 2025). Proses abrasi dan akresi dapat berlangsung secara spasial tidak merata, sehingga pada satu segmen pantai terjadi kehilangan sedimen, sementara pada segmen lain terjadi penumpukan sedimen. Kondisi ini menuntut adanya pemantauan perubahan garis pantai secara kuantitatif dan berkelanjutan (Setyawan et al., 2021).

Perkembangan teknologi penginderaan jauh memungkinkan pemantauan perubahan garis pantai secara multitemporal dengan tingkat ketelitian yang relatif tinggi. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), yang mampu menghitung laju dan arah perubahan garis pantai melalui parameter *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR), dan *Linear Regression Rate* (LRR) (Syaharani & Triyatno, 2019). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa integrasi citra satelit multitemporal dan DSAS efektif dalam mengidentifikasi tren abrasi dan akresi secara objektif, termasuk di wilayah pesisir selatan Jawa yang didominasi oleh pantai berenergi tinggi (Dinnabhan et al., 2025).

Perubahan garis pantai di Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul telah dilaporkan oleh beberapa penelitian terdahulu. Menurut penelitian Setyoningrum (2023) menunjukkan bahwa selama periode 2017-2021 terjadi abrasi dan akresi dengan besaran maksimum masing-masing mencapai lebih dari 60 meter pada beberapa segmen pantai, yang dipengaruhi oleh karakter gelombang dan pasang surut. Selain itu, tinggi gelombang signifikan di kawasan ini dilaporkan mencapai sekitar 2,5 meter dengan periode gelombang rata-rata lebih dari 10 detik, mengindikasikan tingginya energi gelombang yang berperan dalam dinamika garis pantai. Penelitian Pattipawaj & Oktaviani (2021) berdasarkan analisis citra satelit periode 2010-2019 juga melaporkan laju abrasi rata-rata sekitar 2,9 meter per tahun di Pantai Parangtritis, yang menunjukkan kecenderungan mundurnya garis pantai dalam jangka menengah.

Secara geomorfologi, Pantai Parangtritis dikategorikan sebagai pantai berenergi tinggi (*high energy coast*) karena berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Pantai ini memiliki kemiringan relatif landai dengan rata-rata sekitar $4,29^\circ$ serta didominasi oleh sedimen pasir vulkanik berbutir halus hingga sedang (Putro & Prasetyowati, 2020). Karakter gelombang swell dari Samudra Hindia dengan ketinggian gelombang signifikan berkisar antara 1,5-3,5 meter, bergantung musim monsun, memicu terbentuknya arus sejajar pantai (*longshore current*) yang kuat. Kondisi ini berperan penting dalam transport sedimen sejajar pantai dan menyebabkan variasi spasial abrasi dan akresi di sepanjang garis pantai Parangtritis (Diana et al., 2025). Keberadaan sistem gumuk pasir eolian di bagian belakang pantai berfungsi sebagai pelindung alami, namun efektivitasnya sangat bergantung pada keseimbangan suplai sedimen dari sistem pantai terbuka.

Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji perubahan garis pantai di Pantai Parangtritis, sebagian besar studi masih terbatas pada rentang waktu tertentu dan berfokus pada identifikasi abrasi dan akresi tanpa menganalisis tren perubahan jangka panjang secara komprehensif. Selain itu, keterkaitan antara perubahan garis pantai dengan faktor hidro-oseanografi, khususnya pasang surut dan karakteristik gelombang, masih belum dianalisis secara konsisten menggunakan data multitemporal yang panjang dan metode kuantitatif yang seragam (Gaol et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan kajian yang mengintegrasikan analisis perubahan garis pantai jangka panjang dengan faktor hidro-oseanografi untuk memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai dinamika pesisir Parangtritis.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul, selama periode 2004-2024 menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), serta mengkaji keterkaitannya dengan faktor hidro-oseanografi, khususnya pasang surut dan gelombang laut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami tren perubahan garis pantai jangka panjang serta menjadi dasar ilmiah bagi perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir Parangtritis yang berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

