

## ANALISIS KERENTANAN DAERAH PESISIR KABUPATEN JEPARA MENGUNAKAN *COASTAL VULNERABILITY INDEX (CVI)*

Naufal Maziakiko Prathanazal<sup>\*</sup>, Bandi Sasmito, L. M. Sabri

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email: [naufalkiko@students.undip.ac.id](mailto:naufalkiko@students.undip.ac.id)

### ABSTRAK

Kabupaten Jepara merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan perairan dan menjadikannya sebagai daerah yang memiliki banyak pantai. Dengan banyaknya daerah pantai, wilayah Kabupaten Jepara cukup rawan dengan bencana alam seperti erosi, banjir, rob dll. Berkembangnya ilmu dan teknologi belakangan ini memungkinkan kita untuk dapat mengetahui tingkat kerentanan suatu pantai guna mengantisipasi terjadinya bencana alam. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menilai kerentanan pantai menggunakan metode *Coastal Vulnerability Index (CVI)*. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan data penunjang untuk keperluan pelestarian lingkungan pantai dalam rangka mencegah, abrasi, dll. Selain itu, hasil studi bisa digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam pembangunan di daerah pantai. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain data DEM BATNAS, data *Significant Wave Height*, data satelit altimetri Jason-3, data pasut stasiun BIG, dan studi lapangan untuk dapat mengenali jenis geomorfologi yang ada di daerah pesisir Jepara. Hasil pengolahan kemudian dilakukan perhitungan indeks kerentan menggunakan metode CVI dengan menggunakan sistem pembobotan. Hasil analisis kerentanan pantai menunjukkan bahwa parameter geomorfologi merupakan parameter yang memiliki nilai bobot yang paling besar dan parameter *sea level rise* memiliki nilai bobot yang paling rendah. Nilai indeks kerentanan di pesisir Jepara memiliki rentang nilai 1,83 hingga 7,07 dengan nilai rata-rata sebesar 5,34 yang menunjukkan tingkat kerentanan di daerah pesisir Jepara berada dalam kategori sedang.

**Kata Kunci:** CVI, DSAS, Kerentanan, Pesisir

### ABSTRACT

*Jepara Regency is an area that is directly adjacent to the waters and makes it an area that has many beaches. With so many coastal areas, the Jepara Regency area is quite prone to natural disasters such as erosion, floods, rob etc. The development of science and technology lately allows us to be able to determine the level of vulnerability of a beach in anticipation of natural disasters. In this study, the method used to assess the vulnerability of the coast uses the Coastal Vulnerability Index (CVI) method. The results of the research can be used as supporting data for the purposes of preserving the coastal environment in order to prevent, abrasion, etc. In addition, the results of the study can be used as decision making in development in coastal areas. The data used in this study include DEM BATNAS data, Significant Wave Height data, Jason-3 altimetry satellite data, BIG station tide data, and field studies to be able to identify the types of geomorphology that exist in the coastal area of Jepara. The results of the processing are then carried out by calculating the index of vulnerability using the CVI method using a weighting system. The results of the coastal vulnerability analysis show that the geomorphological parameter is the parameter that has the greatest weight value and the sea level rise parameter has the lowest weight value. The value of the vulnerability index on the coast of Jepara has a value range of 1.83 to 7.07 with an average value of 5.34 which indicates that the level of vulnerability in the coastal area of Jepara is in the medium category.*

**Keywords:** Coastal, CVI, DSAS, Vulnerability

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Pada dasarnya lingkungan pantai merupakan daerah yang menjadi tempat bertemunya dua kekuatan yang berasal dari daratan dan lautan, sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap perubahan yang terjadi pada lingkungan. Hal ini membuat pantai selalu mengalami perubahan, dimana perubahan lingkungan biasanya terjadi karena aktivitas manusia dan kemudian dapat mempengaruhi perubahan garis pantai.

Berbagai macam bentuk bentang alam di daerah pantai dihasilkan dari perubahan gelombang air laut. Sistem sirkulasi air laut yang diakibatkan oleh pasang surut, arus dan gelombang pada daerah pesisir pantai sangat efektif menggerakkan material sedimen khususnya pada perairan dangkal dan kawasan pesisir. Dinamika tersebut menyebabkan morfologi pantai bervariasi secara spasial ataupun temporal (Nofirman, 2016)

Metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menentukan tingkat kerentanan daerah pesisir terhadap *Sea level rise* (SLR) dan pengenaan air. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pemerintah dalam mengembangkan dan melestarikan wilayah pesisir.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan berbagai macam data dan pengolahan yang nantinya akan dimasukkan pada sistem skoring metode CVI. Variabel yang digunakan sebagai bobot perhitungan antara lain geomorfologi pantai, tingkat abrasi dan akresi, kemiringan pantai, rerata tinggi gelombang, *Sea level rise* dan rerata *Tidal Range*. Hasil dari seluruh pengolahan semua variabel akan dihitung nilai indeksinya, dan nantinya akan dapat dikategorikan dalam rentangan nilai dari metode CVI. Hasil analisis dapat dibuat peta tingkat kerentanan pesisir sebagai hasil luaran dari penelitian ini.

