

# PENILAIAN KERENTANAN PESISIR BERDASARKAN PARAMETER FISIK DI PANTAI UTARA KABUPATEN BEKASI

## COASTAL VULNERABILITY ASSESSMENT BASED ON THEIR PHYSICAL PARAMETER IN NORTH COAST OF BEKASI REGENCY

Dian N. Handiani<sup>1</sup>, Aida Heriati<sup>2</sup>, Hafidz M. Ashary H<sup>3</sup>, & Eka Wardhani<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Itenas Bandung

<sup>2</sup>Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat, Organisasi Riset Kebumihan dan Maritim – Badan Riset dan Inovasi Nasional

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Itenas Bandung

e-mail : ddhandiani@itenas.ac.id

Diterima tanggal: 29 November 2023 ; diterima setelah perbaikan: 5 Maret 2024 ; Disetujui tanggal: 15 Maret 2024

### ABSTRAK

Pembangunan di kawasan pesisir dilakukan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat sekitar. Setiap wilayah pesisir memiliki kemampuan mengantisipasi dampak pembangunan yang terjadi, akan tetapi pemanfaatan wilayah tanpa mempertimbangkan keberlanjutan akan berakibat pada menurunnya kualitas lingkungan fisik pesisir Pantai utara (Pantura) Kabupaten Bekasi merupakan wilayah dengan pemanfaatan sebagai kawasan pelabuhan, perikanan, pariwisata bahari, pertanian, permukiman, industri dan pemerintahan. Kajian kerentanan di lingkungan tersebut menjadi penting dalam upaya pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan. Penelitian ini mengkaji kerentanan pesisir di Pantura Kabupaten Bekasi berdasarkan parameter fisiknya serta observasi lapangan di beberapa wilayah untuk melihat kondisi terkini. Parameter fisik kerentanan yang dikaji adalah ketinggian permukaan, geomorfologi dan jenis batuan, kisaran pasang surut rata-rata, ketinggian gelombang dan tinggi muka air laut, perubahan garis pantai, penurunan muka tanah, dan penggunaan lahan. Perhitungan kerentanan pesisir menggunakan metode indeks kerentanan dengan pembobotan (CVIw). Hasil penelitian menunjukkan kerentanan sangat tinggi berada di zona pelabuhan Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Muara Jaya (Pantai Mekar) dan kerentanan rendah di zona pelabuhan Taruma Jaya (Pantai Taruma Jaya). Di kedua lokasi tersebut menunjukkan dua parameter dengan kondisi berbeda, yaitu perubahan garis pantai dan geomorfologi. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan, Pantai Mekar memiliki distribusi mangrove jarang, sedangkan area Pantai Taruma Jaya distribusi mangrove rapat. Hasil ini diharapkan membantu mengoptimalkan pengelolaan pesisir di Pantura Kabupaten Bekasi sesuai peruntukkan zona areanya, khusus di Pantai Mekar sebagai wilayah konservasi dan di Pantai Taruma Jaya sebagai Kawasan Pemanfaatan Umum: Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Muara Tawar dan PPI Pal Jaya.

**Kata kunci:** perubahan garis pantai, kerentanan pesisir, Kabupaten Bekasi, mangrove, geomorfologi.

### ABSTRACT

*To support coastal community welfare, the development of coastal areas is necessary. Each coastal area could potentially anticipate the impacts of development, although development without considering sustainability will result in a decline in environmental conditions. The northern part of Bekasi Regency (Pantura Bekasi) has diverse development: port area, fisheries, marine tourism, agriculture, residential, industrial, and government infrastructure. Hence, coastal vulnerability assessment can benefit coastal management in the area. This research aims to assess coastal vulnerability in the Pantura Bekasi based on their coastal physical parameters and also conduct field observation to perceive its current condition. The coastal physical parameters include shore-line change, coastal relief, geomorphology and lithology, sea level change, tidal range, wave height, land subsidence, and land use. Afterwards, coastal assessment was calculated using the weighted Coastal Vulnerability Index (CVIw) method. The results show that vulnerability is very high in the Fishery port (PPI) Muara Jaya port zone (Mekar Coast), and low vulnerability occurred in the Taruma Jaya port zone (Taruma Jaya Coast). Two parameters were different in these locations: coastline change and geomorphological condition. Field conditions show that the Mekar Coast has low mangrove density, while the Taruma Jaya Coast has high mangrove density. These results hopefully can be used as policy consideration for the local government in optimizing coastal management planning, with Pantai Mekar Beach suitable as a conservation and demersal fisheries area. At the same time, while Pantai Taruma Jaya would be suitable to be developed for public area*

**Keywords:** *vulnerability, Bekasi Regency, mangrove, coastline change, geomorphology*

## PENDAHULUAN

Pantura Bekasi termasuk jalur sangat penting untuk distribusi barang dan jasa di wilayah pulau Jawa. Wilayah ini mengalami eksploitasi pemanfaatan lahan relatif cepat dan perkembangan pesat sebagai kawasan industri, administrasi pemerintahan, pertanian, perikanan, pelabuhan, permukiman, fasilitas umum, jalan, dan pariwisata bahari. Konsekuensi dari perkembangan ini adalah berubahnya tata guna lahan dan menurunnya kondisi lingkungan pesisir Kabupaten Bekasi (Solihuddin *et al.*, 2021).

Area pesisir Kabupaten Bekasi di Kecamatan Muara Gembong memiliki ekosistem mangrove yang cukup luas. Ekosistem ini dapat dijadikan wilayah penyangga untuk mengurangi potensi dampak pemanasan global. Kawasan hutan mangrove di Muara Gembong relatif cukup baik dan saat ini ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung (Ambinari *et al.*, 2016). Namun, di beberapa kawasan hutan mangrove di Kecamatan Muara Gembong ini terus mengalami penambahan dan pengurangan luasan lahan mangrove. Perubahan mangrove ini mempengaruhi perubahan garis pantai dan ditunjukkan dengan tingginya akresi dengan laju pertumbuhan garis pantai sekitar 154 m/tahun (Solihuddin *et al.*, 2021). Proses akresi tertinggi ditandai dengan terbentuknya 3 (tiga) morfologi delta, yaitu Delta Citarum, Muara Gembong, dan Kali Bekasi. Proses abrasi juga terjadi cukup signifikan di sekitar Pantai Bakti Muara Gembong di Kabupaten Bekasi hingga Pakisjaya di Kabupaten Karawang (Solihuddin *et al.*, 2021).

