



Prediksi Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Tahun 2030 dan 2040

Asma Irma Setianingsih^{a✉}, Ilham Badaruddin Mataburu^a, Kurniawan Sidik Permono^b

^a Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Jakarta

^b Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Jakarta

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 05–06–2023

Disetujui 04–07–2023

Dipublikasikan 25–08–2023

Keywords:

Prediction, Coastline change, DSAS

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui menduga bagaimana perubahan garis pantai di sepanjang Teluk Jakarta pada tahun 2030 dan 2040. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dengan menyajikan gambaran secara spasial mengenai prediksi perubahan garis pantai Teluk Jakarta dari data citra satelit Landsat. Perhitungan prediksi garis pantai menggunakan ekstensi aplikasi ArcGis yang bernama DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Hasil penelitian menunjukkan perubahan garis pantai Teluk Jakarta dari tahun 2000-2020 dominan mengalami akresi, dengan luas akresi yang terjadi sebesar 16.955,71 ha. Prediksi yang dilakukan menunjukkan garis pantai Teluk Jakarta akan mengalami abrasi. Prediksi yang dilakukan dan akresi di beberapa wilayah. Pada tahun 2030 prediksi garis pantai berupa abrasi tertinggi 57,36 m, akresi tertinggi sebesar 84,62 m dan rata-rata perubahan yang terjadi sebesar 57,36 m. Sedangkan tahun 2040 menunjukkan abrasi tertinggi sebesar 114,72 m, dengan akresi tertinggi sebesar 169,23 m dan rata-rata perubahan yang terjadi sebesar 6,63 m.

Abstract

This study aims to determine the changes that occur on the coast along Jakarta Bay in 2030 and 2040, both accretion and abrasion. The method used in this study is a descriptive method with a quantitative approach by presenting a spatial description of the prediction of changes in the coastline of Jakarta Bay from Landsat satellite imagery data. The calculation of shoreline predictions uses an ArcGis application extension called DSAS (Digital Shoreline Analysis System). The results showed that the changes in the coastline of Jakarta Bay from 2000-2020 were dominantly accreted, with an accretion area of 16,955.71 ha. Predictions made for 2030 and 2040 show that the coastline of Jakarta Bay will experience abrasion and accretion in several areas. In 2030 the predicted coastline is in the form of the highest abrasion of 57.36 m, the highest accretion of 84.62 m and the average change that occurs is 57.36 m. Meanwhile, in 2040, the highest abrasion was 114.72 m, with the highest accretion of 169.23 m and an average change of 6.63 m.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial,
Universitas Negeri Jakarta

PENDAHULUAN

Pantai Teluk Jakarta merupakan daerah pesisir yang memiliki berbagai macam aktivitas manusia, mulai dari kegiatan pemerintahan, perekonomian, perdagangan berskala internasional dan pembangunan nasional. Berbagai aktifitas tersebut memberikan tekanan terhadap ekosistem pesisir dan perairan sekitarnya yang menyebabkan menurunnya kualitas ekosistem pantai. Selain tekanan karena kegiatan manusia, isu pemanasan global dan kenaikan muka air laut atau abrasi dan akresi membawa dampak pada semakin rentannya kawasan pesisir (Tejakusuma, 2011)

Perubahan garis pantai merupakan proses yang terus berlangsung dalam jangka waktu yang panjang, proses ini menyebabkan terjadinya pertambahan maupun pengurangan luas daratan (Hastuti dkk., 2018; Sasmito, 2020) pada wilayah pesisir yang berbatasan dengan perairan yang diakibatkan oleh berbagai proses hidrodinamika di wilayah perairannya (Dewi dkk., 2017; Solihuddin dkk., 2020) maupun oleh berbagai aktifitas di wilayah daratan yang mengakibatkan berkurangnya vegetasi mangrove yang juga berfungsi sebagai penahan abrasi (Sumar, 2021).

Perubahan garis pantai terjadi dengan kecepatan yang berbeda-beda dengan penyebabnya yaitu adanya dinamika pasang surut air laut, *transport* sedimen di sungai, gelombang air laut serta arus yang bergerak menyusuri garis pantai (Annafiyah dkk., 2022; Ramadhani dkk., 2021). Dimana fenomena tersebut lambat laun akan mengakibatkan tipologi pantai yang beragam, dan proses tersebut dapat mengakibatkan perbedaan material pantai. Pada bagian lain berkurangnya wilayah daratan dapat mempengaruhi ekosistem pantai dan bahkan menghilangkan kegiatan produktif di wilayah pesisir seperti hilangnya tambak, lahan pertanian bahkan hilangnya permukiman (Hastuti dkk., 2018).