**I.2 Rumusan Masalah**

Penelitian kali ini mengangkat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil penilaian indeks berdasarkan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di pesisir Kabupaten Jepara?
2. Bagaimana hasil kategori tingkat kerentanan nilai indeks *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di daerah pesisir Kabupaten Jepara?
3. Parameter apakah yang memiliki bobot paling besar dan paling kecil dalam penilaian nilai indeks *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di pesisir Kabupaten Jepara?

**I.2.1 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan akhir sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil penilaian indeks berdasarkan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di pesisir Kabupaten Jepara;

2. Mengetahui hasil kategori tingkat kerentanan nilai indeks *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di daerah pesisir Kabupaten Jepara;
3. Mengetahui parameter manakah yang memiliki bobot paling besar dan paling kecil dalam penilaian nilai indeks *Coastal Vulnerability Index* (CVI) di pesisir Kabupaten Jepara;

**I.3 Batasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki batasan yang diharapkan tidak terlalu luas dan fokus pada tujuan tertentu. Batasan penelitian ini adalah:

1. Wilayah studi kasus di daerah pesisir pantai Kabupaten Jepara yang terbagi menjadi kelurahan.
2. Data yang digunakan memiliki ketelitian, resolusi, dan waktu akuisisi yang berbeda-beda.
3. Pengambilan sampel sedimen dan survey geomorfologi mengambil titik sampel menggunakan metode *random sampling* dan dianggap dapat mewakili karakteristik geomorfologi di wilayah tersebut.
4. Citra yang digunakan adalah sentinel-2 dengan resolusi multitemporal untuk dapat melihat besar pergeseran akresi dan abrasi.
5. Pengambilan data pasut diambil dari stasiun pasut BIG yang dianggap dapat mewakili kondisi tinggi pasut di wilayah penelitian.
6. Data ketinggian gelombang dan Kenaikan muka air didapat dari hasil pengolahan data satelit altimetri.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Coastal Vulnerability Index (CVI)**

*Coastal Vulnerability Index* (CVI) merupakan metode yang sering digunakan banyak peneliti untuk menilai tingkat kerentanan suatu pantai terhadap faktor-faktor yang dapat berdampak pada morfologi pantai. Metode ini memberikan penilaian indeks kepada tiap variabelnya dan mengklasifikasikannya pada rentang nilai tertentu.

Kelemahan dari metode ini adalah data numerik yang dihasilkan (pembobotan dan skor indeks) tidak serta merta dengan dampak fisik tertentu. Perlu diingat bahwa metode CVI merupakan suatu bentuk pendekatan untuk mendefinisikan tingkat kerentanan pantai berdasarkan parameter fisik, oceanografi, dan hidrografi. Metode ini memiliki keterbatasan parameter dan tidak mempertimbangkan dampak dari aktifitas manusia yang berdampak pada lingkungan pantai (Abuodha and Woodroffe, 2006).

Sebagian besar studi CVI yang membahas kerentanan geofisika diadaptasi dari Gornitz(1991) dan Hammar-Klose dkk(2003). Parameter fisik-geologi digunakan antara lain geomorfologi pantai, tingkat abrasi dan akresi, kemiringan pantai, rerata tinggi gelombang, dan besar *Tidal Range*. **Tabel 1** menunjukkan pembobotan tiap parameter yang digunakan pada perhitungan kerentanan CVI.

Tabel 1 Pembobotan parameter CVI

Variabel	Sangat Rendah (1)	Rendah (2)	Sedang (3)	Tinggi (4)	Sangat Tinggi (5)
Perubahan Garis Pantai (meter)	>1.00	1.00-2.00	-1.00-1.00	-2.00-1.00	<-2.00
Kelebaran Pantai (%)	>1.00	1.00-0.90	0.90-0.60	0.60-0.30	<0.30
Geomorfologi	Berlembing berbatu	Berlembing menengah, berbatu	Berlembing rendah berbatu, dataran aluvial	Berbatu kerikal, estuari, laguna	Berpasar, rana gajah, mangrove, terumbu karang, delta, berlumpur, lamun
Rerata Significant Wave Height (meter)	<0.55	0.55-0.85	0.85-1.05	1.05-1.25	>1.25
Rerata Tidal Range (meter)	<1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	>6.0
Kemalihan Air Laut Relatif (m/tahun)	<1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	>3.4

Hasil data dari tiap parameter nantinya akan diberikan nilai bobot mengacu pada **Tabel 1**. Analisis CVI berdasarkan bobot dan skor variabel yang ditetapkan oleh United States Geological Survey (USGS) dan disesuaikan dengan area kajian untuk menentukan nilai CVI mengacu pada Hammar-Klose dkk (2003). **Persamaan 1** merupakan formula yang digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan menggunakan metode CVI.

$$CVI = \sqrt{\frac{axbxcxdxexf}{n}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- a = Variabel Geomorfologi Pantai
- b = Variabel Perubahan Garis Pantai
- c = Variabel Coastal Slope
- d = Variabel Mean Surface Height (SWH)
- e = Variabel Mean Tidal Range
- f = Variabel Sea level rise (SLR)
- n = Jumlah Variabel
- CVI = Nilai indeks CVI

**II.2 Geomorfologi**

Geomorfologi adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang bentuk lahan serta proses pembentukannya dan menyelidiki hubungan timbal balik dari proses penyusunan ruang dan bentuk lahan (Verstappen, 1983). Faktor yang menyebabkan proses geomorfologi adalah benda alam seperti angin dan air.