Selanjutnya, Solihuddin *et al.* (2021) juga menunjukkan karakteristik morfologi di pesisir dapat terbentuk dari tipe penggunaan lahan di wilayah tersebut. Berbagai area pantai alami saat ini sudah berubah menjadi area terbangun, seperti kawasan transportasi, perumahan, industri, dan perikanan/pertanian. Kondisi ini akan memberikan perilaku unik terhadap kerentanan di pesisir. Tingginya perubahan penggunaan lahan alami akan mempertinggi tingkat kerentanan di wilayah pantai tersebut. Kondisi kerentanan suatu wilayah diartikan sebagai kecenderungan suatu wilayah mengalami dampak negatif, mencakup sensitivitas terhadap dampak negatif dan kurangnya kapasitas adaptasi untuk mengatasi dampak negatif (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik

Indonesia, 2018). Secara khusus kerentanan di wilayah pesisir merupakan tingkat kemampuan wilayah tersebut dalam mengantisipasi berbagai konsekuensi dari dampak perubahan iklim dan lingkungan (IPCC, 2022). Hasil kajian dari Handayani *et al.* (2020) menunjukkan peningkatan signifikan urbanisasi (bertambahnya area terbangun) di Pantura Jawa berkorelasi dengan meningkatnya kejadian banjir di area-area urban tersebut. Kondisi ini memperlihatkan urban area di pesisir berpotensi atau rentan terhadap kejadian banjir.

Karakteristik pantai di pesisir sebelah barat Kabupaten Bekasi didominasi oleh infrastruktur dan pelindung pantai berupa dermaga, pelabuhan, jeti, tembok laut, dan tanggul laut. Karakteristik pantai berlumpur terletak di sekitar Delta Kali Bekasi hingga Muara Gembong terdiri dari rata-rata lumpur pasut, mangrove, dan rawa. Karakteristik pantai sebelah timur Kabupaten Bekasi didominasi oleh pantai berlumpur, mangrove, dan rawa (Solihuddin *et al.*, 2021).

Perubahan penggunaan lahan pesisir di Kecamatan Muara Gembong yang sudah terjadi sejak puluhan tahun silam (Adger & Luttrell, 2000) menjadi salah satu fenomena menarik yang terus terjadi. Jamil (2007) menyebutkan bahwa konversi lahan mangrove menjadi lahan tambak di kawasan tersebut dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir (1990-2000), mencapai 1.582 ha. Sebaliknya, penggunaan lahan untuk permukiman terus meningkat pada periode yang sama. Kondisi yang sama juga terjadi terhadap peruntukan tambak/empang yang meningkat dalam kurun waktu yang sama. Diperkirakan perubahan tata guna lahan ini terus terjadi seiring dengan pertambahan waktu. Berdasarkan pola penggunaan lahan tahun 1990 sampai tahun 2000, telah terjadi konversi lahan mangrove menjadi lahan tambak dan hanya menyisakan sebesar 2% dari total luas lahan mangrove (Nugraha *et al.*, 2019). Seperti telah diketahui, faktor antropogenik dominan yang berkontribusi terhadap menurunnya luas mangrove di wilayah pesisir adalah konversi untuk tambak Nugraha *et al.*, (2019).

Handiani *et al.* (2022a) menunjukkan di Kabupaten Bekasi arah selatan di Pantai Harapanjaya kerentanan sedang, arah barat daya di Pantai Muara Kuntul kerentanan tinggi, arah barat Pantai Sederhana kerentanan sedang, dan arah utara Pantai Bahagia kerentanan sedang dan tinggi. Variasi nilai kerentanan

ini memberikan informasi keunikan pada masing-masing area pantai di Kabupaten Bekasi. Kerentanan pesisir dalam penelitian tersebut mempertimbangkan parameter: ketinggian permukaan, jenis batuan, morfologi pantai, tunggang pasut rata-rata, perubahan garis pantai dan muka air laut serta tinggi gelombang.

Studi oleh Husnayaen *et al.* (2018) menunjukkan penggunaan jumlah parameter sebagai input perhitungan kerentanan pesisir mempengaruhi pola distribusi dan dominasi kerentanan di suatu wilayah. Studi tersebut juga menunjukkan kondisi kerentanan di Pantura Jawa, fokus di Pantai Kota Semarang dengan memasukkan parameter penurunan muka tanah meningkatkan nilai kerentanan sangat tinggi sebesar 7%. Selain itu, Handiani *et al.* (2022b) menambahkan parameter pesisir lainnya untuk dipertimbangkan, yaitu penggunaan lahan (*land use*).

Mengingat pentingnya area pesisir dan tingginya pemanfaatan lingkungan di wilayah Pantura Kabupaten Bekasi. Penelitian ini mengkaji kerentanan pesisir dan menganalisis parameter utama yang mempengaruhi nilai kerentanan tersebut. Penelitian ini menggunakan perhitungan kerentanan pesisir metode kerentanan dengan pembobotan (CVIw) (Bagdanavičiūtė *et al.*, 2015). Metode ini telah diaplikasikan dalam penelitian Handiani *et al.* (2022a dan 2022b). Handiani *et al.* (2002a) mengaplikasikan CVIw untuk lokasi pesisir Pantura Jawa dan mempertimbangkan tujuh parameter

pesisir, yaitu ketinggian permukaan, jenis batuan, morfologi pantai, tunggang pasut rata-rata, perubahan garis pantai dan muka air laut serta tinggi gelombang. Handiani *et al.* (2022b) membandingkan metode CVIw dan CVI dalam perhitungan kerentanan pesisir di Kabupaten Subang dan hasilnya menunjukkan metode CVIw menggambarkan kerentanan lebih sesuai dengan kondisi lingkungan fisik pesisir dibandingkan metode CVI. Penelitian kerentanan di pesisir Kabupaten Bekasi ini mengkaji kerentanan dengan menggunakan metode CVIw dan menggunakan parameter lebih banyak dibandingkan studi di pesisir Pantura sebelumnya (Handiani *et al.* 2022a dan Handiani *et al.* 2022b). Parameter lingkungan fisik yang ditambahkan adalah penggunaan lahan dan (*land use*) dan penurunan muka tanah (*land subsidence*). Kajian kerentanan ini juga digabungkan dengan hasil pengamatan lapangan, di beberapa lokasi di Pantura Kabupaten Bekasi. Harapannya, hasil penelitian ini dapat memberikan informasi dan evaluasi kerentanan di kawasan Pantura Kabupaten Bekasi sehingga memberikan masukan pada kebijakan pengelolaan pesisir yang belum optimal.

## BAHAN DAN METODE

Pantai utara (Pantura) Bekasi merupakan bagian dari Pantura Jawa. Pesisir Kabupaten Bekasi terdiri dari tiga kecamatan, yaitu Muara Gembong, Babelan, dan Taruma Jaya, serta wilayahnya mencakup seluas 24.615,06 ha (Thaib, 2012). Lokasi kajian penelitian ini



Gambar 1. Lokasi penelitian dan titik lokasi pengamatan: 1) Pantai Mekar dan 2) Pantai Taruma Jaya.  
 Figure 1. Study Area and field observation locations: 1) Mekar Coast and 2) Taruma Jaya Coast.

berada di wilayah pesisir Kabupaten Bekasi. Cakupan area kajian ditunjukkan di Gambar 1.

