

Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System*: Studi Kasus Wilayah Pesisir Kota Jayapura, Provinsi Papua

Baigo Hamuna^{1,*} dan John Domingus Kalor¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker. Waena, Kota Jayapura, Provinsi Papua

*e-mail korespondensi: bhamuna@yahoo.com.sg

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 10 September 2022
Disetujui : 11 November 2022
Terbit Online : 30 Desember 2022

Key Words:

Abrasion
Accession
End Point Rate
Net Shoreline Movement
Linear Regression Rate

ABSTRACT

Study of shoreline change is an important step in understanding the dynamics in the coastal area in Jayapura City and is a first step to reduce the risk of coastal erosion and also minimize social, physical and economic losses. This research was conducted in the coastal area of Yos Sudarso Bay, Jayapura City, Papua Province by utilizing multi-temporal Landsat satellite imagery (Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI-TIRS) for 1994, 2000, 2007, 2014 and 2020. Analysis Shoreline changes are determined using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS). End Point Rate (EPR), Net Shoreline Movement (NSM) and Linear Regression Rate (LRR) are used to calculate the rate of change of the coastline and predictions of change of the coastline for the next 10 years. The results showed that in the period 1994-2000 there was an area of 535749.22 m² of abrasion and 399361.87 m² of accretion. During the 2000-2007 period, 453,876.10 m² of abrasion occurred and 447,121.39 m² of accretion. In the 2007-2014 period there was 781,274.83 m² of abrasion and 259,221.26 m² of accretion. In the 2014-2020 period, 93,328.79 m² of abrasion occurred and 74,204.42 m² of accretion. Spatially, the coastal areas of Yos Sudarso Bay, Jayapura City, which experienced abrasion included Holtekamp Beach, Hamadi Beach, and a small part in Youtefa Bay, while those that experienced accretion included DOK II Beach, Entrop Beach, Ciberi Beach, in Youtefa Bay and Cape Ria. The shoreline changes rate (LRR) in the coastal area of Yos Sudarso Bay, Jayapura City due to abrasion in the period 1994 to 2020 is 0.89 m/year, while the shoreline change rate due to accretion is 0.70 m/year. Based on the prediction of shoreline changes at Holtekamp Beach, it is predicted that the highest abrasion will occur as far as 50.19 m with an average abrasion distance of 20.22 m, while the highest accretion is as far as 19.19 m with an average accretion distance of 10.55 m.

PENDAHULUAN

Dinamika wilayah pesisir yang tinggi akan membawa implikasi pada kehidupan dan pembangunan kawasan terutama pada perkembangan kota-kota pesisir. Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang lemah atau rentan oleh faktor lingkungan seperti variabilitas iklim, perubahan iklim dan terhadap naiknya permukaan laut (Kaly et al., 2004; Marfai et al., 2007). Dengan demikian, wilayah pesisir merupakan kawasan yang sangat rentan terhadap berbagai fenomena alam maupun akibat aktivitas manusia. Salah satu aspek yang penting untuk mengkaji kerentanan di wilayah pesisir adalah perubahan garis pantai (Pendleton et al., 2010). Garis pantai didefinisikan sebagai batas pertemuan antara permukaan daratan dan permukaan air laut, dimana batas tersebut dapat bervariasi bentuknya dan dapat berubah secara dinamis (Cui dan Li, 2011; Mujabar dan Chandrasekar, 2013; Nath et al., 2021). Perubahan garis pantai merupakan proses yang

dinamis dan terus berlangsung melalui berbagai faktor, seperti pengikisan daratan (abrasi) maupun penambahan daratan (akresi).

Pemantauan dan perkiraan perubahan garis pantai merupakan salah satu parameter terpenting dalam deteksi erosi pantai dan pengendapan serta studi morfodinamika pantai (Armenio et al., 2019; Baig et al., 2020). Berbagai teknik dan teknologi telah dikembangkan untuk memantau dan memetakan perubahan-perubahan yang terjadi di wilayah pesisir, termasuk perubahan garis pantai. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Perubahan garis pantai di wilayah pesisir akan lebih mudah dideteksi dan dihitung menggunakan teknik geospasial dan perhitungan otomatis dengan tools ArcGIS (Nassar et al., 2019).

Perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah pesisir akan lebih mudah dideteksi dan dianalisis menggunakan teknik geospasial yang mengkombinasikan penginderaan jauh satelit dan Sistem Informasi Geografis (Yulianto et al., 2019;

Nassar et al., 2019; Koulibaly dan Ayoade, 2021, Rumahorbo et al., 2022) atau menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Thieler et al., 2009; Mutaqin, 2017; Rumahorbo et al., 2022). Saat ini, DSAS merupakan metode yang efektif dan akurat untuk mendeteksi dan menghitung perubahan garis pantai secara otomatis (Kankara et al., 2015; Nhan et al., 2018; Elnabwy et al., 2020; Nath et al., 2021; Koulibaly dan Ayoade, 2021). Metode DSAS mampu memberikan hasil yang lebih baik tentang dinamika dan tren perubahan garis pantai, dimana data garis pantai yang diekstraksi dari citra satelit multitemporal dianalisis untuk mengukur laju abrasi dan akresi yang terjadi di sepanjang garis pantai (Ryabchuk et al., 2012; Yulianto et al., 2019; Dey et al., 2021; Zonkouan et al., 2022).

