

PEMETAAN KERENTANAN WILAYAH PESISIR TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR LAUT DI KABUPATEN LEBAK BANTEN

VULNERABILITY MAPPING OF COASTAL AREAS TO SEA LEVEL RISE OF LEBAK BANTEN REGENCY

Laela Oktaviani, Ani Rahmawati, & Muta Ali Khalifa*

Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Serang, 42124, Indonesia

*Email: ma.khalifa@untirta.ac.id

ABSTRACT

The dynamic responses of coastal areas to extreme events, including sea level rise. This will adversely impact the condition of coastal areas, such as Binuangeun Beach, which is currently experiencing abrasion due to being hit by big waves. This shows that the Lebak coastal area has the potential to experience vulnerability, especially due to sea level rise. The purpose of this study was to map the distribution of vulnerability of the coastal areas of Lebak Banten Regency to sea level rise. The method used in this study is the Coastal Vulnerability Index (CVI). The data collected consisted of primary data obtained by conducting field observations and secondary data obtained through NOAA, Copernicus, and IOC Sea Level Monitoring. Vulnerability variables analyzed were geomorphology, shoreline changes, elevation, sea level rise, tidal height, and wave height. The characteristic of the beaches of Lebak is coral, sand, and cliffs. The vulnerability assessment is divided into 3 classes, namely low, medium, and high. The research results show that the value Coastal Vulnerability Index (CVI) of the Lebak coast ranged from 2.9-2.19. Thus, all coastal sub-districts of Lebak Regency are included in the category of low vulnerability to sea level rise. This means that the Lebak coast is not potentially affected by disasters caused by sea level rise.

Keywords: *coastal vulnerability index, Indian ocean, Lebak, shoreline changes*

ABSTRAK

Daerah pantai yang dinamis memberikan respons terhadap peristiwa ekstrem salah satunya adalah kenaikan muka air laut. Hal tersebut akan memberikan dampak buruk pada kondisi wilayah pesisir, seperti pada Pantai Binuangeun yang sekarang ini mengalami abrasi akibat adanya hantaman gelombang besar. Hal ini menunjukkan wilayah pesisir Lebak berpotensi mengalami kerentanan, terutama akibat kenaikan muka air laut. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran kerentanan wilayah Pesisir Kabupaten Lebak Banten terhadap kenaikan muka air laut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Coastal Vulnerability Index (CVI)*. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer yang diperoleh dengan melakukan observasi lapangan dan data sekunder yang diperoleh melalui *NOAA*, *Copernicus*, dan *IOC Sea Level Monitoring*. Variabel kerentanan yang dianalisis adalah geomorfologi, perubahan garis pantai, elevasi, kenaikan muka air laut, tunggang pasang surut, dan tinggi gelombang. Karakteristik pantai Lebak adalah karang, berpasir, dan tebing. Penilaian kerentanan dibagi menjadi 3 kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Coastal Vulnerability Index (CVI)* pesisir Lebak berkisar antara 2,9-2,19. Nilai tersebut menunjukkan seluruh kecamatan pesisir Kabupaten Lebak termasuk dalam kategori kerentanan rendah terhadap kenaikan muka air laut. Oleh karenanya pesisir Lebak tidak berpotensi terdampak bencana-bencana yang diakibatkan oleh kenaikan muka air laut.

Kata kunci: indeks kerentanan pesisir, Lebak, perubahan garis pantai, Samudra Hindia

I. PENDAHULUAN

Pesisir Lebak memiliki garis pantai sepanjang 91,42 km. Pesisir Lebak memiliki 6 kecamatan yang terletak dekat dengan pantai, di antaranya Kecamatan Wanasalam, Malingping, Cihara, Panggarangan, Bayah, dan Cilograng (DPMPTSP, 2014). Pantai Binuangeun, salah satu pantai di Kecamatan Wanasalam telah mengalami kerusakan akibat terjadinya abrasi, khususnya di wilayah timur pantai. Hal tersebut berdampak pada rusaknya daratan dan tempat wisata. Abrasi juga terjadi pada pantai berkarang wilayah barat Binuangeun yang mengakibatkan muara di daerah tertentu tertutup oleh endapan sedimen (Ilahude *et al.*, 2011). Perubahan garis pantai terjadi akibat adanya energi gelombang besar yang menghasilkan arus sejajar pantai sehingga membawa sedimen pantai ke wilayah pesisir lainnya yang memiliki muara (Setyawan *et al.*, 2021).

Perubahan garis pantai dapat disebabkan oleh beberapa variabel. Variabel ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu variabel geologi dan oseanografi. Variabel geologi dapat dikelompokkan menjadi geomorfologi, perubahan garis pantai, dan elevasi. Tipe geomorfologi berkaitan dengan resistensi bentuk lahan wilayah pesisir terhadap perubahan garis pantai akibat kenaikan muka air laut, sedangkan elevasi atau ketinggian pesisir berkaitan dengan durasi perubahan garis pantai yang berdampak pada luasan genangan wilayah pesisir (Pendleton *et al.*, 2005). Variabel oseanografi terdiri atas gelombang, pasang surut, dan arus (Hamsah & Nirmawala, 2022).

Daerah pantai memiliki sistem dinamis dengan kondisi geomorfologi yang kompleks dalam merespons secara non linear terhadap peristiwa ekstrem seperti terjadinya peningkatan suhu permukaan laut (Paola *et al.*, 2011). Peningkatan suhu permukaan global yang terjadi menyebabkan mencairnya es di kutub sehingga terjadilah

penambahan muka air laut yang ditandai dengan meluasnya area genangan pada wilayah pesisir. Salah satu daerah pantai yang memiliki kondisi geomorfologi yang kompleks dan juga terdampak peristiwa mencairnya es di kutub adalah daerah pesisir Lebak yang dibuktikan dengan adanya kejadian abrasi di Pantai Binuangeun. Berdasarkan fakta ini, diperlukan analisis terkait kerentanan wilayah pesisir Lebak terhadap kenaikan muka air laut agar tindakan preventif bisa dilakukan. Menurut Gornitz (1991) salah satu cara untuk menentukan wilayah kerentanan pesisir adalah lewat metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memetakan sebaran kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka air laut berdasarkan nilai CVI.