Geomorfologi suatu pantai memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan respon dari SLR. Ini dapat menunjukkan tingkat relatif erodibilitas dan derajat ketahanan pada suatu landforms yang berbeda dari lereng yang curam hingga pantai berpasir (Thieler dan Hammar-Klose, 1999). Geologi jenis batuan memiliki keterkaitan dengan resiko erodibilitas. Faktor litologi batuan dasar, material pantai, dan bentuk lahan secar

substansial berpengaruh pada tingkat ketahanan terhadap erosi (Gornitz, 1990).

**II.3 Garis Pantai**

Garis pantai merupakan batas pertemuan antara lautan daratan yang dinamis dan dapat berpindah oleh faktor erosi, abrasi, pasang surut (Triatmodjo, 2011). Dalam mendefinisikan atau memsaluraningkan garis pantai, kondisi ketinggian muka air disekitar pantai perlu diperhatikan.

Pada metode CVI, perubahan garis pantai dapat digunakan sebagai indokator untuk mengetahui seberapa besar efek dari perubahan iklim dan dapat dijadikan sebagai tingkat ketahanan suatu pantai. Untuk dapat menghitung besar perubahan garis pantai dari tahun ke tahun, penulis menggunakan program *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* yang terintegrasi dengan *software ArcGIS* (Suhana, 2016).

**II.4 Coastal Slope**

*Coastal Slope* merupakan tingkat kemiringan suatu pantai. Parameter ini tidak hanya menjadi indikator untuk tingkat penggenangan air, tetapi juga kecepatan relatif mundurnya garis pantai. Pada pantai yang curam, nilai SLR tidak akan signifikan. Sebaliknya pada pantai yang landai akan memiliki nilai nilai SLA yang signifikan sehingga rentan terjadi penggenangan air pada daratan (Nageswara Rao et al., 2008).

**II.5 Significant Wave Heights (SWH)**

Gelombang merupakan sumber tenaga hidrodinamik pada daerah pantai. Significant Wave Height dpat didefinisikan sebagai tinggi rata-rata dari puncak ke lembah dari 1/3 gelombang laut tertinggi.

Nilai SWH merupakan salah satu parameter yang berkaitan dengan bahaya penggenangan air. Secara umum ketinggian gelombang dianggap sebagai batasan garis kerentanan di sepanjang pantai karena berdampak pada perubahan garis pantai. Oleh sebab itu wilayah pesisir yang memilki gelombang yang tinggi dianggap memiliki tingkat kerentanan yang tinggi (Aysun, dkk 2019).

**II.6 Tidal Range**

*Tidal Range* adalah perubahan jarak vertikal tertinggi antara gelombang tertinggi hingga gelombang terendah (Doukakis,2005). Tunggang pasang surut berkaitan erat dengan genangan air yang berkelanjutan. Menurut Gornitz (1991), jika suatu pantai memiliki nilai *Tidal Range* yang tinggi dapat dikatakan pantai tersebut memiliki tingkat kerentanan yang tinggi. Itu disebabkan karena besarnya *Tidal Range* bersaluraning lurus dengan kuatnya arus air yang mana dapat menyebabkan erosi dan transportasi sedimen.

**II.7 Sea level rise (SLR)**

SLR adalah perubahan naik turunnya suatu permukaan air laut secara global yang diukur menggunakan tide gauge pada selang waktu tertentu

(Emiry dan Aubrey, 1991). Biasanya SLR erat dikaitkan dengan adanya perubahan iklim dan *global warming*. Dengan tingginya permukaan air laut, maka semakin rentan pula suatu daerah pantai terkena banjir, genangan air, rob, dll.

**II.8 Pasang Surut**

Menurut Dronkers (1964) pasang surut laut merupakan gerak ketinggian permukaan air lain secara temporal akibat dari gaya tarik menarik dengan objek angkasa. Dalam hal ini pasang surut sangat dipengaruhi oleh objek angkasa seperti matahari dan bulan. Karena naik turun dari pasang surut temporal kita dapat melakukan prediksi tinggi perairan kedepannya.

**II.9 Digital Shoreline Analysis System (DSAS)**

*Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) merupakan program yang dapat menghitung besarnya abrasi dan akresi dengan mempertimbangkan perubahan garis pantai secara temporal dan berbasis spasial. DSAS dapat kita temukan pada software ArcGIS sebagai program tambahan.

Menurut Istiqomah dkk (2016), prinsip kerja DSAS berpatokan pada titik-titik yang didapat dari digitasi dari transek garis pantai dari tahun ke tahun. Analisa dilakukan menggunakan analisis regresi dari analisa hasil perubahan garis pantai dan pemindaian data yang mengalami perubahan terendah tertinggi menggunakan analisis regresi.