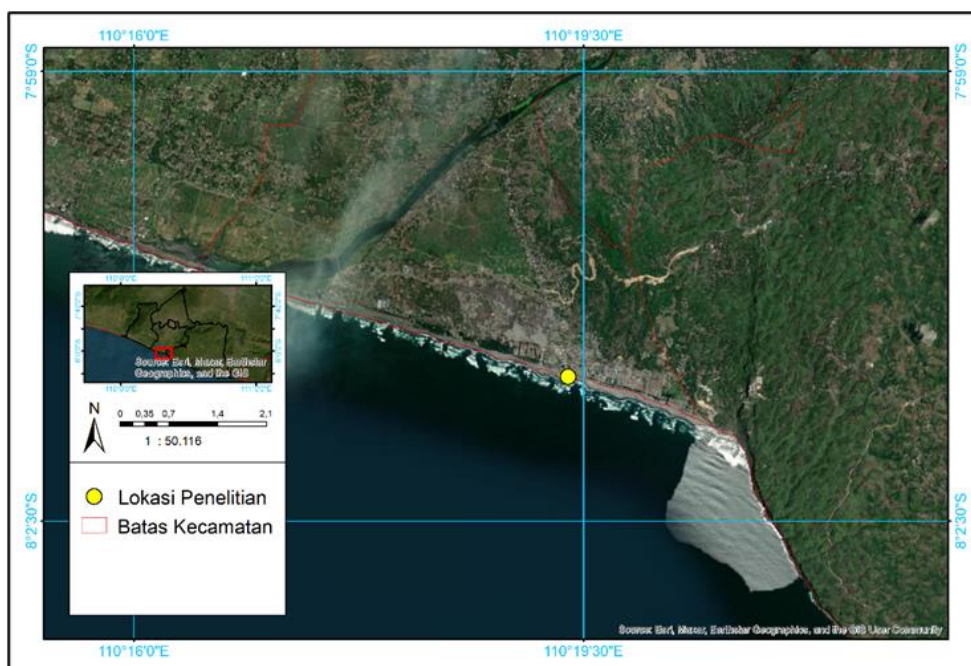
Penelitian ini dilakukan di Pantai Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang secara geografis terletak pada koordinat $8^{\circ}1'28.59''$ LS dan $110^{\circ}19'47.30''$ BT. Lokasi penelitian ditampilkan pada peta lokasi (Gambar 1). Pantai Parangtritis merupakan wilayah pesisir yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia dan dikenal memiliki dinamika garis pantai yang tinggi akibat pengaruh gelombang, arus, dan pasang surut (Putro & Prasetyowati, 2020).

Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menerapkan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk menganalisis perubahan garis pantai secara spasial dan temporal. Pendekatan ini memungkinkan analisis perubahan garis pantai dalam rentang waktu yang panjang dan cakupan wilayah yang luas secara efisien, tanpa memerlukan pengamatan langsung ke lapangan (Maulana & Mataburu, 2024). Analisis dilakukan menggunakan citra satelit Landsat 5, Landsat 8, dan Landsat 9 yang mencakup periode pengamatan selama 20 tahun, yaitu dari tahun 2005-2024.

Untuk mendukung analisis perubahan garis pantai, digunakan beberapa data oseanografi dan atmosfer sebagai parameter pendukung, meliputi data pasang surut yang diperoleh dari Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) BIG, data gelombang laut dari Copernicus Marine Service, data suhu permukaan laut (Sea Surface Temperature) dari NASA Ocean Color, serta data angin dari Power.larc.nasa. Data-data tersebut digunakan untuk mengkaji keterkaitan antara dinamika hidro-oseanografi dan perubahan posisi garis pantai yang terdeteksi.

Dalam proses analisis, pemilihan citra Landsat dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi pasang surut pada saat perekaman citra untuk meminimalkan pengaruh fluktuasi muka air laut terhadap posisi garis pantai. Informasi pasang surut digunakan sebagai data pendukung dalam interpretasi hasil analisis, sehingga perubahan garis pantai yang teridentifikasi diharapkan merepresentasikan perubahan geomorfologi pantai secara relatif, bukan semata-mata perbedaan kondisi pasang surut sesaat (Kar *et al.*, 2021). Selain itu, penggunaan data multitemporal jangka panjang diasumsikan mampu mereduksi pengaruh variasi pasang surut harian terhadap tren perubahan garis pantai yang dianalisis.

Seluruh data spasial dan non-spasial kemudian diolah menggunakan perangkat lunak R Studio untuk melakukan analisis statistik dan spasial, termasuk perhitungan parameter perubahan garis pantai berbasis DSAS serta evaluasi hubungan antara perubahan garis pantai dengan variabel hidro-oseanografi. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter lingkungan yang memiliki pengaruh paling dominan terhadap dinamika perubahan garis pantai di Pantai Parangtritis.



Gambar 1. Peta titik Lokasi penelitian

Analisis Data

Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis perubahan posisi garis pantai secara kuantitatif. Secara umum, tahapan analisis DSAS meliputi penentuan baseline, penyiapan data shoreline, pembuatan transek, serta perhitungan parameter perubahan garis pantai. Baseline merupakan garis acuan yang digunakan dalam proses pendataan perubahan garis pantai. Pada penelitian ini, baseline diletakkan di wilayah laut (*offshore*) dengan tujuan mempermudah pembuatan transek yang tegak lurus terhadap garis pantai (Daud *et al.*, 2021).

Tahap awal analisis DSAS diawali dengan penyusunan garis pantai multitemporal yang diekstraksi dari citra Landsat 5, 8, dan 9 pada periode 2005-2024. Seluruh garis pantai diseragamkan dalam sistem koordinat yang sama untuk menghindari kesalahan spasial. Sebelum dianalisis lebih lanjut, posisi garis pantai dikontrol terhadap pengaruh pasang surut dengan menyesuaikan waktu akuisisi citra terhadap data pasang surut, sehingga pergeseran garis pantai yang dianalisis mencerminkan perubahan morfologi pantai, bukan fluktuasi muka air laut sesaat. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi Yulius (2020) yang menekankan pentingnya pengendalian pasang surut dalam analisis perubahan garis pantai berbasis citra optik. Jarak antara baseline dan garis pantai terlama diatur sejauh 1500 m, dengan jarak antar transek sebesar 100 m. Selain itu, parameter smooth distance ditetapkan sebesar 500 m untuk menghasilkan transek yang lebih stabil dan representatif terhadap bentuk garis pantai. Transek yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan perubahan posisi garis pantai pada setiap segmen.