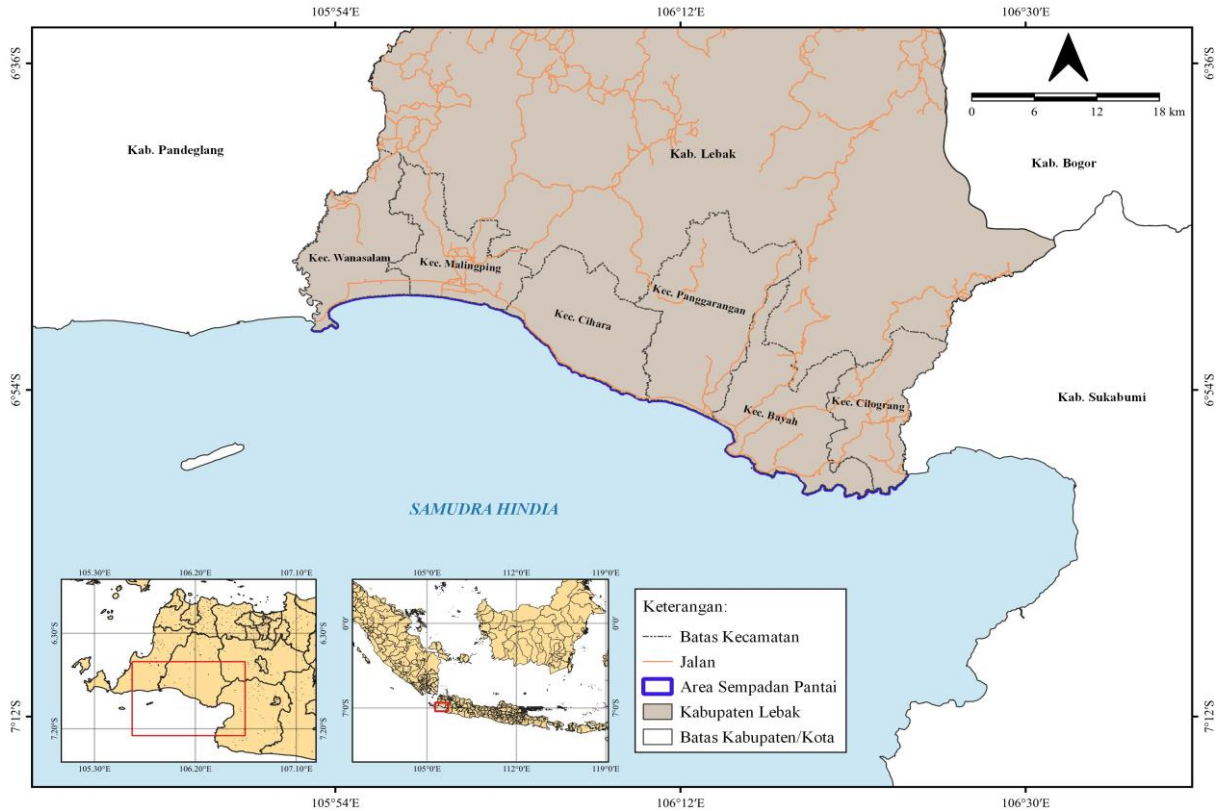
II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2022 dengan lokasi di pesisir Kabupaten Lebak Banten (Gambar 1). Wilayah kajian mengikuti garis pantai sepanjang 91,42 km dengan 6 kecamatan yang berbatasan langsung dengan laut lepas (Kecamatan Wanasalam, Kecamatan Malingping, Kecamatan Cihara, Kecamatan Panggarangan, Kecamatan Bayah, dan Kecamatan Cilograng). Wilayah kajian dibatasi sejauh 100 m dari garis pantai ke arah darat.

2.2. Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder (Tabel 1) beserta sumber datanya. Pengambilan data primer dilakukan melalui observasi langsung untuk memperoleh data kondisi geomorfologi pantai dan informasi yang berkaitan dengan variabel kerentanan pesisir di sepanjang Lebak. Batasan titik koordinat di setiap perbedaan tipe pantai, ditandai dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS), sehingga dihasilkan 16 batasan sel



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di pesisir Kabupaten Lebak Banten.

Tabel 1. Jenis dan sumber data sekunder berdasarkan variabel kerentanan pesisir

Jenis Data	Sumber Data	Waktu
Data Geomorfologi	Survei lapang	2022
Data Perubahan Garis Pantai	Citra satelit Landsat 5 dan 8	2010 dan 2021
Data Elevasi	<i>Global Digital Elevation Model (GDEM)</i> diperoleh dari <i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)</i>	2013
Data Kenaikan Muka Air Laut Relatif	Jason 2 dan Jason 3 (http://data.nodc.noaa.gov/ dan https://www.aviso.altimetry.fr/)	2010-2021
Data Tinggi Gelombang Laut	<i>Climate Change Service Copernicus</i> (https://cds.climate.copernicus.eu/)	2010-2021
Data Pasang Surut	<i>Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) Sea Level Monitoring</i> (https://www.ioc-sealevelmonitoring.org/)	2010-2021

dari Kecamatan Wanasalam sampai Kecamatan Cilograng.

Data sekunder seperti kenaikan muka air laut, tinggi gelombang, dan pasang surut, mengacu pada penelitian Suhermat *et al.* (2021) mengenai suhu permukaan laut di

daerah Sukabumi yang mengalami peningkatan signifikan pada tahun 2010 dan 2016. Pengolahan data pada penelitian ini dimulai tahun 2010 sampai tahun 2021 untuk mengetahui adanya perubahan pada setiap variabel yang menentukan kerentanan

wilayah pesisir terhadap kenaikan muka air laut. Hal ini dilakukan agar mempermudah proses penentuan tingkat kerentanan wilayah pesisir Lebak. Alat yang digunakan antara lain, *Personal Computer* (PC) untuk mengolah keseluruhan data, *Global Positioning System* (GPS), dan kamera untuk dokumentasi. Perangkat lunak yang digunakan bersifat *open source* seperti, *QGIS 3.18.3* untuk mengolah data spasial, *Google Earth Pro* untuk memvisualisasikan *ground check* satelit Jason, *Ocean Data View* (ODV) untuk pengambilan data variabel fisik sesuai lokasi, *Basic Radar Altimetry Toolbox* (BRAT) untuk pengolahan data kenaikan muka air laut dari satelit Jason, dan *Microsoft Excel* untuk tabulasi data.

2.3. Analisis Data

Kerentanan wilayah pesisir ditentukan menggunakan penilaian *Coastal Vulnerability Index* (CVI) dengan 6 variabel, diantaranya adalah geomorfologi, perubahan garis pantai, elevasi, kenaikan muka air laut

relatif, tunggang pasang surut dan tinggi gelombang. Keenam variabel tersebut selanjutnya akan dinilai dengan skor (Tabel 2). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang memenuhi kaidah empiris diikuti data-data yang berbentuk angka (Syahrums & Salim, 2012). Data variabel dalam penelitian ini berupa skor (angka) yang mengacu pada Gornitz (1991).

Penentuan tingkat kerentanan menggunakan persamaan umum indeks kerentanan pesisir (*Coastal Vulnerability Index*) yang dikemukakan oleh Gornitz *et al.* (1992):

$$CVI = \sqrt{\frac{a \times b \times c \times d \times e \times f}{6}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: *a* adalah geomorfologi, *b* adalah perubahan garis pantai, *c* adalah elevasi, *d* adalah kenaikan muka air laut relatif, *e* adalah tunggang pasang surut, dan *f* adalah tinggi gelombang laut.