Kerentanan pesisir wilayah Pantura Kabupaten Bekasi disusun berdasarkan parameter fisik wilayah tersebut. Parameter yang digunakan, yaitu tinggi permukaan di pesisir, geomorfologi, kisaran pasang surut (pasut) rata-rata, ketinggian gelombang dan tinggi muka air laut, jenis batuan, perubahan garis pantai, penurunan

muka tanah, dan penggunaan lahan (Gornitz *et al.*, 1997; Thieler & Hammar-Klose, 2000; Pendleton *et al.*, 2004; Ramdhan *et al.*, 2012; Handiani *et al.*, 2022b). Deskripsi masing-masing parameter yang digunakan dan sumber datanya ditunjukkan di Tabel 1. Data-data parameter diklasifikasikan dan diberi peringkat mengacu pada penelitian terdahulu dan beberapa modifikasi sesuai wilayah kajian (Tabel 2).

Tabel 1. Data-data yang digunakan dalam penelitian  
Table 1. Data used for the study

Parameter	Sumber data	Resolusi data
Tinggi permukaan (m)	DEMNAS( <i>Digital Elevation Model Nasional</i> ); <a href="http://tides.big.go.id/">http://tides.big.go.id/</a> DEMNAS	8,25 m
Geomorfologi	Peta geomorfologia	1: 400.000
Kisaran pasut rata-rata (m)	<a href="https://srgi.big.go.id/tides">https://srgi.big.go.id/tides</a> (Badan Informasi Geospasial, BIG)	1: 400.000
Perubahan garis pantai (m/thn)	Peta perubahan garis pantai b,c,d	Lat: 1° dan Long: 3°
Perubahan tinggi muka air laut (mm/thn)	Satelit Jason-3 dari Aviso <a href="https://www.aviso.altimetry.fr/">https://www.aviso.altimetry.fr/</a> Ocean Model Global from Copernicus	0,081° dan 0,151°
Tinggi gelombang (m)	<i>Marine Service Information website</i> (CMEMS-GLO-PUM model)e dan <i>Simulating Waves Near-shore (SWAN) Indonesia area from MetOcean View System (MOV) Hind-casting</i> f,g	
Penurunan muka tanah (mm/thn)	SAR Sentinel-1 data dari <i>European Space Agency (ESA)</i> h,i	10 m
Penggunaan lahan	Sentinel-2 10m <i>land use/land cover time series</i> oleh ESRIj	10 m

Sumber: Dokumen Penelitian ini

Tabel 2. Pemeringkatan parameter kerentanan  
Table 2. Vulnerability ranking of the parameters

Parameter	Tingkat kerentanan				
	Sangat rendah	rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
	1	2	3	4	5
Tinggi permukaan (m) <sup>a,b</sup>	>30	21-30	11-20	6-10	0-5
Geomor-fologi <sup>a</sup>	Pantai tebing, b e r b a t u , Fiords, Fiards	Pantai tebing medium	Pantai tebing rendah, rawa asin, mangrove, dan terum-bu ka-rang	Pantai berke- rikil, estu-ari, dan lagu-na	Pantai berpasir, beaches barrier, pantai berlum- pur, dan delta
Kisaran pasut rata-rata (m) <sup>c</sup>	>6	4,1–6,0	2,0–4,0	1,0–1,9	<1,0
Perubahan garis pantai (m/ thn) <sup>a,c</sup>	≥2,1	1,0–2,0	1,0– -1,0	-1,0– -2,0	≤-2,1
Perubahan tinggi muka air laut (mm/thn) <sup>c</sup>	≤-1,21	-1,21–0,1	0,1–1,24	1,24–1,36	>1,36
Tinggi gelombang (m) <sup>c</sup>	<1,1	1,1–2,0	2,0–2,25	2,25–2,60	>2,60
Penurunan muka tanah (mm/thn) <sup>d</sup>	<-1,0	-1,0– 1,0	1,0–2,0	2,1–4,0	>1,0
Penggunaan lahan <sup>e,f</sup>	P e r a i r a n , rawa, dan veg- etasi jarang	Hutan atau mang-rove	Pantai berpa- sir, pariwisata lokal, dan tambak tradisi-onal	Perta-nian dan tambak intensif	Wilayah urban dan industri

Sumber: <sup>a</sup>Gornitz (1991); <sup>b</sup>Shaw *et al.* (1998); <sup>c</sup>Thieler & Hammar-Klose (2000), <sup>d</sup>Gornitz & White (1992); <sup>e</sup>Rocha *et al.* (2020); <sup>f</sup>Departemen Kelautan dan Perikanan (2005);

Tabel 3. Data-data yang digunakan dalam penelitian  
 Table 3. Common criteria fishing vessel stability

Parameter	Bobot
Tinggi permukaan	0,39
Geomorfologi	0,30
Kisaran pasut rata-rata	0,13
Perubahan garis pantai	0,03
Perubahan tinggi muka air laut	0,06
Tinggi gelombang	0,05
Penurunan muka tanah	0,03
Penggunaan lahan	0,02

Sumber: Handiani et al. (2022b)

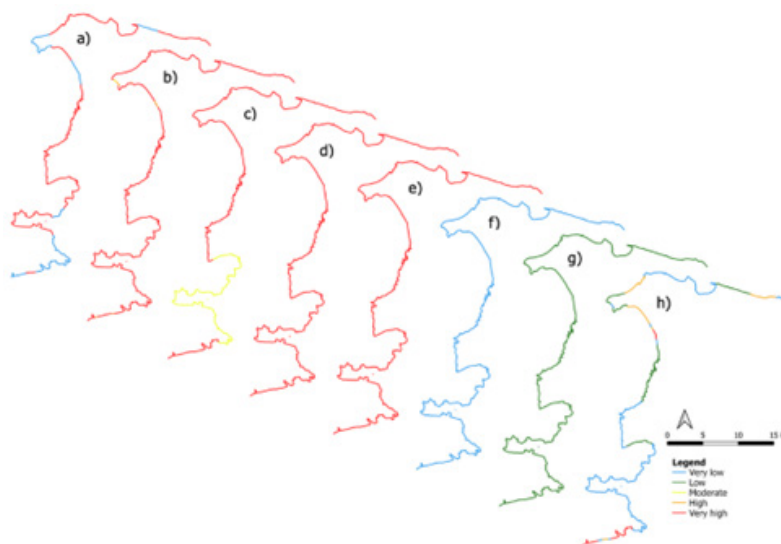
Kompilasi pembobotan parameter pendukung kerentanan pesisir di dalam penelitian menggunakan hasil penelitian oleh Handiani *et al.* (2022b). Pembobotan pada masing-masing parameter ditunjukkan di Tabel 3. Selanjutnya, menghitung kerentanan dengan metode CVI<sub>w</sub> dan proses pengamatan ke lapangan di wilayah kajian. Pengamatan lapangan dilakukan di beberapa wilayah Pantura Bekasi. Pengamatan dilakukan dengan menyusur pantai di dua area pengamatan (di Gambar 1): Pantai Mekar (lokasi-1) dengan koordinat (S6° 01,440' E106° 59,748') dan Kecamatan Taruma Jaya, Samudra Jaya (lokasi-2) dengan koordinat (S6° 04,818' E107° 00,217'). Penyusuran pantai dibantu dengan perangkat *Global Positioning System* (GPS) untuk penentuan lokasi. Pengamatan dilakukan secara visual dan mendokumentasikan area-area mengalami erosi dan deposisi, ada dan tidaknya lahan mangrove, serta aktivitas pesisir lainnya: area tambak, lokasi

penanaman mangrove, Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) dan area pelabuhan dan pariwisata. Perhitungan kerentanan berada pada batas pesisir (garis pantai) Pantura Bekasi. Data-data spasial dan tekstual yang terkumpul digabungkan untuk menghitung besarnya indeks kerentanan pesisir. Proses pengolahan dan perhitungan CVI<sub>w</sub> (persamaan 1) dalam data spasial dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Perhitungan CVI<sub>w</sub> sesuai persamaan (1) merujuk Bagdanavičiūtė *et al.*, (2015).

$$CVI_w = \sum_{j=1}^n w_j * v_{ij} \dots\dots\dots 1)$$

dengan w<sub>j</sub> adalah bobot untuk masing-masing parameter (j); v<sub>ij</sub> adalah peringkat kerentanan di suatu area (i) pada masing-masing parameter (j), dan total jumlah parameter (n).

Nilai yang kurang dari sama dengan 25% termasuk kelas rentan rendah, 25% – 50% termasuk dalam kelas rentan sedang, 50% – 75% kelas rentan tinggi, dan lebih dari 75% masuk kelas rentan sangat tinggi. Pemetaan spasial kerentanan dilakukan untuk mengetahui daerah mana saja yang memiliki indeks kerentanan tinggi sampai dengan rendah. Analisis parameter penentu kerentanan dilakukan dari hasil prediksi kerentanan dan juga analisis kontribusi parameter terhadap kerentanan di wilayah kajian serta hasil pengamatan lapangan terkait lingkungan di sekitar Pantura Bekasi.



Gambar 2. Kerentanan parameter di Pantura Kabupaten Bekasi: a) perubahan garis pantai, b) tinggi permukaan, c) geomorfologi & lithologi, d) perubahan tinggi muka air laut, e) kisaran pasut rata-rata, f) tinggi gelombang, g) penurunan muka tanah, dan h) penggunaan lahan

Figure 2. Vulnerability rank for coastal parameters: a) shore-line change, b) coastal relief, c) geomorphology & lithology, d) sea level change, e) tidal range, f) wave height, g) land subsidence, and h) land use.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kerentanan pesisir di Pantura Bekasi

Nilai indeks kerentanan dihitung berdasarkan parameter-parameter indeks kerentanan, seperti geomorfologi, kondisi pasut, ketinggian gelombang dan permukaan air laut, perubahan garis pantai, penurunan muka tanah, dan penggunaan lahan. Parameter pesisir tersebut diklasifikasikan untuk menunjukkan tingkat kerentanan di masing-masing parameter. Tingkat kerentanan di masing-masing parameter diberi peringkat menjadi sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil klasifikasi dan pemeringkatan parameter-parameter tersebut ditunjukkan di Gambar 2. Selanjutnya, hasil indeks kerentanan ditunjukkan di Gambar 3.

Perubahan garis pantai merupakan data yang menunjukkan seberapa jauh (jarak) sebuah pantai mengalami kemajuan atau kemunduran garis pantai. Perubahan di sepanjang pesisir Kabupaten Bekasi bersumber dari peta perubahan garis pantai Kementerian Kelautan dan Perikanan/KKP (Solihuddin *et al.*, 2019 dan Purbani *et al.*, 2019), serta analisis tambahan perubahan garis pantai menggunakan citra satelit Landsat di September 2023. Peta tersebut disusun dari analisis citra satelit dalam kurun waktu tahun 1998-2018-2023. Di dalam peta tersebut terdapat informasi

area-area yang mengalami abrasi maupun akresi. Berdasarkan hasil klasifikasi proses abrasi-akresi diperoleh 2 kelas kerentanan: sangat rendah dan sangat tinggi. Nilai rentan sangat rendah berada di sebagian utara dan selatan lokasi kajian, adapun nilai rentan sangat tinggi didominasi berada di bagian barat lokasi kajian (Gambar 2a).

Ketinggian permukaan tanah berasal dari data *Digital Elevation Model* (DEM) Nasional, Badan Informasi Geospasial (BIG) dan telah dipotong dan diklasifikasi. Hasil klasifikasi yang didapat adalah sepanjang pesisir Kabupaten Bekasi menunjukkan ketinggian permukannya relative rendah berkisar 1-5 meter. Nilai tersebut berada pada kategori sangat rentan (Gambar 2b), nilai tersebut berada di seluruh lokasi kajian.

Hasil dari parameter geomorfologi berdasarkan hasil klasifikasi terdapat 2 kelas pada tingkat kerentanannya, yaitu kategori sedang dan sangat rentan (Gambar 2c). Informasi geomorfologi berdasarkan peta dari Kementerian Kelautan dan Perikanan tersebut didominasi oleh bangunan struktur pantai, pantai berlumpur, pantai berpasir dan pantai vegetasi mangrove, hal inilah yang menyebabkan geomorfologi pantai pesisir Kabupaten Bekasi hanya masuk pada dua kelas tersebut.

Hasil dari klasifikasi pada parameter kenaikan muka



Gambar 3. Indeks kerentanan pesisir di Pantura Kabupaten Bekasi.  
Figure 3. Coastal vulnerability index the coastal area of Bekasi Regency.

air laut menunjukkan kelas sangat rentan. Berdasarkan interpretasi satelit Jason-3 pada rentang bulan Februari 2016 sd. bulan Oktober 2023, kenaikan muka air laut di lokasi kajian menunjukkan nilai lebih dari 1,36 mm/tahun (sekitar 4,55 mm/tahun). Jika disesuaikan dengan klasifikasi yang telah dilakukan maka, klasifikasi data ketinggian muka air laut ini masuk kedalam kelas rentan sangat tinggi (Gambar 2d).

Kondisi tunggang pasut rata-rata diambil dari titik pengamatan pasang surut dari BIG. Kondisi pasut di pesisir Bekasi menunjukkan pola pasang surut diurnal, yaitu mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Berdasarkan Prihantono *et al.* (2018), tipe pasang surut umumnya di Pantura Jawa adalah campuran condong ke harian tunggal (*Mixed tide prevailing diurnal*) dimana terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Akan tetapi, di beberapa tempat terdapat tipe pasang surut campuran condong harian ganda, yaitu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan rata-rata jangka pasut umumnya 1m. Berdasarkan penelitian Gunawan (2021), hasil analisis pasut harian di lokasi Pantura Bekasi diperoleh rata-rata air pasang tertinggi (*Mean Highest Water Level/MHWL*), rata-rata air surut terendah (*Mean Lowest Water Level/MLWL*) dan tunggang pasut (*Tidal Range*). Nilai tunggang pasut yang didapat kemudian dirata-ratakan dan didapatlah nilai sekitar 0,86 m. Nilai tersebut termasuk dalam rentan sangat tinggi (Gambar 2e).