Parameter utama yang digunakan dalam analisis ini adalah *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR), dan *Shoreline Change Envelope* (SCE). NSM digunakan untuk mengetahui besarnya pergeseran garis pantai antara tahun pengamatan terlama dan terbaru pada setiap transek. Nilai NSM yang diperoleh kemudian dirata-ratakan untuk menggambarkan kecenderungan perubahan garis pantai secara umum selama periode pengamatan. Selanjutnya, EPR digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai per tahun, sehingga dapat diketahui kecenderungan terjadinya akresi maupun abrasi, di mana nilai positif (+) menunjukkan akresi dan nilai negatif (-) menunjukkan abrasi. Perhitungan EPR dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut (Gaol *et al.*, 2025a).

$$EPR = \frac{D1 - D2}{t1 - t2}$$

Keterangan $D1 - D2$ adalah jarak antara garis pantai tertua dan termuda; $t1 - t2$ = tanggal pengambilan garis pantai tertua dan termuda.

Wind Rose

Analisis wind rose dilakukan untuk menggambarkan distribusi arah dan frekuensi angin sebagai salah satu faktor pengontrol dinamika pesisir. Data angin yang digunakan bersumber dari Power Data Access Viewer (POWER) NASA Langley Research Center (LaRC) dengan resolusi temporal jam-an, mencakup periode 2005- 2024. Data angin dikelompokkan secara musiman, yaitu Musim Barat (November-Maret) dan Musim Timur (Juni-September), sedangkan bulan April-Mei dan Oktober dikategorikan sebagai musim peralihan. Pengelompokan ini dilakukan untuk menangkap variasi pola angin musiman yang berpotensi memengaruhi kondisi gelombang dan arus pesisir. Diagram wind rose disusun dalam sistem koordinat polar dengan pembagian arah angin ke dalam 16 sektor (interval 22,5°). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi arah angin dominan pada masing-masing musim. Seluruh proses pengolahan dan visualisasi data angin dilakukan menggunakan perangkat lunak *Wind Rose*. Informasi arah angin dominan yang diperoleh dari analisis *wind rose* digunakan sebagai acuan dalam pengelompokan waktu analisis serta sebagai dasar interpretasi arah energi gelombang dominan pada tahap analisis gelombang, yang selanjutnya dikaitkan dengan pola abrasi dan akresi hasil perhitungan perubahan garis pantai menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

Gelombang

Analisis gelombang dilakukan untuk mengkaji peran dinamika gelombang laut sebagai salah satu faktor pengontrol perubahan garis pantai (Barik *et al.*, 2021). Data gelombang yang digunakan berupa tinggi gelombang signifikan (H_s) yang diperoleh dari reanalisis ERA5 (ECMWF) melalui Copernicus Climate Data

Store. Data memiliki resolusi temporal harian dengan periode 2005-2024, dan disesuaikan dengan rentang waktu analisis perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

Pengolahan data gelombang dilakukan menggunakan Microsoft Excel. Tahapan pengolahan meliputi penyusunan data dalam format tabular, pembersihan data (data cleaning), serta penyesuaian waktu agar sinkron dengan data garis pantai hasil analisis DSAS. Analisis dilakukan melalui visualisasi deret waktu (time series) untuk mengidentifikasi pola musiman dan kecenderungan umum tinggi gelombang selama periode penelitian. Informasi tren dan variasi musiman gelombang yang diperoleh digunakan untuk membandingkan periode kejadian abrasi dan akresi hasil analisis DSAS. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kecenderungan keterkaitan antara peningkatan energi gelombang dan intensitas abrasi pada segmen pantai tertentu, yang selanjutnya diperdalam dalam pembahasan sebagai dasar penjelasan faktor-faktor yang memengaruhi tingginya abrasi di Pantai Parangtritis (Windupranata *et al.*, 2024).

Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi periodik muka air laut yang dihasilkan oleh gaya tarik gravitasi bulan dan matahari, yang menyebabkan perubahan posisi garis pantai secara temporal pada skala harian hingga musiman (Windupranata, Aulia, *et al.*, 2024). Variasi tinggi muka air laut ini menentukan sejauh mana energi gelombang mencapai zona swash dan berpengaruh terhadap intensitas proses abrasi maupun akresi pantai. Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Data tersedia dalam bentuk deret waktu tinggi muka air laut dengan resolusi temporal jam dan mencakup periode analisis penelitian.