Tabel 2. Penilaian variabel fisik pantai terhadap kenaikan muka air laut

Variabel	Skor				
	1 (Sangat tidak rentan)	2 (Tidak rentan)	3 (Sedang)	4 (Rentan)	5 (Sangat rentan)
Geomorfologi	Berbatu, bertebing tinggi, teluk	Bertebing sedang, pantai berlekuk	Bertebing rendah, gletser, rawa, berkarang, mangrove	Berkerikil estuari, laguna, dataran aluvial	Penghalang pantai, pantai berpasir, berlumpur, delta
Perubahan garis pantai (m/tahun)	>2,0 Akresi	1,0 – 2,0 Akresi	+1,0 – -1,0 Stabil	-1 – -2 Abrasi	< -2,0 abrasi
Elevasi (m)	>30,0	20,1-30,0	10,1-20,0	5,1-10,0	0,0-5,0
Kenaikan muka air laut relatif (mm/tahun)	< -1,0	-1,0 – 0,99	1,0 – 2,0	2,1 – 4,0	>4,0
Tunggang pasang surut (m/tahun)	<1,0 Microtidal	1,0 – 1,9	2,0 – 4,0	4,1 – 6,0	>6,0 Macrotidal
Tinggi gelombang (m/tahun)	0 – 2,9	3,0 – 4,9	5,0 – 5,9	6,0 – 6,9	≥ 7,0

Sumber: Gornitz (1991).

Tingkat kerentanan wilayah pesisir menurut Gornitz & White (1992) dibagi berdasarkan tiga kelas, yaitu resiko rendah, sedang dan tinggi yang ditunjukkan pada peta kerentanan wilayah pesisir Lebak Banten. Wilayah yang termasuk ke dalam kelas resiko rendah memiliki skor < 20 dengan warna indikator hijau. Kelas resiko sedang memiliki skor 22-30 dengan warna indikator kuning. Kelas resiko tinggi memiliki skor > 33 dengan warna indikator merah. Hasil analisis kerentanan di setiap wilayah pesisir Lebak selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk peta.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Geomorfologi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa geomorfologi pantai di sepanjang Pesisir Lebak secara keseluruhan ialah berkarang, berpasir, dan tebing. Kecamatan Wanasalam, Cihara, Cilograng, dan Bayah memiliki tipe berkarang dan sebagian berpasir. Kecamatan Malingping dan Panggarangan memiliki geomorfologi berpasir di sepanjang kecamatannya. Pada Kecamatan Bayah ditemukan 1 tipe geomorfologi yang berbeda yaitu tebing.

Data geomorfologi yang diperoleh melalui survei lapang (Gambar 2). Hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat 3 jenis geomorfologi yang ditandai menjadi 16 stasiun atau sel sepanjang Lebak. Wilayah kecamatan yang memiliki geomorfologi berpasir termasuk dalam kategori sangat rentan ditandai dengan warna merah muda, kategori sedang pada wilayah dengan geomorfologi berkarang ditandai dengan warna ungu, dan kategori sangat tidak rentan pada wilayah dengan geomorfologi bertebing ditandai dengan warna kuning. Wilayah pesisir dengan tipe geomorfologi berpasir sangat rentan karena tersusun atas material-material yang mudah terbawa oleh air (Gornitz, 1991). Beberapa wilayah pesisir dengan tipe geomorfologi berkarang termasuk dalam kategori sedang karena

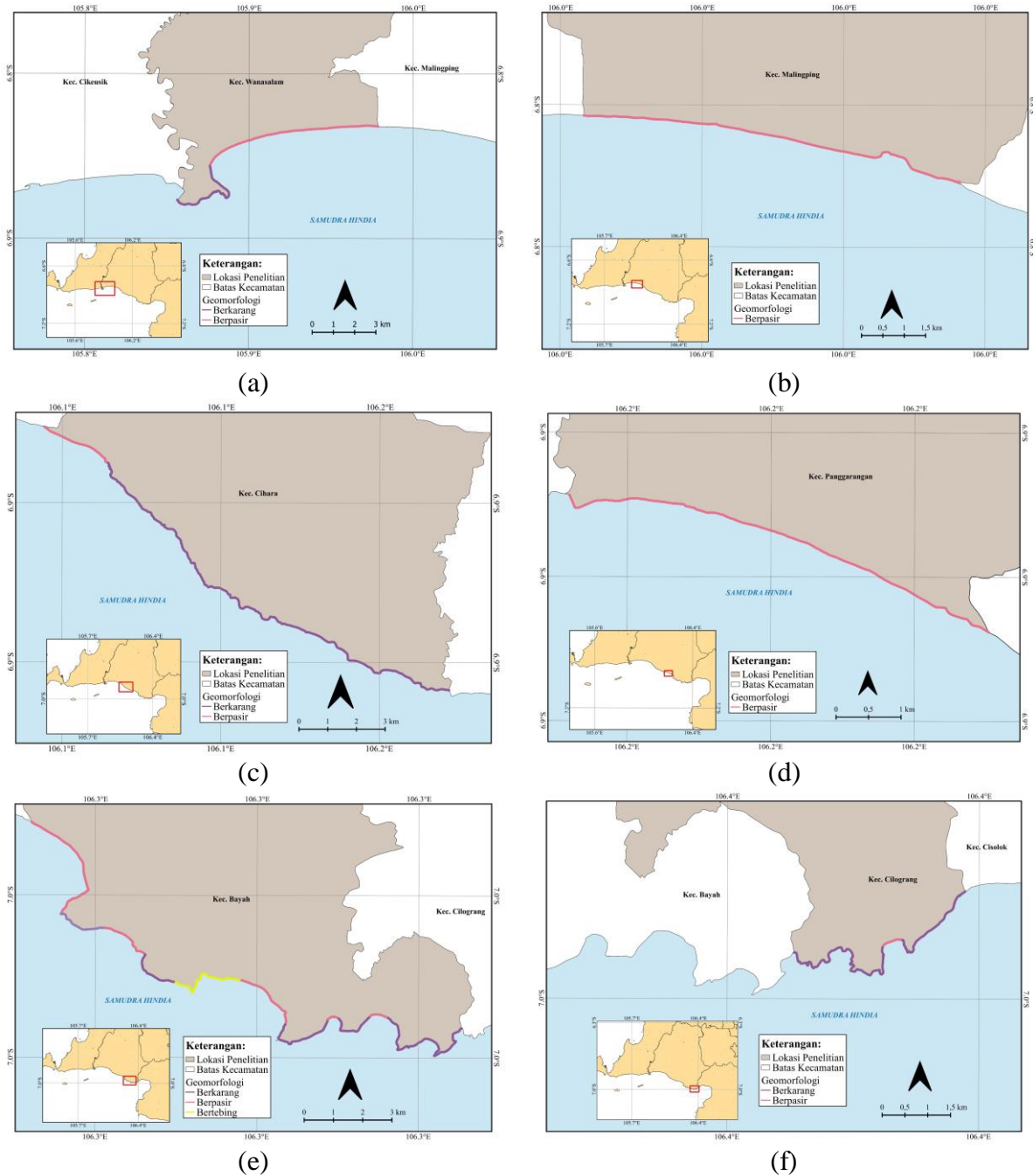
gelombang yang datang, terlebih dahulu menerjang terumbu karang yang berfungsi sebagai pemecah gelombang, sehingga mengalami difraksi yang menyebabkan berkurangnya tinggi gelombang ke arah pantai (Suryono *et al.*, 2021). Pada geomorfologi tebing termasuk dalam kategori kelas sangat tidak rentan. Pantai tebing memiliki morfologi bergelombang sampai perbukitan yang tersusun oleh batuan dasar beresistensi tinggi atau batuan keras sehingga tidak mudah tergerus jika dibandingkan dengan pantai berpasir dan berkarang (Setiady & Darlan, 2012).