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Data-Data Penelitian**

Tabel 2 menampilkan data penelitian

Tabel 2 Data penelitian

No	Data	Sumber data	Alasan data
1	Satelit Altim etri Jason-3	Hasil download <a href="https://data.nodc.noaa.gov/jason3/ghr/e_ghr/">https://data.nodc.noaa.gov/jason3/ghr/e_ghr/</a>	2016-2020
2	Data Batim etri	Survei Lapangan	18 Agustus 2020
3	Data Geomorfologi	Bappeda Kabupaten Jepara	2017
4	Satelit Sentinel 2	Hasil download USGS	2016 dan 2020
5	Data Pasang Surut	Hasil download <a href="http://sina-sealevelmonitoring.bcg.go.id/ipsaui/data">http://sina-sealevelmonitoring.bcg.go.id/ipsaui/data</a>	2016-2020
6	Significant Wave Height	Hasil download <a href="https://cds.clm ate.copernicus.eu/cdsapp#/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=form">https://cds.clm ate.copernicus.eu/cdsapp#/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=form</a>	2015-2019
7	Data Batim etri Nasional	Hasil download <a href="http://hideo.big.go.id/DEMNAS/">http://hideo.big.go.id/DEMNAS/</a>	-
8	Batas Administrasi Kabupaten Jepara	Indonesia O+ospatial Portal <a href="https://tanahair.indonesia.go.id">tanahair.indonesia.go.id</a>	-

**III.2 Alat-Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop Lenovo Ideapad 310 Windows 10, Intel(R) Core(TM) i5-7200U.
2. GPS Handheld.
3. Perangkat lunak ArcGIS 10.3.
4. Perangkat lunak Broadview Radar Altimetri Toolbox (BRAT) v 4.2.1.
5. Perangkat lunak RMatlab2020
6. Perangkat lunak Ocean Data View 4.1
7. Perangkat lunak QGIS 3.12.0.
8. Perangkat lunak Microsoft Excel 2016.
9. Perangkat lunak Microsoft Word 2010.

**III.3 Diagram Alir Penelitian**

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

**III.4 Pengolahan Data**

**III.4.1 Perhitungan Nilai Kelerengan Pantai**

Proses dilakukan dengan pembuatan garis kontur menggunakan data BATNAS, kemudian data kontur diubah menjadi data raster menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data raster diproses lagi untuk mendapatkan nilai kelerengan.

**III.4.2 Identifikasi Geomorfologi Pantai**

Survei dilakukan dengan tujuan untuk melihat secara langsung kondisi pesisir pantai untuk memperkuat hasil analisis dari jenis geomorfologi. Jumlah titik survei sebanyak 30 titik. Hal yang dijadikan sebagai acuan dalam melakukan survei antara lain memperhatikan bentuk lahan, jenis tanah, ekosistem, dan fenomena unik yang ada disekitar titik sampel. Dilakukan pengambilan foto dengan

menghadap arah mata angin dan video keadaan setempat.

**III.4.3 Pengolahan Perubahan Garis Pantai**

Pengolahan dimulai dengan melakukan *pre-processing* pada citra sentinel-2, pengolahan algoritma NDWI, ekstraksi garis pantai, perhitungan laju garis pantai menggunakan program DSAS yang terintegrasi dengan perangkat lunak ArcGIS.

**III.4.4 Pengolahan Data SWH**

Data yang telah diunduh masih berformat nc.file perlu diekstrak terlebih dahulu menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View*. Data SWH kemudian dihitung nilai rata-ratanya dengan Microsoft Excel.

**III.4.5 Perhitungan Tidal Range**

Tahap ini menggunakan data stasiun pasut Jepara tahun 2016-2020. Proses perhitungan konstanta pasut dilakukan tiap bulan menggunakan program *t\_tides* yang terintegrasi dengan perangkat lunak *Rmatlab2020*. Nilai *Tidal Range* yang didapat dihitung nilai rata-ratanya menggunakan Microsoft Excel

**III.4.6 Perhitungan Kenaikan Muka Air Laut**

Proses pengolahan yang dilakukan antara lain ekstraksi data SLA menggunakan perangkat lunak BRAT v.4.2.1, interpolasi titik normal metode IDW menggunakan perangkat lunak *matlab2020*, dan perhitungan nilai *trend linier* untuk mendapatkan besar kenaikan air laut.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Hasil Kelerengn Pantai**

Untuk mendapatkan kemiringan pantai, digunakan area sampel yang diambil 1 km dari garis pantai ke arah laut. Nilai *slope* yang dicari dalam bentuk persen. **Tabel 3** merupakan hasil pengolahan rerata *slope* pada tiap kelurahan.

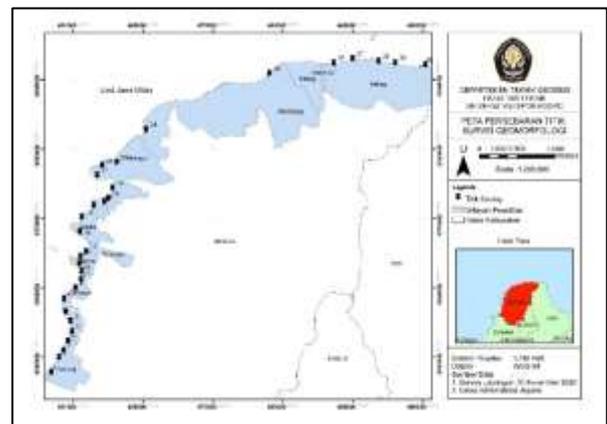
**Tabel 3** Hasil pengolahan rerata slope pada tiap kelurahan