Fenomena perubahan garis pantai yang terjadi dikhawatirkan dapat mengancam wilayah sekitar Pantai Teluk Jakarta. Oleh karena itu perlu dilakukan pembaharuan terhadap peta perubahan garis pantai yang dilakukan secara

terus-menerus agar dapat memantau sejauh mana perubahan itu terjadi sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam pengambilan kebijakan, terutama untuk daerah di sekitar wilayah pesisir Jakarta yang merupakan daerah produktif dan terus berkembang.

Data citra satelit dapat dimanfaatkan dalam pemantauan perubahan garis pantai dimana data tersebut dapat memonitoring perubahan garis pantai memiliki keuntungan tersendiri, yaitu mampu memonitor cakupan wilayah yang luas, mampu mengurangi biaya (Agustin & Syah, 2020; Sasmito, 2020) dan dapat menghemat waktu dalam proses analisisnya jika dibandingkan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Tujuan dari penelitian prediksi perubahan garis pantai Teluk Jakarta adalah untuk mengetahui perubahan garis pantai yang akan terjadi pada sepanjang Teluk Jakarta pada tahun 2030 dan 2040 menggunakan data citra satelit Landsat, menggunakan metode LRR (*Linear Regression Rate*) yang tersedia pada *extension toolbox* DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Dengan teknik ini dapat dilakukan pemantauan secara statistik dalam beberapa tahun kedepan (Dewi et al., 2017)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di sepanjang pantai Teluk Jakarta yang secara geografis terletak pada $5^{\circ} 48'30''$ - $6^{\circ} 10'30''$ LS dan diantara $106^{\circ} 33'00''$ - $107^{\circ} 03'00''$ BT. Wilayah ini membentang dari Tanjung Kait di barat hingga Tanjung Karawang di bagian timur dengan total sepanjang ± 89 Km.

Alat dan Data

Pada penelitian, dalam pengolahan dan analisis data digunakan software SIG (ArcGIS 10.8) dan software ENVI 5.3. Beberapa data yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi data tutupan lahan eksisting untuk menguji akurasi data, data pasang surut dan arus yang digunakan untuk mengkoreksi rata-rata muka air terhadap garis pantai, dan data garis pantai yang diperoleh

dari deliniasi garis pantai dari citra satelit Landsat 7 ETM+ dan 8 OLI.

Tabel 1. Sumber Data

No	Data	Sumber	Keterangan
1	Citra satelit landsat 7 ETM+ tahun 2000 dan 2010 <i>path</i> 122 <i>row</i> 64	Earthexplorer.usgs.gov	Primer
2	Citra satelit landsat 8 OLI tahun 2020 <i>path</i> 122 <i>row</i> 64	Earthexplorer.usgs.gov	Primer
3	Peta Batas Administrasi	Dukcapil 2019	Sekunder
4	Peta Tutupan Lahan	ESRI 2020	Sekunder
5	Data Batimetri	Tides.big.go.id	Sekunder
6	Data Arus laut	Coastwatch.pfeg.noaa.gov	Sekunder
7	Data pasang surut	Dishidros	Sekunder

Sumber: Penelitian (2022)

Pengolahan Data

a. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan sebuah proses memperbaiki nilai piksel dalam gambar digital yang didapatkan dari citra satelit akibat kesalahan radiometrik. Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengekstraksi informasi, dilakukan karena hasil perekaman mengalami kesalahan akibat gangguan atmosfer. Pengkoreksian dilakukan menggunakan aplikasi ENVI 5.3 dengan metode DOS (*Dark Object Subtraction*).

b. Deliniasi

Setelah proses koreksi radiometrik selanjutnya akan dilakukan deliniasi garis pantai yang bertujuan untuk memisahkan wilayah daratan dan perairan dengan tujuan untuk mengetahui secara jelas batas antara daratan dan perairan, sehingga didapatkan posisi garis pantai pada citra yang digunakan. Proses deliniasi pada penelitian ini menggunakan metode MNDWI (*Modified Normalised Difference Water Index*) metode ini dipilih karena mampu mendeteksi posisi garis pantai yang baik (Murray dkk., 2023) dengan tingkat akurasi dalam mengekstrak informasi perairan mencapai 99,85% (Xu, 2006).

