

Prediksi Perubahan Garis Pantai Di Pantai Tanjung Lesung, Kec. Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Banten (Studi Kasus: 2022-2047)

Maria Kurniawati Lena Liwun^{1*}, Aris Ismanto², Elis Indrayanti², Bayu Munandar², Hendry Siagian³

¹*Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro*

²*Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia*

³*PT. Freeport Indonesia*

Jl. Mile 68 Tembagapura, Papua Indonesia

Email: Kurnialena102@gmail.com

Abstrak

Pantai Tanjung Lesung merupakan proyek strategis nasional yang menjadi potensi wisata pantai untuk perkembangan perekonomian Provinsi Banten. Kerusakan daerah pesisir telah terjadi dari tahun ke tahun di wilayah ini. Kondisi ini perlu dilakukan mitigasi untuk mengurangi resiko rusaknya infrastruktur dan sangat mengganggu permukiman, pariwisata, dan aktivitas masyarakat yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung yang terjadi dalam 25 (2002 – 2047) tahun yang akan datang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengembangan wisata pantai dengan mencegah terjadinya abrasi dan akresi di titik-titik krusial. Pemodelan perubahan garis pantai pada penelitian ini, menggunakan modul LITLINE, salah satu modul utama dari LITPACK dari MIKE 21. Pengumpulan data dilakukan dengan survey lapangan dan pengambilan data dari instansi terkait. Analisis hasil model perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung, Kab. Pandeglang menunjukkan potensi terjadinya proses abrasi dan akresi untuk 25 tahun ke depan. Selama 25 tahun dari tahun 2022 – 2047 garis pantai Tanjung Lesung mengalami abrasi sebesar 48.69 m dan akresi sebesar 51,7 m. Nilai rata – rata perubahan garis pantai adalah 11,5 dan 11,75 pada kejadian abrasi dan akresi secara berurut. Akumulasi akresi dengan kala periode 5 tahun hingga 2047 di daerah teluk adalah sebesar 61,65 m, sedangkan akumulasi abrasi dengan kala periode 5 tahun hingga 2047 adalah sebesar 72,49 m.

Kata kunci: Abrasi, Akresi, LITPACK, Tanjung Lesung

Abstract

Prediction Of Coastline Changes In Tanjung Lesung Beach, Panimbang Regancy, Pandeglang District, Banten (Case Study: 2022-2047)

Tanjung Lesung Beach is a national strategic project that becomes a potential for coastal tourism for the economic development of Banten Province. Damage to coastal areas has occurred from year to year in this region. This condition needs to be mitigated to reduce the risk of infrastructure damage and greatly disrupt settlements, tourism, and other community activities This study aims to predict shoreline changes at Tanjung Lesung Beach that will occur in the next 25 (2002–2047) years.. The results of this study are expected to be considered in planning the development of coastal tourism by preventing abrasion and accretion at crucial points. The modeling of shoreline changes in this study uses the LITLINE module, one of the main modules of LITPACK from MIKE 21. Data collection is carried out by field surveys and data collection from relevant agencies. Analysis of the results of the model of shoreline change at Tanjung Lesung Beach, Pandeglang district shows the potential for abrasion and accretion processes for the next 25 years. For 25 years, from 2022 to 2047, the Tanjung Lesung coastline experienced 48.69 m of abrasion and 51.7 m of accretion. The average value of shoreline change is 11.5 and 11.75 for accretion and sedimentation events, respectively. The accumulation of accretion with a period of 5 years to 2047 in the bay area is 61.65 m, while the accumulation of abrasion with a period of 5 years to 2047 is 72.49m.

Keywords: Abrasion, Accretion, LITPACK, Tanjung Lesung

PENDAHULUAN

Kerusakan wilayah pesisir pantai merupakan permasalahan sebagian besar wilayah pesisir di Indonesia dan khususnya di Pantai Tanjung Lesung. Mutaqin *et al.*, (2021) menyatakan bahwa laju perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung sebesar -4,5 m/tahun. Widada *et al.* (2022) di Pantai di Kota Pekalongan mengalami abrasi dan erosi berkisar antara 10-15 m. Kerusakan pantai tersebut sangat mengganggu wilayah permukiman, perekonomian dan aktivitas masyarakat. Kerusakan wilayah pantai dapat dipengaruhi oleh gelombang, pasang surut, arus laut, kenaikan muka air laut, aktivitas manusia, dan lain-lain (Widada *et al.*, 2022; Arjasakusuma *et al.*, 2021). Proses-proses diatas mempengaruhi dinamika perubahan garis pantai seperti abrasi dan akresi, khususnya di Pantai Tanjung Lesung (Mutaqin *et al.*, 2021).

Proses abrasi dan akresi menjadi ancaman bagi kota-kota besar atau pusat wisata yang berada di daerah pesisir laut (Marfai *et al.*, 2008). Pantai wisata yang sedang berkembang yaitu Pantai Tanjung Lesung yang menjadi salah satu proyek strategis nasional melalui Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) (KEK Indonesia, 2022). Peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Pandeglang beberapa tahun terakhir di dorong oleh peningkatan wisata (Mutaqin *et al.*, 2021). Peningkatan kunjungan wisata di Pantai Tanjung lesung membuat pengelola harus membangun fasilitas umum (BPS Provinsi Banten, 2022). Pembangunan fasilitas umum menimbulkan alih fungsi penggunaan lahan dan aktivitas lain yang dapat meningkatkan potensi kerusakan wilayah pesisir (Hendriyono *et al.*, 2015; Arjasakusuma *et al.*, 2021; Widodo *et al.*, 2022).

Tahapan mitigasi sebagai upaya mengeleminasi dampak tersebut, maka perlu menyusun strategi penanggulangan kerusakan wilayah pantai. Penyusunan strategi penanggulangan kerusakan pantai salah satunya dapat di analisis dengan menggunakan data perubahan garis pantai. Analisis perubahan garis pantai dapat memberikan gambaran dimana titik-titik lokasi abrasi dan akresi. Pengetahuan mengenai titik abrasi dan akresi dapat menjadi pedoman dalam menentukan prioritas wilayah yang perlu diselamatkan lebih dahulu.

Penelitian terdahulu tentang perubahan garis pantai di daerah Kabupaten Pandeglang telah banyak dilakukan, diantaranya Rositasari (2007), menemukan bahwa sebaran sedimen dasar

memperlihatkan kecenderungan tingginya sebaran fraksi kasar di lepas pantai sekitar muara sungai-sungai yang terletak di sebelah Tenggara Tanjung Lesung. Keadaan ini menunjukkan adanya proses abrasi aktif di sepanjang pesisir timur Tanjung Lesung hingga sekitar Ciseukeut. Selanjutnya, Mutaqin *et al.* (2020) dan Wicaksono *et al.* (2020) menyatakan bahwa telah terjadi kemunduran garis pantai di wilayah pantai Tanjung Lesung dalam rentang waktu tahun 1990-2020 (30 Tahun). Penelitian sebelumnya menggunakan metode pendekatan penginderaan jauh (Mutaqin *et al.*, 2021) dan analisis ukuran butir sedimen (Rositasari, 2007) yang menemukan telah terjadi perubahan garis pantai di Tanjung Lesung. Penelitian ini menggunakan pendekatan prediksi perubahan garis pantai dalam 25 tahun mendatang dengan software MIKE 21 (modul Litoral Process FM (LITPACK)) (Anton *et al.*, 2017; Widada *et al.*, 2022). Proses analisis yang cepat dan cukup akurat membuat metode pendekatan ini dipilih untuk analisis perubahan garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi di Pantai Tanjung Lesung sebagai upaya dalam penanggulangan kerusakan pantai di Kabupaten Pandeglang.

MATERI DAN METODE

Data yang digunakan pada penelitian yaitu data granulometri sedimen, garis pantai, citra google earth, gelombang dan bathimetri di wilayah penelitian. Data granulometri sedimen dan garis pantai didapatkan dari hasil pengukuran lapangan pada tahun 2022. Penentuan tinggi dan periode gelombang signifikan didapatkan dari marine copernicus (marine.copernicus.eu) (Chune *et al.*, 2021). Pengamatan data gelombang selama 27 tahun (1993-2020) di sekitar Pantai Tanjung Lesung dapat di analisis tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) (Tabel 1). Lokasi penelitian berada di Pantai Tanjung Lesung, Kec. Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Banten (Gambar 1).

Pemodelan perubahan garis pantai pada penelitian ini, menggunakan modul LITLINE, salah satu modul utama dari LITPACK dari MIKE 21 (Anton *et al.*, 2017; Widada *et al.*, 2022). Model perubahaan garis pantai berfokus pada evolusi garis pantai dari tahun 2022 hingga tahun 2047 dimana posisi garis pantai berubah berdasarkan kondisi gelombang. Periode pengamatan selama 27 tahun di bagi menjadi 5 waktu pengamatan dengan interval 5 tahun. Berikut persamaan yang

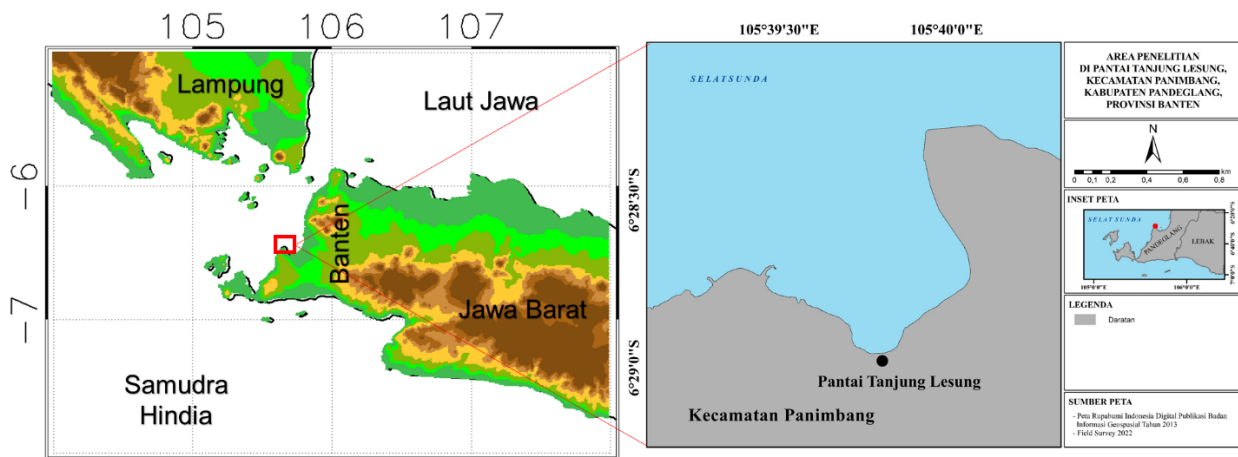
digunakan sebagai persamaan utama dalam menyelesaikan model ini:

$$\frac{\partial yc}{\partial t} = \frac{1}{h_{act}} \frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{Q_{sou}}{h_{act} \Delta X}$$

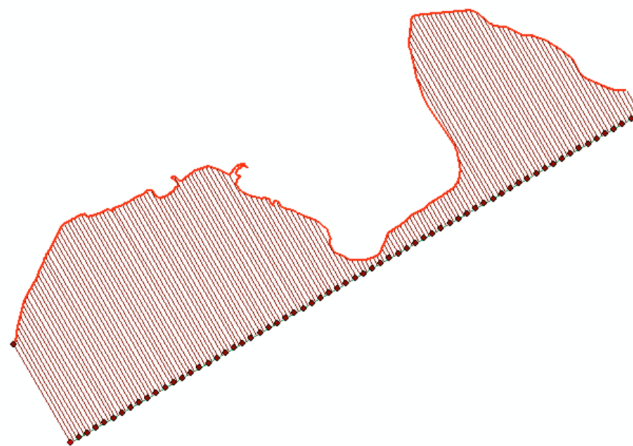
Dimana yc merupakan posisi garis pantai, Q_{sou} merupakan debit sedimen dari berbagai sumber termasuk gumuk yang tererosi, h_{act} adalah panjang *cross-shore* pada profil lintas pantai, t adalah waktu, Q adalah tingkat transpor sejajar pantai, dan X adalah posisi *longshore*.

Pembangunan model berdasarkan teori *on-line* dengan modifikasi yang disesuaikan, dimana profil lintas pantai (*cross-shore profile*) diasumsikan tidak berubah selama abrasi/akresi (Widada *et al.*, 2021). Sehingga, morfologi pantai

hanya digambarkan oleh posisi garis pantai. Perubahan garis pantai dilihat pada pergerakan perubahan posisi garis pantai terhadap *baseline* sebagai acuan. Skenario *baseline* dan garis pantai ditunjukkan pada Gambar 2. *Baseline* dan garis pantai masing – masing memiliki panjang 3300m dan 5780m, hal ini dikarenakan *baseline* merupakan garis dasar yang melintang lurus, sedangkan *coastline* merupakan garis yang memiliki bentuk morfologi, sehingga lekuknya mengakibatkan garis yang lebih panjang. Penelitian ini membagi wilayah pengamatan (Gambar 1) menjadi 165 line (Gambar 2) dengan interval line yaitu 2 m. Pembagian line ini bertujuan untuk mengetahui titik-titik mana di Pantai Tanjung Lesung mengalami abrasi atau akresi secara lebih terperinci.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pantai Tanjung Lesung, Kec. Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten.



Gambar 2. *Baseline* (black dot), *activeline* (red line) dan garis pantai (*coastline*) (bold redline) pada pembangunan model perubahan garis pantai (*coastline*) pada tampilan LITPACK.

Berdasarkan terminologi yang telah disebutkan, tahapan selanjutnya adalah pembuatan garis aktif jarak antara *baseline* dan *shoreline* sebagai indikasi perubahan garis pantai yaitu jarak antara *baseline* dengan total 165 *line* dengan *interval line* sebesar 20m. Pembangunan model *coastline evolution* digambarkan pada bidang datar dengan sistem koordinat UTM 48s, dan *baseline origin* pada koordinat 571886,697mE 9282481,786mS pada sudut orientasi 330°. Area ini merupakan daerah pembangunan model *coastline evolution* yaitu pesisir Tanjung Lesung, Kec. Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten.

Pembangunan model *coastline evolution* menggunakan modul LITPACK pada perangkat lunak MIKE from DHI. Modul ini dapat membuat prediksi untuk angkutan sedimen non-kohefif, arus sejajar pantai, evolusi *crossshore profile*, perubahan garis pantai hingga akresi pada area palung. Pembangunan model *coastline evolution* dibutuhkan pembangunan data klimatologi untuk memeberikan gaya pembangkit mengubah garis pantai. *Wave climate* merupakan parameter utama untuk komputasi hidrolika. Parameter yang digunakan adalah *wave height*, *wave angle*, dan *wave period* yang diberikan pada suatu kedalaman pada potong melintang (*cross profile*). Pembangunan model *coastline evolution* dapat

dilengkapi juga dengan parameter arus laut. Gelombang laut diberikan pada beberapa event, pada pembangunan model ini panjang prediksi dilakukan selama 25 tahun yaitu 2022 – 2047 dengan durasi kejadian adalah % disetiap tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hs dan Ts menjadi parameter utama dalam prediksi model matematis perubahan garis pantai. Nilai Hs dan Ts dapat di lihat pada Tabel 1. Lokasi Pantai Tanjung Lesung menghadap kearah barat yang membuat daratan berada di timur sehingga dominasi arah gelombang yang datang berasal daribarat laut (300°). Tinggi gelombang di sekitar Pantai Tanjung Lesung berkisar antara 0.35 – 3,6 m. Daerah yang memiliki morfologi pantai berupa teluk dan tanjung mengakibatkan adanya arus sejajar dengan pantai (Triatmodjo, 2012; Lubis *et al.*, 2020). Arus yang berada di sekitar Pantai Tanjung Lesung berkisar antara 0-0,15 m/s. Arus yang berada di teluk ini memiliki peranan penting dalam terjadinya transport sedimen sepanjang pantai (*longshore transport*) pada lokasi yang bersangkutan (Komar, 1998). Pengambilan data sedimen dasar untuk analisis granulometri dilakukan pada 6 stasiun pengamatan (Tabel 2). Jenis sedimen dominan di sekitar Pantai Tanjung Lesung yaitu Pasir.

Tabel 1. Parameter gelombang laut untuk masukan prediksi perubahan garis pantai Tanjung Lesung, Kab. Pandeglang.

No	Parameter	Nilai
1	Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) Dominan (m)	2,1
2	Periode Gelombang Signifikan (Ts) Dominan (s)	8
3	Rata-rata arah gelombang dominan (deg)	300
4	<i>Directional spreading index</i> (n)	7

Tabel 2. Distribusi Ukuran Butir Sedimen Dasar Perairan di sekitar Pantai Tanjung Lesung, Kabupaten Pandeglang

No Stasiun	Lokasi Stasiun		Fraksi Sedimen (%)				D50	Jenis Sedimen
	Longitude	Latitude	Gravel	Pasir	Lanau	Lempung		
1	105,659761	-6,478148	5,1	94,9	0	0	0,57	Pasir
2	105,66405	-6,475263	0,9	99,1	0	0	0,9	Pasir
3	105,665079	-6,477302	2,1	97,9	0	0	0,12	Pasir
4	105,661457	-6,479479	0,2	99,8	0	0	0,18	Pasir
5	105,665806	-6,478556	3,6	96,4	0	0	0,39	Pasir
6	105,662492	-6,48143		22,8	77,1	0,1	0,066	Lanau

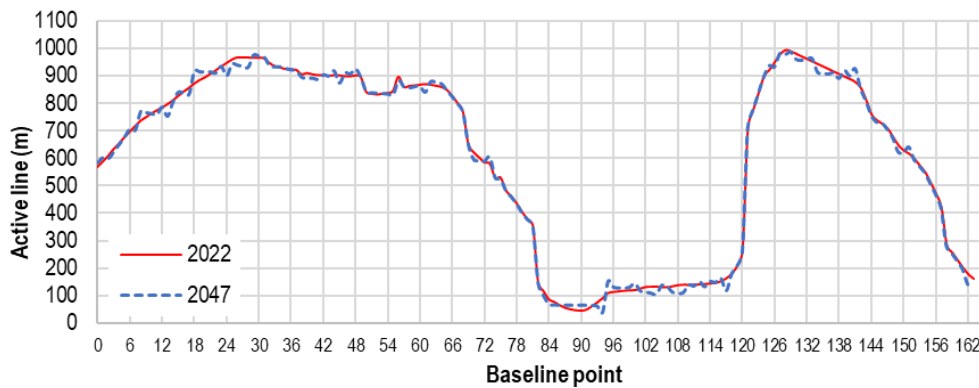
Perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung selama 25 tahun mendatang terlihat adanya proses abrasi dan akresi di beberapa titik. Hasil prediksi perubahan garis pantai mengalami rata-rata perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi. Morfologi Pantai Tanjung Lesung yang terdiri dari teluk dan tanjung membuat variasi gelombang terjadi di perairan ini (Jackson *et al.*, 2017). Variasi morfologi tersebut menyebabkan potensi terjadinya abrasi dan akresi di tanjung dan teluk di Pantai Tanjung Lesung berbeda. Hasil model prediksi terlihat bahwa proses abrasi dan akresi lebih banyak terjadi di daerah tanjung dibandingkan dengan teluk (Gambar 3). Triatmodjo (2012) menyatakan bahwa kondisi morfologi pantai mempengaruhi tinggi-rendahnya gelombang ditempat tersebut. Studi kasus di perairan Pelabuhan Tanjung Laut, tinggi gelombang di sekitar tanjung $\pm 0,5$ m dan di dalam teluk $\pm < 0,1$ m (Purwono, 2020). Morfologi teluk memiliki tinggi gelombang yang lebih kecil dibandingkan dengan morfologi pantai berupa tanjung (Dronkers, 2005). Kondisi abrasi dan akresi di suatu pantai dapat dipengaruhi oleh suplay sedimen, gelombang, angin, aktivitas manusia, dan lain-lain (Hanzu *et al.*, 2015; Hawati *et al.*, 2017). Lokasi Pantai Tanjung Lesung yang

jauh dari sungai membuat proses abrasi dan akresi pengaruh sedimen dari daratan relatif lebih kecil.

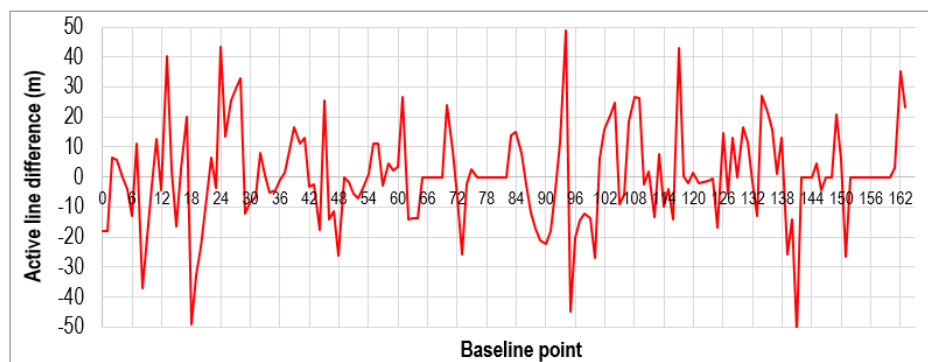
Morfologi pantai dengan kondisi teluk terlihat pada line 80 – 120 dan kondisi tanjung terlihat pada line 0-70 dan 120-150. Hasil prediksi model perubahan garis pantai selama 25 tahun menunjukkan rata-rata abrasi berkisar antara 11,75 – 48,68 m dan akresi berkisar 11,05-51,76 m. Pengamatan proses abrasi dan akresi secara detail terlihat bahwa di daerah tanjung memiliki dinamika perubahan garis pantai yang lebih banyak. Banyaknya proses abrasi dan akresi di daerah tanjung kemungkinan disebabkan oleh adanya dinamika oseanografi yang lebih kompleks. Dinamika oseanografi tersebut diantaranya gelombang dan angin yang lebih tinggi (Vos *et al.*, 2021). Pengurangan intensitas dinamika oseanografi di daerah teluk membuat garis pantai di wilayah ini cenderung terjadi proses abrasi dan akresi lebih sedikit (Gambar 5). Sepanjang pesisir teluk, pada garis aktif 80 – 120, rata – rata perubahan garis pantai memiliki trend abrasi/erosi, dengan rata – rata kemunduran garis aktif adalah sebesar 12,62m. Pada area ini juga mengalami perubahan pada kejadian akresi/sedimentasi dengan nilai rata – rata 16,96m, dengan maksimum akresi adalah sebesar 48,68m.



Gambar 3. Prediksi perubahan garis pantai selama 25 tahun (2022 – 2047), garis kuning merupakan garis pantai pada 2047, sedangkan garis merah adalah tahun 2022, dengan overlay citra satelit GeoEye-1 tahun 2022.



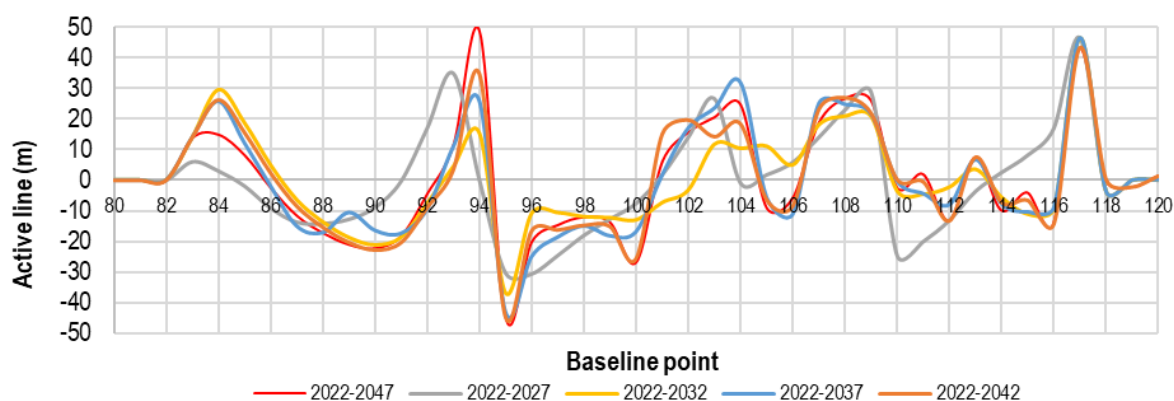
Gambar 4. Perubahan garis pantai selama 25 tahun (2022 – 2047), prediksi perubahan garis pantai di pesisir Tanjung Lesung, Banten.



Gambar 5. Fluktuasi abrasi dan akresi di sepanjang garis pantai pesisir Tanjung Lesung, Banten terhadap baseline sepanjang 25 tahun (2022 – 2047).

Berdasarkan hasil prediksi model matematis perubahan garis pantai, Pantai Tanjung Lesung memiliki potensi besar mengalami proses abrasi dan akresi. Untuk mengetahui laju perubahan garis pantai yang lebih detail, kami melakukan pengamatan model perubahan garis pantai dengan interval 5 tahun. Gambar 6 menunjukkan perubahan garis pantai dengan referensi 2022 terhadap kala waktu 5 tahun hingga 2047, sepanjang baseline point 80 - 120. Berdasarkan hasil dari tahun 2022 ke 2027 menunjukkan abrasi pantai lebih besar pada lokasi area teluk dengan baseline point 80 – 120, abrasi menunjukkan rata – rata perubahan 13,9 m. Akresi pada area ini memperlihatkan perubahan active line sebesar 10,89m, maka perbedaan menunjukkan sebesar 3,01 dengan abrasi lebih dominan dan kemunduran garis pantai sebesar tersebut. Selanjutnya 2022 – 2032 menunjukkan trend yang sama dengan 5 tahun sebelumnya dengan nilai rata – rata akresi 10,17m dan abrasi 12,99m, perbedaan sebesar 2,82m. Tetap menunjukkan adanya abrasi yang lebih berperan

namun mengalami pengurangan perbedaan 0,19m. perubahan garis pantai dari 2022 – 2037 menunjukkan perubahan garis pantai yang cukup signifikan dengan nilai rata – rata akresi meningkat sebesar 11,44m dan abrasi sebesar 17,87m, masing – masing mengalami peningkatan sebesar 1.27m dan 4,88m. Tahun 2037 tetap menunjukkan adanya trend abrasi dengan besar perbedaan dengan akresi sebesar 6,43m. Tahun 2042 akresi mengalami peningkatan dengan nilai rata – rata 16,1m, dan abrasi mengalami penurunan dengan nilai rata – rata 12.62m, perbedaan antara akresi dan abrasi sebesar 3.48m. Trend perubahan garis pantai di daerah teluk di dominasi oleh abrasi. Hal tersebut sesuai dengan Mutaqin *et al.*, (2021) yang menyatakan laju perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung dari tahun 1990-2020 berkisar - 4,5 m (abrasi) dan 1,18 m (akresi). Potensi perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Tanjung Lesung akibat abrasi dan akresi tertolong cukup tinggi (Natesan *et al.*, 2015; Marfai *et al.*, 2021).



Gambar 6. Fluktuasi active line terhadap kejadian akresi dan abrasi, sepanjang pesisir Tanjung Lesung, Banten pada posisi baseline point 80 – 120, dengan sepanjang 25 tahun pada referensi tahun 2022.

KESIMPULAN

Analisis hasil model perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Lesung, Kab. Pandeglang menunjukkan potensi terjadinya proses abrasi dan akresi untuk 25 tahun ke depan. Daerah tanjung mengalami proses abrasi dan akresi lebih besar dibandingkan dengan daerah teluk. Selama 25 tahun dari tahun 2022 – 2047 garis pantai Tanjung Lesung mengalami abrasi sebesar 48,69m dan akresi sebesar 51,7m. Nilai rata – rata perubahan garis pantai adalah 11,5 dan 11,75 pada kejadian abrasi dan akresi secara berurut. Akumulasi akresi dengan kala periode 5 tahun hingga 2047 di daerah teluk adalah sebesar 61,65m, sedangkan akumulasi abrasi dengan kala periode 5 tahun hingga 2047 adalah sebesar 72,49m, dengan perbedaan sebesar 10,84m pada trend abrasi Tanjung Lesung, Banten.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjasakusuma, S., Kusuma, S. S., Saringatin, S., Wicaksono, P., Mutaqin, B. W., & Rafif, R. 2021. Shoreline Dynamics in East Java Province, Indonesia from 2000 to 2019 Using Multi-Sensor Remote Sensing Data. *Land*, 10(2): 100.
- BPS-Provinsi Banten. 2022. Jumlah Wisatawan Mancanegara Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Banten (Orang), 2015-2017. Diakses pada tanggal 28 September 2022, dari <https://banten.bps.go.id/indicator/16/265/1/jumlah-wisatawan-mancanegara-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-banten.html>.
- Chune, S. L., Aouf, L., Dalphinnet, A., Levier, B., Drillet, Y., & Drevillon, M. 2021.

WAVERYS: a CMEMS global wave reanalysis during the altimetry period. *Ocean Dynamics*, 71: 357–378.

- Dronkers, J. 2005. Dynamics of Coastal Systems. World Scientific, Singapore.
- Hawati, P., Sugianto, D. N., Anggoro, S., Wirasatriya, A., & Widada, S. 2017. Waves Induce Sediment Transport at Coastal Region of Timbulsloko Demak. *2nd International Conference on Tropical and Coastal Region Eco Development 2016, Bali, 25–27 October 2016*.
- Hanzu, R., Duse, A., Grosan, N., & Varsami, C. 2015. New Perspectives for Marine Environment Protection Through Innovative Marine Propulsion Systems. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(2): 62-65.
- Hendriyono, W., Wibowo, M., Hakim, B. Al, & Istiyanto, D. C. 2015. Modeling of Sediment Transport Affecting the Coastline Changes due to Infrastructures in Batang - Central Java. *Procedia Earth and Planetary Science*. 14: 166–178.
- Jackson N. L., K. F. Nordstrom dan E. J. Farrell. 2017. Longshore sediment transport and foreshore change in the swash zone of an estuarine beach. *Marine Geology.*, 386: 88-97
- KEK Indonesia. 2022. KEK Tanjung Lesung. Diakses pada tanggal 1 mei 2022, dari <https://kek.go.id/kawasan/KEK-Tanjung-Lesung>.
- Komar, P.D. 1983. Handbook of Coastal Processes and Erosion. CRC Press, Inc. Boca Raton. Florida. USA

- Lubis, A. M., Veronica, N., Saputra, R., Sinaga, J., Hasanudin, M., & Kusmanto, E. 2020. Investigasi Arus Sejajar Pantai (Longshore Current) di Daerah Abrasi Bengkulu Utara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3): 316-324.
- Marfai, M. A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., & King, L. 2008. Coastal dynamic and shoreline mapping: multisources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1): 297-308.
- Marfai, M.A., Winastuti, R., Wicaksono, A., & Mutaqin, B. W. 2021. Coastal Morphodynamic Analysis in Buleleng Regency, Bali – Indonesia. *Natural Hazards*, 111: 995–1017.
- Mutaqin, B. W., Kurniawan, I. A., Airawati, M. Z., & Marfai, M. A. 2021. Kajian Perubahan Garis Pantai Di Sebagian Wilayah Pesisir Pandeglang, Banten, Periode Tahun 1990-2020. *Jurnal Kelautan*, 14(3): 232-242.
- Natesan, U., Parthasarathy, A., Vishnunath, R., Kumar, G. E. J., & Ferrer, V. A. 2015. Monitoring Longterm Shoreline Changes along Tamil Nadu, India Using Geospatial Techniques. *Aquatic Procedia*, 4: 325–332.
- Purwono, N. A. S. 2020. Analisa Kejadian Gelombang Dengan Metode Empirik Dan Model Matematik Di Kawasan Perairan Pelabuhan Tanjung Laut. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(1): 1-14.
- Rositasari, R. 2007. Sebaran Suspensi dan Sedimen Dasar Perairan Sebagai Petunjuk Perubahan Garis Pantai Di Pesisir Teluk Lada, Banten. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science*, 12(3): 146-156.
- Triatmodjo, B. 2012. Teknik Pantai. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Vos, M. D., Vichi, M., & Rautenbach, C. 2021. Simulating the Coastal Ocean Circulation Near the Cape Peninsula Using a Coupled Numerical Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9: 359.
- Wicaksono, A. D., Awaluddin, M., & Bashit, N. 2020. Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode Net Shoreline Movement (Nsm) Dengan Add-In Digital Shoreline Analysis System (Dsas) (Studi Kasus: Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2): 21-31.
- Widada, S., Ismanto, A., Priambodo, I. B., & Siagian, H. 2022. Perubahan Garis Pantai dan Dampaknya Terhadap Banjir Rob di Kota Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1):121-130.