

PEMETAAN TINGKAT KERENTANAN WILAYAH PESISIR TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DI KECAMATAN GENDING, KABUPATEN PROBOLINGGO

MAPPING OF VULNERABILITY LEVEL OF COASTAL AREAS TO CLIMATE CHANGE IN GENDING DISTRICT, PROBOLINGGO REGENCY

Silvy Ana Dwi Fallahiyah¹, Asri Sawiji², & Noverma³

Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
Jl. Ahmad Yani No. 117, Kec. Jemur Wonosari, Kota Surabaya

e-mail : sripu@apps.ipb.ac.id

Diterima tanggal: 14 Agustus 2021 ; diterima setelah perbaikan: 17 Juli 2023 ; Disetujui tanggal: 26 Juli 2023

ABSTRAK

Kecamatan Gending, Kabupaten Probolinggo merupakan kawasan industri yang mulai berkembang di pesisir utara Jawa Timur. Perkembangan industri tersebut memicu terjadinya pemanasan global (perubahan iklim) yang dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan diantaranya adalah abrasi pantai, kemunduran garis pantai, konflik penggunaan lahan, kerusakan fisik khususnya habitat pesisir, dan lain sebagainya. Perubahan iklim yang terjadi terus-menerus akan dapat meningkatkan kerentanan wilayah terhadap bencana salah satunya adalah banjir rob. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat kerentanan di wilayah tersebut terhadap perubahan iklim menggunakan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI). Metode CVI merupakan metode pembobotan relatif berbasis skala indeks dari parameter fisik. Parameter fisik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi parameter pasang surut, tinggi gelombang, kemiringan pantai, perubahan garis pantai, kenaikan muka air laut, ketinggian permukaan tanah dan geomorfologi (tutupan lahan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Gending yang meliputi beberapa Desa diantaranya Desa Curahsawo, Desa Pajurangan, Desa Gending, Desa Pesisir dan Desa Klaseman memiliki tingkat kerentanan yang sedang dengan parameter paling berpengaruh adalah kenaikan muka air laut, dan parameter yang paling rendah pengaruhnya adalah parameter tinggi gelombang. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka diperlukan upaya penanggulangan berupa kegiatan mitigasi baik secara *hard structure* maupun *soft* untuk mengurangi dampak dari bencana banjir rob di wilayah pesisir.

Kata kunci: Pemetaan kerentanan pesisir, Perubahan iklim, Metode CVI.

ABSTRACT

Gending Sub-District, Probolinggo Regency is an industrial area that is starting to develop on the north coast of East Java. This industrial development triggers global warming (climate change) which could have negative impacts on the environment including coastal abrasion, shoreline decline, land use conflicts, physical damage, especially coastal habitats, etc. Climate change that occurs continuously will be able to increase the disaster vulnerability of the region, one of which is tidal flooding. This study aims to assess the level of vulnerability in the region to climate change using the Coastal Vulnerability Index (CVI) method. The CVI method is a relative weighting method based on an index scale of physical parameters. The physical parameters used in this study include tidal parameters, wave height, beach slope, shoreline changes, sea level rise, land surface elevation and geomorphology (land cover). The results showed that the Gending sub-district which includes several villages including Curahsawo Village, Pajurangan Village, Gending Village, Pesisir Village and Klaseman Village has a moderate level of vulnerability with the most influential parameter being sea level rise, and the parameter with the lowest effect is the wave height parameter. Based on the results of this analysis, it is necessary to take mitigation efforts either hard structure or soft structure to reduce the impact of tidal floods in coastal areas

Keywords: Mapping coastal vulnerability, Climate change, CVI method.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim dapat terjadi disebabkan oleh adanya pemanasan global yang dapat memberikan dampak negatif yang paling kompleks pada wilayah pesisir, karena dampak dari perubahan iklim sulit untuk diprediksi dengan akurat serta sangat berpengaruh terhadap lingkungan alam dan sosial (Ulfa, 2018). Apabila terdapat kerusakan lingkungan baik secara alami ataupun aktivitas manusia akan dapat memperparah dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim. Kerusakan lingkungan (misalnya: abrasi pantai, kemunduran garis pantai, konflik penggunaan lahan, kerusakan fisik habitat pesisir, dan lainnya) umumnya terjadi pada wilayah pesisir yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi disertai tingginya intensitas pembangunan (Rifai *et al.*, 2020)

Kondisi geografis wilayah pesisir di Indonesia umumnya merupakan dataran rendah yang diperparah oleh adanya perubahan iklim dan penurunan muka tanah seperti pernyataan Pusat Informasi Perubahan Iklim Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang mengatakan bahwa kondisi geografis wilayah pesisir di Indonesia rentan terhadap perubahan iklim karena disebabkan oleh kondisi daerah pesisir dan pulau-pulau kecil kebanyakan merupakan daerah dataran rendah, seperti halnya kota-kota besar di Pulau Jawa yang biasanya terletak pada wilayah pesisir (Rifai *et al.*, 2020).

Kecamatan Gending merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Probolinggo yang terus berkembang pesat akhir-akhir ini sejalan dengan meningkatnya perkembangan dan perubahan sosial dan ekonomi. Sebagian besar wilayah Kecamatan Gending merupakan wilayah pesisir yang memanjang dari Desa Curahsawo, Pajurangan, Gending, Pesisir dan Klaseman. Ditinjau dari segi ketinggian di atas permukaan laut, Kecamatan Gending memiliki ketinggian 0 hingga 250 meter (BPS Kabupaten Probolinggo, 2020). Sebagaimana Kecamatan lain di bagian utara Kabupaten Probolinggo merupakan dataran-dataran rendah dan sering terjadi banjir air pasang (KOMINFO SETDA PEMKAB Probolinggo, 2016 dalam (Budiman & Supriadi, 2019). Disisi lain, kegiatan pembangunan wilayah dapat menimbulkan peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sehingga dapat memicu perubahan iklim di Kecamatan Gending, Kabupaten Probolinggo (Widodo *et al.*, 2015)

Perubahan iklim yang terjadi terus-menerus dapat menimbulkan berbagai kondisi ataupun bencana yang

apabila terjadi dapat mengakibatkan berbagai kerentanan (Ramli, 2017a). Kerentanan wilayah pesisir Kecamatan Gending membutuhkan pemikiran yang lebih mendalam untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim skala global yang dapat berpengaruh pada skala lokal yang sesuai dengan karakteristik wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui zonasi tingkat kerentanan wilayah pesisir Kecamatan Gending terhadap perubahan iklim berdasarkan parameter fisik diantaranya adalah pasang surut, tinggi gelombang, kemiringan pantai, perubahan garis pantai, kenaikan muka air laut, ketinggian permukaan tanah dan geomorfologi. Penelitian menggunakan metode CVI (*Coastal Vulnerability Index*) yang merupakan salah satu metode untuk menilai tingkat kerentanan wilayah pesisir yang disebabkan oleh perubahan iklim (Wahyudi *et al.*, 2014).