Analisis pasang surut dilakukan menggunakan pendekatan deret waktu (time series analysis) dengan Microsoft Excel. Tahapan analisis meliputi pembersihan data, penyesuaian waktu, serta perhitungan parameter statistik utama, yaitu *mean sea level* (MSL), *highest high water* (HHW), dan *lowest low water* (LLW). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan kisaran fluktuasi muka air laut serta untuk mengidentifikasi fase pasang dan surut dominan dalam periode pengamatan. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi hubungan antara variasi muka air laut dan perubahan garis pantai, khususnya untuk menilai apakah fase pasang tertentu berasosiasi dengan peningkatan laju abrasi pada segmen pantai tertentu. Metode analisis deret waktu pasang surut ini umum digunakan dalam studi pesisir karena bersifat kuantitatif dan dapat direplikasi (Sasongko, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Perubahan Garis Pantai Parangtritis

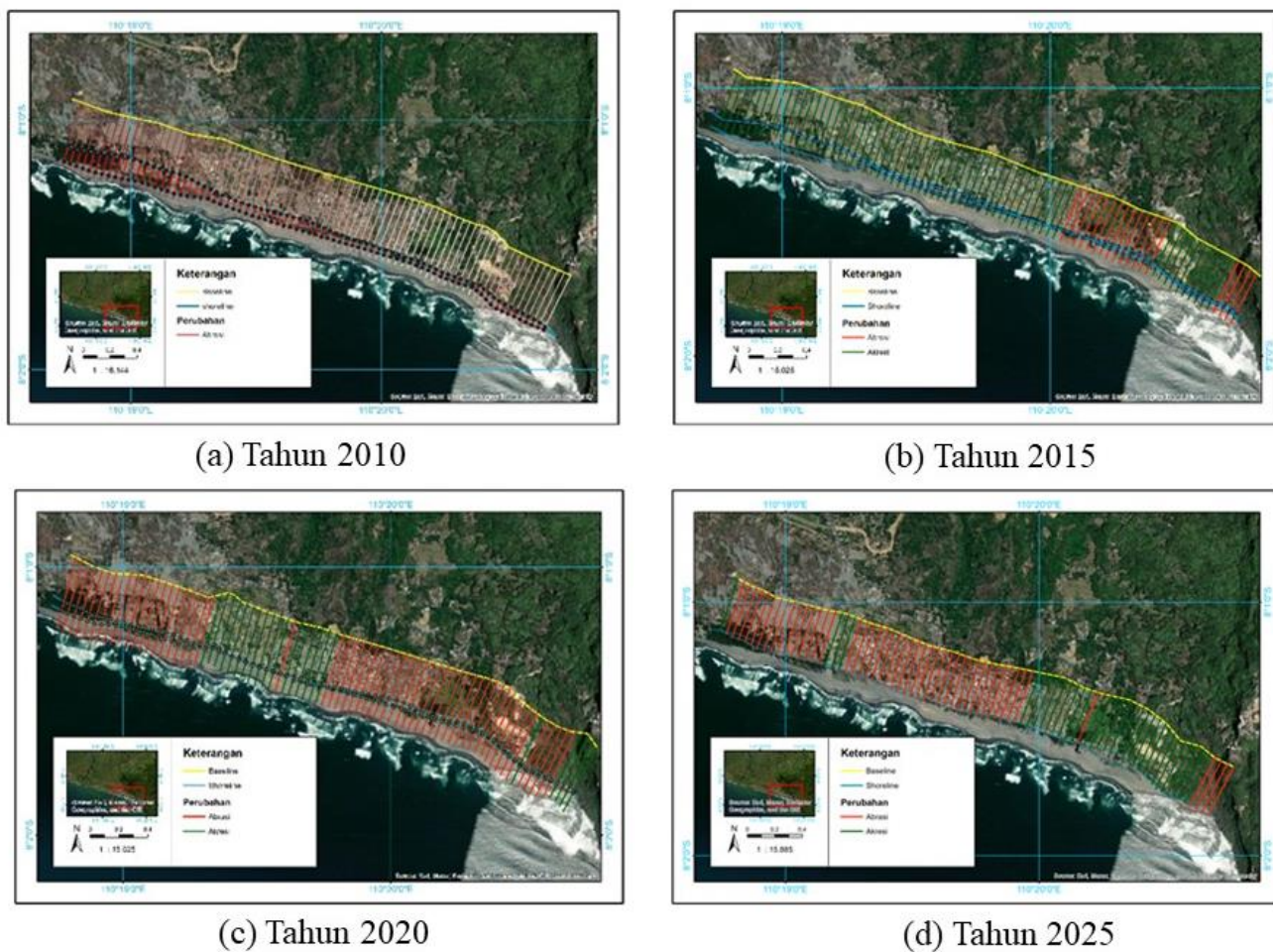
Berdasarkan hasil analisis DSAS terhadap 79 transek selama periode 2004-2025, diperoleh bahwa 47 transek (59%) mengalami abrasi dan 32 transek (41%) mengalami akresi. Nilai EPR minimum mencapai -9,01 m/tahun yang menunjukkan adanya abrasi sangat tinggi pada segmen tertentu, sedangkan nilai maksimum mencapai 4,74 m/tahun yang menunjukkan akresi lokal. Rata-rata EPR sebesar -2,45 m/tahun mengindikasikan bahwa secara umum Pantai Parangtritis mengalami abrasi kategori sedang. Namun demikian, dinamika tersebut tidak terjadi secara seragam setiap tahun.