Lokasi	Slope (%)
Kali Anyar	0.67
Surodadi	0.68
Panggung	0.72
Bulak Baru	0.67
Tanggul Tlare	0.62
Semat	0.50
Teluk Awur	0.52
Tegal Sambu	0.70
Karang Kebagusan	0.61
Demaan	0.49
Bulu	0.60
Kauman	0.64
Jobo Kuto	0.51
Ujung Batu	0.61
Mulyo Harjo	0.64
Bandengan	0.43
Mororejo	0.47
Semanggu	0.59
Slagi	0.51
Jambu	0.77
Sekuro	0.44
Karang Gondang	0.38
Bondo	0.69
Tubanan	0.95
Balong	2.19
Bumi Harjo	1.55
Bandung Harjo	1.30
Banyumanis	2.15
Ujung Watu	3.11

Berdasarkan **Tabel 3** nilai *slope* pada daerah pesisir Jepara memiliki pantai tingkat kecuraman yang sedang dengan rata-rata nilai slope sebesar 0,85. Kelurahan Ujung Watu memiliki tingkat slope yang paling curam diantara kelurahan lain dengan nilai slope sebesar 3,11. Sedangkan Kelurahan Karang Gondang memiliki tingkat kecuraman yang paling rendah nilai slope sebesar 0,38.

**IV.2 Hasil Survei Geomorfologi**

Dalam penelitian ini digunakan data instantasi, studi literatur, dan survei lapangan untuk dapat mendeskripsikan kondisi geomorfologi pesisir Jepara. Sumber data geomorfologi dan kelerengan dalam format shapefile berasal dari Instansi BAPPEDA Kabupaten Jepara. Survei lapangan dilakukan untuk memperkuat hasil analisis geomorfologi yang berasal dari data instansi dan studi literatur. **Gambar 2** berikut merupakan peta sebaran titik survei.



**Gambar 2** Peta sebaran titik survei

Survei geomorfologi dilakukan di 30 titik pengamatan yang diasumsikan representatif untuk dapat mewakili kondisi geomorfologi di pesisir Jepara secara keseluruhan. Hal yang menjadi poin utama dalam survey ini yakni melihat dan mengamati bentuk lahan dan fenomena disekitar titik tersebut. Hal tersebut dilakukan untuk memperkuat analisis yang dihasilkan agar mendapatkan hasil yang representasikan kondisi di lapangan sesungguhnya.

**IV.3 Hasil Pengolahan Perubahan Garis Pantai**

**IV.3.1 Hasil Koreksi Geometrik**

Proses uji ketelitian geometrik dilakukan menggunakan metode *image to map*. Peta yang digunakan merupakan peta RBI Kabupaten Demak skala 1:25.000. Dengan adanya proses uji ketelitian citra, maka dapat dilihat persaluraningn ketelitian antara posisi koordinat ICP yang ada pada citra dengan koordinat ICP yang ada pada peta. Menurut PERKA BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, *Circular Error 90%* (CE90) merupakan ukuran ketelitian geometrik horizontal yang memiliki nilai sebesar 1,5175 x RMSEr. **Tabel 4** merupakan hasil perhitungan uji ketelitian citra.

**Tabel 4** Uji Ketelitian Geometrik

ICP	Peta RBI		Citra		$(X_{rbi} - X_{citra})^2 + (Y_{rbi} - Y_{citra})^2$ (meter)
	X	Y	X	Y	
1	462438.99	9263242.29	462438.87	9263240.10	4.828764992
2	464061.73	9270753.92	464058.87	9270760.10	46.33974501
3	465589.61	9278514.91	465578.87	9278520.10	142.306645
4	468229.69	9284806.23	468228.87	9284805.10	1.963284999
...	...	...	...	...	...
18	483307.15	9280904.28	483303.87	9280902.60	13.61394499
19	480621.97	9276551.15	480621.37	9276550.10	1.474524999
20	475616.20	9276914.42	475613.87	9276912.60	8.769864997
			Jumlah		297.75498
			Rata-rata		14.887749
			RMSEr		3.858464591
			CE90		5.855220017

Berdasarkan **Tabel 4**, diperoleh RMSE sebesar 3.858 meter. Maka dari itu, penelitian ini masih memenuhi toleransi ketelitian citra dikarenakan penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter.

**IV.3.2 Hasil Koreksi Radiometrik**

Koreksi radiometrik dilakukan pada saluran saluran tiga dan saluran delapan pada citra Sentinel-2 tahun 2016 dan 2020. Koreksi radiometrik digunakan dengan tujuan untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh efek atmosfer agar nilainya dapat sesuai dengan kondisi objek. Pada penelitian ini proses koreksi radiometrik dilakukan dengan perangkat lunak QGIS versi 3.10.8 menggunakan *Semi Automatic Plugin*. **Tabel 5** merupakan hasil koreksi radiometrik yang berisi persaluraningan nilai spektral citra sebelum dan sesudah proses koreksi radiometrik.