Penelitian serupa banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu pada wilayah pesisir lainnya, walaupun demikian penelitian sejenis harus dilakukan, karena topografi wilayah yang berbeda kemungkinan akan memberikan perbedaan informasi terkait kerentanan (Prathanazal *et al.*, 2021; Ramli, 2017b; Suhana *et al.*, 2020a)

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada wilayah pesisir Kecamatan Gending, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, yang terletak pada koordinat 7°47,63'31"S 113°18'32,99"E. Wilayah yang mencakup dalam penelitian ini meliputi Desa Curahsawo, Desa Pajurangan, Desa Gending, Desa Pesisir dan Desa Klaseman seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dilakukan dengan tahap pengambilan data lapangan dan data spasial yang dilakukan pada Februari 2021 hingga Juli 2021.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kamera, Aplikasi Android TS, *Software ArcGis 10.3*, *Software Er Mapper 7.1*, *Software Global Mapper 21.0*, *Software Ocean Data View*, dan *Software Surfer 3*. Sedangkan data yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi lapang, wawancara serta dokumentasi untuk mengidentifikasi secara langsung kondisi wilayah



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.
Figure 1. Research Location Map.

pesisir. Wawancara dilakukan pada kepada masing-masing kepala desa/perangkat desa. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, dari BIG (Badan Informasi Geospasial), USGS, ECMWF, NASA, Ocean Data Color).

Pengolahan Data

Jarak Pasang Surut Rata-Rata (Tidal Range)

Data pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam format txt sehingga perlu dilakukan *convert* data dengan bantuan Ms excel. Selanjutnya dilakukan perhitungan pasang surut menggunakan metode Admiralty untuk mengetahui konstanta harmonik dari data pasang surut tahun 2011-2020. Perhitungan nilai *Tidal Range* didapatkan dari Persamaan 1.

$$Tidal\ Range = \frac{(MHHWS + MLHWN)}{2} - \frac{(MLLWS + MLLWN)}{2}$$

Keterangan :

MHHWS	=	Rata-rata muka air tinggi tertinggi pasang purnama
MLHWN	=	Rata-rata muka air tinggi terendah saat pasang perbani
MLLWS	=	Rata-rata muka air rendah saat pasang purnama
MLLWN	=	Rata-rata muka air rendah saat pasang perbani

Tinggi Gelombang Signifikan

Data yang telah diunduh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)* berformat nc. Kemudian diekstrak dengan *Software Ocean Data View*. Setelah itu dilakukan interpolasi untuk mengisi data yang kosong di *Software Surfer*. Data berformat .gdr dari *Software Surfer* kemudian di ekspor dalam bentuk .txt menggunakan *Software Global Mapper*. Interpolasi dilakukan kembali menggunakan *Software ArcGIS* dengan *tools IDW*.

Kemiringan Pantai

Proses dimulai dengan membuat *Buffer Area* dari baseline garis pantai 2021 di *Software ArcGIS* yang diukur sejauh 1 km dari garis pantai. *Buffer Area* kemudian diubah menjadi point dan dicari nilai koordinat serta nilai kedalaman dari data BATNAS pada masing-masing point. Nilai kemiringan pantai dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Hidayat *et al.*, 2016)

$$S = \frac{\Delta h}{L} \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan :

S = nilai kemiringan lereng dasar laut (%)

Tabel 1. Bahan Penelitian
Table 1. Research Materials

No.	Jenis Data	Data Tahun	Sumber
1.	Citra Landsat 8 OLI	2016 dan 2021	USGS
2.	Citra Landsat 7 ETM	2011	https://earthexplorer.usgs.gov/
3.	Peta Rupa Bumi Indonesia	2021	BIG (Badan Informasi Geospasial)
4.	Data Bathimetri Nasional	2021	
5.	Data Pasang Surut	2011 - 2020	
6.	Data DEMNAS	2021	
7.	Data Gelombang	2011 - 2020	ECMWF
8.	Data Curah Hujan, Suhu	2011 - 2021	NASA https://power.larc.nasa.gov/
9.	Data Suhu Permukaan Air Laut	2011 - 2021	Ocean Data Color
10.	Data Jumlah Kejadian dan Jenis Bencana	2011 - 2021	BPBD Kabupaten Probolinggo

Sumber : Peneliti, 2021

Δh = bedaketinggian
 L = jarak horizontal (tegaklurus) (m)

Perubahan Garis Pantai

Pengolahan garis pantai dilakukan dengan melakukan koreksi radimetri dengan *Software* Er Mapper. Kemudian dilakukan komposit band, digitasi, perhitungan laju garis pantai menggunakan program DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) yang terintegrasi dengan *Software* ArcGis.

KenaikanMuka Air Laut

Pengolahan data kenaikan muka air laut didapatkan dari nilai MSL pasang surut yang kemudian dianalisis dengan regresi linier untuk mencari laju kenaikan muka air laut per tahunnya dengan Persamaan 3 (Iskandar *et al.*, 2020).

$$tren\ Per\ Tahun = \frac{y\ max - y\ min}{bulan} \times 12\ bulan \dots\dots\dots 3)$$

Geomorfologi

Pengolahan data geomorfologi dengan menggunakan Citra Landsat 8 tahun 2021 dengan menggunakan *Software* Er Mapper untuk melakukan komposit band, penajaman citra, *cropping area*. Data kemudian diolah menggunakan *Software* ArcGis untuk melakukan koreksi geometri, klasifikasi citra dan mengubah data raster ke vektor.

Ketinggian Permukaan Tanah

Data DEMNAS dipotong sesuai area penelitian,

kemudian menghilangkan data yang memiliki ketinggian <0 dan diekspor dalam bentuk tabel untuk mengetahui ketinggian pada masing-masing area.

Ketinggian Permukaan Tanah

Data DEMNAS dipotong sesuai area penelitian, kemudian menghilangkan data yang memiliki ketinggian < 0 dan diekspor dalam bentuk tabel untuk mengetahui ketinggian pada masing-masing area.

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode CVI Parameter yang digunakan yaitu tunggang pasang surut rata-rata, tinggi gelombang signifikan, kemiringan pantai, perubahan garis pantai, kenaikan muka air laut, geomorfologi dan ketinggian permukaan tanah. Ketentuan pembobotan dalam analisis CVI ditampilkan dalam Tabel 2

Hasil pembobotan dari setiap parameter kemudian digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan menggunakan metode CVI (Gornitz, 1991; Kasim & Siregar, 2012) Metode analisis menggunakan Persamaan 4.

$$CVI = \sqrt{\frac{a \times b \times c \times d \times e \times f \times g}{7}} \dots\dots\dots 4)$$

Keterangan :

- CVI = nilai (skor) Indeks Kerentanan Pantai
- a = ranking variabel pasang surut
- b = ranking variabel tinggi gelombang
- c = ranking variabel kemiringan pantai

Tabel 2. Ketentuan Pembobotan masing-masing variabel CVI
 Table 2. Terms of Weighting of each CVI variable