3.2. Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai yang terdapat di pesisir Lebak selama kurun waktu 12 tahun (2010-2021) disajikan pada Gambar 3. Garis yang berwarna biru menunjukkan garis pantai tahun 2010, sedangkan garis berwarna merah merupakan garis pantai tahun 2021. Hasil analisis garis pantai keseluruhan menghasilkan nilai akresi tertinggi terjadi di Kecamatan Cihara sebesar 38,3 m/tahun dan nilai abrasi tertinggi yaitu 36,1 m/tahun terjadi di Kecamatan Bayah.

Kecamatan Bayah menjadi wilayah yang mengalami abrasi tertinggi sepanjang garis pantai Lebak. Hal ini dikarenakan, titik lokasi yang mengalami abrasi dijadikan tempat pembangunan industri. Pada Gambar 3e garis pantai tahun 2021 (warna merah) mengalami kemunduran jika dibandingkan dengan garis pantai tahun 2010 (warna biru), sehingga, wilayah pantai tersebut termasuk dalam kategori kelas sangat rentan. Pantai yang mengalami akresi tertinggi berada di Kecamatan Cihara dengan nilai 38,3 m/tahun. Pantai ini memiliki tipe pantai berpasir yang berdampingan dengan muara sungai. Menurut Octaviana *et al.* (2020) muara sungai lebih rentan terhadap perubahan garis pantai karena lokasi tersebut sangat dinamis terhadap perubahan yang terjadi terutama akibat sedimentasi yang berlangsung musiman.

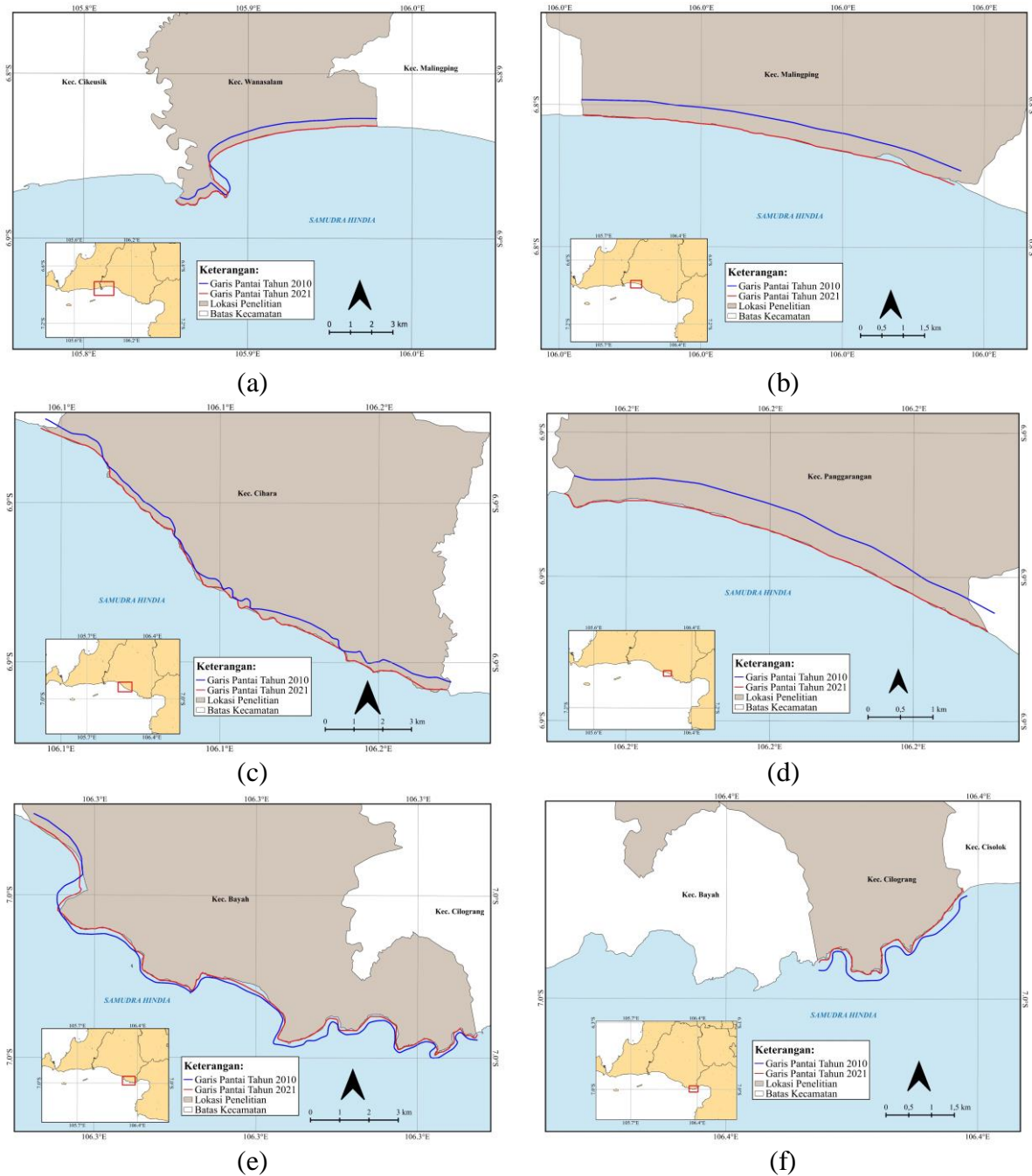
Pemetaan kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan . . .



Gambar 2. Peta wilayah pesisir berdasarkan geomorfologi di Kecamatan: (a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.

Selain faktor-faktor tersebut, penyebab perubahan garis pantai juga dipengaruhi oleh tipe arus yang melintas pada wilayah tersebut. Dalam hal ini, wilayah Lebak memiliki perairan dengan tipe arus sejajar pantai yang berasal dari arah barat, barat daya, dan tenggara. Arah datang gelombang yang berasal dari barat

daya menuju garis pantai ini akan menghasilkan arus sejajar pantai ke arah tenggara dan barat laut (Dewi *et al.*, 2020). Sama halnya dengan penelitian Ilahude *et al.* (2011) bahwa pantai barat Binuangeun mendapatkan energi gelombang dari arah tenggara, sedangkan pada bagian timur berasal dari barat dan barat daya. Menurut



Gambar 3. Peta wilayah pesisir berdasarkan perubahan garis pantai di Kecamatan: (a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.