Hingga saat ini, informasi spasial laju perubahan garis pantai di Kota Jayapura belum tersedia. Oleh karena itu, kajian tentang perubahan garis pantai merupakan langkah penting dalam memahami dinamika di wilayah pesisir di Kota Jayapura dan merupakan langkah awal untuk mengurangi risiko erosi pantai dan juga meminimalkan kerugian sosial, fisik dan ekonomi. Hal ini sangat perlu dilakukan karena wilayah pesisir Kota Jayapura yang merupakan pusat pemerintahan dan perekonomian Jayapura, termasuk juga pusat pembangunan di Provinsi Papua yang sedang berkembang (Hamuna et al., 2018). Selain itu, wilayah pesisir Kota Jayapura yang secara geografis berhadapan langsung dengan laut lepas (Samudera Pasifik) dianggap sangat berpotensi menimbulkan bencana di wilayah pesisir. Penelitian ini nantinya dapat memberikan gambaran spasial perubahan garis pantai (abrasi dan akresi) dan perkiraan laju perubahan garis pantai Kota Jayapura, sehingga dapat mendorong semua pihak terkait untuk melakukan perencanaan mitigasi bencana di wilayah pesisir.

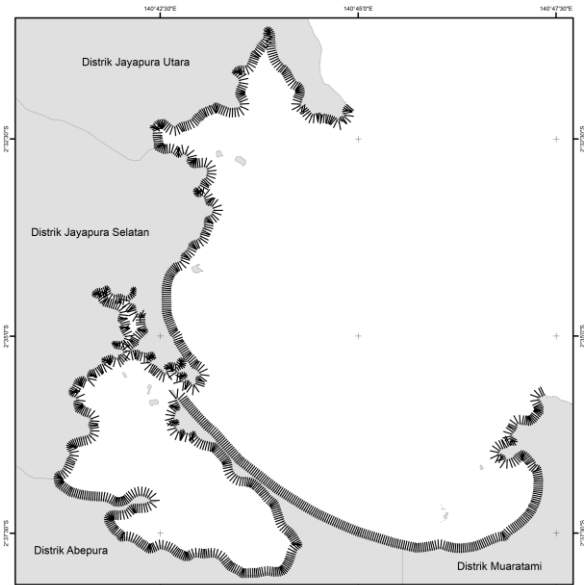
BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan, yaitu pada bulan April hingga Agustus tahun 2021. Lokasi penelitian adalah sepanjang wilayah pesisir Kota Jayapura, yang dibatasi hanya pada Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura (Gambar 1).

Citra Satelit yang Digunakan

Citra Landsat multi-temporal dari tahun 1994 hingga 2020 digunakan untuk melacak dan mengidentifikasi perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kota Jayapura yang diunduh pada website <http://earthexplorer.usgs.gov> (Path/Row: 101/62) (Tabel 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura, dimana jarak antar transek adalah 50 m dan panjang transek 200 m.

Tabel 1. Data citra satelit yang digunakan untuk penentuan garis pantai

Tahun Data	Satelit/Sensor	Resolusi (m)
1994	Landsat 5/TM	30
2000	Landsat 7/ETM+	15, 30
2007	Landsat 5/TM	30
2014	Landsat 8/OLI-TIRS	15, 30
2020	Landsat 8/OLI-TIRS	15, 30

Pengumpulan Data Lapangan

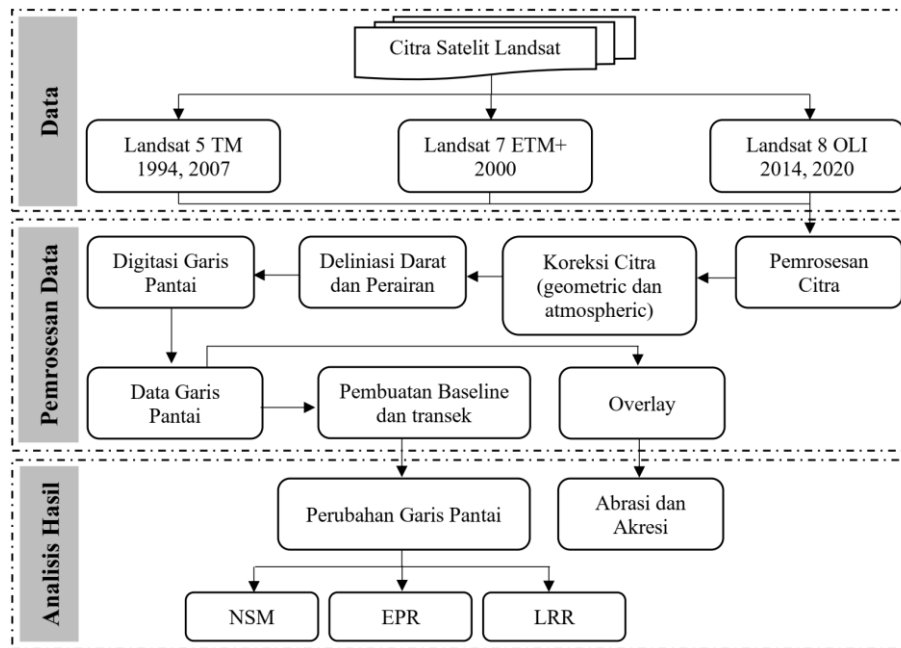
Pada penelitian yang menggunakan data penginderaan jauh perlu dilakukan uji ketelitian karena sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Untuk keperluan validasi, maka dilakukan pengambilan data lapangan yang mencakup posisi koordinat terjadinya perubahan garis pantai di lapangan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dan pengambilan dokumentasi lapangan.

Pemrosesan dan Analisis Data

Adapun tahapan pengolahan dan analisis data citra satelit Landsat untuk menentukan perubahan garis pantai di sepanjang wilayah pesisir Kota Jayapura ditunjukkan pada Gambar 2.