Perubahan garis pantai di Pantai Parangtritis selama periode 2004-2024 menunjukkan pola regresi garis pantai yang bersifat kronis dan konsisten. Hasil pengolahan menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) memperlihatkan bahwa nilai *Net Shoreline Movement* (NSM) pada sebagian besar transek bernilai negatif, mengindikasikan pergeseran garis pantai ke arah daratan. Tren ini diperkuat oleh nilai *End Point Rate* (EPR) yang juga menunjukkan laju kemunduran yang stabil selama rentang dua dekade. Sementara itu, *Shoreline Change Envelope* (SCE) menggambarkan variasi perubahan yang cukup besar antartransek, menandakan adanya bagian pantai yang lebih rentan terhadap abrasi. Hasil ini menunjukkan bahwa Pantai Parangtritis mengalami defisit sedimen jangka panjang, sehingga tidak mampu menyeimbangi tingkat erosi yang terjadi setiap tahunnya. Statistik deskriptif perubahan garis pantai berdasarkan analisis DSAS selama periode 2004–2024 disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil analisis DSAS, perubahan garis pantai Pantai Parangtritis dianalisis menggunakan 79 transek yang mewakili kondisi spasial sepanjang garis pantai. Dari jumlah tersebut, sebanyak 47 transek atau sekitar 59% menunjukkan kecenderungan abrasi, sedangkan 32 transek atau sekitar 41% menunjukkan kecenderungan akresi.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Analisis DSAS (2004-2024)

Parameter	Nilai	Interpretasi
Jumlah Transek	79	Unit analisis DSAS
Abrasi	47 transek (59%)	Dominan
Akresi	32 transek (41%)	Terjadi secara lokal
EPR Minimum	-9,01 m/tahun	Abrasi sangat tinggi
EPR Maksimum	4,74 m/tahun	Akresi lokal
EPR Rata-rata	-2,45 m/tahun	Abrasi sedang
NSM Minimum	-36,03 m	Mundur signifikan
NSM Maksimum	18,98 m	Penambahan lokal
NSM Rata-rata	-9,82 m	Defisit sedimen jangka panjang



Gambar 2. Peta Perubahan Garis Pantai Parangtritis Tahun 2004-2024

Transek yang mengalami abrasi lebih besar dibandingkan akresi menunjukkan bahwa secara umum perubahan garis pantai selama periode pengamatan didominasi oleh proses kemunduran. Kondisi ini mengindikasikan bahwa dinamika perubahan garis pantai tidak berlangsung seimbang, di mana proses penambahan daratan hanya terjadi pada sebagian kecil lokasi dan tidak merata sepanjang pantai.

Nilai End Point Rate (EPR) menunjukkan variasi laju perubahan garis pantai yang cukup besar antar transek. Nilai EPR minimum sebesar -9,01 m/tahun menunjukkan adanya kemunduran garis pantai yang sangat cepat pada transek tertentu, yang mencerminkan lokasi-lokasi dengan tingkat abrasi tertinggi. Sebaliknya, nilai EPR maksimum sebesar 4,74 m/tahun menunjukkan bahwa pada beberapa transek terjadi proses akresi, meskipun dengan laju yang lebih kecil dibandingkan nilai kemunduran ekstrem. Nilai EPR rata-rata sebesar -2,45 m/tahun menunjukkan bahwa secara keseluruhan Pantai Parangtritis mengalami abrasi dengan kategori sedang. Perbedaan yang cukup kontras antara nilai ekstrem dan nilai rata-rata menunjukkan bahwa laju perubahan garis pantai bersifat tidak homogen dan dipengaruhi oleh variasi spasial antar transek.

Hasil analisis Net Shoreline Movement (NSM) juga menunjukkan pola yang konsisten dengan hasil EPR. Nilai NSM minimum sebesar -36,03 m menunjukkan adanya kemunduran garis pantai yang signifikan pada transek tertentu selama periode pengamatan. Nilai ini menggambarkan besarnya pergeseran garis pantai ke arah darat yang terjadi secara kumulatif. Di sisi lain, nilai NSM maksimum sebesar 18,98 m menunjukkan bahwa penambahan daratan hanya terjadi pada lokasi tertentu dan bersifat lokal. Nilai NSM rata-rata sebesar -9,82 m menunjukkan bahwa secara keseluruhan Pantai Parangtritis mengalami kemunduran bersih dalam jangka panjang. Nilai rata-rata yang bernilai negatif ini mempertegas bahwa kehilangan daratan pantai lebih dominan dibandingkan penambahan daratan selama periode analisis.

Hubungan Kondisi Oseanografis Wilayah Kajian Terhadap Abrasi dan Akresi Pantai

Berdasarkan hasil analisis wind rose periode 2004-2024, pola angin di Pantai Parangtritis menunjukkan karakter musiman yang jelas dan berkaitan dengan sistem monsun Asia-Australia. Distribusi arah angin memperlihatkan dua sektor dominan, yaitu Barat Laut (NW) dan Tenggara (SE). Pada periode Muson Barat, khususnya selama musim hujan (Desember-Februari), angin cenderung bertiup dari arah Barat Laut. Sebaliknya, pada periode Muson Timur yang berlangsung pada musim kemarau (Juni-Agustus), arah angin didominasi oleh sektor Tenggara. Pola pembalikan arah angin ini merupakan ciri umum wilayah pesisir selatan Jawa, di mana dinamika angin tahunan mengikuti siklus monsun secara periodik. Hasil analisis wind rose untuk menggambarkan distribusi arah dan frekuensi angin di Pantai Parangtritis selama periode 2004-2024 disajikan pada Gambar 3.