Lubis *et al.* (2020) proses tergerusnya pantai akibat hempasan arus sejajar pantai dalam kurun waktu yang lama mengakibatkan proses abrasi yang dapat menghasilkan perubahan kecil pada sedimen atau arah angin berubah secara drastis. Oleh sebab itu, pantai berkarang dan tebing yang berada

hampir sepanjang pantai yang berada di Kecamatan Bayah dan Ciligrang pun mengalami abrasi. Pantai dengan tipe berkarang atau tebing mengalami abrasi disebabkan oleh hantaman gelombang air laut yang mengakibatkan terjadinya pelapukan atau proses geologi lain. Namun,

proses pelapukan ini berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini sependapat dengan penelitian Aco (2019) bahwa pantai yang mengarah ke timur walaupun memiliki tipe berkarang tetap mengalami abrasi dikarenakan hempasan gelombang besar secara terus menerus

3.3. Elevasi

Elevasi atau ketinggian wilayah pesisir Lebak memiliki bentuk yang bervariasi berupa dataran rendah dan perbukitan. Nilai elevasi menentukan luasan genangan air akibat kenaikan muka air laut. Elevasi juga memengaruhi durasi proses akresi maupun abrasi pada garis pantai (Asmadin *et al.*, 2021).

Peta kerentanan Kabupaten Lebak berdasarkan elevasi atau ketinggiannya disajikan pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan wilayah pesisir yang memiliki ketinggian 0-10 m termasuk dalam kategori sangat rentan sampai rentan dan terdapat pada tipe pantai berpasir. Elevasi di Kecamatan Cihara sampai Cilograng didominasi dengan daerah yang memiliki ketinggian 20 m dan bahkan lebih dari 30 m karena wilayah tersebut merupakan area perbukitan. Pantai berkarang didominasi ketinggian 10-20 m karena berada pada area perbukitan sehingga termasuk dalam kategori sedang. Wilayah pesisir dengan tipe pantai berpasir berkategori rentan dengan ketinggian 5-10 m. Pantai berpasir dengan kategori ini memiliki elevasi rendah dan beresiko tinggi saat terjadi gelombang pasang.

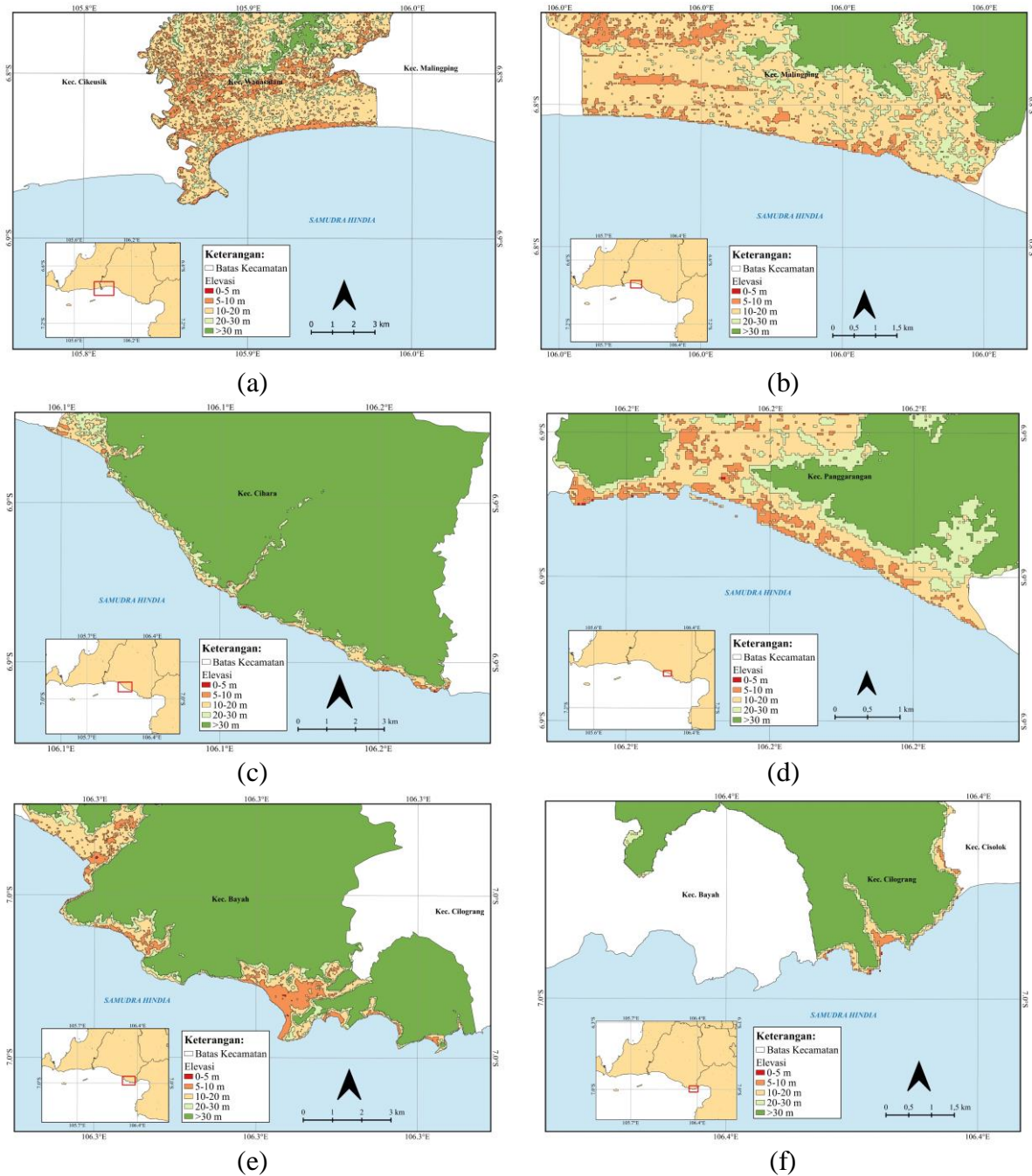
3.4. Kenaikan Muka Air Laut Relatif

Titik koordinat yang mewakili perairan Lebak yaitu Samudra Hindia pada koordinat 7°LS dan 106°BT. Nilai rata-rata hasil kenaikan muka air laut relatif adalah 10,14 mm/tahun yang terdapat pada Tabel 3, dan dikategorikan sesuai dengan kelas Gornitz (1991) bahwa perairan Lebak termasuk dalam kelas sangat rentan. Kenaikan muka air laut yang terjadi 10,14

mm/tahun menunjukkan resiko tinggi karena dapat menyebabkan kerusakan wilayah pesisir, kenaikan muka air laut tersebut melebihi 4 mm/tahun.