Koreksi Citra Satelit

Koreksi Geometrik pada citra Landsat adalah langkah untuk memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan sesuai dengan posisi sebenarnya di muka bumi. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan 4 *Ground Control Point* (GCP) yang telah diperoleh di lapangan. Sistem koordinat yang digunakan adalah WGS 1984 UTM Zone 53S.



Gambar 2. Flowchart ekstraksi, pengolahan dan analisis citra satelit Landsat untuk perubahan garis pantai

Koreksi radiometrik dan atmosferik merupakan proses pemulihan citra yang dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra yang kurang baik akibat kerusakan satelit atau adanya gangguan dari atmosfer. Pada penelitian ini, proses koreksi radiometrik dilakukan pada perangkat lunak ENVI 5.1 dengan cara melakukan kalibrasi citra menggunakan Radiometric Calibration untuk mempertajam tampilan citra, sedangkan koreksi atmosferik menggunakan FLAASH (*Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) Atmospheric Correction untuk menghilangkan gangguan atmosfer.

Deliniasi dan Digitasi

Proses deliniasi daratan dan laut dilakukan pada perangkat lunak ENVI 5.0 untuk Landsat TM dan ETM+ menggunakan rumus *Modified Normalised Difference Water Index* (MNDWI) dari Xu (2006), yaitu:

$$MNDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR)$$

Sedangkan untuk Landsat 8 OLI-TIRS menggunakan rumus MNDWI dari Ko *et al.* (2015), yaitu:

$$MNDWI = (Green - SWIR 1) / (Green + SWIR 1)$$

Citra hasil MNDWI kemudian didigitasi untuk menghasilkan data garis pantai. Digitasi atau deliniasi batas darat dan air dilakukan menggunakan teknik *on screen digitizing*. Digitasi dilakukan untuk memperoleh informasi garis pantai tahun 1994, 2000, 2007, 2014 dan 2020.

Analisis Data

Parameter yang diperlukan dalam DSAS terdiri dari (1) *baseline* yaitu garis acuan titik nol, (2) *shorelines* yaitu garis pantai yang akan diukur perubahannya, dan (3) *transects* yaitu garis tegak lurus dengan *baseline* yang membagi pias-pias pada garis pantai. Penelitian ini menggunakan *baseline* garis pantai tahun 1994, sedangkan *shorelines* menggunakan garis pantai tahun 1994, 2000, 2007, 2014 dan 2020. Transek dibuat mengarah ke arah laut dengan jarak antar transek yang digunakan yaitu 50 m dan panjang transek 200 m (lihat Gambar 1).

Perubahan garis pantai dianalisis dengan pendekatan statistik *End Point Rate* (EPR) dan *Net Shoreline Movement* (NSM) dengan menggunakan software DSAS. Adapun persamaan kedua metode tersebut sebagai berikut (Thieler *et al.*, 2009):

$$EPR = \frac{\text{Jarak garis pantai awal dengan garis pantai akhir}}{\text{Selisih waktu}}$$

$$NSM = \text{Garis pantai terlama} - \text{Garis pantai terbaru}$$

Tingkat perubahan garis pantai di analisis berdasarkan klasifikasi dari nilai EPR yang dikembangkan oleh Shaw pada tahun 1998 (USGS, 1999) (Tabel 2). Adapun prediksi perubahan garis pantai menggunakan metode *Linear Regression Rate* (LRR). Metode ini dapat digunakan untuk membantu memprediksi perubahan garis pantai di masa mendatang (Thieler *et al.*, 2009). Garis pantai yang akan diprediksi ialah garis pantai yang tidak terdapat bangunan permanen, sebab garis pantai yang terdapat bangunan permanen tidak akan mengalami perubahan kecuali terdapat aktivitas

penambahan atau pengurangan daratan akibat campur tangan manusia. Sebelum melakukan prediksi perubahan garis pantai, terlebih dahulu dilakukan analisis regresi untuk mengetahui nilai koefisien determinasi (R^2) pada tiap transek.

Tabel 2. Klasifikasi perubahan garis pantai berdasarkan nilai EPR

EPR	Kriteria
$EPR < -2$	Abrasi sangat tinggi
$-2 < EPR < -1$	Abrasi tinggi
$-1 < EPR < 1$	Stabil
$1 < EPR < 2$	Akresi sedang
$EPR > 2$	Akresi tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

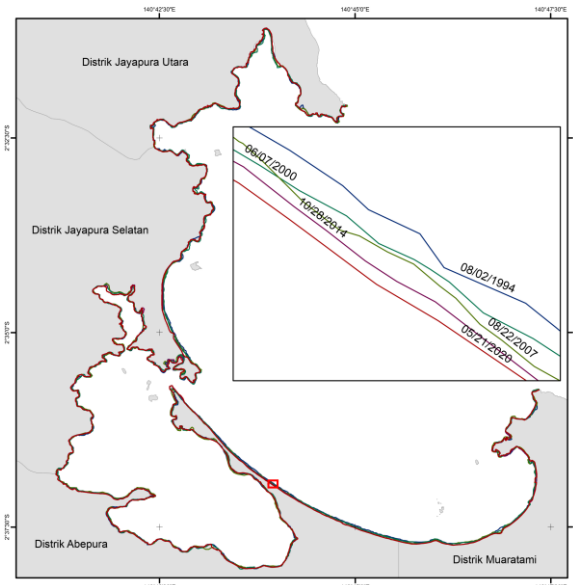
Panjang Garis Pantai

Salah satu dampak dinamika wilayah pesisir adalah terjadinya perubahan panjang garis pantai di sepanjang wilayah pesisir tersebut. Terjadinya perubahan garis pantai di pesisir Teluk Yos Sudarso dapat diketahui dengan menggunakan citra satelit yang telah diolah (digitasi) dan dilakukan *overlay* pada citra satelit tersebut. Hasil interpretasi citra satelit dan hasil digitasi garis pantai dari lima dataset citra satelit Landsat multi-temporal menunjukkan adanya perubahan posisi garis pantai hampir di sepanjang wilayah pesisir di area studi (Gambar 3). Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan panjang garis pantai di pesisir Kota Jayapura yang cukup bervariasi (Tabel 3).