Proses deliniasi menggunakan metode MNDWI untuk Landsat 2000 dan 2010 ETM+ menggunakan rumus, sebagai berikut (Isdianto dkk., 2020; Xu, 2006):

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

Pada citra Landsat OLI deliniasi garis pantai dengan MDWI menggunakan

perbandingan antar saluran green dan SWIR 1 (Julianto dkk., 2021; Ko dkk., 2015) sebagai berikut:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR 1}{Green + SWIR 1}$$

c. Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan prasyarat mutlak setelah dilakukan tahap klasifikasi, dalam tahap ini tujuan dari dilakukannya uji akurasi adalah untuk mengetahui sejauh mana tingkat keakuratan interpretasi citra yang telah dilakukan. Metode yang digunakan dalam menguji akurasi dalam penelitian ini adalah metode uji akurasi Kappa. Akurasi Kappa dalam perhitungannya menggunakan seluruh elemen kolom dalam matriks kesalahan (Congalton, 2015).

d. Koreksi Garis Pantai

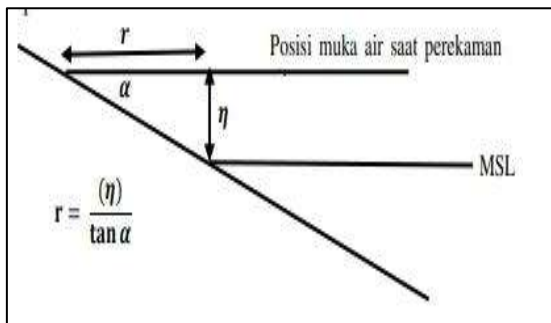
Proses pengoreksian garis pantai terhadap pasang surut muka air laut sangat penting untuk dilakukan, hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan saat perekaman citra akibat genangan air laut terhadap garis pantai yang sudah didapatkan. Proses dalam pengkoreksiannya dilakukan dalam beberapa tahap diawali dengan penentuan kemiringan dasar pantai berdasarkan data topo-batimetri yang dapat diperoleh melalui persamaan:

$$\tan \alpha = \frac{h}{x}$$

Keterangan: h: Kedalaman perairan x: Jarak titik pengukuran kedalaman (m)

Setelahnya adalah mencari selisih posisi muka air (η) pada saat citra direkam terhadap

Mean Sea Level (MSL), sehingga diperoleh jarak garis pantai seperti pada gambar 1 (Indri et al., 2021).



Gambar 1. Posisi tinggi muka air pada saat perekaman citra

e. Perubahan Garis Pantai

Perhitungan garis pantai yang telah terkoreksi dilakukan menggunakan DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) untuk mendeteksi perubahan garis pantai baik karena proses abrasi maupun akresi (Darmiati dkk., 2020; Isdianto dkk., 2020), yang diawali dengan membuat file personal database, sekaligus membuat dua feature class yaitu baseline dan shoreline. *Baseline* dibuat sebagai acuan perhitungan garis pantai yang akan menghasilkan transek-transek perubahan, *shoreline* dibuat dengan menggabungkan semua data garis pantai terkoreksi yang dimiliki.

Perhitungan perubahan garis pantai dilakukan dengan memanfaatkan metode analisis statistik yang ada dalam DSAS yaitu NSM (*Net Shoreline Movement*), EPR (*End Point Rate*).

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

$$EPR = \frac{\text{jarak garis pantai terlama dan terbaru (m)}}{\text{waktu garis pantai terlama dan terbaru (tahun)}}$$

f. Prediksi Perubahan Garis Pantai

Perhitungan prediksi perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan metode analisis statistik LRR (*Linear Regression Rate*) yang tersedia dalam DSAS. Metode LRR merupakan metode perhitungan regresi linear untuk menentukan laju perubahan garis pantai pada masa yang akan datang berdasarkan asumsi tren linier perubahan antara garis pantai awal sampai yang terbaru. Pada penelitian ini perhitungan prediksi perubahan garis pantai dihitung dari laju perubahan garis pantai di sepanjang transek pada garis pantai yang telah ditentukan (Garis pantai 2000, 2010 dan 2020), dihitung dengan memplot titik-titik dimana garis pantai berpotongan dengan transek dan menghitung persamaan regresi linear (Baig et al., 2020) dengan rumus:

$$L = b + mx$$

Dimana:

L = Jarak antara garis pantai terhadap *baseline*

B = y-intersep

M = Kemiringan garis pantai

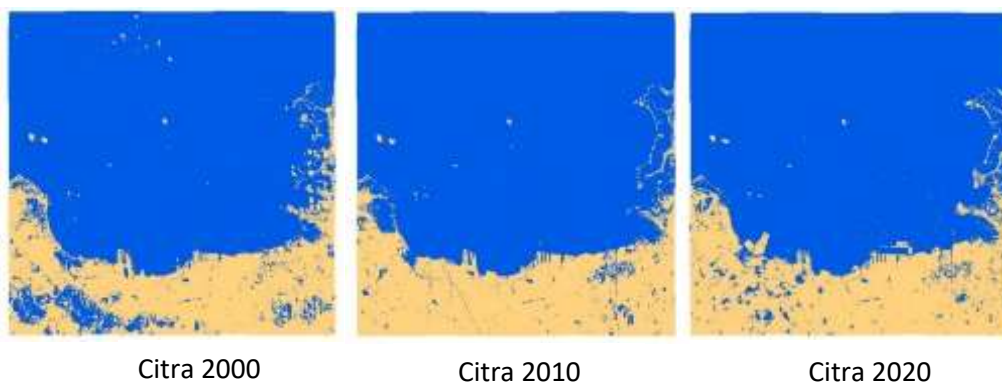
X = Interval tahun garis pantai

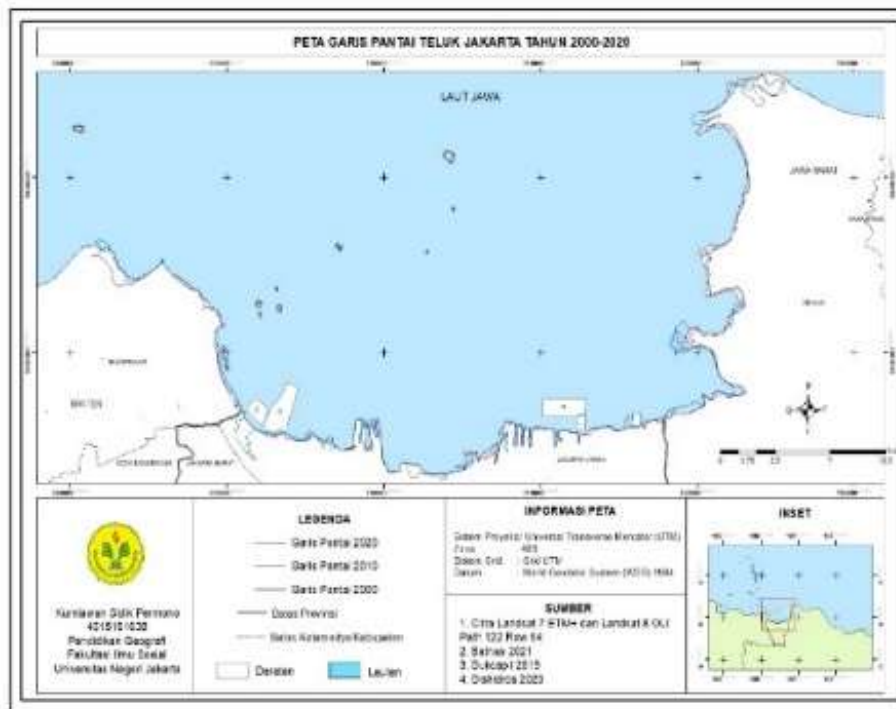
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Delineasi Garis Pantai

Pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi citra satelit landsat tahun 2000, 2010 dan 2020 yang dilakukan dengan menggunakan metode MNDWI. Hasil delineasi menggunakan rumus MNDWI dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil digitasi garis pantai dari citra pada tahun 2000, 2010 dan 2020 yang telah di delineasi disajikan pada Gambar 3.

Gambar 2. Hasil Delineasi Garis Pantai





Gambar 3. Peta Garis Pantai Teluk Jakarta

Uji Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan setelah proses deliniasi garis pantai hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil klasifikasi yang telah dilakukan dengan menggunakan metode MNDWI. Pengujian dilakukan dengan

menggunakan uji akurasi Kappa dengan hasil *overall accuracy* sebesar 0,894 atau 89% yang berarti uji akurasi yang dilakukan pada penelitian dapat dikategorikan sebagai sangat baik. Perhitungan uji akurasi secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi

Hasil Interpretasi	Keadaan Sebenarnya		Total	User Accuracy
	Darat	Laut		
Darat	21	2	24	87.5
Laut	3	9	11	81.82
Total	24	11	35	
<i>Producer's accuracy</i>	87.5	81.82		

Koreksi Garis Pantai

Pada gambar 3 dapat diketahui garis pantai hasil deliniasi akan tetapi garis pantai yang sudah didapatkan tersebut besar kemungkinan mengalami kesalahan ekstraksi akibat pasang surut air laut yang terjadi pada saat perekaman citra. Penentuan kemiringan pantai tahun 2000 dan 2010 diasumsikan memiliki kemiringan yang sama dengan pantai pada tahun 2020, hal ini dikarenakan keterbatasan sumber data untuk

dapat memperoleh data pada tahun tersebut, hasil dari perhitungan rata-rata kemiringan pantai yaitu sebesar 0,3 derajat.

Selain penentuan kemiringan pantai, penentuan kondisi pasang surut pada saat perekaman merupakan hal yang penting dilakukan pada saat akan melakukan koreksi garis pantai terhadap muka air laut rata-rata. Berikut merupakan kondisi pasang surut pada saat perekaman citra yang dipakai.