Hasil penelitian menunjukkan nilai muka air laut cenderung stabil pada rentang tahun 2010-2012. Salah satu fenomena alam yang terjadi pada tahun 2010, menyebabkan perairan Jawa mengalami musim hujan berkepanjangan dan mengalami penambahan muka air laut (Khasanah & Sastra, 2017). Fenomena yang terjadi ini merupakan Fenomena La Nina kuat. Pada dasarnya, fenomena La Nina kuat terjadi dengan rentang waktu selama 2-7 tahun (Batubara *et al.*, 2022). Fenomena La Nina kuat diikuti dengan *Madden Jullian Oscillation* (MJO) yang aktif terjadi tahun 2011 akhir sampai awal tahun 2012. *Madden Jullian Oscillation* menjadi penyebab variabilitas curah hujan di suatu wilayah. Dalam hal ini, dampak yang terjadi yaitu kenaikan curah hujan ekstrem (Maharani & Rejeki, 2021). Siswanto *et al.* (2015) menyatakan curah hujan ekstrem menjadi faktor penyebab terjadinya banjir, sehingga fenomena yang menghasilkan curah hujan ekstrem ini diindikasikan menjadi penyebab meningkatnya muka air laut di perairan Lebak.

Pada tahun 2016, hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan muka air laut. Fenomena La Nina kembali terjadi, namun terjadinya fenomena ini diikuti dengan IOD^- (Athoillah *et al.*, 2017). Fenomena IOD^- disebabkan adanya anomali suhu permukaan laut di Samudra Hindia bagian barat dan timur (Rahayu *et al.*, 2018). Dampak yang dihasilkan saat IOD^- yaitu adanya peningkatan intensitas curah hujan dan saat IOD^+ terjadi penurunan intensitas curah hujan atau terjadi musim kemarau yang kering. Ramadhanty *et al.* (2021) membuktikan bahwa tahun 2016 ditemukan fenomena IOD^- terendah bulan Juni-Oktober yang menghasilkan curah hujan tinggi. Yananto & Dewi (2016) juga menyatakan bahwa fenomena El Nino yang diikuti oleh



Gambar 4. Peta wilayah pesisir berdasarkan elevasi di kecamatan: (a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.

IOD⁺ yang terjadi tahun 2015 menyebabkan musim kemarau berkepanjangan atau suhu muka laut meningkat. Nilai muka air laut mengalami penurunan saat terjadi El Nino dibandingkan pada saat terjadinya La Nina (Tabel 3). Tahun 2020 sampai dengan awal tahun 2021 Samudra Pasifik mengalami iklim global yang dihadapi dengan

fenomena La Nina mencapai level “moderate” (Risnyah, 2021). Oleh sebab itu, data pada Tabel 3 menunjukkan peningkatan kenaikan muka air laut yang signifikan pada akhir tahun 2020 dan 2021.

Hasil analisis secara keseluruhan, kondisi muka air laut di perairan Lebak mengalami peningkatan dari tahun 2010-

2021. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Handoko *et al.* (2019), bahwa kenaikan muka air laut di Indonesia akan terus meningkat. Salah satu faktor yang memengaruhi peningkatan kenaikan muka air laut di setiap tahunnya yaitu terjadinya kenaikan suhu global. Sesuai dengan Suhermat *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa suhu permukaan laut di perairan Sukabumi mengalami peningkatan dari tahun 2010 sampai 2020. Peristiwa meningkatnya suhu global ini menyebabkan terjadinya pemuaiannya sehingga memicu bertambahnya massa air laut (Shalsabilla *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kondisi suhu global ini menjadi salah satu faktor penyebab kenaikan muka air laut di perairan Lebak.

Tabel 3. Kenaikan muka air laut relatif (mm/tahun) di perairan Lebak

No	Tahun	Kenaikan Muka Air Laut Relatif (mm/tahun)
1	2010	130
2	2011	100
3	2012	110
4	2013	130
5	2014	100
6	2015	80
7	2016	170
8	2017	90
9	2018	60
10	2019	80
11	2020	140
12	2021	270
Rata-rata		121,67
Rata-rata/tahun		10,14

Sumber: Olah data pribadi (2022).

3.5. Tunggang Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini tersedia pada situs *IOC Sea Level Monitoring* yang titik terdekat dengan Lebak yaitu stasiun Cilacap dengan letak astronomis $7^{\circ}45'LS$ dan $108^{\circ}95'60''BT$. Variabel tunggang pasang surut bernilai 0,15 m/tahun dan dikategorikan sesuai dengan kelas Gornitz (1991) yaitu tidak rentan

(Tabel 4). Tunggang pasang surut dapat memengaruhi arus pasang surut (Jana & Hedge, 2016). Semakin tinggi nilai tunggang pasang surut maka semakin kuat arus yang dihasilkan. Tunggang pasang surut tertinggi terjadi pada Tahun 2011 dengan nilai 3,88 m. Utari *et al.* (2022) menyatakan bahwa Fenomena La Nina diikuti MJO terjadi pada tahun 2011. Kedua fenomena ini memengaruhi curah hujan di Indonesia sehingga terjadi nilai tunggang pasang tertinggi. Tinggi rendahnya nilai pasang dan surut selain dipengaruhi faktor astronomis, juga dipengaruhi oleh lokasi titik stasiun. Titik stasiun di Kabupaten Cilacap ini tepatnya di Pulau Nusakambangan, berada pada kawasan estuari yang terbentuk akibat pertemuan dari beberapa sungai. Oleh karena itu, morfologi wilayah ini seperti selat sempit. Seperti yang disampaikan Handoyo *et al.* (2015) bahwa potensi energi pasang surut tertinggi di Kabupaten Cilacap berasal dari faktor morfologi pantai.

Tabel 4. Nilai prediksi tunggang pasang surut (m/tahun)

No	Tahun	Tunggang Pasang Surut (m/tahun)
1	2010	1,89
2	2011	3,88
3	2012	2,49
4	2013	1,94
5	2014	2,32
6	2015	2,69
7	2016	1,47
8	2017	1,63
9	2018	1,01
10	2019	1
11	2020	0,66
12	2021	0,56
Rata-rata		1,79
Rata-rata/tahun		0,15

Sumber: Olah data pribadi (2022).

3.6. Tinggi Gelombang

Data gelombang laut diperoleh melalui situs internasional *Copernicus* dan

didapatkan satu titik koordinat yang mewakili perairan Lebak yaitu 7°LS dan 106°BT. Nilai rata-rata tinggi gelombang yang diperoleh selama 12 tahun (2010-2021) yaitu 0,07 m/tahun (Tabel 5). Nilai tersebut dikategorikan dalam kelas kerentanan menurut Gornitz (1991) yang diperoleh hasil bahwa perairan Lebak termasuk tidak rentan.

Tabel 5. Nilai prediksi rata-rata tinggi gelombang di perairan Lebak

No	Tahun	Tinggi Gelombang (m)
1	2010	0,59
2	2011	0,76
3	2012	0,78
4	2013	0,74
5	2014	0,77
6	2015	0,88
7	2016	0,58
8	2017	0,95
9	2018	0,94
10	2019	0,85
11	2020	0,94
12	2021	1
Rata-rata		0,82
Rata-rata/tahun		0,07

Sumber: Olah data pribadi (2022).