Perubahan panjang garis pantai di Teluk Yos Sudarso menunjukkan terjadinya abrasi atau pengurangan lahan daratan sehingga terjadi kemunduran garis pantai dan mengalami akresi atau penambahan lahan daratan yang mengikis lautan sehingga menyebabkan garis pantai maju kearah laut. Adanya perubahan garis pantai ini disebabkan karena pemanfaatan lahan pesisir oleh masyarakat pesisir ataupun terjadinya fenomena alam. Fenomena alam yang berlangsung secara terus-menerus menyebabkan semakin lama garis pantai akan berubah (Purnaditya et al., 2012). Selain itu, perubahan panjang garis pantai yang terjadi di Teluk Yos Sudarso dapat juga disebabkan karena banyaknya daerah yang berongga-rongga sehingga memperpanjang garis pantai. Apabila terjadi reklamasi atau sedimentasi pada daerah berongga tersebut akan menyebabkan panjang garis pantai berkurang.

Tabel 3. Panjang garis pantai di pesisir Kota Jayapura Teluk Yos Sudarso periode 1994-2020

Tahun	Waktu Akuisisi Citra Satelit	Panjang Garis Pantai (m)
1994	8/2/1994	64.394,68
2000	6/7/2000	64.699,01
2007	8/22/2007	64.907,01
2014	10/28/2014	66.172,59
2020	5/21/2020	66.031,69



Gambar 3. Dinamika perubahan panjang garis pantai di pesisir Kota Jayapura (Teluk Yos Sudarso) periode 1994-2020

Deteksi Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi dan Akresi

Berdasarkan distribusi spasial terjadinya abrasi dan akresi di Teluk Yos Sudarso pada tiap periode 1994 sampai 2020 (Gambar 4 sampai Gambar 7), dapat diketahui bahwa secara spasial wilayah pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura yang mengalami abrasi antara lain Pantai Hotekamp, Pantai Hamadi, dan sebagian kecil di dalam Teluk Youtefa, sedangkan yang mengalami akresi antara lain Pantai DOK II, Pantai Entrop, Pantai Ciberi, di dalam Teluk Youtefa dan Tanjung Ria. Adapun luas terjadinya abrasi dan akresi di area studi disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

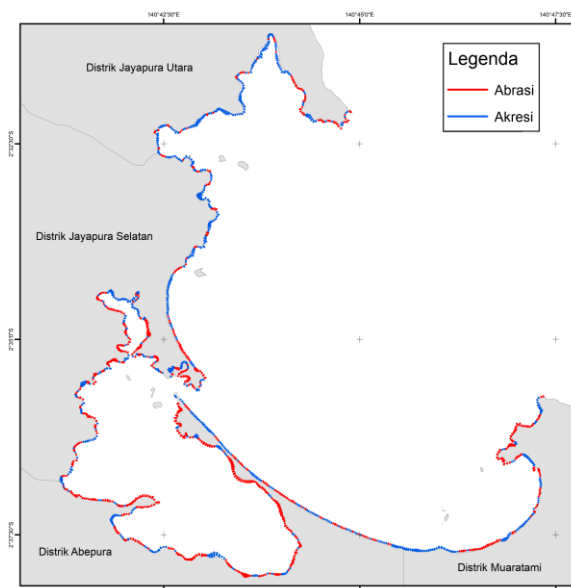
Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa kejadian abrasi di Teluk Yos Sudarso dominan disebabkan oleh pengikisan pantai oleh arus dan gelombang, penggerukan pantai (pengambilan pasir pantai) dan penebangan pohon mangrove. Sedangkan kejadian akresi dominan disebabkan oleh proses sedimentasi yang terjadi secara alami dan proses reklamasi pantai. Abrasi dan akresi di wilayah pesisir tidak hanya dituntukan oleh suatu faktor tunggal tapi oleh sejumlah faktor beserta interaksinya yang merupakan hasil gabungan dari proses alam dan manusia. Menurut Angkotasan et al. (2012), aktivitas manusia seperti pembangunan bangunan pantai dan pengrusakan mangrove merupakan penyebab perubahan garis pantai. Mangrove memiliki sistem perakaran yang rapat sehingga mampu menahan lepasnya partikel sedimen sehingga abrasi pantai dapat dicegah. Apabila terjadi penebangan mangrove, maka arus atau gelombang akan langsung mengarah ke pantai yang dapat menimbulkan abrasi (Bengen, 2001).