Hasil analisis terhadap citra landsat perekaman tahun 2000 menunjukkan bahwa kondisi air laut saat perekaman sedang pasang dengan tinggi muka air laut sebesar 1,09 meter, sementara citra tahun 2010 direkam pada saat tinggi air laut sedang surut dengan kedalaman surut sebesar 0,78 meter dan pada tahun 2020 citra direkam pada saat tinggi air laut sedang pasang dengan ketinggian pasang sebesar 2,93 meter (lihat Tabel 3).

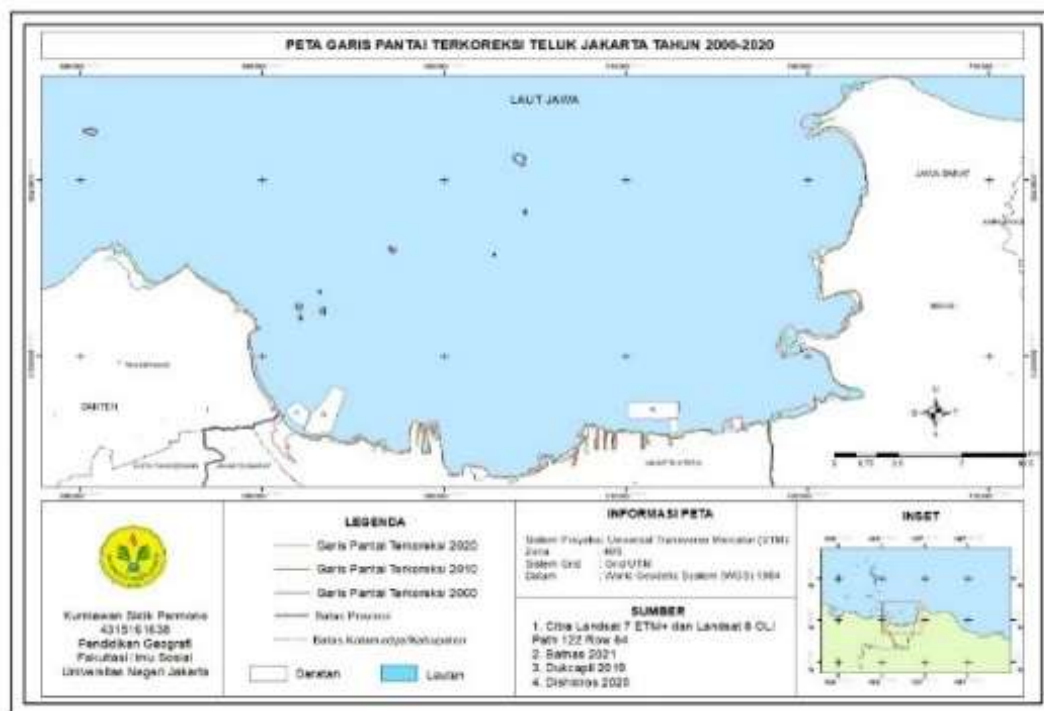
Acuan dalam pengoreksian *mean sea level* (MSL) adalah apabila perekaman citra terjadi pada saat tinggi air laut lebih dari MSL (keadaan

pasang), maka garis pantai akan digeser sejauh x meter ke arah laut, dan sebaliknya jika air laut dalam keadaan surut pada saat perekaman citra, maka garis pantai akan digeser sejauh x meter ke arah darat. Hasil akhir dari pengoreksian garis pantai terhadap MSL adalah garis pantai tahun 2000 digeser sejauh 3,24 meter ke arah laut, sementara garis pantai tahun 2010 digeser sejauh 2,32 meter ke arah darat, dan garis pantai 2020 digeser sejauh 8,69 meter ke arah laut. Interpretasi dari garis pantai yang sudah dikoreksi disajikan pada Gambar 4.

Tabel 3. Kondisi Pasang Surut Saat Perekaman Citra

Satelit	Tanggal	Waktu Akuisisi		Kondisi Pasang Surut	Kedalaman (m)
		GMT	WIB		
Landsat 7	28/07/2000	2:51:16	9:51:16	Pasang	1.09
Landsat 7	21/05/2010	2:52:11	9:52:11	Surut	0.78
Landsat 8	27/07/2020	3:00:00	10:00:00	Pasang	2.93

Sumber: Hasil Analisis Data, 2022



Gambar 4. Peta Garis Pantai Terkoreksi Teluk Jakarta

Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai pada penelitian ini merupakan hasil analisis dengan memanfaatkan extension toolbox Digital Shoreline Analysis