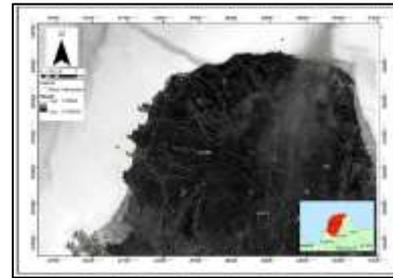
**Tabel 5** Hasil koreksi radiometrik

Saluran Band	Tahun Akuisisi Citra	Rentang Nilai Sebelum Terkoreksi	Rentang Nilai Sesudah Koreksi
3	2016	0 - 6549	0.038 - 0.684
8	2016	0 - 7678	0.012 - 0.812
3	2020	0 - 8871	0.046 - 0.972
8	2020	0 - 9526	0.017 - 1

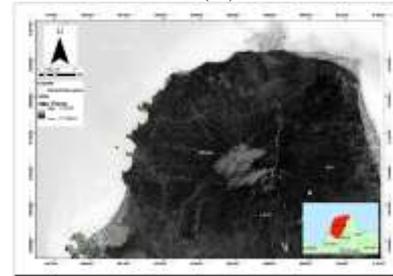
Dari **Tabel 5** menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai piksel citra sebelum terkoreksi dan sesudah terkoreksi radiometrik. Dapat dilihat bahwa nilai piksel sebelum terkoreksi radiometrik memiliki rentang nilai 0 – 9526, sedangkan nilai piksel sesudah terkoreksi radiometrik memiliki rentang nilai 0.012-1. Hal tersebut mengindikasikan bahwa citra Sentinel-2 yang digunakan memiliki nilai yang terganggu dikarenakan oleh efek atmosfer.

**IV.3.3 Hasil Pengolahan NDWI**

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan daerah air dan darat menggunakan algoritma NDWI. menggunakan saluran tiga dan saluran delapan pada citra Sentinel-2 yang sudah terkoreksi radiometrik. **Gambar 3** merupakan hasil pengolahan NDWI pada tahun 2016 dan 2020.



(A)



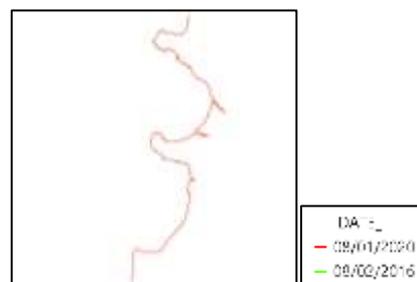
(B)

**Gambar 3** Hasil Pengolahan NDWI (A) tahun 2016 (B)tahun 2020

Pada hasil pengolahan algoritma NDWI citra tahun 2016, nilai piksel yang dihasilkan memiliki rentangan nilai antara -0,741 hingga 1. Untuk hasil pengolahan algoritma NDWI citra tahun 2020 memiliki rentang nilai piksel antara -0,728 hingga 1. Nilai piksel citra minus mengindikasikan bahwa objek yang hitam merupakan daratan, sedangkan nilai piksel citra positif mengindikasikan bahwa objek yang teramati merupakan perairan.

**IV.3.4 Hasil Deliniasi Garis Pantai**

Pada penelitian ini untuk deliniasi garis pantai digunakan metode threshold yang digunakan untuk membedakan citra yang diinput kedalam dua kelas piksel yang memiliki nilai lebih atau kurang dari nilai treshold yang ditentukan. Nilai threshold yang digunakan yaitu nol. **Gambar 4** merupakan hasil deliniasi garis pantai menggunakan metode threshold.



**Gambar 4** Hasil deliniasi garis pantai

**IV.3.5 Hasil Perubahan Garis Pantai**

Metode perhitungan yang dilakukan adalah *End Point Rate (EPR)* menggunakan perangkat yang mana menghitung besar perubahan garis pantai dengan memperhatikan fungsi waktu. **Tabel 6** menampilkan hasil dari perhitungan EPR.

**Tabel 6** Tabel perhitungan EPR

Jumlah Data	8344
Rata-rata	0.889666
Min	-58.54
Max	46.75
Jumlah Nilai	25180.4

...	...
Jan-20	0,99
Feb-20	0,91
Mar-20	0,52

**IV.4 Hasil Perhitungan SWH**

Data SWH yang sudah diunduh merupakan data yang sudah di rata-rata tiap bulanya oleh ERA5. Kemudian dilakukan perhitungan rerata kembali menggunakan perangkat lunak Microsoft excel, didapatkan hasil rata-rata sebesar 0,593 m. Rentang waktu yang digunakan dari tahun 2015-2019. Pada **Tabel 7** menunjukkan hasil dari data SWH yang diunduh.

**Tabel 7** Data hasil SWH

Date time	Significant height of combined wind waves and swell [m]
2016-01-01T00:00:00	0,518
2016-02-01T00:00:00	0,813
2016-03-01T00:00:00	0,55
2016-04-01T00:00:00	0,43
...	...
2020-07-01T00:00:00	0,585
2020-08-01T00:00:00	0,608
2020-09-01T00:00:00	0,527

Parameter ini merepresentasikan ketinggian rata-rata sepertiga permukaan laut / gelombang laut tertinggi yang ditimbulkan oleh angin dan gelombang besar. Ini mewakili jarak vertikal antara puncak gelombang dan palung gelombang. Dari data SWH yang telah diunduh memiliki satu stasiun saja yang letaknya berada di perairan Jepara. Nilai SWH memiliki nilai rata-rata sebesar 0,593 meter.

