
**PEMETAAN PERUBAHAN GARIS PANTAI DI PANTAI TANJUNG SIAMBANG,
PULAU DOMPAK DENGAN METODE *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)
MAPPING OF SHORELINE CHANGES AT TANJUNG SIAMBANG BEACH, DOMPAK ISLAND
USING THE DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM METHOD (DSAS)**

Sri Maharani, Mario Putra Suhana, Esty Kurniawati

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji
Jalan Politeknik Senggarang, 29100 Tanjungpinang

*Corresponding author email: 180254241006@student.umrah.ac.id

Submitted: 10 January 2023 / Revised: 30 August 2023 / Accepted: 31 August 2023

<http://doi.org/10.21107/jk.v16i2.18298>

ABSTRAK

Pantai Tanjung Siambang merupakan tempat wisata yang rentan akan pengaruh alam karena memiliki topografi yang landai, substrat berpasir dan berlumpur serta banyaknya kegiatan manusia. Hal ini mempengaruhi posisi garis pantai di Pantai Tanjung Siambang dari tahun ke tahun sehingga perlu dilakukan penelitian pemantauan perubahan garis pantai yang terjadi di pantai tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak dan laju perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Tanjung Siambang menggunakan citra satelit Sentinel-2A. Metode yang digunakan untuk menghitung perubahan garis pantai yaitu metode Net Shoreline Movement (NSM) dan End Point Rate (EPR) yang terdapat dalam Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama 5 tahun terakhir, Pantai Tanjung Siambang mengalami abrasi dengan rata-rata perubahan sebesar -10.18 meter dengan laju -2.12 meter/tahun. Akresi juga terjadi dekat muara sungai dengan rata-rata akresi sebesar 1.43 meter dan laju 0.3 meter/tahun. Secara keseluruhan, pada periode 2016-2021 Pantai Tanjung Siambang dominan mengalami pengurangan daratan (abrasi). Pemanfaatan data penginderaan jauh dan berbagai software pengolahan data penginderaan jauh sangat bermanfaat untuk penyediaan informasi mengenai perubahan garis pantai yang akan berguna dalam pengambilan kebijakan terkait pembangunan di wilayah pesisir dan juga pencegahan atau mitigasi terhadap kemungkinan bencana yang akan terjadi di wilayah pantai tersebut.

Kata Kunci: *Abrasi, Akresi, Citra Satelit Sentinel-2A, Digital Shoreline Analysis System, Pantai Tanjung Siambang*

ABSTRACT

Tanjung Siambang Beach is a tourist spot that is vulnerable to natural influences because it has a sloping topography, sandy and muddy substrate and lots of human activities. This affects the position of the coastline at Tanjung Siambang Beach from year to year, so it is necessary to conduct research to monitor shoreline changes that occur on the beach. This study aims to determine the distance and rate of change of coastline that occurs at Tanjung Siambang Beach using Sentinel-2A satellite imagery. The methods used to calculate shoreline changes are the Net Shoreline Movement (NSM) and End Point Rate (EPR) methods contained in the Digital Shoreline Analysis System (DSAS). The results showed that during the last 5 years, Tanjung Siambang Beach experienced abrasion with an average change of -10.18 meters at a rate of -2.12 meters/year. Accretion also occurs near river mouths with an average accretion rate of 1.43 meters and a rate of 0.3 meters/year. Overall, in the 2016-2021 period Tanjung Siambang Beach has predominantly experienced land reduction (abrasion). Utilization of remote sensing data and various remote sensing data processing software is very useful for providing information about changes in the coastline that will be useful in making policies related to development in coastal areas as well as prevention or mitigation of possible disasters that will occur in these coastal areas.

Keywords: *Abrasion, Accretion, Sentinel-2A Satellite Imagery, Digital Shoreline Analysis System, Tanjung Siambang Beach*

PENDAHULUAN

Daerah pesisir terutama kawasan pantai seringkali dimanfaatkan sebagai tempat pariwisata, pembangunan, daerah pemukiman dan reklamasi serta sarana umum lainnya (Opa, 2011). Salah satu daerah pesisir yang pernah mengalami pembangunan yaitu Pulau Dompok karena menjadi pusat pemerintahan Provinsi Kepulauan Riau pada tahun 2005 (Hidayah *et al.*, 2018). Di pulau Dompok terdapat tempat pariwisata yang sering dikunjungi yaitu pantai Tanjung Siambang.

Pantai Tanjung Siambang dipilih sebagai lokasi penelitian karena pantai ini merupakan tempat pariwisata yang memiliki banyak pengunjung karena sering dijadikan objek fotografi dan jalan menuju pantai tersebut mudah diakses. Di wilayah sekitar pantai terlihat adanya wilayah vegetasi yang mengalami penggundulan, tepatnya di sekitar wilayah Aura Sunset Dompok. Penggundulan dapat menjadi salah satu faktor penyebab abrasi di sekitar pantai, dikarenakan mangrove memiliki peran penting yang salah satunya yaitu mencegah abrasi. Ini dikarenakan struktur akar mangrove yang dapat mengendapkan sedimen secara tidak langsung juga melindungi pantai dari pasang surut dan ombak, sehingga mangrove berperan dalam mencegah abrasi pantai yang dapat mengikis daratan pantai (Whidayanti *et al.*, 2021). Selain itu, akar mangrove dapat menahan sedimen (lumpur) dan memperlambat aliran air dari sungai, sehingga terjadi sedimentasi yang pada akhirnya akan memperluas garis pantai atau akresi (Whidayanti *et al.*, 2021). Hal ini dapat mempengaruhi kondisi geografis pantai Tanjung Siambang seperti perubahan garis pantai.

Garis pantai merupakan batas antara darat dan permukaan air laut yang bersifat dinamis. Perubahan garis pantai ini terjadi secara lambat hingga cepat oleh faktor alami dan antropogenik (Parenta, 2021) serta faktor hidrologi, geologi, iklim dan vegetasi (Aryastana *et al.*, 2016). Faktor alami yang memengaruhi perubahan garis pantai yaitu gelombang, arus dan pasang surut, ini dikarenakan parameter tersebut dapat berdampak pada abrasi dan akresi (Parenta, 2021). Selain itu, aktivitas manusia juga dapat memengaruhi perubahan garis pantai, contohnya yaitu pembangunan di wilayah pesisir pantai, reklamasi, dan pertambangan (Hidayah *et al.*, 2018). Salah satu dampak negatif dari pembangunan di wilayah pesisir yang menyebabkan perubahan garis pantai

yaitu erosi dan akresi. Hal ini terjadi akibat faktor alam dan aktivitas manusia, di antaranya yaitu pembukaan lahan dan eksploitasi bahan galian di daratan pesisir yang dapat memengaruhi garis pantai (Safitri *et al.*, 2019).

Pemantauan perubahan garis pantai diperlukan dalam upaya perlindungan wilayah pantai dan pembangunan wilayah pesisir (Setiani *et al.*, 2017). Informasi perubahan garis pantai tersebut dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan kawasan pesisir seperti pengembangan wilayah, pembentukan zona bahaya dan transportasi laut (Putra *et al.*, 2015). Pemantauan perubahan garis pantai dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (Setiani *et al.*, 2017). Contohnya seperti pembuatan peta perubahan garis pantai untuk mengetahui informasi manajemen pembangunan wilayah pesisir, agar pembangunan yang dilakukan selanjutnya tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan (Hidayah *et al.*, 2018).

Pemetaan perubahan garis pantai dapat dilakukan menggunakan citra satelit dengan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk mendeteksi dan menghitung jarak dan laju perubahan garis pantai secara otomatis (Sugiyono *et al.*, 2015). Penggunaan data citra satelit dalam memetakan perubahan garis pantai memiliki beberapa kelebihan, di antaranya dapat mencakup wilayah yang luas, waktu singkat dan biaya yang murah dibandingkan pengukuran secara langsung di lapangan (Aryastana *et al.*, 2016).

Garis pantai di Pulau Dompok dari tahun 2005 hingga 2015 mengalami abrasi dan akresi yang disebabkan oleh intensitas gelombang yang tinggi, kuatnya arus, dan adanya alih fungsi lahan serta penimbunan pantai. Nilai rata-rata perubahan garis pantai per tahun di Pulau Dompok yaitu abrasi dengan nilai 0,30 m (Hidayah *et al.*, 2018). Penelitian terbaru terkait perubahan garis pantai perlu dilakukan di Pulau Dompok, khususnya di pantai Tanjung Siambang yang merupakan salah satu tempat wisata. Dengan demikian, dapat dijadikan sebagai informasi dan bahan pertimbangan dalam kegiatan pengelolaan di pantai Tanjung Siambang di masa mendatang. Selain itu, penelitian terkait perubahan garis pantai di Pulau Dompok khususnya di pantai Tanjung Siambang belum ada yang menggunakan citra satelit Sentinel.

Citra satelit Sentinel sudah digunakan dalam beberapa penelitian perubahan garis pantai di tempat lainnya, yaitu di pesisir Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman

(Driptufany, 2020), di Teluk Palu (Kurniadin, 2021) dan di pesisir Kota Semarang (Zaidan et al., 2022). Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian tersebut, analisis perubahan garis pantai dengan citra satelit Sentinel termasuk cukup bagus karena citra satelit ini memiliki resolusi yang cukup tinggi yaitu 10 meter. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk memetakan pola perubahan garis pantai di pantai Tanjung Siambang menggunakan citra satelit Sentinel dan dengan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memetakan jarak dan laju perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai

Tanjung Siambang, Pulau Dompak dalam kurun waktu 5 tahun. Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai informasi mengenai perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Tanjung Siambang serta dapat dijadikan acuan pada kegiatan pengelolaan di daerah pesisir Pulau Dompak.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2022 di Pantai Tanjung Siambang, Pulau Dompak. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dengan pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan serta teknologi penginderaan jauh. Penentuan titik pengamatan di lapangan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan dan melihat keterwakilan kondisi lingkungan di lapangan (Safitri, 2019). Data primer didapat dari lapangan berupa data kemiringan pantai dan geomorfologi pantai. Sedangkan data sekunder yaitu data penginderaan jauh berupa data garis pantai yang diperoleh dari citra satelit Sentinel-2A yang diunduh dari <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan data pasang surut yang diprediksi menggunakan MIKE 21.

Pengamatan geomorfologi pantai dilakukan dengan mencatat dan mendokumentasikan kondisi geomorfologi pantai di sekitar lokasi pengamatan. Data geomorfologi pantai yang akan diamati yaitu bentuk bentang alam, profil pantai dan substrat penyusun pantai (Suhana et al., 2016).

Pengukuran kemiringan pantai mengacu pada Kalay et al., (2018), yaitu dari titik pasang tertinggi (garis pantai) (sumbu x) hingga batas surut terendah (sumbu y). Selanjutnya menghitung jarak antara sumbu x dengan sumbu y dan kedalaman perairan pada sumbu y.

Prediksi ketinggian pasang surut digunakan untuk mengoreksi posisi garis pantai hasil ekstraksi dari citra satelit. Data pasang surut

tersebut diprediksi menggunakan modul *tide prediction of heights* dari *software* MIKE 21 (DHI, 2004). Waktu yang digunakan dalam memprediksi pasang surut disesuaikan dengan periode waktu akuisisi citra satelit yang digunakan.

Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2A tahun 2016 dan tahun 2021. Pengunduhan citra satelit diawali dengan penentuan area penelitian atau ROI (region of interest) yang disesuaikan dalam path dan row area perekaman yang dilalui satelit Sentinel di sekitar lokasi penelitian. Berdasarkan data dari USGS/United State of Geological Surveys, lokasi penelitian berada pada path 125 dan row 059. Selanjutnya adalah menentukan rentang waktu perekaman satelit (d disesuaikan dengan waktu pengamatan), kualitas citra satelit dan jenis sensor yang digunakan. Tahap akhir yaitu menentukan kualitas citra satelit yang paling baik untuk digunakan, yaitu citra satelit yang menampilkan lokasi pengamatan dengan jelas dan tidak tertutup awan.

Analisis Data

Kemiringan Pantai/Slope

Mengacu pada Van Zuidam (1979) dan Kalay *et al.* (2018), kemiringan pantai atau lereng dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu lereng datar (0-3%), lereng landai (3-8%), lereng miring (8-14%), lereng sangat miring (14-21%), lereng curam (21-56%), lereng sangat curam (56-140%) dan lereng terjal (>140%). Kemiringan pantai dihitung dengan persamaan berikut (Kalay *et al.*, 2018; Suhana *et al.*, 2020):

$$\tan\{\beta = \frac{d}{m}\} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana: β = slope ($^{\circ}$); d = kedalaman di titik m (m); dan m = jarak ukur kemiringan pantai dari sumbu x ke sumbu y (m).

Pengolahan Citra Satelit

Pengolahan citra satelit dimulai dengan pengunduhan citra satelit, pemilihan resolusi spasial, pemotongan citra dan koreksi atmosferik. Pada penelitian ini menggunakan resolusi spasial 10 meter, dengan menggunakan *band 2 (Blue)*, *band 3 (Green)*, *band 4 (Red)* dan *band 8 (NIR)*. Kemudian dilakukan pemotongan citra agar analisis data berfokus pada lokasi penelitian yang diamati. Selain itu, pemotongan citra dapat mengurangi kapasitas data citra sehingga mengefisienkan waktu dalam pengolahan data citra satelit (Lubis *et al.*, 2017). Selanjutnya dilakukan

proses koreksi atmosferik pada citra, yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh atmosfer (partikel debu dan uap air) serta mengubah nilai digital dari nilai radiasi pada piksel citra menjadi nilai pantulan (Anggoro *et al.*, 2017). Koreksi ini dilakukan menggunakan modul *Semi-Automatic Classification* pada perangkat lunak QuantumGIS (Putri *et al.*, 2021). Koreksi atmosferik dilakukan dengan menghilangkan efek atmosfer pada nilai piksel dan mengestimasi reflektansi permukaan bumi yang sebenarnya. Citra baru yang dihasilkan akan mencerminkan nilai reflektansi permukaan bumi yang telah dikoreksi dari efek atmosfer.

Ekstraksi Garis Pantai

Tahapan ekstraksi garis pantai terdiri dari *Raster Color Slice*, *Build Mask*, konversi *Raster to Vector* dan koreksi posisi garis pantai. Tahapan ini bertujuan untuk memisahkan daratan dan lautan serta menghasilkan citra biner (citra yang memiliki nilai piksel 0-1). Band yang digunakan yaitu *True Color (Blue, Green, Red)* dan NIR) yang kemudian dilakukan pembagian kelas rentang nilai pada piksel-piksel citra berdasarkan warna (*Raster Color Slice*). Selanjutnya adalah memisahkan objek darat dan laut dengan *tools Build Mask* menggunakan rentang nilai (minimum dan maksimum) yang menunjukkan piksel laut pada *Raster Color Slice*. Tahapan selanjutnya yaitu *Build Mask*, dilakukan untuk menghasilkan *image* yang hanya memiliki 2 nilai piksel yang bertujuan untuk membedakan piksel darat dan laut pada citra. Nilai yang menjadi batas antara darat dan laut akan menjadi nilai maksimum (*band max value*) dan 0 sebagai nilai minimum (*band min value*) yang akan digunakan pada proses *masking*. Berikutnya yaitu konversi *image* (gambar) dengan format raster menjadi *vector* dalam bentuk *shapefile* yang merupakan format data yang dapat dibaca oleh DSAS dalam melakukan analisis perubahan garis pantai. Konversi ini dilakukan menggunakan *software* ArcMap dengan *tools Raster to Vector*. Langkah akhir dari ekstraksi garis pantai yaitu koreksi posisi garis pantai terhadap kondisi pasang surut sesuai dengan perekaman citra yang digunakan, ini dikarenakan perekaman citra satelit tidak diketahui saat perairan sedang dalam kondisi pasang ataupun surut sehingga posisi garis pantai cenderung tidak tepat (bias) dari posisi aslinya di permukaan Bumi (Angkotasari *et al.*, 2012; Suhana *et al.*, 2016). Koreksi posisi garis pantai pada penelitian ini menggunakan persamaan berikut:

$$x = \frac{\eta}{\tan \beta} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: x = jarak pergeseran koreksi posisi garis pantai; η = posisi muka air saat perekaman citra (m); dan β = kemiringan pantai ($^{\circ}$). Koreksi posisi garis pantai dilakukan dengan melihat waktu perekaman citra dilakukan pada saat air laut dalam kondisi pasang (tinggi muka laut lebih besar dari MSL) atau pada saat surut (tinggi muka laut lebih kecil dari MSL).

Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan garis pantai pada penelitian ini menggunakan *software* DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) dengan metode NSM (*Net Shoreline Movement*) dan EPR (*End Point Rate*) (Himmelstoss et al., 2018). Metode NSM akan menghitung jarak antara garis pantai tertua dengan garis pantai termuda dengan menggunakan baseline sebagai garis acuan untuk menghitung panjang transek antara garis pantai tertua dengan garis pantai termuda. Analisis perubahan garis pantai ini diakhiri dengan analisis menggunakan metode EPR. Metode EPR akan menghasilkan laju perubahan garis pantai dalam bentuk rata-rata per tahun. Berikut persamaan umum dari metode EPR:

$$EPR = \frac{NSM}{\text{Rentang waktu Garis Pantai Tertua dengan Garis Pantai Terkini}} \dots \dots \dots (3)$$

Hasil perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai negatif (-) ataupun positif (+). Nilai positif menunjukkan terjadinya akresi sedangkan nilai negatif menunjukkan terjadinya abrasi.

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk melihat keakuratan dan tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area citra yang digunakan (Mukhtar, 2018). Proses uji akurasi ini dilakukan dengan memberikan label dan menghitung perbedaan titik koordinat antara titik uji pada citra dengan

lokasi sesungguhnya (Aprianti et al., 2021). Pengukuran akurasi dihitung menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSEr) dan *Circular Error 90%* (CE90). RMSEr dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (BIG, 2014):

$$D^2 = \sqrt{\frac{\sum \{ (x_{peta} - x_{cek})^2 + (y_{peta} - y_{cek})^2 \}}{n}} \dots \dots \dots (4)$$

$$RMS \text{ horizontal} = \sqrt{\frac{D^2}{n}} \dots \dots \dots (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN
Perubahan Garis Pantai Tahun 2016-2021

Pada penelitian ini, perhitungan nilai perubahan garis pantai berfokus pada hasil pengolahan data penginderaan jauh berupa citra satelit Sentinel-2A yang selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Citra satelit pada umumnya memiliki tingkat kesalahan atau tingkat ketidaksesuaian posisi terhadap posisi objek yang sesungguhnya di permukaan Bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tingkat akurasi pada citra satelit yang digunakan. Uji akurasi dilakukan dengan menghitung perbedaan titik koordinat antara titik uji pada citra dengan lokasi sesungguhnya dengan menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSEr).

Nilai kesalahan atau RMS Error pada citra satelit Sentinel-2A bisa dikatakan tidak tinggi. Hasil uji akurasi citra satelit diperoleh nilai RMSEr sebesar 1.16 untuk citra satelit Sentinel-2A tahun 2016 dan RMSEr 1.07 untuk citra satelit Sentinel-2A tahun 2021. Prabandaru (2022) mengatakan bahwa semakin rendah nilai RMSEr maka semakin akurat hasil georeferensi citra. Selain itu, nilai RMSEr tidak boleh melebihi nilai radius CE90 (1.5175) yang merupakan ketelitian radius lingkaran yang mana 90% kesalahan posisi objek pada peta dengan posisi yang sebenarnya tidak lebih besar dari nilai radius tersebut (Rachmanto & Ihsan, 2020).

Tabel 1. Hasil uji akurasi citra

Citra Satelit	RMSEr
Sentinel-2A Tahun 2016	1.16
Sentinel-2A Tahun 2021	1.07

Citra satelit Sentinel-2A yang sudah dilakukan koreksi dan uji akurasi digunakan untuk mengekstraksi garis pantai. Pengolahan garis pantai dengan citra satelit bergantung pada *band* dalam citra yang digunakan. Pada citra satelit Sentinel-2A, *band* yang digunakan untuk resolusi spasial 10 m yaitu *Blue*, *Green*, *Red*

dan *Near Infrared* atau NIR. *Band 2 (Blue)* biasanya digunakan untuk pemetaan terumbu karang dan batimetri. *Band 3 (Green)* untuk melihat tutupan vegetasi dan juga kekuatan tanaman. *Band 4 (Red)* digunakan untuk mengidentifikasi tanah dan urban area. Sedangkan *Band 8 (NIR)* digunakan untuk

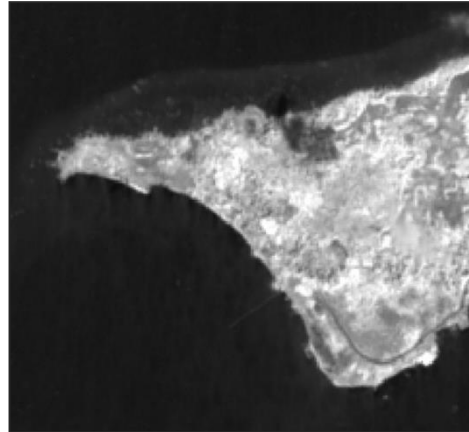
mendeteksi serta menganalisis vegetasi dan juga pemetaan garis pantai (Ginting & Faristyawan, 2020).