System (DSAS), perubahan garis pantai yang telah dikoreksi dihitung dengan menggunakan transek dengan jarak per-25 meter untuk mendapatkan kedetailan hasil. Perubahan garis

pantai Teluk Jakarta menunjukkan dominan mengalami akresi mengalami akresi tertinggi sepanjang 3.359,08 m, akresi terendah 0,08 m dengan total akresi sepanjang 744.267,55 m dan rata-rata akresinya sepanjang 293,02 m dan luas

perubahan yang terjadi sebesar 2.157,62 ha. Perhitungan total dan interpretasi perubahan garis pantai Teluk Jakarta disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Jakarta 2000-2020

Perubahan	Kondisi Pantai		Total	
	Abrasi	Akresi		
NSM (m)	Tertinggi	2.287,64	3.359,08	967.303,80
	Terendah	0,01	0,08	
	Rata-rata	128,47	293,02	
	Total Perubahan	223.027,25	744.276,55	
EPR (m)	Tertinggi	114,26	55,61	24.024,73
	Terendah	1,82	13,79	
	Rata-rata	11,37	29,18	
	Total Perubahan	22.799,31	1.225,42	
Luas Perubahan (ha)	7.748,38	16.955,71	24.704,10	

Sumber: Hasil Analisis Data, 2022



Gambar 5. Peta Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta

Prediksi Perubahan Garis Pantai

Prediksi garis pantai pada umumnya dilakukan untuk dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan

pembangunan wilayah pesisir atau dapat digunakan sebagai sarana antisipasi serta perencanaan terhadap bencana yang dapat terjadi akibat dinamika perubahan pantai. Prediksi

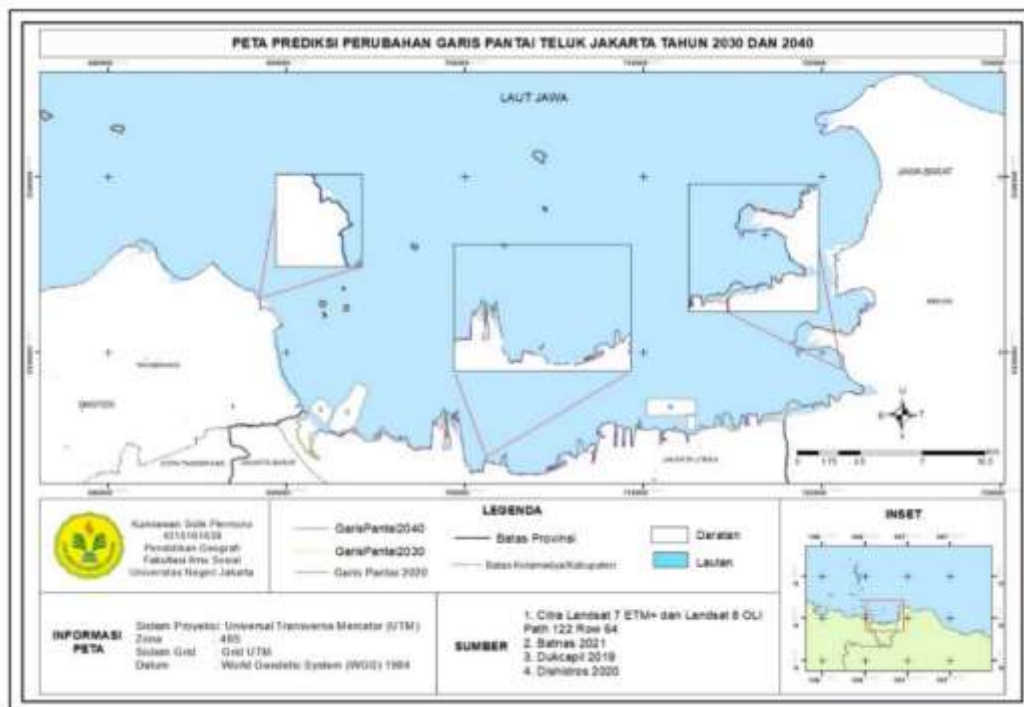
perubahan garis pantai dilakukan dengan menginput ketiga data garis pantai yang telah terkoreksi, selanjutnya dilakukan perhitungan regresi linier sederhana atau biasa disebut LRR yang merupakan salah satu perhitungan yang ada di dalam DSAS (Setyawan dkk., 2021), hasil perhitungan nilai LRR yang menunjukkan hasil negatif (-) artinya perubahan yang terjadi berupa kejadian abrasi dan nilai perhitungan LRR positif (+) artinya perubahan yang terjadi berupa kejadian akresi.