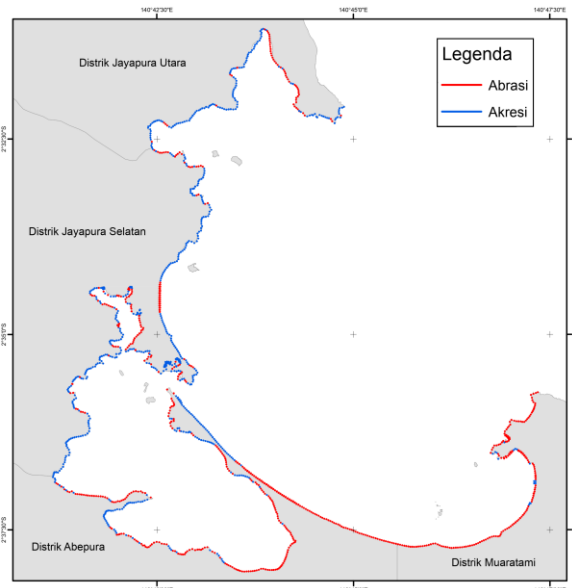
Gambar 4. Deteksi perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi di pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura periode 1994-2000



Gambar 6. Deteksi perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi di pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura periode 2007-2014



Gambar 5. Deteksi perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi di pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura periode 2000-2007



Gambar 7. Deteksi perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi di pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura periode 2014-2020

Tabel 4. Dinamika abrasi di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura

Periode	Jumlah Transek	Luas (m ²)	Rata-rata NSM (m)
1994-2000	676	535.749,22	-16,6
2000-2007	642	453.876,10	-14,88
2007-2014	851	781.274,83	-19,50
2014-2020	640	93.328,79	-3,03

Tabel 5. Dinamika akresi di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura

Periode	Jumlah Transek	Luas (m ²)	Rata-rata NSM (m)
1994-2000	559	399.316,87	14,52
2000-2007	607	447.121,39	16,08
2007-2014	401	259.221,26	13,69
2014-2020	612	74.204,42	3,02

Laju Perubahan dan Tingkat Kerentanan Garis Pantai

Berdasarkan hasil analisis perubahan garis pantai di pesisir Kota Jayapura berdasarkan nilai EPR, maka perubahan garis pantai akibat abrasi lebih tinggi dibandingkan akresi (Tabel 6). Laju abrasi dan akresi pada periode 1994-2000 lebih tinggi dibandingkan periode lainnya. Berdasarkan nilai LRR, laju akresi pada perubahan garis pantai di Teluk Yos Sudarso pada periode 1994-2020 adalah rata-rata 0,70 m/tahun dengan jumlah transek sebanyak 324, sedangkan untuk laju rata-rata abrasi adalah 0,89 m/tahun dengan jumlah transek sebanyak 928 (Tabel 7). Perubahan garis pantai yang lebih dominan banyak terjadi pada periode 1994-2020 adalah abrasi, dimana abrasi terjadi di beberapa lokasi yaitu Pantai Holtekamp, Pantai Hamadi dan di dalam Teluk Youtefa. Sedangkan akresi terjadi di beberapa lokasi yaitu Pantai DOK II dan Pantai Entrop.

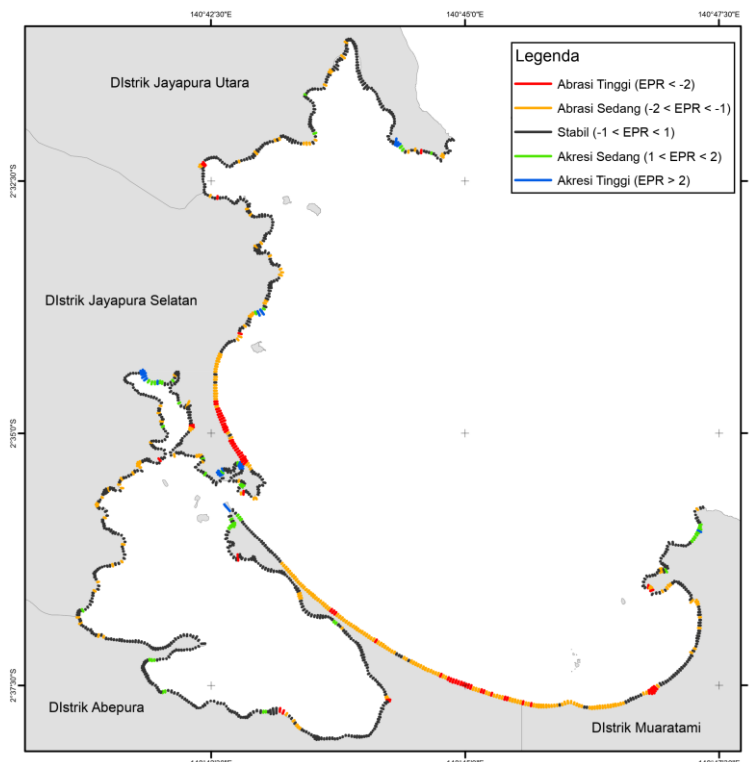
Tabel 6. Laju perubahan garis pantai berdasarkan nilai *End Point Rate (EPR)*

Perubahan Garis Pantai	Periode	EPR (m/tahun)
Abrasi	1994-2000	-2,84
	2000-2007	-2,07
	2007-2014	-2,71
	2014-2020	-0,54
Akresi	1994-2000	2,48
	2000-2007	2,23
	2007-2014	1,91
	2014-2020	0,54

Tabel 7. Laju perubahan garis pantai berdasarkan nilai *Linear Regression Rate (LRR)* periode 1994-2020

Perubahan Garis Pantai	Jumlah Transek	LRR (m/tahun)
Abrasi	928	-0,89
Akresi	324	0,70