Kombinasi *band 2*, *band 3* dan *band 4* menampilkan citra dengan tampilan *natural color* atau warna yang sesuai dengan warna aslinya di permukaan Bumi. Sedangkan *band 8*

atau NIR digunakan untuk mengekstraksi garis pantai dari citra satelit Sentinel-2A. Ini dikarenakan pada *band 8*, perbedaan piksel daratan dan lautan pada citra terlihat dengan jelas sehingga mudah untuk memisahkan piksel daratan dan lautan yang kemudian akan menjadi garis pantai.



Band 2, Band 3, Band 4 (Natural Color)



Band 8 (NIR)

Gambar 2. Tampilan *Natural Color* dan NIR pada citra Sentinel-2A
(Sumber: *sentinelhub Playground*)

Ekstraksi garis pantai menggunakan data citra satelit Sentinel-2A tahun 2016 dan 2021. Tahapan ekstraksi yang dilakukan yaitu *Raster Color Slice*, *Build Mask*, konversi *Raster to Vector*, koreksi posisi garis pantai dan *Smooth Line*. *Raster Color Slice* digunakan untuk memisahkan daratan dan lautan dengan melihat rentang nilai berdasarkan warna yang ditampilkan. Pada citra yang digunakan dalam penelitian ini, rentang nilai yang menunjukkan

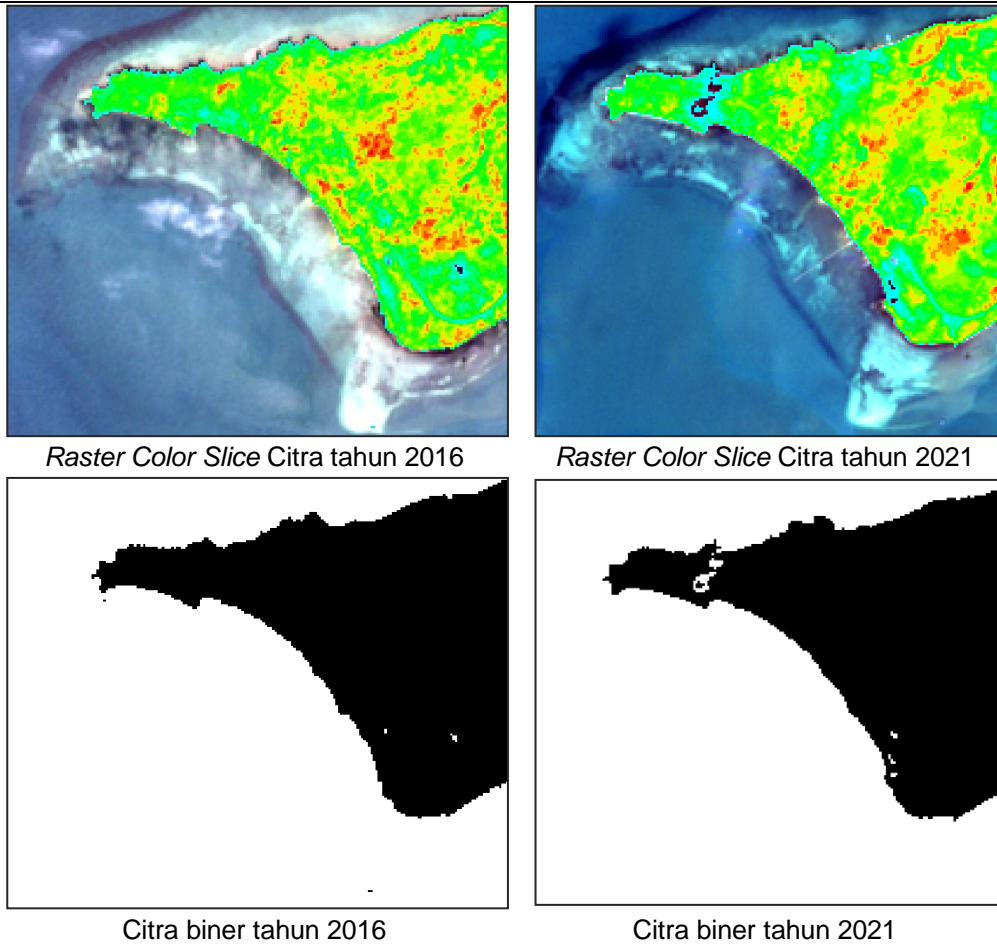
wilayah darat yaitu 0.104375-0.334. Sedangkan rentang nilai wilayah laut adalah 0-0.104375. Oleh karena itu, nilai minimum yang akan digunakan pada *tools Build Mask* adalah 0 dan nilai maksimum adalah 0.104375. Hasil akhirnya akan menghasilkan *image* baru dalam bentuk citra biner (nilai piksel 0 dan 1). **Gambar 3** menampilkan citra satelit sebelum dan setelah dilakukan *masking*.



Citra tahun 2016



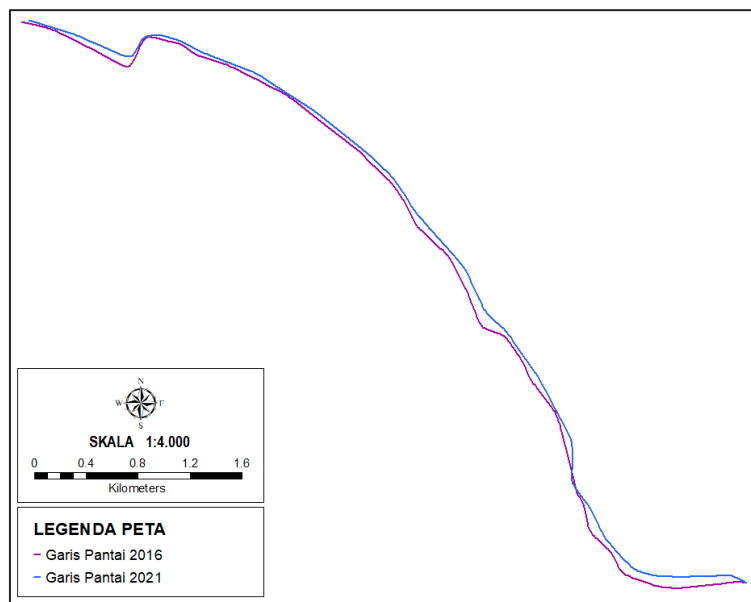
Citra tahun 2021



Gambar 3. Proses *masking* citra

Citra biner yang dihasilkan dikonversi menjadi *vector* atau garis yang kemudian menjadi garis pantai yang akan dihitung perubahannya

dengan DSAS. Hasil ekstraksi garis pantai di Pantai Tanjung Siambang tahun 2016 dan tahun 2021 ditampilkan pada **Gambar 4.**



Gambar 4. *Overlay* garis pantai tahun 2016 dan 2021

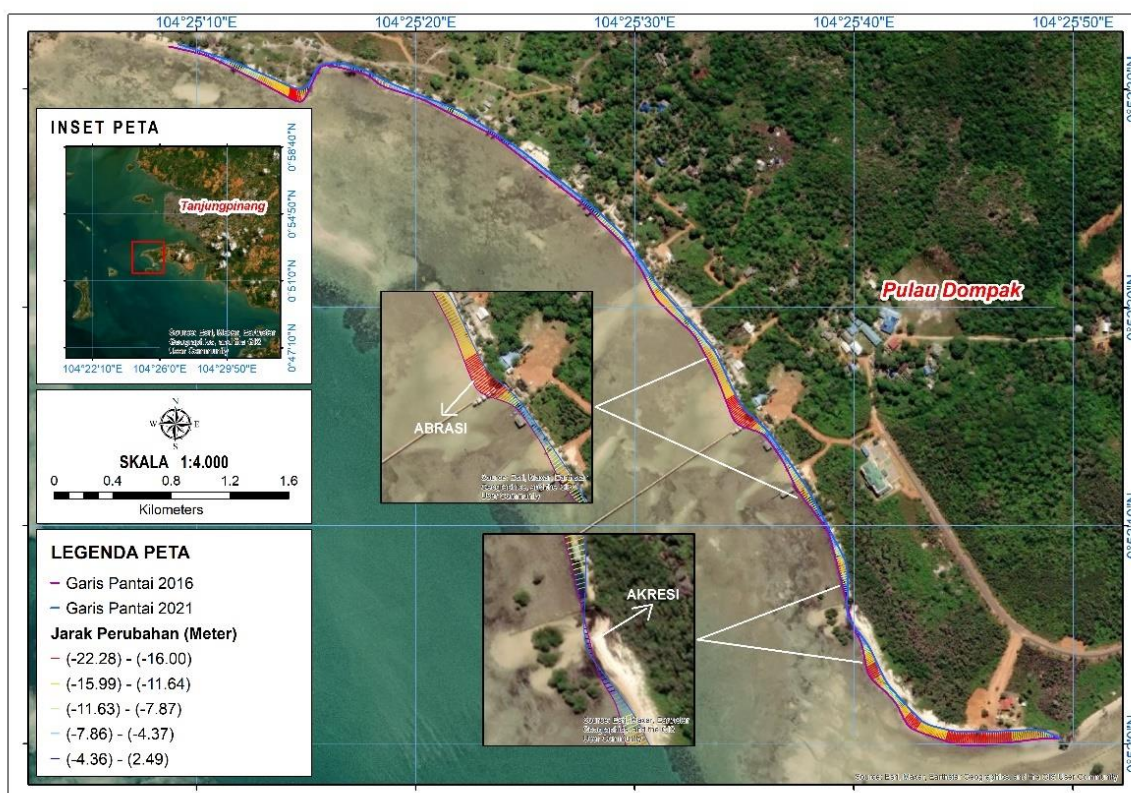
Garis pantai Tanjung Siambang tahun 2016 dan 2021 di-*overlay* dan dibuat *baseline*

menggunakan *buffer* dari garis pantai tertua atau garis pantai tahun 2016. Pada penelitian

ini, *baseline* dibuat dengan mem-*buffer* garis pantai tertua sejauh 50 meter ke arah laut (*offshore*) dan transek dibuat dengan jarak antar transek yang digunakan yaitu 3 meter. Jarak 3 meter digunakan mengingat Panjang garis pantai Tanjung Siambang yang tidak terlalu panjang sehingga hasil perhitungan perubahan garis pantai dengan jarak tersebut dianggap sudah cukup detail dan mencakup seluruh lokasi penelitian.

Garis pantai tahun 2016 dan 2021 dihitung perubahannya dengan DSAS. Analisis DSAS menggunakan garis transek yang akan digunakan untuk menghitung nilai perubahan garis pantai. Pada penelitian ini menggunakan transek yang dibuat ke arah darat dengan *baseline* di laut (*Offshore*). Jarak antar transek dibuat sepanjang 3 meter dan didapatkan total transek sebanyak 599 transek.

DSAS digunakan untuk menghitung jarak dan laju perubahan garis pantai di pantai Tanjung Siambang dalam kurun waktu 5 tahun yaitu dari tahun 2016-2021 secara otomatis. Metode analisis yang digunakan yaitu metode NSM dan EPR. Hasil perhitungan NSM dan EPR akan menghasilkan nilai negatif (-) ataupun positif (+). Nilai positif menunjukkan terjadinya akresi sedangkan nilai negatif menunjukkan terjadinya abrasi. Hasil perhitungan DSAS menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 5 tahun Pantai Tanjung Siambang dominan terjadi abrasi atau pengurangan daratan daripada akresi, dengan jumlah transek abrasi sebanyak 589 transek. Namun walaupun begitu, masih ditemukan adanya akresi pada beberapa lokasi, dengan total 10 transek akresi.



Gambar 5. Peta perubahan garis pantai Tanjung Siambang selama 5 tahun

Gambar 5 menampilkan peta perubahan garis pantai selama kurun waktu 5 tahun di Pantai Tanjung Siambang. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa garis dengan warna ungu menunjukkan garis pantai tahun 2016 dan garis dengan warna biru menunjukkan garis pantai

tahun 2021. Pada peta *close up* ditampilkan sebagian transek terjadinya abrasi dan juga transek akresi. Berikut ditampilkan gambar transek abrasi dan akresi secara keseluruhan di Pantai Tanjung Siambang.



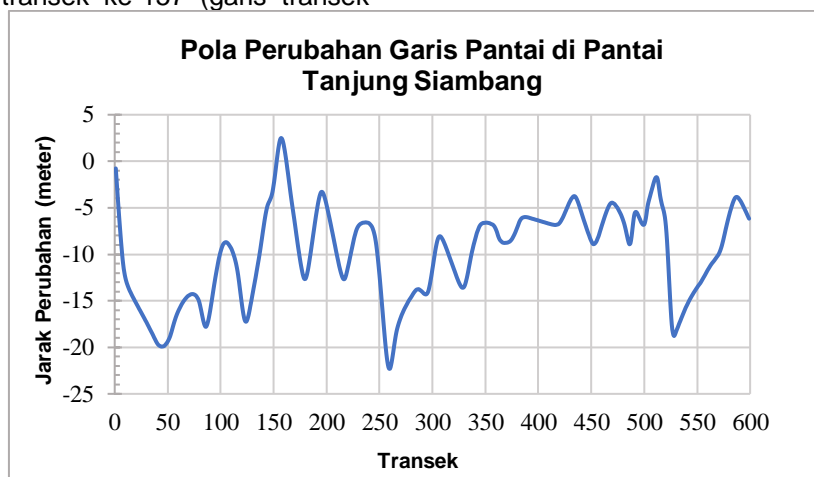
Gambar 6. Transek abrasi terluas



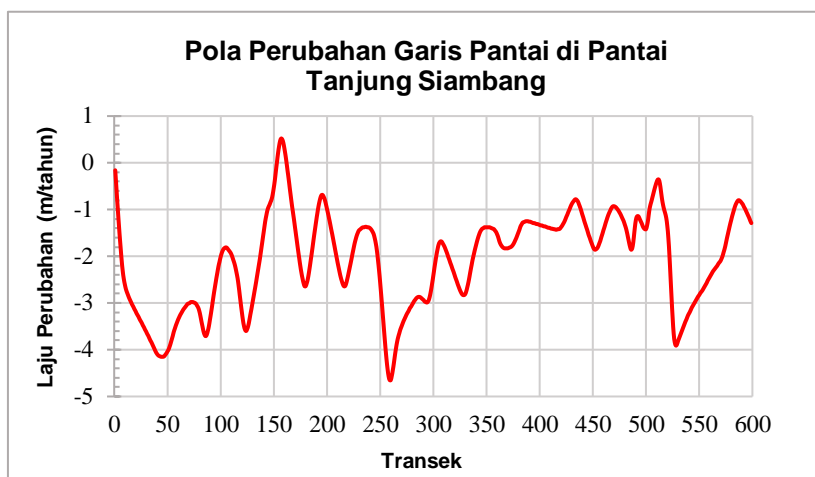
Gambar 7. Transek akresi terluas

Garis transek yang paling dominan yaitu garis transek abrasi. Transek abrasi terluas (**Gambar 6**) terdapat pada transek ke-259 dan 260 (garis transek yang di-highlight). Sedangkan transek akresi terluas (**Gambar 7**) terdapat pada transek ke-157 (garis transek

yang di-highlight). Hasil perhitungan perubahan garis pantai di pantai Tanjung Siambang selama 5 tahun disajikan dalam grafik pola perubahan garis pantai pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 8. Grafik jarak perubahan garis pantai (NSM)



Gambar 9. Grafik laju perubahan garis pantai (EPR)

Berdasarkan Gambar 8, dalam kurun waktu 5 tahun, garis pantai di Pantai Tanjung Siambang mengalami pengurangan daratan atau abrasi yang signifikan terjadi pada transek 1-50 dengan jarak perubahan -18.62 meter, transek 237-263 dengan jarak perubahan -13.94 meter

dan juga pada transek 511-528 dengan jarak perubahan sebesar -17.03 meter. Sedangkan penambahan daratan (akresi) tidak terjadi secara signifikan, dimana perubahan tertinggi terjadi pada transek 153-157 dengan jarak perubahan sebesar 2.43 meter.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai abrasi dan akresi

Kategori	Abrasi			Akresi		
	Maks	Min	Rata-Rata	Maks	Min	Rata-Rata
EPR	-4.65	-0.16	-2.12	0.52	0.01	0.30
NSM	-22.28	-0.77	-10.18	2.49	0.05	1.43

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan jarak (NSM) dan laju (EPR) perubahan garis pantai yang diperoleh menggunakan DSAS. NSM merupakan nilai jarak perubahan garis pantai secara keseluruhan selama rentang waktu yang digunakan (dalam penelitian ini 5 tahun). Sedangkan EPR merupakan nilai laju perubahan garis pantai per tahun selama 5 tahun. Dari hasil tersebut, didapatkan nilai abrasi rata-rata di Pantai Tanjung Siambang yaitu sebesar -10.18 meter dengan laju abrasi rata-rata sebesar -2.12 meter/tahun. Tingkat abrasi tertinggi terjadi pada wilayah transek ke-259 dan 260, yaitu sebesar -22.28 meter dengan laju abrasi -4.65 meter/tahun dan abrasi terendah terjadi pada transek ke-1 sebesar -0.77 meter dengan laju abrasi -0.16 meter/tahun. Sedangkan penambahan daratan atau akresi hanya sedikit terjadi selama 5 tahun terakhir, dengan nilai akresi rata-rata sebesar 1.43 meter dengan laju akresi 0.30 meter/tahun. Akresi tertinggi terjadi pada transek ke-157, yaitu sebesar 2.49 meter dengan laju akresi 0.52 meter/tahun. Sedangkan akresi terendah terjadi pada transek ke-162 yaitu sebesar 0.05 meter dengan laju akresi 0.01 meter/tahun.

Perubahan garis pantai ini juga didukung oleh beberapa faktor. Pada penelitian perubahan garis pantai di tempat lainnya, terjadinya peristiwa abrasi dan akresi memiliki hubungan dengan kondisi geomorfologi pantai seperti tipe substrat. Berdasarkan pengamatan secara geomorfologi di lapangan, pantai Tanjung Siambang memiliki tipe substrat pasir, pasir berlumpur, berbatu serta campuran bauksit. Substrat pantai dengan campuran bauksit tepatnya di wilayah Aura Sunset Dompok diduga karena adanya proses hidrodinamika pesisir seperti pasang surut, arus dan gelombang yang menyebabkan terkikisnya daratan yang berupa bauksit di wilayah tersebut sehingga bercampur dengan substrat asli yang berupa pasir berlumpur. Selain itu, di wilayah ini juga terdapat adanya bekas penggundulan vegetasi mangrove, dimana terlihat sisa-sisa akar mangrove pada substrat dasarnya. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya abrasi karena mangrove memiliki fungsi dalam mencegah abrasi pantai yang dapat mengikis daratan pantai (Whidayanti *et al.*, 2021).

Faktor lain yang mempengaruhi dinamika pantai yaitu kemiringan lereng. Kemiringan

lereng ini berhubungan dengan distribusi sedimen. Perubahan geomorfologi pantai yang disebabkan dinamika kemiringan lereng serta sebaran sedimen dapat mengakibatkan terjadinya abrasi dan akresi (Kalay et al., 2014). Berdasarkan hasil perhitungan kemiringan

pantai, Pantai Tanjung Siambang memiliki kemiringan lereng yang termasuk dalam kategori landai dengan nilai kemiringan rata-rata sebesar 7.47%. Nilai kemiringan pantai di pantai Tanjung Siambang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kemiringan garis pantai

Lokasi	Kedalaman	Jarak	d/m	Slope (β)	Slope (%)	Kategori Kemiringan
T1	0.65	10	0.059	3.38	7.51	Landai
T2	0.59	10	0.054	3.07	6.82	Landai
T3	0.61	10	0.055	3.17	7.05	Landai
T4	0.67	10	0.061	3.49	7.75	Landai
T5	0.64	10	0.058	3.33	7.40	Landai
T6	0.69	10	0.063	3.59	7.98	Landai
T7	0.67	10	0.061	3.49	7.75	Landai
Rata-Rata				3.36	7.47	Landai

Kalay et al. (2014) mengatakan bahwa wilayah pantai yang terkena energi rendah memiliki kemiringan yang landai serta bersubstrat pasir dan lumpur, sedangkan wilayah berenergi tinggi memiliki kemiringan yang terjal dengan substrat berbatu dan berpasir kasar. Hasil perhitungan kemiringan rata-rata pantai Tanjung Siambang dari 7 titik pengamatan yaitu sebesar 7.47%, nilai tersebut dikategorikan sebagai pantai yang landai.