Keberadaan dua arah angin dominan tersebut memiliki implikasi terhadap dinamika perubahan garis pantai, meskipun angin tidak bekerja secara langsung dalam mengikis material pantai. Peran angin lebih terlihat melalui proses pembangkitan gelombang di perairan lepas. Angin Muson Timur yang bertiup dari sektor Tenggara berkontribusi terhadap pembentukan gelombang berperiode panjang (*swell*) dari Samudra Hindia, yang membawa energi relatif besar menuju pesisir selatan Jawa. Sementara itu, angin Muson Barat dari sektor Barat Laut turut memengaruhi arah datang gelombang dan pola arus sejajar pantai (*longshore current*), sehingga berperan dalam redistribusi sedimen sepanjang garis pantai.

Hasil analisis DSAS menunjukkan bahwa sebanyak 59% transek mengalami abrasi, dengan nilai EPR minimum mencapai -9,01 m/tahun. Dominasi abrasi ini mengindikasikan bahwa sistem pantai Parangtritis berada dalam kondisi defisit sedimen dalam jangka panjang. Periode-periode dengan tingkat abrasi yang tinggi, seperti tahun 2008-2011 dan 2022-2023, berasosiasi dengan kondisi gelombang tahunan yang lebih intens. Pada fase-fase tersebut, penguatan sistem angin musiman berkontribusi terhadap peningkatan tinggi gelombang, sehingga kapasitas transport sedimen menjadi lebih besar. Gelombang yang datang dengan sudut tertentu terhadap garis pantai memperkuat arus sejajar pantai, yang selanjutnya mempercepat perpindahan sedimen secara lateral maupun ke arah laut (Quang *et al.*, 2021). Apabila suplai sedimen dari daratan tidak mampu mengimbangi proses ini, maka garis pantai cenderung mengalami kemunduran.

Sebaliknya, pada periode yang relatif lebih stabil seperti tahun 2006-2007 dan 2021, kecepatan angin cenderung lebih rendah, sehingga gelombang yang terbentuk juga relatif lebih kecil. Pada kondisi tersebut, laju abrasi cenderung melambat dan beberapa transek menunjukkan adanya akresi lokal, meskipun sifatnya sementara dan tidak berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kekuatan dan arah angin musiman berperan dalam mengontrol intensitas perubahan garis pantai, meskipun bukan sebagai satu-satunya faktor penentu. Dengan demikian, pola angin musiman di pesisir selatan Jawa tidak hanya berfungsi sebagai deskripsi klimatologis, tetapi juga sebagai mekanisme awal yang memengaruhi pembangkitan gelombang dan dinamika transport sedimen.

Rata-rata tinggi gelombang tahunan di Pantai Parangtritis selama periode pengamatan berada pada kisaran 1,26 hingga 2,67 meter, yang menunjukkan bahwa kawasan ini termasuk pantai dengan kondisi

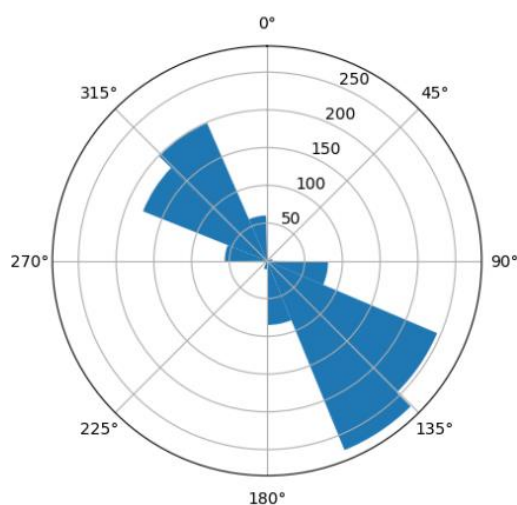
gelombang relatif tinggi. Tinggi gelombang maksimum tercatat pada tahun 2011, yaitu sebesar 2,67 meter, diikuti oleh tahun 2023 dengan 2,63 meter dan 2008 sebesar 2,58 meter. Ketiga tahun tersebut bertepatan dengan fase La Niña atau periode ketika Samudra Hindia berada dalam kondisi anomali, yang diketahui dapat memperkuat pembangkitan gelombang di wilayah perairan selatan Indonesia. Sebaliknya, tinggi gelombang terendah tercatat pada tahun 2010 dan 2022, masing-masing sebesar 1,26 meter, serta pada tahun 2012 sebesar 1,35 meter. Perbedaan yang cukup kontras antara tahun-tahun dengan gelombang tertinggi dan terendah menunjukkan adanya variabilitas gelombang yang kuat dari tahun ke tahun. Variasi rata-rata tinggi gelombang laut tahunan di Pantai Parangtritis selama periode pengamatan disajikan pada Gambar 4.