Klasifikasi tunggang pasut rata-rata merujuk pada penelitian Thieler dan Hammar-Klose (2000) yang juga menjadi rujukan penelitian Handiani *et al.* (2022a dan 2022b). Klasifikasi ini berkebalikan dengan klasifikasi dalam penelitian Gornitz (1991). Pemilihan nilai ranking yang berkebalikan ini, dimana area makrotidal (>6,0m) diklasifikasikan sebagai area dengan resiko rendah. Kondisi ini berdasarkan pengaruh potensial terjadinya badai terhadap evolusi pantai dan pengaruh dampaknya terhadap tunggang pasut. Sebagai contoh, pada garis pantai berpasang surut, hanya 50% kemungkinan terjadinya badai di atas pasang surut rata-rata. Area dengan tunggang pasang surut 4m, badai yang datang dengan ketinggian muka air (*surge height*) 3m pada garis pantai tsb. masih memiliki nilai lebih kecil 1m dibandingkan tunggang pasutnya. Akan tetapi garis pantai dengan kategori mikrotidal (<2.0 m), umumnya akan selalu berdekatan dengan pasut tertinggi dan kondisi ini menyebabkan area dengan kategori tersebut memiliki resiko tinggi terdampak badai (Thieler & Hammar-Klose, 2000).

Berdasarkan pemodelan gelombang global, tinggi gelombang di Pantura Jabar berada di kisaran nilai 0,15m – 2,25m. Nilai tinggi gelombang ini untuk wilayah Pantura Bekasi jika diklasifikasikan sesuai Tabel 2 dan hasilnya berada di kisaran kelas rentan rendah (ketinggian < 1,1, m). Di semua area kajian ini, kerentanan untuk parameter ketinggian gelombang memiliki nilai peringkat = 1, atau tidak rentan (Gambar 2f).

Selanjutnya, hasil klasifikasi tingkat kerentanan pada parameter penurunan muka tanah ditunjukkan pada Gambar 2g. Menurut Sulia (2022) penurunan muka tanah di area kajian berada di kisaran 0–0,1 mm/tahun, dengan nilai tersebut yang berada pada rentang nilai (-1,0–1,0) maka hasil klasifikasi parameter penurunan muka tanah masuk pada kelas rentan rendah (Gambar 2g). Penelitian oleh Shidiqq *et al.* (2021) menunjukkan kisaran nilai hampir sama di area kajian, penurunan muka tanah lebih besar ditemukan di Jakarta dengan kecepatan penurunan mencapai 5cm/thn. Sebaran penurunan muka tanah ini dominan di Pantura Jakarta dan di area barat Jakarta (Shidiqq *et al.*, 2021). Akan tetapi, studi oleh Solihuddin *et al.* (2021) melalui pengamatan lapangan di beberapa daerah, seperti di Kecamatan Muara Gembong Kabupaten Bekasi menunjukkan beberapa dampak utama penurunan tanah, seperti hilangnya fungsi struktur bangunan, infrastruktur yang mengalami penurunan (jalan, jembatan, tanggul pantai) dan terganggunya pengelolaan air (perubahan kemiringan saluran pembuangan dan drainase, serta peningkatan intrusi air asin). Pantura Jawa memiliki nilai strategis sebagai lintas utama koridor perekonomian nasional. Oleh karena itu, kawasan Pantura Jawa telah berkembang pesat sebagai kawasan industri, administrasi pemerintahan, pertanian, perikanan, pelabuhan, permukiman, fasilitas umum, jalan, pariwisata bahari, dan lainnya (Solihuddin *et al.*, 2021). Akibatnya, sebagian besar masyarakat kemudian tinggal dan menetap di kawasan tersebut dan hal ini dapat mempengaruhi peningkatan penggunaan lahan. Dalam penelitian ini pemeringkatan kerentanan pada klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan studi yang dilakukan oleh Rocha *et al.* (2020) dan Dinas Kelautan dan Perikanan (2005), yang diurutkan berdasarkan nilai pemanfaatannya langsung bagi manusia. Hasil klasifikasi tingkat kerentanan pada parameter penggunaan lahan di lokasi kajian menunjukkan variasi dari kelas rentan sangat rendah sampai dengan rentan sangat tinggi (Gambar 2h). Di dua lokasi pengamatan lapangan menunjukkan kelas rentan rendah, artinya diklasifikasikan sebagai area vegetasi hutan atau mangrove.

Hasil perhitungan kerentanan di pesisir Kabupaten Bekasi menunjukkan nilai bervariasi dari kerentanan rendah, sedang, tinggi, dan sangat rendah (Gambar 3). Kerentanan sangat tinggi ber-ada di bagian utara lokasi kajian (sekitar Kecamatan Muara Gembong), kerentanan tinggi di sebagian kecil area selatan Pantai Merunda, kerentanan sedang di bagian barat lokasi kajian (sekitar Kecamatan Babelan), dan kerentanan rendah sebagaimana berada di bagian selatan lokasi kajian (Kecamatan Taruma Jaya). Kerentanan sangat tinggi di daerah pesisir Kabupaten Bekasi dengan nilai tertinggi CVIw=4,69 dominan berada di Kecamatan Muara Gembong, dan sebagian di Kecamatan Taruma Jaya. Kerentanan sangat rendah dengan nilai terendah CVIw=3,95 berada di Kecamatan Babelan. Dua lokasi pengamatan lapangan (Gambar 1) berada di Kecamatan Muara Gembong, Pantai Mekar (lokasi-1) dan Kecamatan Taruma Jaya, Samudra Jaya (lokasi-2), dimana kedua area tersebut memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi dan sangat rendah (Gambar 2, ditandai panah hitam).

**Konektivitas parameter-parameter fisik pesisir dengan kerentanan di pesisir**

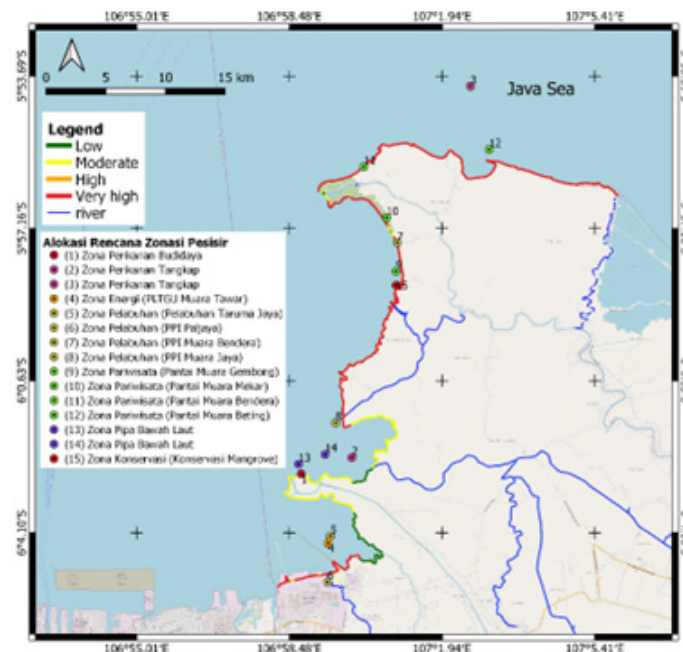
Pemerintah Provinsi Jawa Barat telah merencanakan Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP-3-K) dalam Perda No. 5 Tahun 2019 tentang zonasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil Provinsi Jabar tahun 2019-2039. RZWP-3-K merupakan dasar

pemberian izin lokasi dan izin pengelolaan dalam melakukan peman-faatan ruang di perairan pesisir dan juga sebagai acuan dalam pemanfaatan ruang di perairan laut wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Pem-bangunan wilayah pesisir dapat terwujud keseimbangan. Wilayah pesisir yang dikelola termasuk pesisir di Kabupaten Bekasi.

Rencana zonasi RZWP-3-K di pesisir Kabupaten Bekasi terdapat tujuh zona, yaitu zona perikanan budi daya, perikanan tangkap, energi, pariwisata, pelabuhan, pipa laut, dan konservasi (Gambar 4). Zona perikanan budi daya berada di Muara Bekasi (muara Sungai Cikeas) dengan luas area sekitar 71,21 Ha. Zona perikanan tangkap merupakan zona terluas dan berada di Laut Jawa dengan luas sekitar 10.964,41 Ha. Adapun zona pelabuhan berada di beberapa tempat, berupa pelabuhan dan pangkalan pendaratan ikan (PPI).

Zona pariwisata berada di pantai utara dan barat laut dari area kajian. Area tersebut berada di Pantai Muara Benting, Muara Bendera, Muara Gembong, dan Pantai Mekar (Gambar 4). Zona energi dengan adanya Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Muara Tawar berada di Pantai Taruma Jaya. Adapun zona konservasi berada di Pantai Muara Gembong dan konservasi yang dilakukan adalah konservasi lahan mangrove.

Hasil dari obesrvasi yang dilakukan di dua lokasi yaitu



Gambar 4. Indeks kerentanan pesisir di Pantura Kabupaten Bekasi dan alokasi rencana zonasi pesisir sesuai Perda Provinsi Jawa Barat No. 5 Tahun 2019.

Figure 4. Coastal vulnerability index the coastal area of Bekasi Regency and coastal zonation planning Based on West Java Province Policy number 5 of 2019.



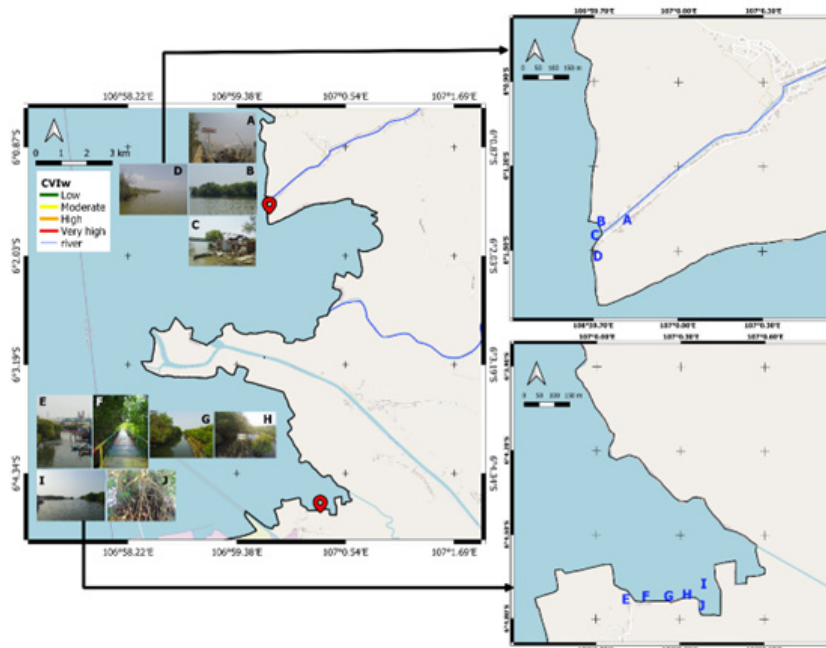
Pantai Mekar dan Pantai Taruma Jaya menunjukkan peruntukan lahan yang cukup berbeda, dimana area Pantai Mekar memiliki peruntukan lahan sebagai Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (KKP3K) dan Kawasan Pemanfaatan Umum sebagai Perikanan Tangkap Perikanan Demersal. Dimana di area ini juga merupakan sub zona perikanan untuk budidaya laut. Area lokasi kajian kedua, yaitu Pantai Taruma Jaya memiliki peruntukan lahan dengan nilai ekonomi yang tinggi yaitu merupakan kawasan pemanfaatan umum untuk PLTGU Muara Tawar, terdapat PP Pal Jaya dan juga merupakan zona pelabuhan serta alur pipa minyak dan gas.

Hasil perhitungan kerentanan di pesisir Kabupaten Bekasi dikategorikan menjadi rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kategori kerentanan sangat tinggi ditemukan di utara (Pantai Muara Beting, dan Pantai Muara Bendera), barat (Pantai Muara Gembong dan Pantai Mekar), dan sebagian wilayah selatan (Pantai Marunda dan Pantai Muara Tawar) dari lokasi kajian. Area-area tersebut berada dalam alokasi rencana zonasi pesisir untuk zona pariwisata. Selanjutnya, kategori kerentanan rendah dan sedang berada di bagian barat dari lokasi kajian, area-area tersebut termasuk dalam zona perikanan tangkap sesuai alokasi rencana zona pesisir (Gambar 4).

Area-area dengan kerentanan tinggi berada di beberapa tempat di area kajian, salah satunya di zona

pelabuhan di PPI Muara Jaya yang terletak di Pantai Mekar. Sedangkan area dengan kerentanan rendah salah satunya juga berada di zona pelabuhan di Taruma Jaya. Hasil penilaian kerentanan yang berbeda (ekstrim) di wilayah tersebut dilakukan analisis secara lebih detil. Analisis dilakukan pada parameter-parameter pendukung perhitungan kerentanan dan hasil pengamatan lapangan di dua lokasi tersebut. Hasil pengamatan lapangan di dua lokasi tersebut ditunjukkan di Gambar 5.

Hasil klasifikasi dan pemeringkatan parameter-parameter pendukung perhitungan CVIw di kedua lokasi pengamatan lapangan menunjukkan perbedaan nilai di parameter: perubahan garis pan-tai dan geomorfologi (Gambar 2a dan 2c). Di lokasi pengamatan pertama dengan nilai kerentanan tinggi, parameter perubahan garis pantai memiliki peringkat tinggi berarti area tersebut mengalami erosi (Gambar 5C). Parameter morfologi juga memiliki peringkat tinggi, berarti dikategorikan sebagai area pantai berlumpur dan delta (Gambar 5A). Di lokasi pengamatan kedua dengan nilai CVIw rendah, dua parameter tersebut berperingkat: perubahan garis pantai peringkat sangat rendah, berarti area tersebut mengalami akresi dan parameter morfologi berkategori sedang, berarti area tersebut pantai dengan tebing rendah atau rawa asin. Sebagai gambaran tambahan terkait dua lokasi pengamatan lapangan, keduanya memiliki penggunaan lahan mangrove di pesisirnya, meskipun lahan mangrove



Gambar 5. Pengamatan dan foto-foto lapangan di lokasi Pantai Mekar dan Pantai Taruma Jaya.  
 Figure 5. The field observations and photographs in Pantai Mekar and Pantai Taruma Jaya Harbour.

di lokasi pertama (PPI Muara Jaya, Gambar 5B dan 5D) tidak sepadat mangrove di Pelabuhan Taruma Jaya (Gambar 5E sd. 5I).