Pembahasan

Perhitungan nilai perubahan garis pantai menggunakan citra satelit dan dengan metode DSAS ini sangat mengefisienkan waktu dibandingkan pengukuran secara langsung di lapangan. Hal ini dikarenakan citra satelit menampilkan bentuk dan kondisi permukaan Bumi dengan mencakup wilayah yang luas. Selain itu, citra satelit yang digunakan pada penelitian ini (Sentinel-2A) memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi sehingga objek di permukaan Bumi terutama garis pantai dapat terlihat lebih jelas. Untuk metode yang digunakan yaitu DSAS dapat menghitung nilai perubahan garis pantai berupa jarak dan juga laju perubahan garis pantai secara otomatis.

Perhitungan perubahan garis pantai ini menggunakan data garis pantai Tanjung Siambang tahun 2016 dan 2021 sebagai data utama yang kemudian dihitung jarak dan laju perubahannya. Oleh karena itu, ketelitian pada saat pengolahan data terutama saat pemilihan *band* yang akan digunakan saat melakukan ekstraksi garis pantai dari citra satelit sangat mempengaruhi hasil perhitungan nilai

perubahan garis pantai dengan metode DSAS tersebut.

Hasil pengolahan garis pantai menggunakan citra satelit Sentinel-2A dan perhitungan DSAS menunjukkan bahwa, secara keseluruhan, dalam kurun waktu 5 tahun (2016-2021) Pantai Tanjung Siambang mengalami perubahan garis pantai, baik itu kemunduran garis pantai atau abrasi maupun akresi atau penambahan garis pantai. Hasil perhitungan DSAS menunjukkan bahwa di pantai Tanjung Siambang dominan terjadi abrasi dibandingkan akresi. Namun pada penelitian ini terdapat adanya pembiasan cahaya pada salah satu citra yang digunakan, sehingga juga terdapat sedikit bias dari hasil analisis yang didapatkan, yaitu hasil perhitungan nilai perubahan yang cukup besar. Akan tetapi, jika dilihat dari hasil penelitian sebelumnya oleh Hidayah et al. (2018), menyimpulkan bahwa di wilayah Pulau Dompok dominan terjadi abrasi, dengan laju perubahan rata-rata per tahun sebesar 0,3 m. Hal ini berbanding lurus dengan hasil penelitian yang didapatkan, bahwa Pantai Tanjung Siambang di Pulau Dompok dominan terjadi peristiwa pengurangan garis pantai (abrasi).

Faktor pendukung yang menyebabkan terjadinya peristiwa abrasi pada hampir seluruh garis pantai Tanjung Siambang diduga karena Pantai Tanjung Siambang memiliki kemiringan lereng yang landai serta material penyusun pantai yang dominan terdiri dari pasir. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Hidayah et al. (2018) dimana pada umumnya pantai yang kemiringannya landai memiliki substrat dasar berpasir dan rentan mengalami perpindahan

partikel sedimen baik itu pengendapan ataupun pengikisan. Perpindahan partikel sedimen ini dapat mengakibatkan berubahnya garis pantai.

Pada stasiun pengamatan di lokasi penelitian yang memiliki substrat pasir dan terdapat beberapa batu besar tidak mengalami abrasi yang tinggi jika dibandingkan dengan stasiun pengamatan yang hanya bersubstrat pasir. Selain itu, pada lokasi penelitian, nilai abrasi yang tinggi terjadi di wilayah yang mendapat pengaruh dari aktivitas manusia (dermaga Pantai Tanjung Siambang) dan juga wilayah yang pernah terjadi penggundulan vegetasi mangrove (Aura Sunset Dompok). Menurut Whidayanti *et al.* (2021), mangrove memiliki fungsi dalam mencegah abrasi pantai yang dapat mengikis daratan pantai. Pada wilayah lain terutama yang terdapat vegetasi mangrove di pinggir pantainya mengalami abrasi yang tidak terlalu tinggi karena mangrove dapat meredam atau mengurangi tekanan gelombang yang menuju pantai. Abrasi memiliki pengaruh yang bisa mengancam wilayah pesisir. Wulandari *et al.* (2022) mengatakan abrasi dapat menyebabkan pengurangan lahan sehingga mengakibatkan terjadinya banjir rob. Selain itu, abrasi dapat mengancam garis pantai, sawah, pemukiman, tambak dan bangunan yang berada di pinggir pantai.

Faktor lain selain geomorfologi pantai yang diperkirakan mempengaruhi perubahan garis pantai di lokasi penelitian yaitu fenomena alam. Hal ini dikarenakan di Pantai Tanjung Siambang tidak terjadi pembangunan yang signifikan seperti reklamasi yang dapat menyebabkan penambahan garis pantai atau akresi yang intensif. Fenomena alam yang terjadi tersebut berlangsung terus-menerus sehingga semakin lama akan menyebabkan perubahan pada garis pantai.

Beberapa fenomena alam yang mempengaruhi perubahan garis pantai antara lain yaitu fenomena pasang surut, pola arus dan gelombang. Pasang surut, arus dan gelombang merupakan faktor yang berkaitan satu sama lain terhadap proses dinamis pantai. Proses dinamis pantai ini dipengaruhi oleh pergerakan sedimen di pantai yang disebabkan oleh arus dan gelombang. Gelombang yang besar dapat mengangkut material yang lebih banyak setiap satu waktu tertentu, sedangkan gelombang yang kecil juga dapat mengangkut material (pasir) yang banyak namun dalam jangka waktu yang lama karena gelombang kecil terjadi secara terus menerus (Apriansyah *et al.*, 2019).

Gelombang yang menuju ke pantai akan menimbulkan arus pantai (*nearshore current*) yang mempengaruhi terjadinya peristiwa abrasi maupun sedimentasi atau akresi pada pantai. Wati *et al.* (2020) mengatakan bahwa gelombang dengan tinggi yang signifikan menyebabkan arus yang menuju ke pantai berkecepatan tinggi sehingga material pantai akan tergerus dibawa oleh arus. Perairan di Pantai Tanjung Siambang merupakan perairan semi tertutup, dimana ada pulau-pulau di depannya sehingga mempengaruhi tinggi gelombang serta pola arus di perairan Pantai Tanjung Siambang (Askara *et al.*, 2020).

Pada perairan semi tertutup, kekuatan arus dan gelombang yang menuju ke pantai akan berkurang karena terhalang oleh daratan yang berada di depannya (Ruswahyuni, 2010). Namun pada lokasi penelitian, tidak terdapat bangunan pelindung pantai. Hal ini mengakibatkan gelombang, arus dan pasang surut langsung menuju ke pantai sehingga semakin lama akan mengikis daratan dan menyebabkan abrasi.