Salah satu indikator yang menunjukkan adanya tekanan terhadap suatu kawasan pantai adalah perubahan garis pantai yang ditandai dengan proses abrasi maupun sedimentasi (Siswanto et al., 2010). Perubahan garis pantai dan laju perubahannya memberikan indikasi dan dampak terhadap tingkat kerentanan wilayah pesisir (Pendleton et al., 2010; Rumahorbo et al., 2023). Menurut Kumar et al. (2010) mendefinisikan kerentanan sebagai suatu faktor resiko internal dari objek atau sistem yang terekspos suatu bahaya sehubungan dengan kecenderungannya yang mudah dipengaruhi atau rentan terhadap kerusakan. Menurut Kaiser (2007) kerentanan pantai merupakan suatu kondisi yang menggambarkan keadaan yang mudah mendapatkan pengaruh dari faktor alami maupun faktor aktivitas manusia. Faktor-faktor alami yang dapat mempengaruhi tingkat kerentanan suatu pantai salah satunya adalah proses perubahan garis pantai yang ditunjukkan oleh fenomena abrasi dan sedimentasi (Gornitz 1991; Thieler dan Hammar-Klose 2000). Tingkat perubahan garis pantai menyebabkan tingkat kerentanan pantai di Teluk Yos Sudarso dikategorikan ke dalam lima kelompok (Gambar 8), yaitu:



Gambar 8. Klasifikasi tingkat kerentanan perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kota Jayapura

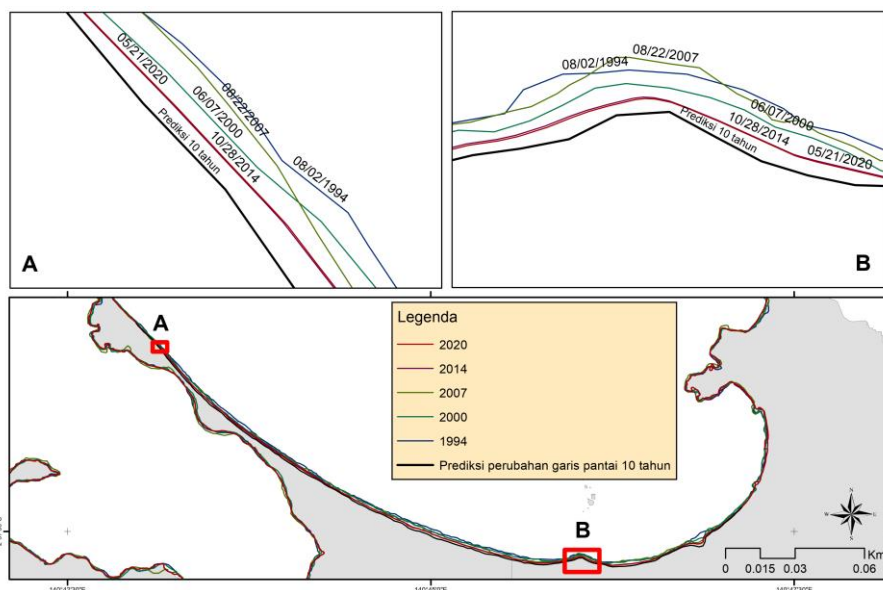
- Abrasi tinggi dengan nilai tingkat abrasi lebih dari 2 m ($EPR < -2$ m) yang diindikasikan dengan warna merah yang dominan terjadi di Pantai Hamadi dan sebagian kecil Pantai Holtekamp;
- Abrasi sedang dengan tingkat abrasi berkisar antara 1 sampai 2 m ($-2 < EPR < -1$) yang diindikasikan dengan warna orange yang dominan terjadi di Pantai Holtekamp hingga Pantai Siberi, bagian utara Pantai Hamadi, sebagian kecil di dalam Teluk Youtefa dan beberapa titik di DOK II hingga DOK IX;
- Wilayah pesisir dengan kategori stabil dengan tingkat abrasi kurang dari 1 m dan tingkat akresi kurang dari 1 m ($-1 < EPR < 1$) yang diindikasikan dengan warna hitam yang dominan di dalam Teluk Youtefa, bagian barat Pantai Holtekamp, Pantai Siberi, Pantai Yakoba (Argapura) hingga DOK IX (hingga Tanjung Kayu Batu);
- Akresi sedang dengan tingkat akresi berkisar antara 1 sampai 2 m ($1 < EPR < 2$) diindikasikan dengan warna hijau yang hanya terdapat di ujung pantai Holtekamp, Tanjung Kayu Batu serta beberapa titik di dalam Teluk Youtefa seperti Entrop, Tanjung Siberi (Pantai Siberi), Kampung Tobati, Kampung Nafri dan Kampung Abe Pantai; dan
- Akresi tinggi dengan tingkat akresi lebih dari 2 m ($EPR > 2$) yang diindikasikan dengan warna biru yang hanya terjadi di Entrop, Kampung Tobati (lokasi mangrove), Tanjung Siberi dan Tanjung Kayu Batu.