Perbedaan pola perubahan garis pantai abrasi di PPI Muara Jaya dan akresi di Pelabuhan Taruma Jaya serta perbedaan morfologi di kedua wilayah tersebut memberikan pengaruh pada perhitungan CVIw. Kedua parameter tersebut pun memiliki bobot lebih besar dibandingkan parameter lainnya dalam perhitungan CVIw. Abrasi di pesisir PPI Muara Jaya berkesesuaian dengan pengamatan lapangan terkini, beberapa hasil studi terdahulu juga menunjukkan perubahan garis pantai abrasi di area tersebut (Nugraha *et al.*, 2019 dan Prabawa *et al.*, 2021). Meskipun di kedua area tersebut memiliki area hutan mangrove, akan tetapi mangrove di area pesisir PPI Muara Jaya tidak serapat mangrove di Pelabuhan Taruma Jaya.

Proses abrasi di area PPI Muara Jaya, termasuk ke area Muara Gembong (Pantai Sederhana) berkaitan dengan perubahan lahan di wilayah tersebut. Nugraha *et al.*, 2019 menunjukkan hasil interpretasi satelit dari tahun 1976-1989, lahan mangrove mengalami penurunan sekitar 17%, dan area tambak bertambah 15,11% dalam rentang tahun tersebut. Kondisi ini makin buruk dalam rentang tahun 1989-1998, lahan mangrove berkurang 8,5% sedangkan area tambak bertambah 37,72%. Di dalam penelitian ini penggunaan lahan diidentifikasi berdasarkan data satelit Sentinel-2 (Karra *et al.*, 2021). Data tersebut menunjukkan di area pesisir PPI Muara Jaya masih dikategorikan sebagai area perairan terbuka atau vegetasi kerapatan jarang. Berdasarkan kondisi pengamatan lapangan di wilayah yang sama vegetasi kerapatan jarang tersebut adalah lahan mangrove serta perairan terbuka sebagian diantaranya adalah area tambak/perikanan budi daya.

Proses akresi di Pelabuhan Taruma Jaya ditunjukkan dalam penelitian ini. Nugraha *et al.*, (2019) menunjukkan area di sebelah utara Pelabuhan Taruma Jaya, sekitar Pantai Harapan Jaya memiliki tingkat akresi cukup tinggi dibandingkan pantai lainnya di area Muara Gembong. Kondisi ini dimungkinkan dengan tingginya tingkat kerapatan mangrove di wilayah tersebut (Suryadi *et al.*, 2021). Meskipun area-area tambak masih ada, akan tetapi proses sedimentasi yang membantu pertumbuhan mangrove juga terus terjadi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis kerentanan di pesisir Pantura Kabupaten Bekasi menunjukkan

variasi kerentanan dari rendah hingga sangat tinggi dan kerentanan sangat tinggi mendo-minasi di wilayah tersebut. Di dua wilayah pengamatan lapangan: kerentanan sangat tinggi di zona pelabuhan PPI Muara Jaya (Pantai Mekar), dan kerentanan rendah di zona pelabuhan Taruma Jaya (Pantai Taruma Jaya). Di kedua area tersebut parameter perubahan garis pantai dan geomorfologi memiliki nilai yang berbeda. Di Pantai Mekar terjadi proses abrasi sedangkan di Pantai Taruma Jaya terjadi proses akresi. Perbedaan kondisi perubahan garis pantai tersebut memberikan nilai pemeringkatan berbeda (sangat rendah dan sangat tinggi), sehingga mempengaruhi kerentanan di kedua wilayah tersebut. Parameter geomorfologi di kedua wilayah tersebut juga berbeda, Pantai Mekar dikategorikan sebagai area pantai berlumpur dan delta. Pantai Taruma Jaya memiliki parameter morfologi dikategorikan sebagai area pantai berawa. Kondisi lapangan di kedua lokasi menunjukkan, Pantai Mekar memiliki kerapatan mangrove rendah sedangkan Pantai Taruma Jaya memiliki kerapatan mangrove tinggi. Hasil ini berdasarkan pengamatan lapangan secara visual, sehingga densitas mangrove belum dapat terukur secara kuantitatif dan perlu penelitian lanjutan untuk identifikasi sebaran dan kerapatan mangrove tersebut. Harapannya, hasil-hasil ini dapat memberikan informasi pendukung dalam kebijakan pengelolaan pesisir di wilayah tersebut, sehingga dapat mengoptimalkan pengelolaannya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Berbagai data yang digunakan dalam tulisan ini merupakan hasil analisa dan pengamatan lapangan dari penelitian dengan tema Penilaian kerentanan di Pantai Utara Kabupaten Bekasi di tahun 2023. Penelitian didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Institut Teknologi Nasional (Itenas), Bandung dalam skema Penelitian Dosen Madya Itenas (PDMI).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adger, W. N., & Luttrell, C. (2000). Property rights and the utilisation of wetlands. *Ecological Economics*, 35, 75-89. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00169-5).
- Ambinari, M., Darusman, D., Alikodra, H. S., & Santoso, N. (2016). Penataan Peran Para Pihak dalam Pengeloaan Hutan Mangrove di Perkotaan: Studi Kasus Pengelolaan Hutan

Mangrove di Teluk Jakarta. *Jurnal Analisis Kebijakan*, 13(1), 29-40.