Sementara itu, untuk wilayah yang mengalami akresi di Pantai Tanjung Siambang terdapat pada wilayah pantai yang berada di dekat muara sungai. Pada lokasi tersebut terlihat adanya daratan timbul (*delta*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hazazi *et al.* (2019), bahwa akresi pantai dapat mengakibatkan pendangkalan perairan sehingga semakin lama akan membentuk daratan timbul (*delta*) ke arah laut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan garis pantai tahun 2016-2021 di pantai Tanjung Siambang, Pulau Dompok pada semua stasiun pengamatan dominan terjadi abrasi. Abrasi tertinggi terjadi di dekat dermaga pantai Tanjung Siambang yaitu sebesar -22.28 meter dengan laju abrasi sebesar -4.65 meter/tahun dan juga di dekat wilayah Aura Sunset Dompok yaitu sebesar -19.92 meter dengan laju -4.15 meter/tahun. Sementara akresi hanya sedikit terjadi selama 5 tahun terakhir, yaitu di dekat muara sungai dengan jarak akresi terluas yaitu sebesar 2.49 meter dengan laju 0.52 meter/tahun. Saran untuk penelitian perubahan garis pantai selanjutnya, saat melakukan ekstraksi garis pantai disarankan untuk menggunakan citra satelit yang memiliki resolusi lebih tinggi agar kualitas ketelitian dalam mengolah data lebih tinggi sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRTPM) Ristekdikti yang telah memberikan hibah dana penelitian tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, A., Siregar, V.P., & Agus, S.B. (2017). Klasifikasi multiskala untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik menggunakan metode OBIA di Pulau Pari. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 14(2), 89–93.
- Angkotasan, A.M., Nurjaya, I.W., & Natih, N.M.N. (2012). Analisis perubahan garis pantai di pantai barat daya Pulau Ternate, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 3(1), 11–22.
- Apriansyah, Kushadiwijayanto, A.A., & Risiko. (2019). Pengaruh Gelombang pada Perubahan Garis Pantai di Perairan Batu Burung Singkawang, Kalimantan Barat. *Jurnal POSITRON*, 9(1), 1-7.
- Aprianti, H., Dharma, I.S., Hendrawan, I.G., & Anggaraini, N. 2021. Deteksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Teknik Geospasial, Studi Kasus Kecamatan Tejakula. *Journal of Marine Research and Technology*, 4(2), 29-36.
- Aryastana, P., Eryani, I.G.A.P., & Candrayana, K.W. (2016). Perubahan Garis Pantai dengan Citra Satelit di Kabupaten Gianyar. *J. Paduraksa*, 5(2), 70-81.
- Askara, A.B., Idris, F., Putra, R.D., & Nugraha, A.H. (2020). Kandungan Logam (Pb) pada *Strombus canarium* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Gastropoda) di Perairan Malang Rapat dan Tanjung Siambang Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 299-304.
- DHI. (2004). *MIKE 21 Tidal Analysis and Prediction Module, Scientific Documentation*.
- Driptufany, D.M. (2020). Deteksi Perubahan Garis Pantai Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 43-50.
- Hazazi, G., Sasmito, B., & Firdaus, H.S. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Eksistensi Mangrove Menggunakan Penginderaan Jauh dan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Tahun 2014-2018 (Studi Kasus: Kabupaten Kendal). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 19-27.
- Hidayah, R.T.N., Putra, R.D., Jaya, Y.V., & Suhana, M.P. (2018). Pola perubahan garis pantai di Pulau Dompok periode 2005-2015. *Dinamika Maritim*, 7(1), 15–19.
- Kalay, D.E., Lopulissa, V.F., & J, Y.A.N. (2018). Analisis kemiringan lereng pantai dan distribusi sedimen pantai perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu Provinsi Maluku. *Jurnal Triton*, 14(1), 10–18.
- Kalay, D.E., Manilet, K., & Wattimury, D.J. (2014). Kemiringan Pantai dan Distribusi Sedimen Pantai di Pesisir Utara Pulau Ambon. *Jurnal TRITON*, 10(2), 91-103.
- Kurniadin, Nia & Fadlin, Feri. (2021). Analisis Perubahan Morfologi Garis Pantai Akibat Tsunami di Teluk Palu Menggunakan Data Citra Sentinel-2. *Journal of Geodesy and Geomatics*, 16(2), 240-247.
- Lubis, D.P., Pinem, M., & Simanjuntak, M.A.N. (2017). Analisis Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan Citra Penginderaan Jauh (Studi Kasus di Kecamatan Talawi Kabupaten Batubara). *Jurnal Geografi*, 9(1), 21-31.
- Mukhtar, M.K. (2018). *Evaluasi Perubahan garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Multitemporal (Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Gianyar, Bali)*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Opa, E. T. (2011). Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 7(3), 109-114.
- Parenta, J. (2021). *Analisis Perubahan Garis Pantai Kabupaten Maros Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Prabandaru, M. (2022). Proses Georeferencing Citra Sentinel-2 dengan Menggunakan Software ArcGIS. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 2(1), 73-84.
- Purwasih, H.D., Wartono, & Indera, E. (2021). Nilai Karakteristik Pulau Dompok Sebagai “Citra Pusat Pemerintahan Provinsi Kepulauan Riau” di Kota Tanjungpinang. *Jurnal Potensi*, 1(2), 40-45.
- Putra, I.M.A.W., Susanto, A., & Soesanti, I. (2015). Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Metode End Point Rate pada Citra Satelit Landsat. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*.
- Rachmanto, D.H. & Ihsan, M. (2020). Pemanfaatan Metode Fotogrametri untuk

- Pemetaan Skala 1:1000 (Studi Kasus: Universitas Pendidikan Indonesia). *Jurnal ENMAP (Environment & Mapping)*, 1(2), 81-86.
- Safitri, F., Suryanti, & Febrianto, S. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Erosi di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 25(1), 37-46.
- Setiani, M.F.D.A., Fuad, M.A.Z., & Saputra, D.K. (2017). *Deteksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) di Pesisir Timur Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sugiyono, W., Ghitarina, & Samson, S.A. (2015). Studi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat 7 di Pantai Tanah Merah Kecamatan Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 21(1), 68-76.
- Suhana, M.P. (2016). *Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau*. Tesis. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suhana, M.P., Putra, R.D., Shafitri, L.F., Muliadi, M., Khairunnisa., Nurjaya, I.W., & Natih, N.M.N. (2020). Tingkat kerentanan pesisir di utara dan timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau tahun 2020. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 11-27.
- Suhana, M.P., Nurjaya, I.W., & Natih, N.M. (2016). Analisis kerentanan pantai timur Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau menggunakan digital shoreline analysis system dan metode coastal vulnerability index. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 7(1), 21-38.
- Wati, R. A., Rifardi, R., & Mubarak, M. (2020). Waves and Tidal Current on High Tide (Spring Tide Condition) in Rupa Strait Riau Province. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 25(1), 1-5.
- Whidayanti, E., Handayani, T., Supriatna, & Manessa, M.D.M. (2021). A spatial study of mangrove ecosystems for abrasion prevention using remote sensing technology in the coastal area of Pandeglang Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Wulandari, A., Shohibuddin, M., & Satria, A. (2022). Strategi Adaptasi Rumah Tangga Nelayan dalam Menghadapi Dampak Abrasi: Studi Kasus di Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 17(1), 1-16.
- Zaidan, R.R., Suryono, C.A., Pratikto, I., & Spj, N.T. (2022). Penggunaan Citra Satelit Sentinel-2A untuk Mengevaluasi Perubahan Garis Pantai Semarang Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(2), 105-113.