Secara temporal, tidak terlihat adanya kecenderungan peningkatan atau penurunan tinggi gelombang secara jangka panjang. Variasi yang terjadi lebih mencerminkan fluktuasi antarperiode yang mengikuti dinamika iklim global. Pada periode 2005-2009, tinggi gelombang relatif berada pada kondisi moderat. Selanjutnya, pada periode 2010-2011 terjadi perubahan yang cukup ekstrem, dari kondisi gelombang sangat rendah pada tahun 2010 menjadi sangat tinggi pada tahun 2011. Pada periode 2016-2020, tinggi gelombang cenderung lebih stabil dengan kisaran antara 1,65 hingga 2,22 meter. Namun demikian, pada periode 2021-2024, variabilitas gelombang kembali meningkat, yang ditandai oleh penurunan tajam pada tahun 2022 dan peningkatan kembali pada tahun 2023.

Pasang surut di Pantai Parangtritis bertipe campuran condong semi-diurnal, yang ditandai oleh dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari. Perbandingan data pasang surut tahun 2014 dan 2024 menunjukkan adanya peningkatan amplitudo pasut pada periode yang lebih akhir. Peningkatan amplitudo ini memiliki implikasi geomorfologis, terutama terkait dengan perluasan zona intertidal dan bertambahnya durasi interaksi antara gelombang dan permukaan pantai. Perbandingan ketinggian pasang surut Pantai Parangtritis pada tahun 2014 dan 2024 disajikan pada Gambar 5.

Amplitudo pasang surut yang lebih besar menyebabkan zona pantai terekspos oleh pengaruh gelombang dalam rentang ruang dan waktu yang lebih luas. Ketika kondisi pasang maksimum bertepatan dengan gelombang yang tinggi, jangkauan energi gelombang ke arah daratan menjadi semakin besar, sehingga potensi abrasi meningkat. Dalam konteks Pantai Parangtritis yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia, gelombang berperan sebagai penggerak utama perubahan garis pantai, sementara pasang surut berfungsi sebagai faktor penguat yang mengatur distribusi dan durasi paparan energi di zona intertidal.

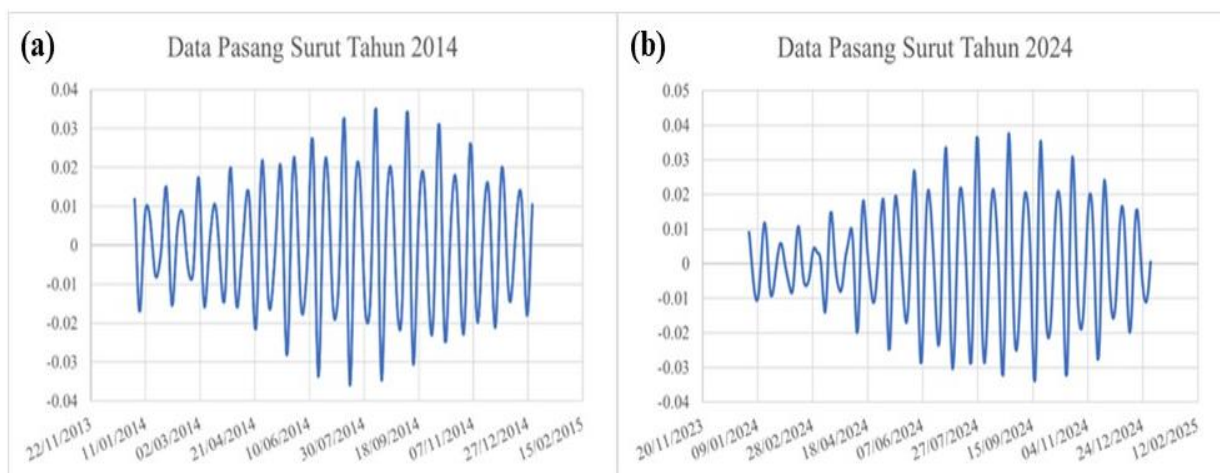
Kombinasi antara kondisi gelombang yang tinggi dan amplitudo pasang surut yang lebih besar pada periode tertentu dapat menjelaskan mengapa tahun-tahun seperti 2008-2011 dan 2022-2023 menunjukkan tingkat abrasi yang lebih intens dibandingkan periode lainnya. Dengan demikian, dinamika abrasi Pantai Parangtritis selama periode 2004-2025 tidak dapat dilepaskan dari interaksi antara gelombang dan pasang surut. Gelombang menentukan besarnya energi yang masuk ke dalam sistem pantai, sedangkan pasang surut mengontrol ruang serta durasi paparan energi tersebut terhadap zona pantai (S S & Mitra, 2025). Interaksi keduanya memperkuat kecenderungan abrasi kronis yang teridentifikasi pada sebagian besar transek berdasarkan hasil analisis DSAS.