Hasil prediksi pada garis pantai tahun 2030 dapat diketahui pada beberapa wilayah terjadi abrasi dan akresi, hal ini dikarenakan hasil perhitungan menunjukkan nilai LRR (-) negatif dan positif (+) yang mengindikasikan terjadinya abrasi dan akresi (Baig et al., 2020; Wawan, 2022). Perubahan berupa abrasi tertinggi sebesar 57,36 m, dengan abrasi tertinggi sebesar 84,62 m, rata-rata perubahan yang terjadi pada garis pantai tahun 2030 sebesar 3,32 m.

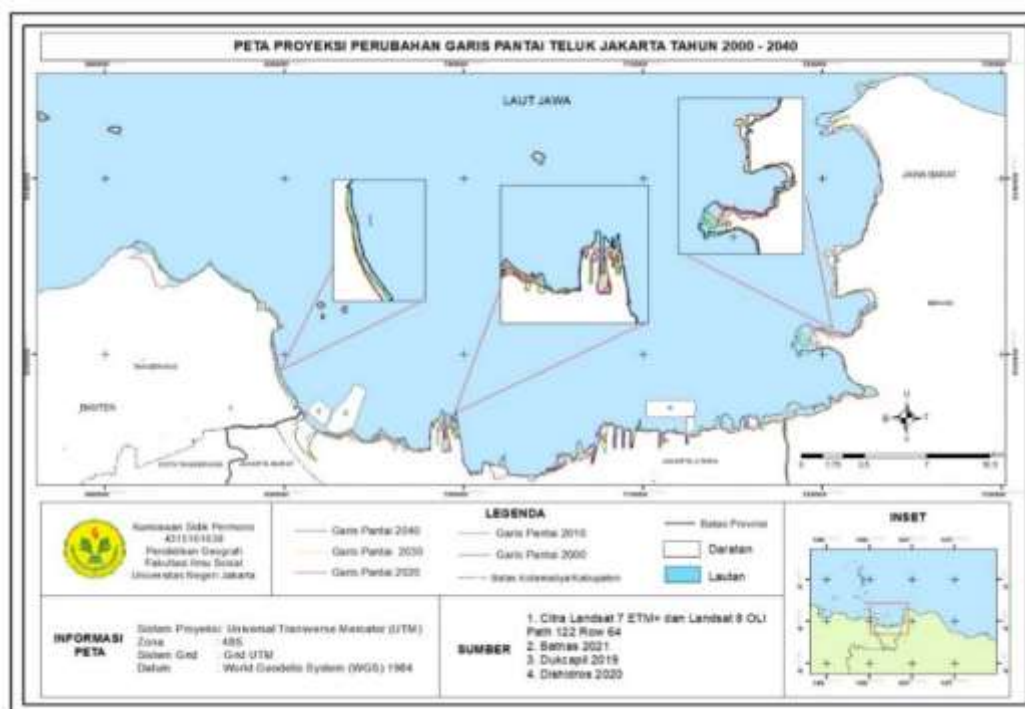
Pada tahun 2040 diprediksi terjadi perubahan pada beberapa wilayah Teluk Jakarta

sebagai lanjutan dari proses abrasi dan akresi. Perubahan ini ditunjukkan pada nilai LRR (-) negatif dan positif (+) di wilayah tersebut. Abrasi tertinggi yang terjadi pada tahun 2040 sebesar 114,72 m, sedangkan akresi tertinggi sebesar 169,23 m. Pada tahun 2040 ini rata-rata perubahan yang terjadi pada garis pantai Teluk Jakarta sebesar 6,63 m. Sebaran perubahan garis pantai Teluk Jakarta tahun 2030 dan 2040 disajikan pada Gambar 6 dan peta proyeksi garis pantai tahun 2000-2040 pada Gambar 7.

Data dengan nilai koefisien korelasi (R) mendekati 1 dalam prediksi perubahan garis pantai berarti data tersebut dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bahwa pada lokasi tersebut pada masa mendatang akan mengalami perubahan garis pantai. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa dari 2545 titik objek terdapat 2403 titik objek dengan nilai koefisien r mendekati 1, yang berarti bahwa sejumlah titik tersebut memiliki nilai perhitungan LRR yang dapat dijadikan pertimbangan dalam prediksi perubahan garis pantai.



Gambar 6. Peta Prediksi Garis Pantai Teluk Jakarta Tahun 2030 dan 2040



Gambar 7. Peta Proyeksi Garis Pantai Teluk Jakarta Tahun 2000-2040

PENUTUP

Prediksi perubahan garis pantai Teluk Jakarta yang akan datang yaitu pada tahun 2030 dan 2040 memiliki kecenderungan akan mengalami abrasi, hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan DSAS yang menunjukkan nilai negatif (-) dengan luas abrasi yang akan terjadi pada tahun 2030 sebesar 105.334,95 m dan pada tahun 2040 sebesar 21.007,88 m.

Penggunaan data penginderaan jauh dan SIG dengan metode DSAS menunjukkan hasil yang baik. Hasil perhitungan diperoleh nilai koefisien r yang mendekati 1. Hal ini memperlihatkan bahwa hasil perhitungan perubahan garis pantai adalah valid. Yang ditunjukkan dengan terdapatnya 2403 dari 2545 (94,4%) yang sesuai dengan kriteria dalam DSAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, N. S., & Syah, A. F. (2020). Analisis perubahan garis pantai di Pulau Madura menggunakan citra satelit Landsat 8. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(3), 427–436. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8843>
- Annafiyah, A., Maulidi, A., Kurniadin, N., & Wilujeng, A. D. (2022). Analisis perubahan garis pantai wilayah pesisir selatan Kabupaten Sampang menggunakan citra landsat. *Sebatik*, 26(2), 439–445. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.1936>
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & 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. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Congalton, R. G. (2015). Remote Sensing and Image Interpretation. 7th Edition. In *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* (Vol. 81, Issue 8). <https://doi.org/10.14358/pers.81.8.615>
- Darmiati, Nurjaya, I. W., & Atmadipoera, A. S. (2020). Analisis perubahan garis pantai di wilayah pantai barat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 211–222. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.22815>
- Dewi, D. K., Sutikno, S., & Rinaldi. (2017). Analisis laju perubahan garis pantai Pulau Karimun Besar menggunakan DSAS (digital shoreline analysis system). *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–14. www.weblakes.com.

- Hastuti, E. C., Sanjoto, T. B., & Hardati, P. (2018). Perubahan garis pantai dan pengaruhnya terhadap status kepemilikan dan penguasaan tanah timbul di Muara Sungai Wulan tahun 1986-2016. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 7(2), 131–140. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/geoimage>
- Indri, B., Laksono, A., Taufik, D., Fatin, I., Nur, N., Silvie, O., Nurazizah, R., & Marfai, M. A. (2021). Dinamika perubahan garis pantai Kabupaten Kendal tahun 2000 - 2020. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1), 75–83.
- Isdianto, A., Asyari, I. M., Fairuz Haykal, M., Adibah, F., Irsyad, M. J., & Supriyadi, S. (2020). Analisis perubahan garis pantai dalam mendukung ketahanan ekosistem pesisir. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 168–181.
- Julianto, F. D., Fathurohman, C. R., Rahmawati, S. D., & Ihsanudin, T. (2021). Shoreline changes after the Sunda Strait tsunami on the coast of Pandeglang regency, Banten. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 17(2), 201. <https://doi.org/10.30536/ijreses.2020.v17.a3390>
- Ko, B. C., Kim, H. H., & Nam, J. Y. (2015). Classification of potential water bodies using landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors (Switzerland)*, 15(6), 13763–13777. <https://doi.org/10.3390/s150613763>
- Murray, J., Adam, E., Woodborne, S., Miller, D., Xulu, S., & Evans, M. (2023). Monitoring shoreline changes along the southwestern coast of South Africa from 1937 to 2020 using varied remote sensing data and approaches. *Remote Sensing*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/rs15020317>
- Ramadhani, Y. P., Praktikto, I., & Suryono, C. A. (2021). Perubahan garis pantai menggunakan citra Satelit Landsat di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 10(2), 299–305. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.30468>
- Sasmito, B. (2020). Analisis perubahan garis pantai akibat kenaikan muka air laut Pantai Kabupaten Demak. *ELISOIDA: Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 3(2), 178–184.
- Setyawan, F. O., Sari, W. K., & Aliviyanti, D. (2021). Analisis perubahan garis pantai menggunakan digital shoreline analysis system di Kecamatan Kuala Pasir, Kabupaten Nagan Raya, Aceh. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2), 368–377. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Solihuddin, T., Prihantono, J., Mustikasari, E., & Semeidi, H. (2020). Dynamic of shoreline changes in the coastal region of Banten bay and surrounding areas. *Jurnal Geologi Kelautan*, 18(2), 73–86. <http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/>
- Sumar, S. (2021). Penanaman Mangrove Sebagai Upaya Pencegahan Abrasi. *Ikraith-Abdimas*, 4(1), 126–130.
- Tejakusuma, I. G. (2011). Pengkajian kerentanan fisik untuk pengembangan pesisir wilayah Kota Makassar. *Jurnal Sains Dan Teknologi Informatika*, 13(2), 82–87.
- Wawan, W. (2022). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode DSAS di Desa Karimunting Kabupaten Bengkayang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 6(1), 121–131. <https://doi.org/10.29408/geodika.v6i1.5457>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>