Rata-rata tinggi gelombang di setiap tahunnya selama 12 tahun (2010-2021) mengalami peningkatan (Tabel 5). Tinggi gelombang di perairan Indonesia sangat berkaitan dengan siklus angin monsun Asia dan Australia. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa gelombang tertinggi terjadi pada tahun 2021, yaitu 1 m. Nilai tersebut dipengaruhi oleh fenomena La Nina sebagaimana disampaikan oleh Risnayah (2021) bahwa tahun 2020-2021 terjadi fenomena La Nina. Menurut Kurniawan *et al.* (2012), fenomena La Nina ini menghasilkan angin zonal dari Samudra Pasifik yang meningkatkan arah dan kecepatan angin monsun Australia secara terus-menerus. Berbanding terbalik dengan saat terjadi fenomena El Nino, angin monsun Australia akan melemah, sehingga

tinggi gelombang yang dihasilkan lebih rendah dari rata-ratanya.

3.7. Kerentanan Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir Lebak berdasarkan bentuk geomorfologi termasuk dalam kategori sangat rentan adalah wilayah dengan tipe berpasir. Hal ini dikarenakan, pantai berpasir tersusun atas material-material yang mudah terbawa oleh air sehingga wilayah pesisir mudah rentan terkena dampak kenaikan muka air laut (Gornitz 1991). Pengelompokan kondisi geomorfologi wilayah berpasir ini memiliki nilai kerentanan tinggi (Skor=5). Dalam hal ini, elevasi atau ketinggian pesisir pada pantai berpasir termasuk kategori rentan (Skor=4). Variabel perubahan garis pantai untuk tipe pantai berpasir pada sebagian Kecamatan Wanasalam dan Kecamatan Cihara, serta Kecamatan Malingping dan Kecamatan Panggarangan termasuk dalam kategori sangat tidak rentan karena mengalami akresi atau penambahan sedimentasi di area pesisir (Skor=1).

Pantai berpasir di Kecamatan Bayah dan Kecamatan Ciligrang termasuk dalam kategori sangat rentan (Skor=5). Tingkat kerentanan wilayah pesisir berdasarkan geomorfologi dan elevasi, termasuk kategori sedang adalah wilayah pantai dengan geomorfologi berkarang yang tersebar di sebagian Kecamatan Wanasalam, Kecamatan Cihara, Kecamatan Bayah, dan Kecamatan Ciligrang (Skor=3). Pada sebagian lainnya yaitu Kecamatan Ciligrang memiliki elevasi yang termasuk kategori sangat tidak rentan karena batas wilayah kajian tersebut merupakan area perbukitan (Skor=1). Perubahan garis pantai untuk pantai berkarang yang berada di sebagian Kecamatan Wanasalam, Kecamatan Bayah, dan Kecamatan Ciligrang termasuk dalam kategori sangat rentan (Skor=5). Sebagian Kecamatan Cihara dengan geomorfologi berkarang termasuk dalam kategori sangat tidak rentan untuk variabel perubahan garis pantai (Skor=1).



Gambar 5. Peta kerentanan wilayah pesisir Lebak Banten.

Variabel kenaikan muka air laut relatif, tinggi gelombang, dan tunggang pasang surut pada penelitian ini hanya menggunakan satu titik yang mewakili jenis perairan Lebak yaitu Samudra Hindia. Kenaikan muka air laut relatif pada wilayah ini termasuk dalam kategori sangat rentan (Skor=5). Variabel tinggi gelombang pada wilayah ini termasuk dalam kategori sangat tidak rentan (Skor=1). Variabel tunggang pasang surut termasuk dalam kategori tidak rentan (Skor=2). Hasil klasifikasi keseluruhan variabel selanjutnya dihitung menjadi nilai kerentanan pesisir (CVI) menggunakan Persamaan 1. Hasil analisis keseluruhan sepanjang wilayah pesisir Lebak termasuk dalam kategori rendah dengan nilai pada pantai berpasir berkisar 5,8-12,9. Pantai berkarang memiliki nilai kerentanan berkisar 5-8,7 dan pantai tebing dengan nilai 2,9. Gornitz & White (1992) menyatakan bahwa wilayah pesisir yang

memiliki nilai <20 termasuk dalam kategori tingkat kerentanan rendah. Hal tersebut berarti sepanjang wilayah pesisir Lebak memiliki tingkat kerentanan yang rendah dan perlu diberi indikator warna hijau pada peta yang disajikan pada Gambar 5.

IV. KESIMPULAN

Tingkat kerentanan wilayah Pesisir Kabupaten Lebak Banten terhadap kenaikan muka air laut termasuk dalam kategori rendah dengan hasil skor berkisar antara 2,9-12,9. Hal tersebut berarti wilayah pesisir Lebak beresiko rendah terkena dampak kenaikan muka air laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang sudah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aco, F. 2019. Mitigasi bencana berbasis dana desa dalam menghadapi bahaya tebing rawan sepanjang pantai di Gunung Kidul. *J. Enersia Publikas*, 3(2): 139-155. https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_Enersia_Publika/article/view/685/532
- Asmadin, V.P. Siregar, I. Sofian, I. Jaya, & A.B. Wijanarto. 2021. The change in elevation, land subsidence and local sea level rise using coastal response model in Jakarta. Prosiding. The 6th International Conference on Tropical and Coastal Region Eco-Development, Indonesia, 27-28 Oktober 2020.
- Athoillah, I., R.M. Sibarani, & D.E Doloksaribu. 2017. Analisis spasial pengaruh kejadian El Nino kuat tahun 2015 dan La Nina lemah tahun 2016 terhadap kelembapan, angin dan curah hujan di Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1): 33-41. <https://doi.org/10.29122/jstmc.v18i1.2140>
- Batubara, M.P.N., M. Zainuri, K. Kunarso, & A.D. Puryajati. 2022. Diagnosa perilaku MJO aktif pada saat La Nina kuat (2011/2012) di perairan tropis. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2): 193-205. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.45619>
- Dewi, P.S., H. Setiyono, G. Handoyo, S. Widada, & A.A.D. Suryoputro. 2020. Studi perubahan garis pantai tahun 2014-2019 di pesisir Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. *Indonesian J. of Oceanography*, 2(3): 233-242. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8492>
- Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPSTP). 2014. Rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Lebak 2014-2034. Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu. Lebak. 333p.
- Gornitz, V.M. 1991. Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 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., T.W. White, & R.C. Daniels. 1992. Acoastal hazard data base for The US East Coast. ORNL/CDIAC-45, NDP-043A. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge. Tennessee. 174p.
- Handoko, E.Y., Yuwono, & R. Ariani. 2019. Analisis kenaikan muka air laut Indonesia tahun 1993-2018 menggunakan data altimetri. *J. Geoid*, 15(1): 58-64. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v15i1.3958>
- Handoyo, G., A.A.D. Suryoputro, & Pratikyo, I. 2015. Konversi tinggi pasang surut di perairan Cilacap terhadap energi yang dihasilkan. *J. Kelautan Tropis*, 18(2): 112-120. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.522>
- Hamsah & Nirmawala. 2022. Zonasi bencana abrasi Pantai Sappoang Kabupaten Polewali Mandar. *J. Geografi*, 19(2): 62-72. <https://doi.org/10.15294/jg.v19i2.34486>
- Ilahude, D., U. Kamiludin, & A. Wahib. 2011. Abrasion wave pbstructs tourism development in coastal regions of Binuangeun, Lebak-Banten. *Bulletin of The Marine Geology*, 26(1): 51-63. <https://doi.org/10.32693/bomg.26.1.2011.34>
- Jana, A.B. & V. Hegde. 2016. GIS based approach for vulnerability assessment of the Karnataka coast, India. *Hindawi*, 64: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2016/5642523>