Variabel	Bobot					Satuan
	Tidak Rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat Rentan	
	1	2	3	4	5	
Pasang Surut Rata-rata (TR)	<0,5	0,5 – 1,9	>1,9 – 4	>4 – 6	>6	m
Tinggi Gelombang Signifikan (SWH)	<1,1	1,1 - 2	>2 – 2,25	>2,25 – 2,6	>2,6	m
Kemiringan Pantai	>2	1,3 – 1,9	0,9 – 1,3	0,6 – 0,9	<0,6	%
Perubahan Garis Pantai	>2,0	1,0–2,0	-1,0-1,0	-1,0 - -2,0	<-2,0	m/tahun
Kenaikan Muka Air Laut	<-1	-1 – 0,9	>0,9 – 2	>2 – 4	>4	mm/tahun
Geomorfologi (Tutupan Lahan)	Pantai bertebing tinggi, berbatu	Pantai bertebing rendah, berbatu	Pantai bertebing rendah, berbatu	Bangunan pantai, estuari, la-guna dataran aluvial	Pantai berpasir, dan erkerikil, delta, mangrove, karang	-
Ketinggian Permukaan Tanah	>30	20 – 30	10 – 20	5 – 20	0 – 5	m

Sumber (Joesidawati, 2017; Kasim & Siregar, 2012; Ramieri et al., 2011; Suhana et al., 2020a; Tejakusuma, 2011)

- d = ranking variabel perubahan garis pantai
- e = ranking variabel kenaikan muka air laut
- f = ranking variabel geomorfologi
- g = ranking variabel ketinggian permukaan tanah

Dari hasil nilai CVI kemudian ditentukan pembagian rentang kelas mengacu pada penelitian yang dilakukan Suhana, dkk (Suhana *et al.*, 2020b) yang dapat dilihat dalam Tabel 3.

Validasi Data

Pada tahap ini dilakukan uji validasi data dari hasil survei lapangan yang didapatkan berdasarkan hasil wawancara pada informan ataupun hasil pada saat melakukan *crosscheck* di lapangan.

Kondisi Wilayah Pesisir Kecamatan Gending Akibat Perubahan Iklim

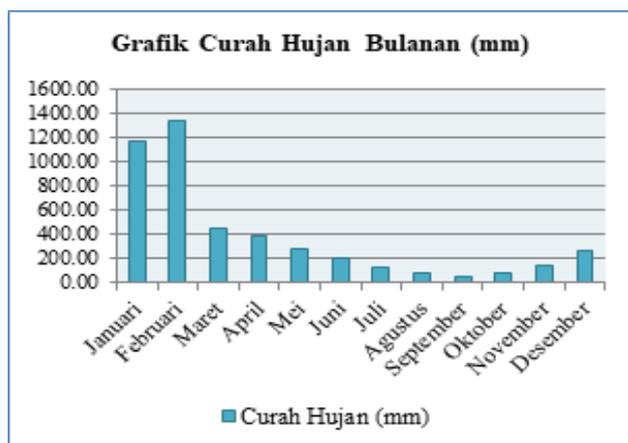
Pola Curah Hujan

Data Curah Hujan dengan periode pengamatan Januari 2011 hingga Maret 2021 di wilayah pesisir Pantai Gending menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi

Tabel 3. Klasifikasi Kategori Kerentanan
Table 3. Vulnerability Category Classification

Kelas	Kategori
0,38 - 4,28	Tidak Rentan
4,29 - 17,68	Kurang Rentan
17,69 - 48,38	Sedang
48,39 - 105,63	Rentan
105,64	Sangat Rentan

Sumber: ((Suhana *et al.*, 2020a)



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Bulanan dalam Satuan mm di wilayah pesisir Kecamatan Gending.

Figure 2. Graph of Monthly Rainfall in mm in the coastal area of Gending District.

Sumber: Olah Data, 2021

yaitu terjadi pada 2 Februari 2019 dengan nilai sebesar 71,08 mm, sedangkan curah hujan rata-rata tahunan adalah 5,17 mm

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2 menunjukkan bahwa Kecamatan Gending memiliki tipe curah hujan musonal yang memiliki karakteristik adanya perbedaan yang jelas diantara periode musim hujan dan kemarau serta tingginya musim hujan pada awal dan akhir tahun.

Tren Suhu Udara

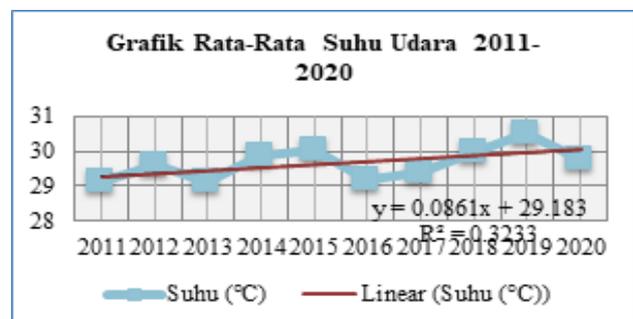
Suhu udara rata-rata tahunan di wilayah pesisir Kecamatan Gending selama satu dekade adalah 29,64°C. Suhu udara tertinggi selama satu dekade terjadi pada 2 Desember 2019 yaitu sebesar 36,02°C. Sedangkan suhu udara terendah terjadi pada 12 Februari 2015 yaitu sebesar 25,56°C. Berdasarkan Gambar 3 yang merupakan suhu rata-rata tahunan dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan suhu udara di Kecamatan Gending dalam kurun waktu 2011-2020 sebesar 1,02°C.

Tren Suhu Permukaan Air Laut

Data suhu permukaan air laut didapatkan dari *website Ocean Data Color* dari tahun 2011 hingga Maret 2021. Suhu permukaan air laut tertinggi berada di bulan November 2016 dengan nilai sebesar 32,52°C. Sedangkan suhu permukaan air laut terendah berada di bulan Agustus 2012 dengan nilai sebesar 27,76°C. Berdasarkan Gambar 4 yang merupakan suhu permukaan laut rata-rata tahunan dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan suhu di Kecamatan Gending dalam kurun waktu 2011-2020 sebesar 0,95°C.

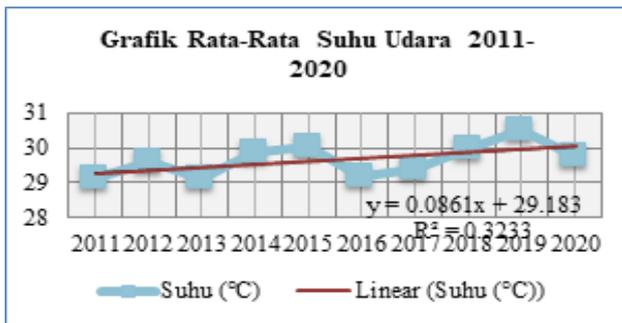
Data Kejadian Bencana di Kecamatan Gending

Dampak yang diakibatkan oleh perubahan iklim di wilayah pesisir Kecamatan Gending berupa beberapa



Gambar 3. Grafik Suhu Rata-Rata Per Tahun (2011-2020).
Figure 3. Graph of Average Temperature Per Year (2011-2020).

Sumber: Olah Data, 2021.



Gambar 4. Grafik Suhu Permukaan Air Laut Rata-Rata Per Tahun (2011-2020).

Figure 4. Graph of Average Sea Surface Temperature Per Year (2011-2020).

Sumber: Olah Data, 2021.

kejadian bencana yang terjadi pada tahun 2011 – 2021 seperti yang ditampilkan dalam Tabel 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Kerentanan Pesisir

Pasang Surut

Data pengolahan pasang surut selama 10 tahun dari Badan Informasi Geospasial. Konstanta harmonik hasil perhitungan dengan metode *Admiralty* terdapat dalam Tabel 5.