**IV.5 Hasil Perhitungan Tidal Range**

Perhitungan *Tidal Range* menggunakan data pasut yang telah diunduh pada website IPASOET. Data tersebut diproses menggunakan program *t\_tide* yang terintegrasi dengan perangkat lunak matlab, hasil yang didapat berupa nilai konstanta harmonik pasut dan nilai *Tidal Range* tiap bulannya. Nilai *Tidal Range* didapatkan dari selisih antara HAT dan LAT tiap bulanya.

Perhitungan rerata *Tidal Range* didapat menggunakan perangkat lunak Microsoft excel. Didapatkan hasil rerata *Tidal Range* sebesar 1,075 m. Data *Tidal Range* nilai maksimum terjadi pada bulan Desember tahun 2017, sedangkan nilai minimum terjadi pada bulan Maret tahun 2020. **Tabel 8** menampilkan hasil perhitungan *Tidal Range* tiap bulanya.

**Tabel 8** Rekapitulasi *Tidal Range*

Waktu	Tidal Range (m)
Jan-16	0,98
Feb-16	0,86
Mar-16	0,88
Apr-16	0,96

**IV.6 Hasil Perhitungan Sea level rise (SLR)**

SLR dihitung dengan fungsi *trend linier* data *Sea Level Anomaly* (SLA) yang telah di interpolasi. **Gambar 5** merupakan plot SLA dalam bentuk grafik.



**Gambar 5** Hasil plotting data SLA

Berdasarkan hasil persamaan *trend linier* adalah  $y = -0,00008x + 0,0806$ . Perlu diingat bahwa hasil diatas masih dalam bentuk satuan m/cycle. Untuk memperoleh nilai SLR maka perlu dirubah kedalam bentuk satuan mm/tahun. Berikut adalah perhitungan untuk mengkonversi bentuk satuan tersebut:

$$\begin{aligned} \text{Nilai SLR} &= (-0.00008 \times 1000) / (9,9156 / 365) \\ &= -2,94 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

**IV.7 Hasil Penilaian CVI**

Berdasarkan hasil analisis nilai CVI kategori kerentanan pantai dikelompokkan ke dalam empat kategori mengacu pada Hammar-Klose (2003) yang disajikan pada **Tabel 9**.

**Tabel 9** Rentang nilai kategori kerentanan

Kategori Kerentanan	Nilai
Rendah	< 4,75
Sedang	4,75 - 10,64
Tinggi	10,64 - 19,66
sangat tinggi	> 19,66

Hasil dari pembobotan tiap parameter kemudian akan dihitung menggunakan **Persamaan 1** dan menghasilkan nilai indeks kerentanan pantai tiap kelurahan. **Tabel 9** menunjukkan klasifikasi tingkat kerentanan berdasarkan nilai indeks kerentanan yang didapat.

Hasil dari perhitungan nilai indeks CVI didapatkan rentang nilai 1,83 – 7,07, nilai rata-rata 5,34, dan nilai modus 6,3. Hasil nilai CVI tersebut terbagi menjadi empat kategori yakni rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Nilai CVI yang dibawah 4,75 masuk dalam kategori kerentanan kelas rendah. Nilai CVI dari 4,75 hingga 10,64 masuk dalam kategori kerentanan kelas sedang. Nilai CVI dari 10,64 hingga 19,66 masuk dalam kategori kerentanan kelas Tinggi. Nilai CVI yang diatas 19,66 masuk dalam kategori kerentanan kelas

sangat tinggi. Berdasarkan **Tabel 10** hasil rata-rata nilai CVI di pesisir Jepara adalah 5,34 yang mana masuk dalam kategori tingkat sedang.

**Tabel 10** Hasil pembobotan CVI tiap kelurahan di pesisir Jepara

Lokasi	SL	G	SC	SWH	TR	SLR	CVI	Kategori
Kali Anyar	3	5	5	2	2	1	7.07	Sedang
Surodadi	3	5	3	2	2	1	5.48	Sedang
Panggung	3	5	4	2	2	1	6.32	Sedang
Bulak Baru	3	5	5	2	2	1	7.07	Sedang
Tanggul Tlare	3	5	1	2	2	1	3.16	Rendah
Semat	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Teluk Awur	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Tegal Sambu	3	5	2	2	2	1	4.47	Rendah
Karang Kebagusan	3	5	3	2	2	1	5.48	Sedang
Demaan	4	5	2	2	2	1	5.16	Sedang
Bulu	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Kauman	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Jobo Kuto	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Ujung Batu	3	5	3	2	2	1	5.48	Sedang
Mulyo Harjo	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Bandengan	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Mororejo	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Semangu	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Slagi	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Jambu	3	5	2	2	2	1	4.47	Rendah
Sekuro	4	5	2	2	2	1	5.16	Sedang
Karang Gondang	4	5	3	2	2	1	6.32	Sedang
Bondo	3	5	3	2	2	1	5.48	Sedang
Tubanan	2	5	2	2	2	1	3.65	Rendah
Balong	1	5	3	2	2	1	3.16	Rendah
Bumi Harjo	1	5	3	2	2	1	3.16	Rendah
Bandung Harjo	2	5	3	2	2	1	4.47	Rendah
Banyumanis	1	5	1	2	2	1	1.83	Rendah
Ujung Watu	1	5	5	2	2	1	4.08	Rendah