- Khasanah, I.U. & A.R. Sastra. 2017. Pengaruh fenomena El Nino dan La Nina terhadap perairan Sumatera Barat. Prosiding. Seminar Nasional Pengeinderaan Jauh ke-4, Depok, 17 Oktober 2017, Indonesia. 265-270pp.
- Kurniawan, R., M.N. Habibie, & D.S. Permana. 2012. Kajian daerah rawan gelombang tinggi di perairan Indonesia. *J. Meteorologi dan Geofisika*, 13(3): 201-212. <https://doi.org/10.31172/jmg.v13i3.135>
- Lubis, A.M., N. Veronica, R. Saputra, J. Sinaga, M. Hasanudin, & E. Kusmanto. 2020. Investigasi arus sejajar pantai (longshore current) di daerah abrasi Bengkulu Utara. *J. Kelautan Tropis*, 23(3): 316-324. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i3.8045>
- Maharani, S., & H.A. Rejeki. 2021. Pengaruh propagasi madden julian oscillation (MJO) di benua maritim Indonesia (BMI) terhadap siklus diurnal dinamika atmosfer dan curah hujan di Provinsi Lampung tahun 2018. *J. Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 22(2): 71-84. <https://doi.org/10.29122/jstmc.v22i2.4528>
- Octaviana, D.A., B. Rochaddi, W. Atmodjo, P. Subardjo, M. Zainuri, M. Yusuf, & A. Rifai. 2020. Analisis abrasi dan akresi di muara sungai Kali Bodri, Kabupaten Kendal. *Indonesia J. of Oceanography*, 2(2): 137-146. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i2.7426>
- Paola, G.D., J. Iglesias, G. Rodriguez, Guido Benassai, P. Aucelli, & G. Pappone. 2011. Estimating coastal vulnerability in a meso-tidal beach by means of quantitative and semi-quantitative methodologies. *J. of Coastal Research*, 61: 303-308. <http://dx.doi.org/10.2112/SI61-001.30>
- Pendleton, E.A., E. Robert, T., & S. Jeffress, W. 2005. Coastal vulnerability assessment of gateway national recreation area (GATE) to sea level rise. Denver. <https://doi.org/10.3133/ofr20041257>
- Rahayu, N.D., B. Sasmito, & N. Bashit. 2018. Analisis pengaruh fenomena Indian ocean dipole (IOD) terhadap curah hujan di Pulau Jawa. *J. Geodesi UNDIP*, 7(1): 57-67. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/19299>
- Ramadhanty, F.W., Muslim, Kunarso, B. Rochaddi, & D.H. Ismunarti. 2021. Pengaruh fenomena IOD (*Indian Ocean Dipole*) terhadap sebaran temperatur dan salinitas di perairan Barat Sumatera. *Indonesian J. of Oceanography*, 3(1): 89-99. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i1.10494>
- Risnayah, S. 2021. Dampak la nina 2020-2021 terhadap curah hujan di Sulawesi Tenggara. *Buletin GAW Bariri*, 2(2): 97-104. <https://gawpalu.id/bgb/index.php/bgb/article/view/60>
- Setiady, D. & Y. Darlan. 2012. Karakteristika pantai dalam penentuan asal sedimen di pesisir Bayah Kabupaten Lebak, Banten. *Jurnal Geografi Kelautan*, 10(3): 147-156.
- Setyawan, F.O., W.K. Sari, & D. Aliviyanti. 2021. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan digital shoreline analysis system di Kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya, Aceh. *J. of Fisheries and Marine Research (JFMR)*, 5(2): 368-377. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.22>
- Shalsabilla, A., H. Setiyono, D.N. Sugianto, D.H. Ismunarti, & J. Marwoto. 2020. Kajian fluktuasi muka air laut sebagai dampak dari perubahan iklim di perairan Semarang. *Indonesian J. of*

- Oceanography (IJOCE)*, 4(1): 69-76.
<https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i1.13183>
- Siswanto, G.J.V. Oldenborgh, G.V.D. Schrier, G. Lenderink, & B.V.D. Hurk. 2015. Trends in high-daily precipitation evnts in Jakarta and the flooding of January 2014. *Bulletin of The American Meteorological Society*, 96(12): 131-169.
<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00128.1>
- Suhermat, M., M. Dimiyati, Supriatna, & Martono. 2021. Impact of climate change on sea surface temperature and chlorophyll-a concentration in South Sukabumi waters. *J. Ilmu Lingkungan*, 19(2): 393-398.
<https://doi.org/10.14710/jil.19.2.393-398>
- Suryono, Ambariyanto, Munasik, D.N. Sugianto, R. Ario, I. Pratikto, N. Taufiq-Spj, S.V. Canavaro, & T. Anggita. 2021. Hidrodinamika gelombang pada terumbu karang di Pulau Panjang, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 307-318. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.36368>
- Syahrum & Salim. 2012. Metode penelitian kuantitatif. Citapustaka Media. 184 p.
- Utari, T., A.Y. Baeda, & C. Paotnan. 2022. Study of the madden-Julian oscillation (MJO) scheme in South Sulawesi Province. *J. Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*, 1(2): 34-41. <https://doi.org/10.25042/jrt2k.122022.05>
- Yananto, A. & S. Dewi. 2016. Analisis kejadian El Nino tahun 2015 dan pengaruhnya terhadap peningkatan titik api di wilayah Sumatera dan Kalimantan. *J. Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(1): 11-19. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/view/4188>
- Submitted* : 28 October 2022
Reviewed : 26 January 2023
Accepted : 18 April 2023

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1.* Map of research location on the coast of Lebak Regency, Banten.
- Figure 2.* Map of coastal areas based on geomorphology in Lebak Regency, Banten
 Map of coastal areas based on geomorphology in each Sub-district: a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.
- Figure 3.* Map of coastal areas based on coastline changes in each Sub-district: a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.
- Figure 4.* Map of coastal areas based on elevation in each Sub-district: a) Wanasalam, (b) Malingping, (c) Cihara, (d) Panggarangan, (e) Bayah, (f) Ciligrang.
- Table 1.* Types and sources of secondary data.
- Table 2.* Assessment of coastal physical variables on sea level rise.
- Table 3.* Relative sea level rise (mm/year) in the Lebak Waters.
- Table 4.* The predicted value of tidal ride (m/year).
- Table 5.* The predicted value of average wave height in the Lebak Waters.