Gambar 3. Hasil analisis *Wind Rose* Pantai Parangtritis (Dominasi Monsun Barat dan Timur)



Gambar 4. Rata-rata Kecepatan Gelombang Laut Pantai Parangtritis



Gambar 5. (a) Ketinggian pasang surut pantai parangtritis tahun 2014; (b) Ketinggian pasang surut pantai parangtritis tahun 2024

KESIMPULAN

Pantai Parangtritis selama periode pengamatan menunjukkan kecenderungan perubahan garis pantai yang didominasi oleh abrasi. Gelombang laut berperan sebagai faktor utama, sedangkan pasang surut memperkuat intensitas perubahan yang terjadi di zona pantai. Pemanfaatan citra Landsat multitemporal dan metode DSAS terbukti efektif untuk mengidentifikasi tren perubahan garis pantai secara jangka panjang. Hasil penelitian ini dapat mendukung upaya pemantauan dan pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanu, R. S., Syah, M. J., & Oktabrian, K. D. 2025. Analisis Perubahan Garis Pantai Pesisir Domas, Serang, Banten Dari Tahun 1988 Hingga 2023 Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat. *Journal of Marine Research*, 14(1): 157-165.
- Barik, G., Guru, B., & Sangma, F. 2021. Shoreline Changes Analysis And Forecast Using Digital Shoreline Assessment System 5.0: Evidences From Parts Of East Coast Of India. *Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing*, 49(11): 2815-2830. <https://doi.org/10.1007/S12524-021-01424-4>
- Daud, S., Milow, P., & Zakaria, R. M. 2021. Analysis Of Shoreline Change Trends And Adaptation Of Selangor Coastline, Using Landsat Satellite Data. *Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing*, 49(8): 1869-1878. <https://doi.org/10.1007/S12524-020-01218-0>
- Diana, V. F., Prasetyawan, I. B., & Wijaya, Y. J. 2025. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Di Pesisir Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Indonesian Journal Of Oceanography*, 7(2): 128-139. <https://doi.org/10.14710/Ijoce.V7i2.26219>
- Dinnabhan, F., Pamungkas, A., Akhrianti, I., Studi, P., Kelautan, I., Pertanian, F., Kelautan, P., & Belitung, U. B. 2025. Deteksi Dan Prediksi Perubahan Garis Pantai Kawasan Pesisir Kelurahan Arung Dalam Menggunakan Citra Satelit Multitemporal. *Jurnal Kelautan Tropis*, 28(2): 321-330.
- Gaol, H. L., Helmi, M., & Satriadi, A. 2025a. Analisis Perubahan Garis Pantai Wilayah Pesisir Menggunakan Metode DSAS (Digital Shoreline Analysis System) Di Pantai Tirang, Tugurejo Kota Semarang. *Indonesian Journal Of Oceanography*, 7(1): 21-31. <https://doi.org/10.14710/Ijoce.v7i1.25459>
- Imran, H. Al, Pengairan, P. T., & Makassar, U. M. 2024. Studi Komputasi Perubahan Garis Pantai Di Pantai Kuri Kabupaten Maros. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3): 1475-1480.
- Kar, P. K., Mohanty, P. K., Pradhan, S., Behera, B., Padhi, S. K., & Mishra, P. 2021. Shoreline Change Along Odisha Coast Using Statistical And Geo-Spatial Techniques. *Journal Of Earth System Science*, 130(4): 209. <https://doi.org/10.1007/S12040-021-01703-1>
- Maulana, A. P., & Mataburu, I. 2024. Shoreline Change Using Digital Shoreline Analysis System In The Coastal District Of Banggae. *Jurnal Sains Geografi*, 2(2). <https://doi.org/10.21009/Jsg.V2i2.42278>
- Pattipawaej, O., & Oktaviani, K. 2021. Analysis Of Shoreline Changes In Yogyakarta Coastal Areas Using Remote Sensing Method. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 1134: 012012.
- Putro, S. T., & Prasetyowati, S. H. 2020. Sedimentasi Di Gumuk Pasir Parangtritis Berdasarkan Tutupan Lahannya. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 18(1): 1-11.
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., & Tinh, N. X. 2021. Long-Term Shoreline Evolution Using DSAS Technique: A Case Study Of Quang Nam Province, Vietnam. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 9(10).
- S, S., & Mitra, D. 2025. Quantitative Analysis Of Shoreline Change And Future Shoreline Prediction Of Kozhikode District, Kerala, India Using Multi-Temporal Satellite Data. *Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing*, 53(4): 1279-1292. <https://doi.org/10.1007/S12524-025-02155-6>
- Sasongko, D. P. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut Dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *6(1): 1-12*.
- 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. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jfmr.2021.05.02.22>
- Setyoningrum, D. 2023. Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Tahun 2017-2021 (Studi Kasus: Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul). *JFMR-Journal Of Fisheries And Marine Research*, 7(2). <https://doi.org/10.21776/Ub.Jfmr.2023.007.02.10>
- Syahrani, L., & Triyatno, T. 2019. Analisis Perubahan Garis Pantai Kabupaten Padang Pariaman Dan Kota Pariaman Tahun 1988-2018 Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Buana*, 3(5): 1056. <https://doi.org/10.24036/Student.V3i5.597>
- Windupranata, W., Nusantara, C. A. D. S., & Nuraghnia, A. 2024. Variasi Spasial Karakteristik Pasang Surut Di Laut Jawa Berbasis Model Pasut Global TPXO9v5. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2): 239-249. <https://doi.org/10.14710/Buloma.V13i2.59689>

Yulius, Y. 2020. Abrasi Dan Akresi Berdasarkan Longshore Sediment Transport Dan Perubahan Garis Pantai: Studi Kasus Pantai Pulau Cemara Besar, Karimunjawa. *Jurnal Segara*, 16(3): 197-208. <https://doi.org/10.15578/Segara.V16i3.9309>