Dari data konstanta harmonik dapat dihitung nilai penting yang ditampilkan dalam Tabel 6. Pasang surut

Tabel 4. Data Kejadian Bencana di Wilayah Pesisir Kecamatan Gending
Table 4. Disaster Occurrence Data in the Coastal Area of Gending District

Tanggal	Jenis Bencana	Lokasi
29/2/2016 27/5/2016	Banjir	Blok Pasar I dan Blok Pasar II Desa Klaseman Pesisir Gending
22/9/2016	Karhutla	Dusun Bentar Desa Curah Sawo Blok watu kenong Kec. Gending (petak 22)
30/11/2016	Angin Kencang	Dusun Krajan Desa Gending
13/12/2016	Banjir	Dusun Buyut RT.12 RW.04 Desa Gending
26/1/2017 27/1/2017 7/2/2017 12/2/2017 10/3/2017 13/3/2017	Angin Kencang	Dusun Buyut RT. 11 RW.04 Desa Gending Desa Gending Gending : Pajurangan Desa Curahsawo Desa Pajurangan Gending
7/9/2017	Karhutla	Desa Curahsawo
7/1/2018 17/3/2018	Angin Kencang	Depan Kantor Cabang Dinas Pendidikan Kecamatan Gending Dusun Tareta RT 03 / RW 02 Desa Pesisir
15/7/2018	Karhutla	Desa Curahsawo
18/10/2018	Angin Kencang	Jalan Raya Gending Desa Pajurangan
18/1/2019	Pohon Tumbang	Sepanjang jalan tol Gending - Paiton (Brumbunga Lor dan Gending)
22/1/2019	Angin Kencang	Desa Pesisir
22/2/2020	Banjir	Desa Pajurangan, Desa Gending
22/2/2020	Angin Kencang	Desa Pajurangan
26/2/2020 28/5/2020	Banjir	Desa Pajurangan Desa Pajurangan dan Desa Klaseman
6/7/2020	Karhutla	KRPH Klenang (Bukit Bintang)
22/9/2020	Banjir	Desa Gending
1/2/2021	Tanah Longsor	Desa Curahsawo
26/2/2021	Banjir	Desa Pajurangan

Sumber : Sumber: BPBD Kabupaten Probolinggo, 2021

Tabel 5. Konstanta Harmonik Pasang surutdi Wilayah Pesisir Kecamatan Gending
 Table 5. Harmonic Components of Tidal in the Coastal Area of Gending District

Komponen Pasang Surut (cm)	Rata-Rata	Maximum	Minimum
M2	43,75	44,17	43,14
S2	21,11	26,59	18,13
N2	10,24	10,83	9,48
K2	4,85	6,11	4,17
K1	40,75	43,38	38,88
O1	24,26	24,85	23,08
P1	13,45	14,31	12,83

Sumber: ((Suhana et al., 2020a)

yang terjadi di pesisir wilayah Kecamatan Gending memiliki tipe pasang surut tipe campurang condong harian ganda. Tipe pasang surut ditentukan berdasarkan nilai Formzahl dari komponen pasang surut yang terdapat dalam Tabel 6.

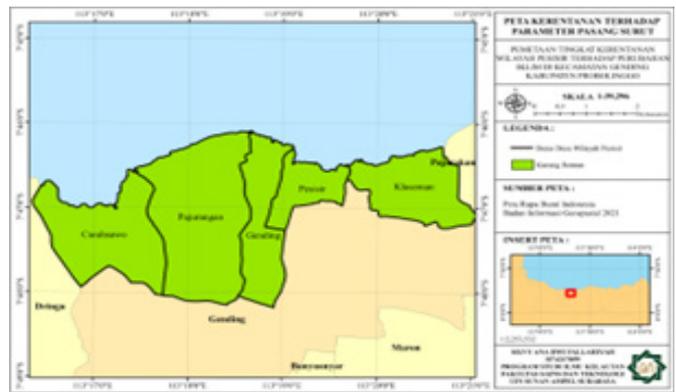
Berdasarkan perhitungan tunggang pasang surut rata-rata didapatkan nilai sebesar 0,82 m. Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter pasang surut di Kecamatan Gending ditampilkan pada Gambar 5.

Hasil analisis kerentanan pesisir Gending terhadap parameter pasang surut berada pada klasifikasi “Kurang Rentan”. Hal ini karena dipengaruhi oleh hasil analisis tunggang pasang surut yang juga rendah, dengan rata-rata 0,82 m. Tinggi rendahnya pasang surut akan berpengaruh pada tingkat kerentanan pesisir. Pasang surut yang tinggi dan terjadi pada saat cuaca yang tidak baik seperti hujan deras dan badai dapat mendorong air laut masuk ke daratan dengan lebih jauh (Prathanazal et al., 2021b).

Tabel 6. Nilai Penting Pasang Surutdi Wilayah Pesisir Kecamatan Gending
 Table 6. Tidal Characteristic in the Coastal Area of Gending Subdistric

Nilai	cm	m
S0	219,6	2,20
Z0	89,7	0,90
LAT	89,7	0,90
MHHWS	284,6	2,85
MLHWN	236,1	2,36
MLLWN	203,1	2,03
MLLWS	154,6	1,55
TR	81,5	0,82
F	129,9	1,30

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 5. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Pasang Surut.

Figure 5. Vulnerability Map to Tidal Parameters.
 Sumber: Olah Data, 2021.

Tinggi Gelombang

Gelombang signifikan merupakan tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang mewakili suatu deretan gelombang. Tinggi gelombang signifikan di perairan Kecamatan Gending dari hasil rata-rata perhitungan selama tahun 2011 – 2020 yang didapatkan dari ECMWF memiliki rentang nilai antara 0,09 – 0,2 m, serta rata-rata tinggi gelombang signifikan pada setiap desa di wilayah pesisir Kecamatan Gending dapat dilihat dalam Tabel 7.

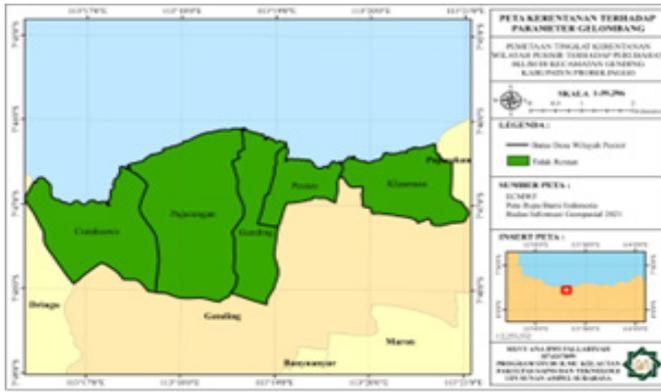
Rendahnya nilai tinggi gelombang dikarenakan pada wilayah pesisir Kecamatan Gending berada di Selat Madura memiliki pola harian yang cenderung stabil serta perubahan tinggi gelombang yang sangat kecil (Purwanto, 2019) Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter tinggi gelombang di Kecamatan Gending merujuk pada tinggi gelombang signifikan ditampilkan pada Gambar 6.