- Ardhuin, F., Magne, R., Filipot, J-F., Van der Westhuyzen, A., Roland, A., Quefeulou, P. *et al.* (2012). Semi empirical dissipation source functions for wind-wave models: Part I, definition and calibration and validation at global scales. *J. Phys. Oceanogr.* 40(9), 1917–1941.
- Bagdanavičiūtė, I., Kelpašaitė., & Soomere, T. (2015). Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas. *Ocean Coast. Manag.* 104, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.01>.
- Boudière, E., Maisondieu, C., Ardhuin, F., Accensi, M., Pineau-Guillou, L., & Lepasqueur, J. (2013). A suitable metocean hindcast database for the design of Marine energy converters. *Int J Mar Energy.* 3-4, e40–e52. <http://doi.org/10.1016/j.ijome.2013.11.010>
- Department of Marine Affairs and Fisheries (DMAF). 2005. Guidance of Natural Hazards Mitigation in Coastal and Small Islands [Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Second Edition. Jakarta. Indonesian.
- Gornitz, V. (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 89(4), 379-398. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)
- Gornitz, V. M., & White, T. W. (1992). *A coastal hazard data base for the U.S. East Coast*, Tennessee: The University of Tennessee.
- Gornitz, V. M., Beaty, T. W., & Daniels, R. C. (1997). *A Coastal Hazards Data Base For The U.S. West Coast*. U.S. Department of Energy Environmental Sciences Division Publication No. 4590.
- Gunawan, W. A. (2021). *Kajian Spasial Prediksi Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Pantai Utara Jawa*. Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas FTSP: Institut Teknologi Nasional-Itenas, Bandung.
- Handayani, W., Chigbu, U.E., Rudiarto, I., & Putri, I. H. S. (2020). Urbanization and Increasing Flood Risk in the Northern Coast of Central Java—Indonesia: An Assessment towards Better Land Use Policy and Flood Management. *Land*, 9(10), 343. <https://doi.org/10.3390/land9100343>.
- Handiani, D. N., Heriati, A., & Suciaty, F. (2022a) Coastal Vulnerability Assessment Along The North Java Coastlines-Indonesia. *Jurnal Segara*, 18(2), 1-12. <http://dx.doi.org/10.15578/segara.v18i1.10664>.
- Handiani, D. N., Heriati, A., & Gunawan, W. A. (2022b). Comparison of coastal vulnerability assessment for Subang Regency in North Coast West Java-Indonesia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 1178-1206. doi: 10.1080/19475705.2022.2066573.
- Husnayaen., Rimba, A. B., Osawa, T., Parwata, I Nyoman S., As-syakur, Abd. R., Kasim, F., & Astarini, I. A. (2018). Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data. *Advances in Space Research*, 61(8), 2159-2179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.01.026>.
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Jayawiguna, M. H., Solihuddin, T., & Triyono. (2019). North Coast Java: Coastal Dynamic and Potential [*Pantura Jawa: Potensi dan Dinamika Pesisir*]. In: Solihuddin, T., Jayawiguna, M. H., Triyono, editors. North Coast Java strategies based on coastal zone dynamic [Strategi Rehabilitasi Pantura Jawa Berdasarkan Dinamika Wilayah Pesisir]. AMAFRAD Press, Marine Research Center, Ministry of Fisheries and Marine Affairs Republic of Indonesia (MoMAF), Jakarta. p. 1-13. Indonesian.
- Karra K, Kontgis C, Statman-Weil Z, Mazzariello JC, Mathis M and Brumby S 2021 Global land use/

land cover with Sentinel-2 and deep learning IGARSS 2021-2021 *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* DOI:10.1109/IGARSS47720.2021.9553499.

- Meteorological Service of New Zealand Ltd. (2021). Met Ocean View Hindcast. [accessed 2022 March 8]. Available from: <https://app.metoceanview.com/hindcast-squared/>.
- Nugraha, R. B. A., Syaharani, L., Iska, R. Mulyana, D., Wahyudin, Y., Purbani, D., Jayawiguna, H., Triyono., Setiawan, A., & Fajar, P. (2018). The impact of land used changes on mangrove forest and shoreline dynamic in Muara Gembong, Bekasi, West Java. (2018). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 241 012018. doi: 10.1088/1755-1315/241/1/012018.
- Pendleton, E., Hammar-klose, E., Thieler, E. R., & Williams, S. J. (2004). *In cooperation with the National Park Service Coastal Vulnerability Assessment of Cape Cod National Seashore (CACO) to Sea-Level Rise U.S. Department of the Interior*. USGS Open File Report, January 2003, 18.
- Peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan republik indonesia. (2018). Pedoman kajian kerentanan, risiko, dan dampak perubahan iklim.
- Prabawa, Y. F., Purbani, D., Sukoraharjo, S. S., Jayawiguna, M. H., Triwibowo, H. (2021). Mapping the abrasion on Sederhana Beach, Muara Gembong, Bekasi, West Java province for the coastal mitigation purpose. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 925(2021), 012042, doi:10.1088/1755-1315/925/1/012042.
- Prihantono J., Fajriyanto A. I., Nirwana Y. K., (2018). Pemodelan Hidrodinamika dan Transport Sedimen Di Perairan Pesisir Sekitar Tanjung Pontang, Kabupaten Serang- Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(2).
- Purbani, D., Salim, H. L., Marzuki, M. I., Abida, R. F., Tussadiah, A., & Triyono. (2019). Abrasion and accretion in the last decades case study: Serang, Indramayu, Brebes, Demak, and Gresik Districts [Laju Abrasi dan Akresi Pantura Jawa dalam Satu Dekade Terakhir Studi Kasus: Kabupaten Serang, Indramayu, Brebes, Demak, dan Gresik]. In: Solihuddin, T., Jayawiguna, M. H., Triyono, editors. *North Coast Java strategies based on coastal zone dynamic [Strategi Rehabilitasi Pantura Jawa Berdasarkan Dinamika Wilayah Pesisir]*. AMAFRAD Press, Marine Research Center, Ministry of Fisheries and Marine Affairs Republic of Indonesia (MoMAF), Jakarta. p.37 – 51. Indonesian.
- Ramadhan, M., Husrin, S., Sudirman, N., & Altanto, T. (2012). Pemetaan Indeks Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim Di Sumatera Barat dan Sekitarnya. *Jurnal Segara*, 8(2). 107-115.
- Rocha, C., Carlos, A., & Cristina, C. (2020). Coastal Vulnerability Assessment Due to Sea Level Rise: The Case Study of the Atlantic Coast of Mainland Portugal. *Water*, 12(2), 360. <https://doi.org/10.3390/w12020360>.
- Shaw, J., Taylor, R. B., Forbes, D. L., Ruz, M.-H., & Solomon, S. (1998). Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise. *Bull. Geol. Surv. Can.*, 505, 1-79.
- Sidiq, T.P., Gumilar, I., Meilano, I., Abidin, H.Z., Andreas, H. and Permana, A. 2021. Land Subsidence of Java North Coast Observed by SAR Interferometry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 873(1), p.012078. doi: 10.1088/1755-1315/873/1/012078
- Solihuddin, T., Husrin, S., Salim, H.L., Kepel, T.L., Mustikasari, E., Heriati, A., Ati, R.N.A., Purbani, D., Mbay, L.O.N., Indriasari, V.Y. dan Berliana, B. Coastal erosion on the north coast of Java: adaptation strategies and coastal management. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 777(2021) 012035, pp.1-12. doi:10.1088/1755-1315/777/1/012035.
- Sulia, A. F. (2022). *Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) di Pantai Utara Jawa Barat berbasis Differential Interferometry Synthetic*. Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas FTSP: Institut Teknologi Nasional-Itenas, Bandung.
- Suryadi, T., Yulianda, F., & Susanto, H. A. (2021). Analisis Kesesuaian Kawasan Konservasi Mangrove di Muara Gembong, Kabupaten Bekasi Provinsi Jawa Barat. *EnviroScienteeae*, 17(3), 11-24.
- Thaib, D. (2012). Evaluasi Kebijakan Pengelolaan

Kawasan Pantai Utara Kabupaten Bekasi dalam Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Pesisir. *Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*, 1(Desember 2012).

Thieler, E. R., & Hammar-Klose, E. S. (2000). *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Gulf of Mexico Coast* U.S. Geological Survey Woods Hole, Massachusetts, OPEN-FILE REPORT 00-179.