mendatang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam merencanakan pengelolaan wilayah pesisir maupun antisipasi terhadap bencana yang diakibatkan oleh perubahan garis pantai. Prediksi pada penelitian ini dilakukan untuk 10 tahun ke depan (Tahun 2031). Data yang digunakan untuk memprediksi perubahan garis pantai adalah data dengan nilai koefisien korelasi (R) yang tinggi, sehingga dalam memprediksi perubahan garis pantai dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bahwa pada lokasi tersebut pada masa mendatang akan mengalami perubahan garis pantai. Pada penelitian ini dilakukan prediksi perubahan garis pantai dengan mengambil sampel perubahan garis pantai di wilayah pesisir Pantai Holtekamp, dimana pada wilayah pesisir tersebut terjadi perubahan garis pantai yang masih bersifat alami sebagaimana disajikan pada Gambar 9.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan DSAS untuk prediksi perubahan garis pantai tahun 2031 di Pantai Holtekamp didominasi oleh terjadinya abrasi, yaitu pengurangan luasan daratan hampir di sepanjang Pantai Holtekamp. Adapun akresi hanya terjadi di Tanjung Siberi (Pantai Siberi) di sekitar Kampung Enggros. Abrasi tertinggi diprediksi akan terjadi sejauh 50,19 m dengan rata-rata jarak abrasi adalah 20,22 m. Sedangkan akresi tertinggi diprediksi akan terjadi sejauh 19,19 m dengan rata-rata jarak akresi adalah 10,55 m. Tingginya prediksi abrasi untuk 10 tahun ke depan diduga karena letak geografis Pantai Holtekamp yang terbuka dan berhadapan langsung dengan Samudera Pasifik, serta sebagian besar tidak terdapat pelindung pantai sehingga arus dan gelombang langsung mengenai wilayah pesisir Pantai Holtekamp. Selain itu, tingginya proses pengembangan wilayah pesisir Pantai Holtekamp sebagai kawasan wisata dapat juga memicu terjadinya abrasi dan akresi.

Prediksi Perubahan Garis Pantai

Prediksi perubahan garis pantai dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perubahan garis pantai yang akan terjadi di masa mendatang. Prediksi perubahan garis pantai untuk masa



Gambar 9. Peta prediksi perubahan garis pantai di Pantai Holtekamp pada tahun 2031

Penggunaan DSAS untuk monitoring dan prediksi perubahan garis pantai merupakan cara yang cukup akurat, akan tetapi tidak menutup kemungkinan terdapat ketidakpastian yang terdapat pada penelitian. Potensi mengalami kesalahan (*error*) ataupun ketidakpastian (*uncertainty*) dapat terjadi pada suatu penelitian. Kesalahan yang dapat terjadi pada penelitian terkait pemetaan garis pantai berupa penggunaan data yang tidak sama misalnya perubahan skala, datum, metode survei, sumber data dan proyeksi peta (Kankara et al., 2015). Begitupun Aiello et al. (2013) bahwa penyebab kesalahan dan ketidakpastian yang terkait pada pemetaan dan analisa perubahan garis pantai antara lain perbedaan maupun perubahan jenis sumber peta yang digunakan, citra satelit, metode survei, posisi GPS, digitasi garis pantai, dan peristiwa alam yang terjadi secara musiman serta dapat mempengaruhi perubahan garis pantai. Beberapa ketidakpastian dan kesalahan yang mungkin terjadi pada penelitian ini antara lain kondisi pasang surut dan digitasi garis pantai.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah memberikan gambaran dan informasi spasial terjadinya perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kota Jayapura, terutama di Teluk Yos Sudarso, baik yang disebabkan karena abrasi maupun akresi. Laju perubahan garis pantai (berdasarkan nilai EPR) di wilayah pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura akibat abrasi pada periode tahun 1994 sampai tahun 2020 sangat bervariasi secara spasial. Laju perubahan garis pantai (berdasarkan nilai LRR) di wilayah pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura akibat abrasi pada periode tahun 1994 sampai tahun 2020 adalah 0,89 m/tahun, sedangkan laju perubahan garis pantai akibat akresi adalah 0,70 m/tahun. Secara spasial, wilayah pesisir Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura yang mengalami abrasi antara lain Pantai Hotekamp, Pantai Hamadi, dan sebagian kecil di dalam Teluk Youtefa, sedangkan yang mengalami akresi antara lain Pantai DOK II, Pantai Entrop, Pantai Ciberi, di dalam Teluk Youtefa dan Tanjung Ria. Adapun prediksi perubahan garis pantai menunjukkan bahwa wilayah pesisir Teluk Yos Sudarso dominan mengalami abrasi di tahun 2031 dan beberapa lokasi mengalami akresi. Adapun hasil prediksi perubahan garis pantai pada lokasi terpilih (Pantai Holtekamp) dengan koefisien korelasi LRR yang sedang-tinggi (0,51-0,98), dimana diprediksi terjadi abrasi tertinggi sejauh 50,19 m dengan rata-rata jarak abrasi adalah 20,22 m, sedangkan akresi tertinggi sejauh 19,19 m dengan rata-rata jarak akresi adalah 10,55 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Cenderawasih (LPPM-Uncen) yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula Tahun 2021 (No. Kontrak: 048/UN20.2.1/PG/2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Aiello, A., Canora, F., Pasquariello, G. dan Spilotro, G. 2013. Shoreline variations and coastal dynamics: A space-time data analysis of the Jonian littoral, Italy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 129: 124-135.
- Angkotasan, A. M., Nurjaya, I. W. Dan Natih, N. M. 2017. Analisis perubahan garis pantai di pantai barat daya Pulau Ternate, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 3(2): 11-22.
- Armenio, E., Serio, F. D., Mossa, M. dan Petrillo, A. F. 2019. Coastline evolution based on statistical analysis and modeling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(9): 1937-1953.
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M. dan Rahman, A. 2020. Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4): 361-376.
- Bengen, D. G. 2001. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Bogor. PKSPL. Institut Pertanian Bogor.
- Cui, B. -L. dan Li, X. -Y. 2011. Coastline change of the Yellow River estuary and its response to the sediment and runoff (1976-2005). *Geomorphology*, 127(1-2): 32-40.
- Dey, M., Priyaa, S. dan Jena, B. K. 2021. A shoreline changes detection (2012-2021) and forecasting using digital shoreline analysis system (DSAS) tool: a case study of Dahej Coast, Gulf of Khambhat, Gujarat, India. *Indonesian Journal of Geography*, 53(2): 295-309
- Elnabwy, M. T., Elbeltagi, E., El Banna, M. M., Elshikh, M. M. Y., Motawa, I. dan Kaloop, M. R. 2020. An approach based on Landsat images for shoreline monitoring to support integrated coastal management: a case study, Ezbet Elborg, Nile Delta, Egypt. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9: 199.
- Gornitz, V. M. 1991. Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*: 89 379-398.
- Hamuna, B., Sari, A. N. dan Alianto. 2018. Kajian kerentanan wilayah pesisir ditinjau dari geomorfologi dan elevasi pesisir Kota dan

- Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 6(1): 1-14.
- Kaiser, G. 2007. Coastal vulnerability to climate change and natural hazards. *Disaster Reduction in Climate Change*. Karlsruhe University.
- Kaly, U., Pratt, C. dan Mitchell, J. 2004. The Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384. 323 pp. Diakses dari <http://gsd.spc.int/sopac/evi/Files/EVI%2004%20Technical%20Report.pdf>
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B. dan Arockiaraj, S. 2015. Estimation of long and short-term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116: 855-862.
- Ko, B. C., Kim, H. H. dan Nam, J. Y. 2015. Classification of potential water bodies using Landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors*, 15(6): 13763-13777.
- Koulibaly, C. T. dan Ayoade, J. O. 2021. The application of GIS and remote sensing in a spatiotemporal analysis of coastline retreat in Rufisque, Senegal. *Geomatics and Environmental Engineering*, 15(3): 55-80.
- Kumar, T. S., Nahendra, R. S., Nayak, S., Radhakrishnan, K. dan Suhu, K. C. 2010. Coastal vulnerability assessment for Orissa State, east coast of India. *Coast Res.* 26 (3): 523-534.
- Marfai, M. A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B. dan King, L. 2007. Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1-3): 297-308
- Mujabar, S. dan Chandrasekar, N. 2011. A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system. *Geo-spatial Information Science*, 14(4): 282-293.
- Mutaqin, B. W. 2017. Shoreline changes analysis in Kuwaru coastal area, Yogyakarta, Indonesia: an application of the digital shoreline analysis system (DSAS). *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 12(7): 1203-1214.
- Nassar, K., Mahmud, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K. dan Negm, A. 2019. Shoreline change detection using DSAS technique: case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1): 81-95.
- Nassar, K., Mahmud, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K. dan Negm, A. 2019. Shoreline change detection using DSAS technique: case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1): 81-95.
- Nath, A., Koley, B., Saraswati, S., Bhatta, B. dan Ray, B. C. 2021. Shoreline change and its impact on land use pattern and *vice versa*: a critical analysis in and around Digha area between 2000 and 2018 using geospatial techniques. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 29(1): 331-348.
- Nhan, N. T., Tung, N. X., Anh, B. T. B. dan Thanh, N. X. 2018. Application of remote sensing, GIS and digital shoreline analysis system (DSAS) to assess the changes of the Red River Bank in the area from Son Tay to Gia Lam (Hanoi). *Journal of Marine Science and Technology*, 18(3): 269-277
- Pendleton, E. A., Thieler, E. R. dan Williams, S. J. 2010. Importance of coastal change variables in determining vulnerability to sea- and lake-level change. *Journal of Coastal Research*, 26(1): 176-183.
- Purnaditya, N., I Gusti, N. dan I Gusti, B. 2012. Prediksi Perubahan Garis Pantai Nusa Dua dengan ONELINE Model. *Ilmiah Elektronik Infrastruktur*, 1-8.
- Rumahorbo, B. T., Warpur, M., Hamuna, B. dan Tanjung, R. H. R. 2022. Analysis of shoreline changes along the coastal area of Biak Island (Biak Numfor Regency, Indonesia) using multitemporal Landsat images. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(1): 3861-3870.
- Rumahorbo, B. T., Warpur, M., Tanjung, R. H. R. dan Hamuna, B. 2023. Spatial analysis of coastal vulnerability index to sea level rise in Biak Numfor Regency (Indonesia). *Journal of Ecological Engineering*, 24(3): 113-125.
- Ryabchuk, D., Spiridonov, M., Zhamoida, V., Nesterova, E., Sergeev, A., 2012. Long term and short-term coastal line changes of the Eastern Gulf of Finland. *Problems of coastal erosion. Journal of Coastal Conservation*, 16(3): 233-242.
- Siswanto, A. D., Widi, A. P. dan Suntoyo. 2010. Analisa stabilitas garis pantai di Kabupaten Bangkalan. *Ilmu Kelautan*, 15(4): 221-230.
- Thieler, E. R. dan Hammar-Klose, E. S. 2000. National Assessment of coastal vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Result for the U.S. Pacific Coast. U.S. Geological Survey. Virginia USA.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L. dan Ergul, A. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0, An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- Xu, H. 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water

features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 10-12.

Yulianto, F., Suwarsono, Maulana, T. dan Khomarudin, M. R. 2019. The dynamics of shoreline change analysis based on the integration of remote sensing and geographic information system (GIS) techniques in Pekalongan coastal area, Central Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 6(3): 1789-1802.

Zonkouan, B. R. V., Bachri, I., Beda, A. H. Z. dan N'Guessan, K. A. M. 2022. Monitoring spatial and temporal scales of shoreline changes in Lahou-Kpanda (Southern Ivory Coast) using Landsat data series (TM, ETM+ and OLI). *Geomatics and Environmental Engineering*, 16(1): 145-158.