Hasil analisis berdasarkan parameter tinggi gelombang, tingkat kerentanan berada pada kategori “Tidak rentan”. Hal ini karena berdasarkan hasil analisis tinggi gelombang pesisir kecamatan Gending kecil dari 1 meter, yang artinya masih aman terhadap potensi bencana (Purbani & Salim, 2019; Septian & Noverma, 2022)

Tabel 7. Nilai Tinggi Gelombang
 Table 7. Wave Height Value

Desa	Tinggi Gelombang (m)
Curahsawo	0,12
Pajurangan	0,15
Gending	0,13
Pesisir	0,14
Klaseman	0,11

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 6. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Tinggi Gelombang.

Figure 6. Vulnerability Map to Wave Height Parameters. Sumber: Olah Data, 2021.

Kemiringan Pantai

Kemiringan pantai adalah ukuran kecuraman kawasan intertidal diantara garis pasang tertinggi dan surut terendah. Nilai kemiringan pantai di wilayah pesisir Kecamatan Gending bervariasi dari 0,37 % hingga 1,06 % yang dapat dikategorikan sebagai pantai yang landai berdasarkan Tabel 8.

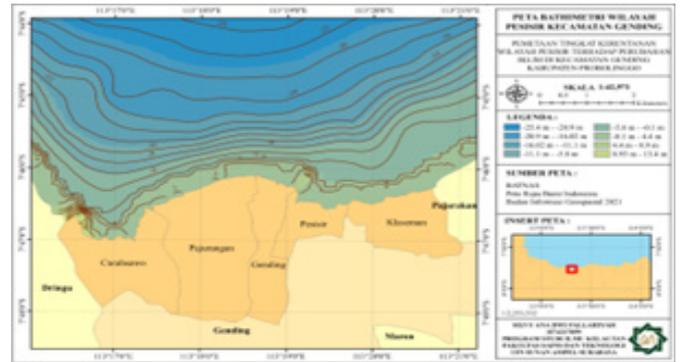
Sepanjang garis pantai hingga ke laut memiliki jarak kontur perairan yang teratur dan semakin ke tengah laut jarak interval semakin lebar. Kontur pantai yang berada di Pantai Bentar Desa Curahwaso terlihat lebih rapat karena adanya area wisata di pesisir seperti yang terlihat pada Gambar 7. Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter kemiringan pantai di Kecamatan Gending ditampilkan pada Gambar 8.

Hasil analisis kerentanan pesisir Gending berdasarkan parameter kemiringan pantai Sebagian wilayah sangat rentan dan Sebagian lagi cukup rentan. Hal ini karena pada wilayah pesisir Kecamatan Gending memiliki kemiringan pantai yang tergolong landai. Parameter kemiringan pantai berpengaruh pada potensi terjadinya banjir dan mundurnya garis pantai (Prathanazal *et al.*, 2021b).

Tabel 8. Nilai Kemiringan Pantai
Table 8. Coastal Slope Value

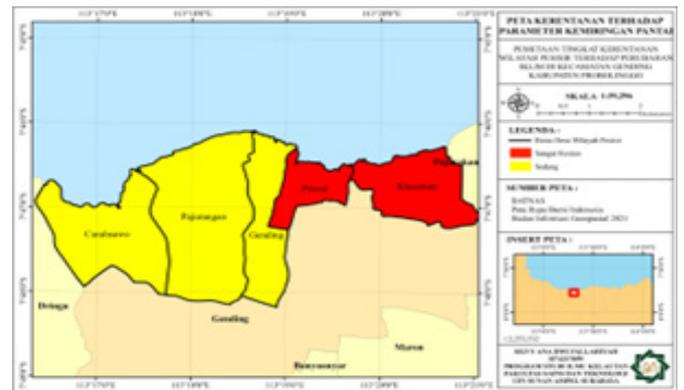
Desa	Kemiringan Pantai(Rata-Rata)
Curahsawo	0,92
Pajurangan	1,03
Gending	1,06
Pesisir	0,37
Klaseman	0,43

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 7. Peta Bathimetri Perairan Kecamatan Gending.
Figure 7. Bathymetry Map in Gending District Waters.

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 8. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Kemiringan Pantai.

Figure 8. Railroad Map Against Coastal Slope Parameters.

Sumber: Olah Data, 2021

Perubahan Garis Pantai

Deteksi perubahan garis pantai pada wilayah pesisir Kecamatan Gending dapat dilakukan dengan analisis tumpang susun (*overlay*) citra pada *Software ArcGIS*. Hasil perhitungan laju dan jarak rata-rata perubahan garis pantai ditunjukkan dalam Tabel 9.

Berdasarkan hasil *overlay* dapat diketahui bahwa kelima desa mengalami perubahan garis pantai yang didominasi oleh proses abrasi. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan jarak rata-rata dan laju perubahan yang bernilai negatif. Transek abrasi dan akresi dapat dilihat pada Gambar 9. Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter perubahan garis pantai di Kecamatan Gending merujuk pada besarnya nilai laju perubahan garis pantai yang ditampilkan pada Gambar 10.

Tingkat kerentanan pesisir Gending berdasarkan perubahan garis pantai, Sebagian besar wilayah memiliki kerentanan tinggi. Hal ini karena terjadinya abrasi yang terus menerus. Tingginya proses abrasi

Tabel 9. Perhitungan Jarak dan Laju Perubahan Rata-Rata
 Table 9. Calculation of Distance and Rate of Change

Desa	Jarak (Rata-Rata)	Laju Perubahan (Rata-Rata) m/tahun
Curahsawo	-10,49	-1,10
Pajurangan	-25,18	-2,64
Gending	-58,38	-6,13
Pesisir	-3,82	-0,40
Klaseman	-10,10	-1,06

Sumber: Olah Data, 2021

dapat meningkatkan kerentanan dan dapat mengurangi luasan dari daratan (Safitri & Febrianto, 2019).

Kenaikan Muka Air Laut

Perhitungan nilai kenaikan muka air laut di wilayah pesisir kecamatan Gending didapatkan dari perhitungan data *time series* pasang surut air laut tahun 2010 hingga

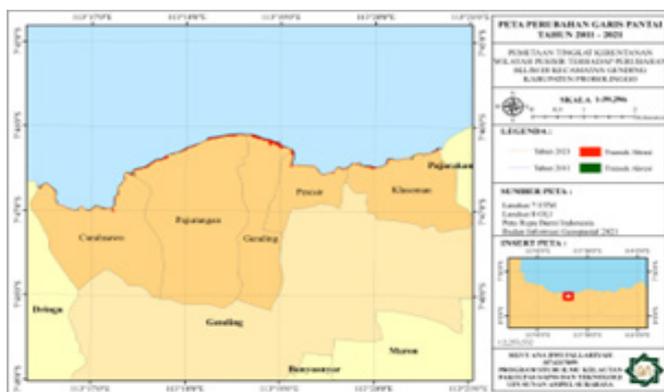
2020. Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter kenaikan muka air laut di Kecamatan Gending ditampilkan pada Gambar 11.

Hasil analisis tingkat kerentanan pesisir Gending berdasarkan parameter kenaikan muka air laut menunjukkan tingkat kerentanan sangat tinggi. Hal ini wilayah pesisir Kecamatan Gending memiliki nilai kenaikan muka air laut sebesar 5,59 mm/tahun. Tingginya kenaikan muka air laut dapat sangat berpotensi akan masuknya air ke daratan terutama ketika terjadinya hujan deras (Nabila Afifah Azuga, 2021)

Geomorfologi

Secara umum tutupan lahan di Kecamatan Gending didominasi oleh dataran aluvial (sawah, tegalan atau ladang) kemudian diikuti oleh tutupan lahan tambak. Terdapat beberapa sungai yang bermuara di wilayah pesisir Kecamatan Gending, yaitu Kali Bujel yang bermuara di Desa Curahsawo dan berbatasan dengan Desa Pajurangan, Sungai Banyubiru yang terdapat di perbatasan Desa Pajurangan dan Desa Gending, Afvour Glintongan yang bermuara di Desa Pesisir serta Sungai Klaseman yang bermuara di Desa Klaseman.

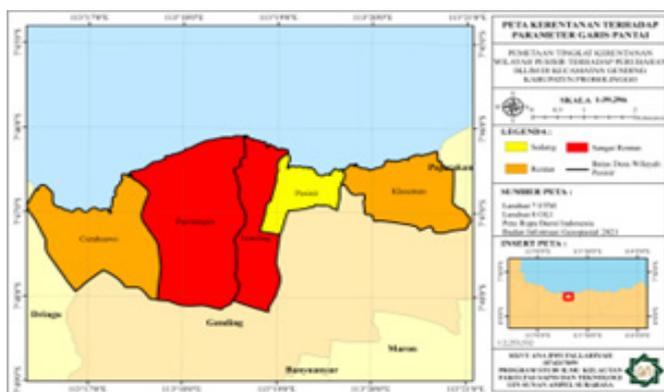
Kondisi geomorfologi didapatkan hasil interpretasi penggunaan lahan dari Citra Landsat 8 pada tahun 2021 ditampilkan pada Gambar 12. Berdasarkan Tabel 11 dapat diketahui bahwa Desa Pajurangan memiliki luas terbesar sebesar 593 Ha dan desa yang memiliki luas lahan terkecil yaitu Desa Pesisir dengan luas sebesar 143 Ha.



Gambar 9. Peta Transek Abrasi Akresi Tahun 2011 hingga Tahun 2021.

Figure 9. Abrasion-Accretion Transect Map from 2011 to 2021.

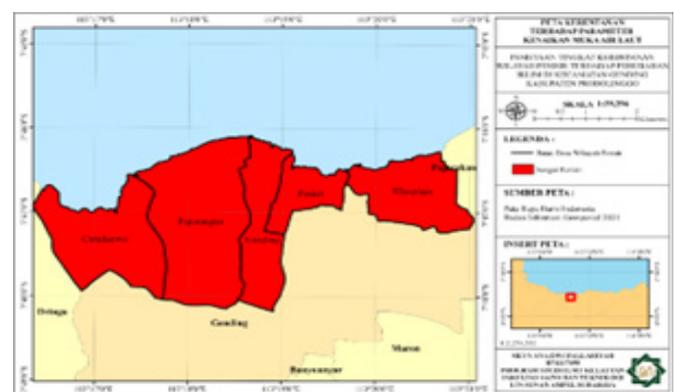
Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 10. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Perubahan Garis Pantai.

Figure 10. Map of Vulnerability to Shoreline Change Parameters.

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 11. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Kenaikan Muka Air Laut.

Figure 11. Map of Vulnerability to Sea Level Rise Parameters.

Sumber: Olah Data, 2021

Tabel 10. Luas Guna Lahan Masing-masing Desa.
Table 10. Land Use Area of Each Village.

Desa	Curahsawo	Pajurangan	Gending	Pesisir	Klaseman
Guna Lahan	Luas (Ha)	Luas (Ha)	Luas (Ha)	Luas (Ha)	Luas (Ha)
Bangunan/ Pemukiman	31 61	38 62	72 7	12 20	23 34
Mangrove	105	173	37	58	72
Tambak	53	14	5	0	4
HutanLahanKering	60	0	1	0	0
SemakBelukar	89	306	128	53	144
Sawah					
Total	399	593	250	143	278

Sumber: Olah Data, 2021

Uji keakuratan dilakukan dengan mencocokkan peta yang telah didigitasi dengan kondisi di lapangan. Titik diambil secara acak dengan jumlah 30 titik. Berdasarkan hasil pengecekan masing-masing titik sampel, titik sampel yang sesuai dengan keadaan asli di lapangan sebanyak 28 titik sehingga didapatkan nilai akurasi sebesar 93,33 %. Penilaian kerentanan pesisir terhadap geomorfologi di Kecamatan Gending ditampilkan pada Gambar 13.

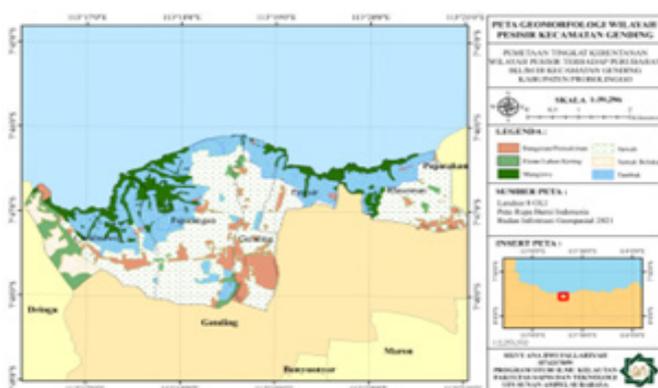
Berdasarkan pada parameter geomorfologi. Tingkat kerentanan pesisir Kecamatan Gending adalah wilayah yang rentan terhadap potensi bencana banjir. Hal ini karena wilayahnya didominasi oleh dataran aluvial serta berdekatan dengan muara sungai sehingga dapat meningkatkan kerentanan. Geomorfologi sendiri adalah suatu sistem kompleks yang memiliki perubahan dan dinamika yang tinggi apabila terjadi beberapa hal yang berhubungan dengan fenomena cuaca yang ekstrim (Helfinalis *et al.*, 2020). Selain itu jenis pantai yang merupakan jenis pantai berpasir hingga lumpur dapat meningkatkan erosi, litologi berupa batuan dasar,

bentuk lahan, serta material pantai secara signifikan dapat berdampak pada tingkat ketahanan pantai dalam menghadapi adanya erosi (Gornitz, 1991)

Ketinggian Permukaan Tanah

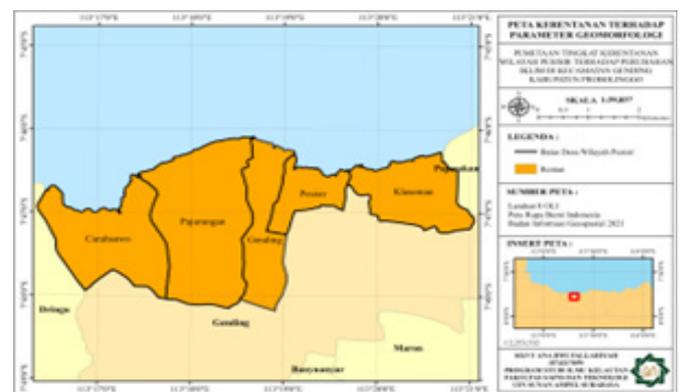
Secara keseluruhan ketinggian permukaan tanah di Desa Curahsawo, Desa Pajurangan, Desa Gending, Desa Pesisir, dan Desa Klaseman berada pada interval 0 hingga 80,3 m (Gambar 14). Sementara ketinggian permukaan rata-rata masing-masing desa memiliki interval 2,99 m hingga 12,08 m yang ditunjukkan pada Tabel 12. Desa Curahsawo memiliki nilai ketinggian permukaan tertinggi diantara keempat desa lainnya karena pada sebelah selatan desa ini terdapat Bukit Bentar yang mempunyai interval yang tinggi. Penilaian kerentanan pesisir terhadap parameter ketinggian permukaan tanah di Kecamatan Gending merujuk ditampilkan pada Gambar 15.

Hasil analisis tingkat kerentanan berdasarkan parameter Ketinggian permukaan tanah. Wilayah



Gambar 12. Peta Geomorfologi Masing-masing Desa.
Figure 12. Geomorphological Map of Each Village.

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 13. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Geomorfologi.

Figure 13. Vulnerability Map to Geomorphological Parameters.

Sumber: Olah Data, 2021

Tabel 11. Nilai Ketinggian Permukaan Tanah.
Table 11. Value of Land Surface Elevation.

Desa	Ketinggian Permukaan Tanah (Rata-Rata)
Curahsawo	4,89 m
Pajurangan	3,76 m
Gending	4,89 m
Pesisir	2,99 m
Klaseman	12,08 m

Sumber: Olah Data, 2021

Gending merupakan wilayah dengan kerentanan tinggi. Hal ini karena wilayah tersebut merupakan dataran yang rendah dan lahan sekitar pantai banyak digunakan sebagai area pertambakan sehingga memiliki ketinggian < 0. Rendahnya permukaan tanah yang diiringi dengan meningkatnya curah hujan dapat mengakibatkan adanya genangan yang apabila terjadi secara terus menerus, dapat mengakibatkan penurunan muka tanah (Ramli, 2017b)

Kerentanan Pesisir di Kecamatan Gending

Perhitungan kerentanan pesisir di Kecamatan Gending menggunakan metode CVI yang didapatkan dari parameter-parameter indeks kerentanan yaitu geomorfologi, pasang surut, tinggi gelombang, kemiringan pantai, ketinggian permukaan tanah, perubahan garis pantai, dan kenaikan muka air laut yang ditampilkan dalam Tabel 13.

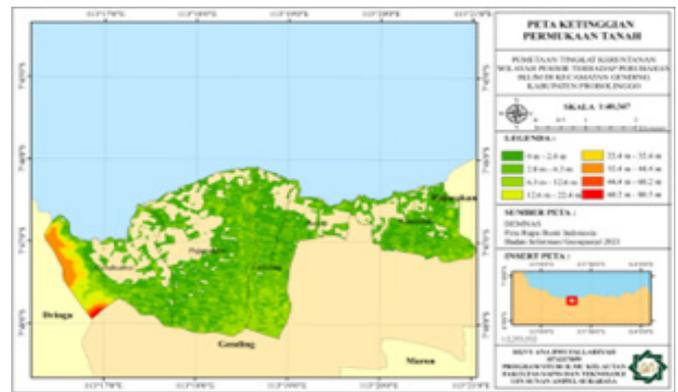
Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks kerentanan, parameter yang mempunyai bobot dari tertinggi hingga terendah secara berturut-turut yaitu kenaikan muka air laut, ketinggian permukaan tanah, perubahan garis pantai, geomorfologi, kemiringan pantai, pasang surut, dan tinggi gelombang.

Nilai indeks kerentanan pada masing-masing parameter kemudian digunakan untuk menghitung nilai CVI pada masing-masing desa. Nilai CVI untuk

Tabel 12. Nilai Indeks Kerentanan Masing-Masing Parameter
Table 12. Vulnerability Index Value of Each Parameter

Parameter\Desa	Curahsawo	Pajurangan	Gending	Pesisir	Klaseman
Pasang Surut	2	2	2	2	2
Tinggi Gelombang	1	1	1	1	1
Kemiringan Pantai	3	3	3	5	5
Perubahan Garis Pantai	4	5	5	3	4
Kenaikan Muka Air Laut	5	5	5	5	5
Geomorfologi	4	4	4	4	4
Ketinggian Permukaan Tanah	5	5	5	5	4

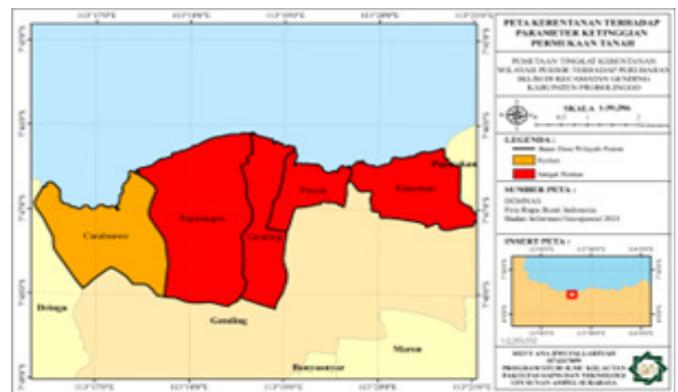
Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 14. Peta Ketinggian Permukaan Tanah Masing-Masing Desa.

Figure 14. Map of Land Level of Each Village.

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 15. Peta Kerentanan Terhadap Parameter Ketinggian Permukaan Tanah.

Figure 15. Map of Vulnerability to Parameters of Ground Surface Elevation.

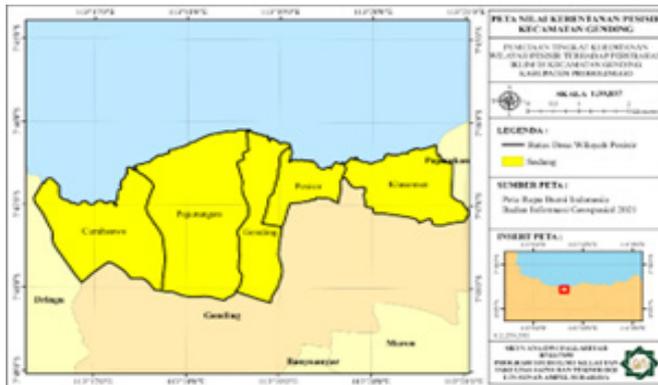
Sumber: Olah Data, 2021

menghitung kerentanan pesisir di Kecamatan Gending dikelompokkan menjadi 5 kategori yaitu tidak rentan (0,38 - 4,28), kurang rentan (4,29 - 17,68), sedang (17,69 - 48,38), rentan (48,39-105,63) dan sangat rentan (105,64). Kelas kerentanan masing-masing desa ditunjukkan dalam Tabel 13

Tabel 13. Nilai CVI Pesisir Kecamatan Gending
 Table 13. CVI values in Coastal Area of Gending District

Desa	CVI	Kategori
Curahsawo	18,52	Sedang
Pajurangan	20,70	Sedang
Gending	20,70	Sedang
Pesisir	20,70	Sedang
Klaseman	21,38	Sedang

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 17. Peta Nilai Kerentanan Pesisir Kecamatan Gending.

Figure 17. Map of Gending District Coastal Vulnerability Value.

Sumber: Olah Data, 2021

Peta kerentanan pesisir ditampilkan pada Gambar 17 menunjukkan bahwa secara umum wilayah pesisir Kecamatan Gending memiliki kategori sedang. Hal ini diperkirakan karena secara umum semua desa memiliki sifat fisik yang hampir sama. Walaupun demikian, kondisi ini bukan berarti menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kecamatan Gending aman dari bencana yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, karena mengingat masih terjadinya bencana seperti banjir dan angin kencang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tingkat kerentanan wilayah pesisir Kecamatan Gending berdasarkan parameter fisik yang meliputi parameter pasang surut, tinggi gelombang, kemiringan pantai, perubahan garis pantai, kenaikan muka air laut, ketinggian permukaan tanah dan geomorfologi dan menggunakan metode CVI menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Gending yang meliputi Desa Curahsawo, Desa Pajurangan, Desa Gending, Desa Pesisir dan Desa Klaseman termasuk ke dalam tingkat kerentanan sedang. Hasil analisis menunjukkan bahwa kenaikan muka air laut merupakan parameter

dengan persentase paling tinggi mempengaruhi tingkat kerentanan dan tinggi gelombang dengan persentase paling rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya seluruh kegiatan penelitian sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, R. G., Harfiandri, D., & Suparno, S. (2022). Analisis IndeksKesesuaian Wisata Pantai dan Kerentanan Pesisir di Kecamatan Koto XI Tarusan. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(2), 257–263.
- Azuga, N. A. (2021). Kajian Kerentanan Kawasan Pesisir Terhadap Bencana Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Indonesia. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research) (J-Tropimar)*, 3(2). <https://doi.org/10.30649/jrkt.v3i2.41>
- Budiman, A. S., & Supriadi, I. H. (2019). Potensi Kejadian Rob Di Pesisir Probolinggo Serta Perbandingan Kondisinya Antara Musim Barat Dan Musim Timur Berdasarkan Data Oseanografi Dan Meteorologi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 667–681. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.20349>
- Gornitz, V. (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 89, 379–398.
- Handiani, D. N., Darmawan, S., Heriati, A., & Aditya, Y. D. (2019). Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut Di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3), 145–154. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v14i3>
- Budiman, A. S., & Supriadi, I. H. (2019). Potensi Kejadian Rob Di Pesisir Probolinggo Serta Perbandingan Kondisinya Antara Musim Barat Dan Musim Timur Berdasarkan Data Oseanografi Dan Meteorologi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 667–681. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.20349>

- Gornitz, V. (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 89, 379–398.
- Helfinalis, Witasari, Y., & Prasetyo, S. (2020). Adaptasi Masyarakat Nelayan Terhadap Kerentanan Fisik Pesisir Pulau Bintan. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 428–435. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.16>
- Hidayat, A., Dwi S, A. A., & Ismunarti, D. H. (2016). Pemetaan Batimetri dan Sedimen Dasar di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Oseanografi*, 5(2), 191–201.
- Iskandar, S. A., Helmi, M., Widada, S., & Rochaddi, B. (2020). Analisis Geospasial Area Genangan Banjir Rob dan Dampaknya pada Penggunaan Lahan Tahun 2020 - 2025 di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 271-282. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8668>
- Joesidawati, M. I. (2017). *Studi Perubahan Iklim dan Kerusakan Sumberdaya Pesisir di Kabupaten Tuban*. Desertasi. Program Studi Pasca Sarjana Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Kasim, F., & Siregar, V. P. (2012). Penilaian Kerentanan Pantai Menggunakan Metode Integrasi CVI-MCA Studi Kasus Pantai Indramayu. *Forum Geografi*, 26(1), 65–76.
- Prathanazal, N. M., Sasmito, B., & Sabri, L. M. (2021). Analisis Kerentanan Daerah Pesisir Kabupaten Jepara Menggunakan Coastal Vulnerability Index (CVI). *Geodesi Undip*, 10(1), 115–123.
- Purbani, D., & Salim, H. L. (2019). Ancaman Gelombang Ekstrim dan Abrasi pada Penggunaan Lahan di Pesisir Kepulauan Karimunjawa (Studi Kasus: Pulau Kemujan, Pulau Karimunjawa, Pulau. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(1), 33-45. <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v14i1.6861>
- Purwanto, A. D. (2019). Model Daerah Penangkapan Ikan Di Selat Madura Menggunakan Citra Satelit Resolusi Rendah. *Berita Dirgantara*, 20(2), 72–81.
- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F. D., Gomes, A., Hilden, M., Laihonen, P., Marinova, N., & Santini, M. (2011). Methods for assessing coastal vulnerability to climate change ETC CCA Technical Paper 1/2011. <http://cca.eionet.europa.eu/>
- Ramli, N. D. (2017a). Assesmen Tingkat Kerentanan Kawasan Pesisir Akibat Perubahan Iklim Kecamatan Mariso Kota Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Ramli, N. D. (2017b). Assesmen Tingkat Kerentanan Kawasan Pesisir Akibat Perubahan Iklim Kecamatan Mariso Kota Makassar.
- Reza Tri Septian, A., & Noverma. (2022). Analisis Ancaman Bencana Gelombang Ekstrem dan Abrasi di Wilayah Pesisir Gresik Jawa Timur. *JOMCER: Journal of Disaster Mitigation and Civil Engineering Research*, 1, 1.
- Rifai, M., Budiarto, A., & Hamdani, N. (2020). Kesesuaian Konseptual Waterfront Architecture Terhadap dampak Perubahan iklim di wilayah Pesisir Muara Gembong. *Seminar Nasional Komunitas Dan Kota Berkelanjutan*, 647–654.
- Safitri, F., Suryanti., & Febrianto, S. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Erosi Di Pesisir Kota Semarang. *GEOMATIKA*, 25(1), 37. DOI:10.24895/JIG.2019.25-1.958.
- Suhana, M. P., Putra, R. D., Shafitri, L. F., Muliadi, M., Khairunnisa, Nurjaya, I. W., & Natih, N. M. N. (2020a). Tingkat Kerentanan Pesisir Di Utara Dan Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2020. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 11(1), 11–27.
- Tejakusuma, I. G. (2011). Pengkajian Kerentanan Pesisir Fisik Untuk Pengembangan Pesisir Wilayah Kota Makassar. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 13(2), 82–87.
- Ulfa, M. (2018). Persepsi Masyarakat Nelayan Dalam Menghadapi Perubahan Iklim (Ditinjau Dalam Aspek Sosial Ekonomi). *Jurnal Pendidikan Geografi*, 23(1), 41–49.
- Wahyudi, A., Hendrarto, B., & Hartoko, A. (2014). Penilaian Kerentanan Habitat Mangrove di Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu,

Kota Semarang Terhadap Variabel Oseanografi Berdasarkan Metode CVI (Coastal Vulnerability Index). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 89-98. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4425>.

Widodo, A., Pamungkas, A., Erly, K. D. M., Fadlilah K, U., & Humaidah, N. (2015). Pemetaan Risiko Iklim sebagai Hasil Perumusan Aksi Adaptasi Perubahan Iklim Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Geosaintek*, 1(1), 35. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v1i1.1197>