Keterangan:

S = Parameter Slope

G = Parameter Geomorfologi

SC = Parameter *Shoreline Change*

SWH = Parameter *Significant Wave Height*

TR = Parameter *Tidal Range*

SLR = Parameter *Sea level rise*

Pada **Tabel 10** tingkat kerentanan di daerah pesisir Jepara didominasi dengan tingkat kerentanan sedang. Hasil analisis menunjukkan dari 29 kelurahan yang terdapat di pesisir, terdapat sembilan kelurahan yang memiliki tingkat kerentanan rendah sedangkan 20 kelurahan lainnya memiliki tingkat kerentanan sedang. Terdapat **Gambar 6** menampilkan hasil perhitungan kerentanan metode CVI di pesisir Jepara.

Dari hasil perhitungan nilai indeks CVI dapat diketahui bahwa parameter yang memiliki bobot yang paling tinggi adalah parameter geomorfologi. Hal tersebut dapat diketahui dari nilai bobot yang besar pada setiap kelurahan. Parameter yang memiliki bobot nilai paling rendah adalah parameter *sea level rise* dikarenakan memiliki bobot nilai yang kecil diseluruh kelurahan.



**Gambar 6** Hasil kerentanan di pesisir Jepara

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti dalam periode waktu tertentu ini dapat ditarik kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Penilaian tingkat kerentanan dihitung terhadap 29 kelurahan yang berada di pesisir Kabupaten Jepara. Berdasarkan perhitungan bobot menggunakan metode CVI, hasil perhitungan nilai didapatkan rentang nilai 1,83 – 7,07, nilai rata-rata 5,34, dan nilai modus 6,3
2. Hasil perhitungan nilai kerentanan dengan metode CVI pada setiap kelurahan di pesisir Jepara cukup beragam. Dari nilai tersebut dapat tingkat kerentanan di pesisir Jepara masuk dalam kategori sedang. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat 20 kelurahan memiliki tingkat kerentanan sedang, sedangkan sembilan kelurahan memiliki tingkat kerentanan rendah.
3. Berdasarkan hasil analisis, secara keseluruhan parameter yang memiliki bobot parameter paling besar dalam penilaian kerentanan adalah geomorfologi. Sedangkan parameter yang memiliki bobot nilai paling rendah adalah *sea level rise*.

### V.2 Saran

Berikut adalah saran dari peneliti berdasarkan dari hasil penelitian untuk keterbaharuan penelitian selanjutnya:

1. Menggunakan metode pembobotan yang lebih kompleks agar pendekatan yang didapat lebih bisa menggambarkan kondisi di lapangan sesungguhnya.
2. Menggunakan data dengan resolusi dan ketelitian yang bagus untuk dapat menghasilkan hasil analisis yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abuodha, P. A., & Woodroffe, C. D. (2006). *Assessing Vulnerability of Coasts to Climate Change: A Review of Approaches and Their Application to the Australian Coast 2006*
- Dronkers, J.J. 1964. *Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters*. North Holland Publishing Company, Amsterdam

- E. Doukakis. (2005). Coastal Vulnerability and Risk Parameters. *European Water*, 11(12), 3–7.
- Emery, K.O., Aubrey, David G., 1991. *Sea Levels, Land Levels, and Tide Gauges*
- Gornitz, V., 1991. Global coastal hazards from future *sea level rise*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 89, 379–398
- Hammar-Klose ES, Pendleton EA, Thieler ER, Williams SJ. 2003. Coastal vulnerability assessment of Cape Cod National Seashore (CACO) to Sea-Level Rise. USGS Report: 02-233
- Istiqomah, F., Sasmito, B., Amarrohman, F.J., 2016. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak. *J. Geod. Undip* 5, 78–89
- Nageswara Rao, K., Subraelu, P., Venkateswara Rao, T., Hema Malini, B., Ratheesh, R., Bhattacharya, S., Rajawat, A.S., Ajai, 2008. Sea-level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhra Pradesh coast India through remote sensing and GIS. *J. Coast. Conserv.* 12, 195–207. <https://doi.org/10.1007/s11852-009-0042-2>
- Nofirman, 2017. Perubahan Morfologi Pantai Dengan Integrasi Citra di Wilayah Kabupaten Bengkulu Utara. *Jurnal Georaflesia*, 2(2). ISSN:2541-125X
- Suhana, M. P., Nurjaya, I. W., & Natih, N. M. N. (2016). Analisis Kerentanan Pantai Timur Pulau Bintan Menggunakan Digital Shoreline Analysis Dan Coastal Vulnerability Index Coastal Vulnerability Analysis of East Coast Bintan Island Using Digital Shoreline Analysis and Coastal Vulnerability Index. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan* Mei,7(2016),21–38.
- Triatmodjo, Bambang. 2011. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta
- Verstappen, H.Th, 1983. *Applied Geomorphology. Geomorphological Surveys for Environmental Development*. New York, El sevier
- Triatmodjo, Bambang. 2011. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta