

Analisis Kerentanan Pesisir di Kabupaten Kendal

Laras Febri Yulastini*, Muhammad Zainuri dan Rikha Widiaratih

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: *larasfy0902@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim menyebabkan terjadinya perubahan suhu yang berdampak pada pencairan es di area Antartika dan Artik sehingga terjadi kenaikan muka air laut. Kendal merupakan salah satu daerah di Jawa Tengah bagian utara yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa dan merupakan daerah dataran rendah. Wilayah bagian utara Kendal merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 0 – 10 m dpl. Hal ini menyebabkan daerah pesisir menjadi rentan dengan perubahan fisik apabila kenaikan muka air laut terus terjadi. Penelitian ini bertujuan menentukan tingkat kerentanan pesisir di Kabupaten Kendal, yang didetetapkan menjadi 7 Kecamatan yang berada di bagian utara Kendal. Kajian kerentanan wilayah pesisir dilakukan dengan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks kerentanan pesisir dan tingkat kerentanan di Kabupaten Kendal antara lain Kecamatan Rowosari 18,52 kerentanan sedang, Kangkung 7,17 kurang rentan, Cepiring 13,89 kerentanan sedang, Patebon 18,52 kerentanan sdang, Kendal 17,93 kerentanan sedang, Brangsong 8,02 kurang rentan, dan Kaliwungu 21,38 kerentanan sedang.

Kata kunci: Kerentanan Pesisir, CVI, Kendal

Abstract

Analysis of Coastal Vulnerability in Kendal Regency

Climate change causes changes in temperature which have an impact on melting ice in the Antarctic and Arctic areas, resulting in sea level rise. Kendal is one of the areas in northern Central Java which is directly adjacent to the Java Sea and is a lowland area. The northern part of Kendal is a lowland area with an altitude between 0 – 10 m above sea level. This causes coastal areas to be vulnerable to physical changes if sea level rise continues to occur. This study aims to determine the level of coastal vulnerability in Kendal Regency, which are detailed into 7 Districts in the northern part of Kendal. The coastal area vulnerability study was conducted using the Coastal Vulnerability Index (CVI) method. The results showed that the coastal vulnerability index and the level of vulnerability in Kendal Regency in Rowosari District is 18.52 with moderate vulnerability, Kangkung is 7.17 with less vulnerable, Cepiring is 13.89 with moderate vulnerability, Patebon is 18.52 with moderate vulnerability, Kendal is 17.93 with moderate vulnerability, Brangsong is 8.02 with less vulnerable, and Kaliwungu is 21.38 with moderate vulnerability.

Keywords: Coastal Vulnerability, CVI, Kendal

PENDAHULUAN

Perubahan iklim menyebabkan terjadinya perubahan suhu, baik di udara maupun di air laut (Patriana dan Satria, 2013). Kenaikan suhu menyebabkan sejumlah area di Antartika dan Artik mengalami pencairan es, sehingga berdampak pada perubahan ketinggian massa air di permukaan laut (Clark, 2008). Kondisi ini secara luas berdampak pada ketinggian muka air laut termasuk di wilayah tropis. Naiknya muka air laut ini berdampak pada kondisi wilayah pantai atau pesisir (Ayyam *et al.*, 2019). Kejadian tersebut kemudian dikenali dengan naiknya permukaan air akibat pasang atau “rob”.

Kendal adalah sebuah daerah di Jawa Tengah bagian utara berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Wilayah bagian utara Kendal adalah daerah dataran rendah ketinggiannya sekitar 0 – 10 m dpl (Suyanto, 2016). Hal ini menyebabkan daerah pesisir menjadi rentan dengan perubahan fisik apabila naiknya muka air laut terus terjadi.

Penilaian rentannya pesisir di Kabupaten Kendal perlu dilakukan. Hal ini agar dapat diketahui tingkat kerentanan pada pesisir Kendal. Penilaian yang dipakai dalam penilaian rentannya suatu wilayah memakai metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI). Maka, penelitian dilakukan bertujuan menentukan tingkat kerentanan berdasarkan indeks kerentanan pesisir Kendal dan mengetahui pengaruh kenaikan muka air laut

atas kerentanan pesisir Kendal. Kegunaan penelitian ini mengetahui tingkat kerentanan pesisir di Kabupaten Kendal. Selain itu, dapat membantu pembuat kebijakan dalam pengelolaan daerah pesisir.

MATERI DAN METODE

Data yang digunakan berupa data citra satelit landsat-8 tahun 2015 dan 2020 dari <https://earthexplorer.usgs.gov/>, data pasang surut observasi Badan Informasi Geospasial stasiun Semarang dari <https://tides.big.go.id/>, dan data gelombang model reanalysis ERA-5 dari <https://cds.climate.copernicus.eu/> untuk tinggi gelombang signifikan. Data lain yang digunakan yaitu data demnas dan batnas untuk elevasi dan kemiringan pantai yang diunduh melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/>, serta data kenaikan muka air laut diunduh melalui <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

Metode yang dipakai penelitian ini yakni metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah dalam menganalisa data yang ada berbentuk angka-angka dengan menggunakan sistem skor (numerik). Metode pengolahan data adalah metode CVI (Gornitz *et al.*, 1997; Pendleton *et al.* 2005). Parameter yang dipakai pada metode CVI ialah geomorfologi, elevasi, kemiringan pantai, berubahnya garis pantai, naiknya muka air laut, pasang surut, dan tinggi gelombang signifikan. Parameter ini diolah diolah dengan cara:

- Geomorfologi didapatkan melalui bentuk lahan yang didapatkan melalui interpretasi data peta pemakaian lahan. Peta penggunaan lahan didapatkan melalui interpretasi citra satelit Landsat-8 menggunakan metode digitasi setiap bentukan lahan.
- Elevasi lahan diperoleh melalui data DEMNAS. Data yang diunduh dikoreksi dengan data topografi Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 selanjutnya data di olah memakai software ArcGIS untuk memperoleh data elevasi.
- Kemiringan pantai diperoleh dari data BATNAS. Data batimetri dipotong sesuai dengan wilayah studi kemudian dibuat buffer area sejauh 1 km kearah laut baseline berupa garis pantai tahun 2020.
- Garis pantai tahun 2015 dan 2020 didapatkan melalui data citra Landsat. Data diolah memakai metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* pada ArcGIS dalam menghitung jarak antara garis pantai hasil digitasi.
- Naiknya muka air laut didapatkan melalui citra satelit altimetri rentang waktu 2008-2020. Data kenaikan muka air laut diinput pada ArcGIS selanjutnya dilaksanakan *cropping* sesuai dengan wilayah studi.
- Data pasang surut diperoleh melalui data prediksi Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui rentang waktu 2015-2020. Perhitungan dilakukan dengan sortir ketinggian pasut berdasarkan tanggal dan jam pengamatan. Nilai tunggang pasut didapatkan dengan selisih air pasang tertinggi dengan air surut terendah.
- Data gelombang signifikan diperoleh dari laman Copernicus hasil *reanalysis* ERA5 dengan rentang waktu 2008-2020. Data gelombang diinput pada ArcGIS kemudian dilakukan *cropping* sesuai dengan wilayah studi.

Parameter tersebut diberi skor sesuai dengan tabel (Tabel 1) ketentuan Gornitz *et al.* (1997) dan Pendleton *et al.* (2005). Adapun kontribusi dari tiap parameter yang berjumlah 7 memiliki bobot yang sama, dikarenakan posisi dari area penelitian memiliki tingkat paparan yang sama. Hasil skoring kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$CVI = \sqrt{\frac{a \times b \times c \times d \times e \times f \times g}{7}} \quad (1)$$

Dimana:

- CVI* = Coastal Vulnerability Index
a = geomorfologi
b = laju perubahan garis pantai (m/tahun)
c = elevasi lahan (m)
d = kemiringan pantai (%)
e = laju kenaikan muka air laut (mm/tahun)
f = tunggang pasut rata-rata (m)
g = tinggi gelombang (m)

Tabel 1. Penentuan Skor untuk CVI

No	Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
1	Geomorfologi	Bertebing tinggi	Bertebing sedang, pantai berlekuk	Bertebing rendah, dataran aluvial	Bangunan pantai, pantai, estuari, laguna	Penghalang pantai, pantai berpasir, berlumpur, mangrove, delta
2	Perubahan garis pantai (m/thn)	>2,0 Akresi	1,0 – 2,0 Akresi	+1.0 - (-1.0) Stabil	-1,1 – (-2,0) Abrasi	≤ -2,0 Abrasi
3	Elevasi (m)	>30	20,1 - 30	10,1 - 20	5,1 – 10	0 – 0,5
4	Kemiringan Pantai (%)	> 2	1,3 – 1,9	0,9 – 1,3	0,6 – 0,9	< 0,6
5	Kenaikan Muka Laut Relatif (mm/thn)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
6	Tunggang Pasut Rata-rata (m)	< 1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 4,0	4,0 – 6,0	> 6,0
7	Tinggi Gelombang (m)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25

Sumber: Gornitz *et al.* (1997) dan Pendleton *et al.* (2005)

Kemudian didapatkan indeks kerentanan pesisir dibagi menjadi 5 kelas (tabel 2) yang mengacu pada penelitian Hammar-Klose *et al.* (2003) dan Suhana *et al.* (2020).

Tabel 2. Nilai Kategori Kerentanan CVI

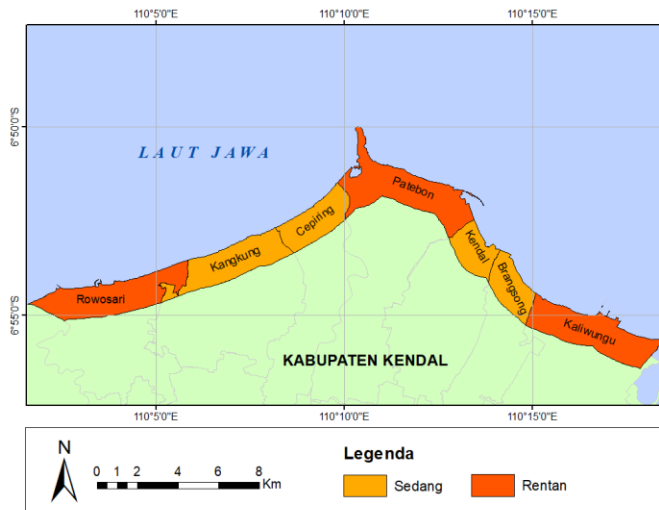
Nilai CVI	Kategori Kerentanan
0,38 – 4,28	Tidak Rentan
4,29 – 17,68	Kurang Rentan
17,69 – 48,38	Sedang
48,39 – 105,63	Rentan
105,64	Sangat Rentan

Sumber: Hammar-Klose *et al.* (2003) dan Suhana *et al.* (2020)

Nilai 0,38 diperoleh melalui hitungan CVI bila seluruh parameternya mempunyai bobot 1 dan seterusnya hingga 105,64 diperoleh melalui hitungan CVI jika seluruh parameternya mempunyai bobot 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi di Kabupaten Kendal diketahui dengan peta tutupan lahan misalnya sawah, mangrove tambak, pemukiman, tanah terbuka dan lainnya. Tipe berbentuk lahan di ketahui dalam mengindikasikan ketahanan pantai atas abrasi dan akresi diakibatkan naiknya muka air laut (Pendleton *et al.*, 2005). Secara umum, kawasan pesisir Kabupaten Kendal didominasi oleh sawah dan tambak. Sawah dan tambak termasuk dalam kategori dataran aluvial. Menurut Huda *et al.* (2019) dataran aluvial menjadikan suatu kawasan rawan terhadap bencana abrasi dan erosi pantai. Hal ini menyebabkan tingkat kerentanan di pesisir Kendal dikategorikan sebagai sedang dan rentan.



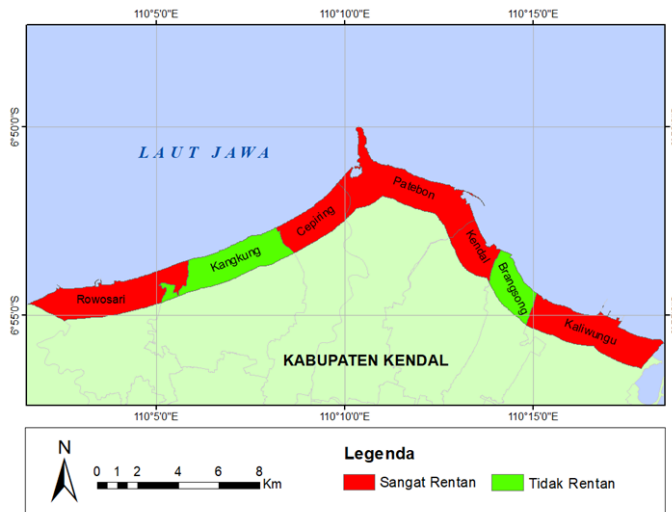
Gambar 1. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Geomorfologi

Perubahan garis pantai di pesisir Kendal termasuk dalam kategori tidak rentan dan sangat rentan. Menurut Astuti *et al* (2021) wilayah kepelepasiran Kabupaten Kendal mengalami dinamika garis pantai yang cukup signifikan. Dalam periode waktu 2015 hingga 2020, pesisir Kabupaten Kendal mengalami abrasi dan akresi. Daerah yang mengalami abrasi yaitu Kecamatan Rowosari, Cepiring, Patebon, Kendal, dan Kaliwungu. Tutupan lahan di pesisir yang didominasinya dari dataran aluvial mempengaruhi laju abrasi tersebut. Akresi terjadi di Kecamatan Kangkung dan Brangsong. Menurut Marfai *et al* (2008); Astuti *et al* (2021), akresi dapat disebabkan oleh adanya proses sedimentasi dari arah darat maupun laut sehingga garis pantai bertambah. Tingkatan kerentanannya dengan parameter berubahnya garis pantai menunjukkan bahwa daerah yang mengalami abrasi dikategorikan sebagai sangat rentan dan yang mengalami akresi sebagai tidak rentan.

Tabel 3. Laju Perubahan Garis Pantai Tahun 2015 dan 2020

No	Kecamatan	Laju Rata-Rata Perubahan Garis Pantai (m/tahun)*
1	Rowosari	-17,93
2	Kangkung	14,48
3	Cepiring	-7,92
4	Patebon	-107,56
5	Kendal	-11,53
6	Brangsong	24,69
7	Kaliwungu	-23,29

*Perubahan garis pantai diperoleh dari Citra Lansat tahun 2015 dan 2020.

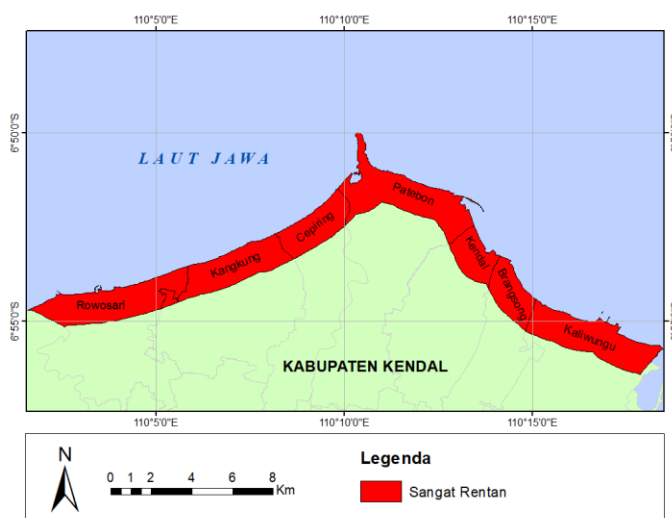


Gambar 2. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Perubahan Garis Pantai

Elevasi lahan di pesisir Kabupaten Kendal cenderung landai dengan nilai elevasi kurang dari 5 m. Hal ini sesuai dengan penelitian Sulma *et al* (2012) bahwasannya elevasi digunakan dalam wilayah pesisir yang landai. Wilayah dengan elevasi kurang dari 5 m dari ketinggian laut rentan terhadap pasang surut tinggi akibat pengaruh badai (Gornitz, 1991). Menurut Handiani *et al* (2019) wilayah dengan elevasi rendah beresiko tinggi terhadap kenaikan muka laut, sehingga skor kerentanan di pesisir Kabupaten Kendal dikategorikan sangat rentan.

Tabel 4. Nilai Elevasi Kabupaten Pesisir Kendal

No	Kecamatan	Elevasi (m)
1	Rowosari	2,75
2	Kangkung	2,30
3	Cepiring	1,65
4	Patebon	1,15
5	Kendal	0,50
6	Brangsong	0,71
7	Kaliwungu	0,57

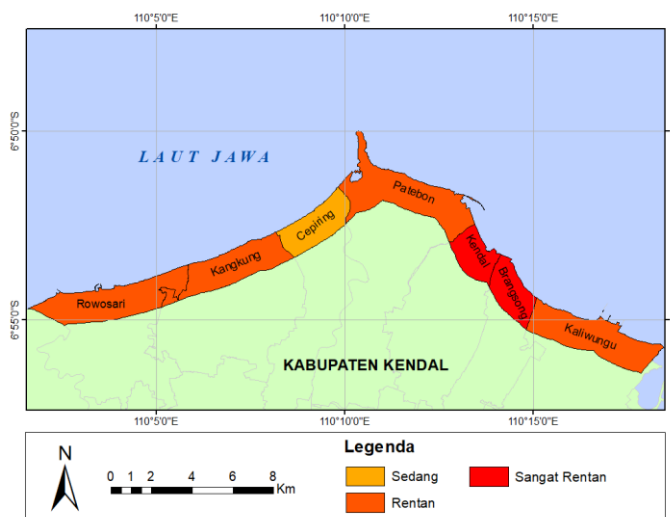


Gambar 3. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Elevasi

Kemiringan pantai di pesisir Kabupaten Kendal kurang dari 2% termasuk dalam kategori datar. Pantai profil kemiringannya datar cenderung cepat untuk proses pengikisannya dan disebabkan oleh bentuk pantai yang umumnya berpasir hingga maerial sedimen penyusunan pantai sedikit mudah tergerus dari gelombang, pasang surut yang terjadi dikawasan pantai (Suhana *et al.*, 2020). Kategori kerentanan di pesisir Kabupaten Kendal cukup beragam yaitu sedang, rentan, dan sangat rentan. Menurut Octaviana *et al* (2020) suatu daerah memiliki kemiringan rendah dapat beresiko cukup tinggi terhadap kenaikan muka air laut.

Tabel 5. Kemiringan Pantai Kabupaten Kendal

No	Kecamatan	Kemiringan Pantai (%)
1	Rowosari	0,74
2	Kangkung	0,67
3	Cepiring	0,94
4	Patebon	0,78
5	Kendal	0,38
6	Brangsong	0,32
7	Kaliwungu	0,64

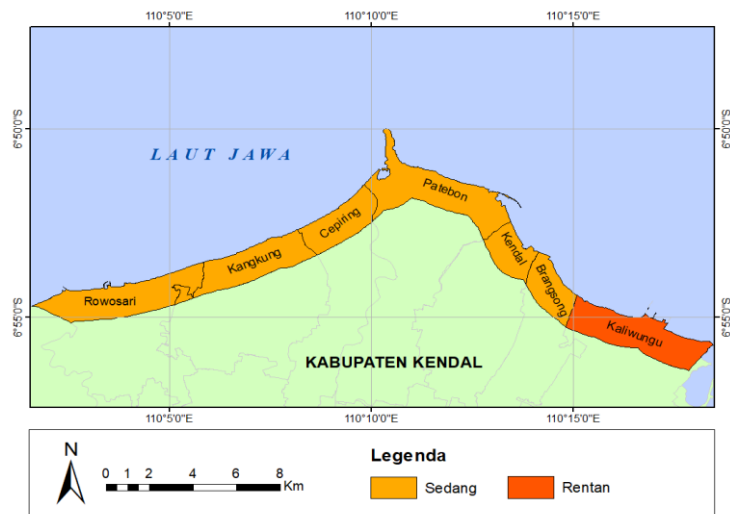


Gambar 4. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Kemiringan Pantai

Kenaikan muka air laut dipesisir Kabupaten Kendal selama tahun 2008-2020 berada di rentang 2 hingga 3,4 mm/tahun. Menurut Kresteva *et al* (2014) kenaikan muka air laut diperairan Kendal bukan cuma dipengaruhi dari berubahnya iklim, akan tetapi daktor lingkungan misalnya turunnya tanah karena sedotan air yang berlebih. Rentannya pesisir dengan parameter naiknya muka air laut di Kendal termasuk dalam kategori sedang dan rentan. Menurut Hadi (2014) dalam Kresteva *et al* (2014) naiknya muka air laut di Kendal menyebabkan banjir dan genangan di darat yang makin bertambah setiap tahun.

Tabel 6. Kenaikan Muka Air Laur Periode 2008-2020

No	Kecamatan	Kenaikan Muka Air Laut Relatif (mm/tahun)
1	Rowosari	2,72
2	Kangkung	2,72
3	Cepiring	2,72
4	Patebon	2,72
5	Kendal	2,72
6	Brangsong	2,72
7	Kaliwungu	3,19

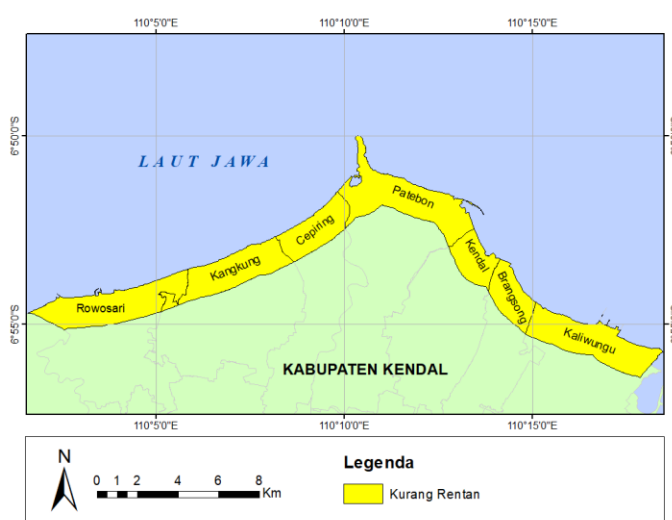


Gambar 5. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Kenaikan Muka Air Laut

Berdasarkan hasil pengolahan data, tipe pasang surut diperairan Kendal merupakan tipe pencampuran condong harian tunggal. Tipe ini senada dengan penelitian dari Octaviana *et al* (2020). Tunggang pasut rata-rata di perairan Kendal sebesar 1,087 m dan dikategorikan kurang rentan. Menurut Prathanazal *et al* (2021) nilai tunggang pasut senada dengan kuat arus air yang bisa menjadi sebab terjadi transportasi sedimen dan erosi.

Tabel 7. Tunggang Pasang Surut Periode 2015-2020

No	Tahun	Tidal Range (m)
1	2015	1,02
2	2016	1,06
3	2017	1,15
4	2018	1,10
5	2019	1,07
6	2020	1,12
Rata-Rata		1,087

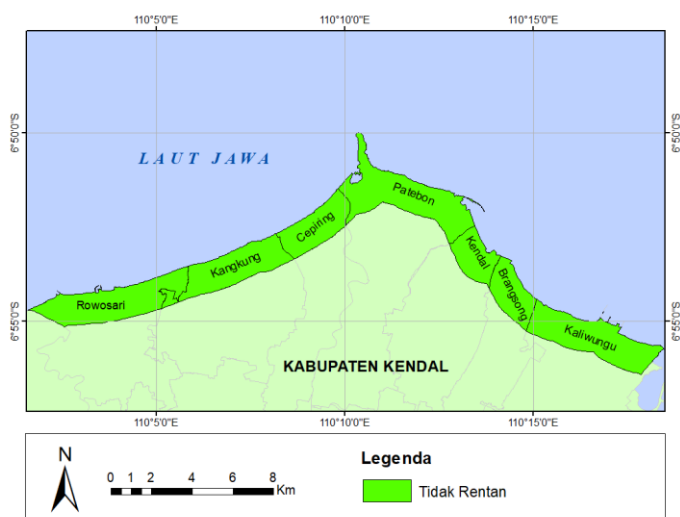


Gambar 6. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Pasang Surut

Tinggi gelombang di perairan Kendal bernilai sebesar 0,109 m dan 0,265 m. Nilai tersebut dikelompokkan menjadi tidak rentan. Menurut Handoyo dan Suryoputro (2015) tingginya gelombang diperairan Kendal masuk kategori kecil hembusannya relatif kecil. Gelombang pembawa energi melalui angin, makin besarnya angin energi yang di bawa dari gelombang makin besar (Yuliani dan Rejeki, 2020).

Tabel 8. Tinggi Gelombang Signifikan Periode 2008-2020

No	Kecamatan	Tinggi Gelombang (m)
1	Rowosari	0,265
2	Kangkung	0,265
3	Cepiring	0,265
4	Patebon	0,265
5	Kendal	0,265
6	Brangsong	0,265
7	Kaliwungu	0,109

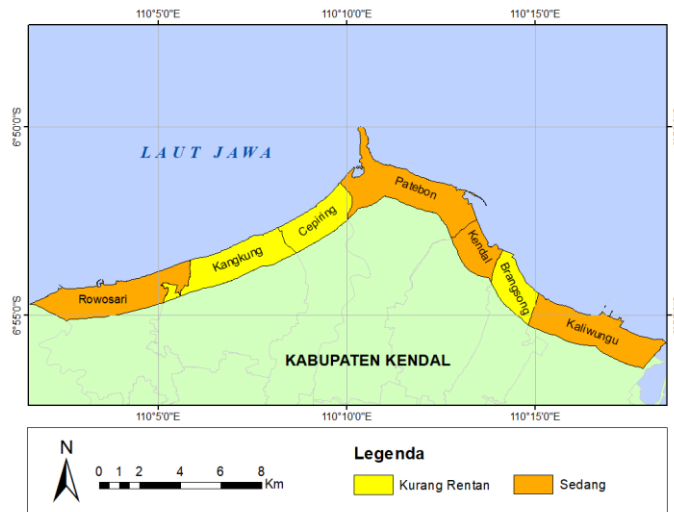


Gambar 7. Peta Kerentanan Pesisir dengan Parameter Gelombang

Kerentanan pesisir di Kabupaten Kendal didominasi wilayah dengan tingkat kerentanan sedang. Kaliwungu memiliki indeks CVI paling besar. Hal ini dipengaruhi oleh kemiringan pantai datar dan elevasi rendah serta bentuk tutupan lahan yakni tambak dan pemukiman. Selain itu, kenaikan muka air laut juga berpengaruh karena tingkat kerentanan dengan parameter tersebut paling tinggi berada di Kecamatan Kaliwungu. Kecamatan Kangkung memiliki indeks CVI paling rendah dengan tingkat kerentanan kurang rentan. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan garis pantai di wilayah tersebut yang cenderung terjadi akresi. Menurut Sasmito (2020) pantai utara Jawa adalah daerah potensi sebagai kawasan penduduk, industri dan rekreasi, dan rentan kepada naiknya muka air laut yang berdampak kepada banjir di kawasan pesisir.

Tabel 9. Indeks CVI di Pesisir Kendal

No	Kecamatan	Indeks CVI	Kategori
1	Rowosari	18,52	Sedang
2	Kangkung	7,17	Kurang Rentan
3	Cepiring	13,89	Kurang Rentan
4	Patebon	18,52	Sedang
5	Kendal	17,93	Sedang
6	Brangsong	8,02	Kurang Rentan
7	Kaliwungu	21,38	Sedang



Gambar 8. Peta Kerentanan Pesisir di Kabupaten Kendal

KESIMPULAN

Indeks kerentanan pesisir di Kabupaten Kendal antara lain, Kecamatan Rowosari 18,52, Kecamatan Patebon 18,52, Kecamatan Kendal 17,93, dan Kecamatan Kaliwungu 21,38. Tingkat kerentanan di daerah tersebut dikelompokkan kategori sedang. Hal ini dikarenakan di Kecamatan tersebut memiliki kemiringan pantai yang datar dan elevasi yang rendah serta bentuk tutupan lahan berupa tambak dan pemukiman. Indeks kerentanan pesisir di Kecamatan Kungkung sebesar 7,17, Kecamatan Cepiring 13,89, dan Kecamatan Brangsong 8,02. Tingkat kerentanan di wilayah tersebut dikategorikan sebagai kurang rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, B. A., Laksono, A., Muhammad, D.T.N., Nurbaiti, I.F., Hanifah, N.N., Wildiyanti, O.S., Junaedi, R.N., dan Marfai, M.A. 2021. Dinamika Perubahan Garis Pantai Kabupaten Kendal Tahun 2000-2020. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1): 75-83.
- Ayyam, V., Palanivel, S., Chandrakasan, S. 2019. Coastal Ecosystems of the Tropics – Adaptive Management. Springer Nature Singapore Pte Ltd., India, 599 p.
- Clark, P. U. 2008. Abrupt Climate Change: Final Report, Synthesis and Assessment Product 3.4. DIANE Publishing, Virginia, 459 p.
- Gornitz, V. 1991. Global Coastal Hazards from Future Sea-Level Rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 89(4): 379–398.
- Gornitz, V., Rosenzweig, C., dan Hillel, D. 1997. Effects Of Anthropogenic Intervention in The Land Hydrologic Cycle on Global Sea Level Rise. *Global and Planetary Change*, 14(1997): 147-161.
- Hammar-Klose, E.S., Pendleton, E.A., Thieler, E.R., dan Williams, S.J. 2003. Coastal vulnerability assessment of Cape Cod National Seashore (CACO) to sea-level rise. USGS Report. 23p.
- Handiani, D.N., Darmawan, S., Heriati, A., dan Aditya, Y.D. 2019. Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3): 145-154.
- Handoyo, G., dan Suryoputro, A.A.D. 2015. Kondisi Arus dan Gelombang Pada Berbagai Kondisi Morfologi Pantai di Perairan Pantai Kendal Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1): 33-37.
- Huda, A.C., Praktiko, I., dan Pribadi, R. 2019. Karakteristik Lahan Terhadap Kerentanan Pesisir Pantai Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 8(3): 253-261.
- Octaviana, D.A., Rochaddi, B., Atmodjo, W., Subardjo, P., Zainuri, M., Yusuf, M., dan Rifai, A. 2020. Analisis Abrasi dan Akresi di Muara Sungai Kali Bodri, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2): 1-10.

- Patriana, S. dan Satria, A. 2013. Pola Adaptasi Nelayan Terhadap Perubahan Iklim: Studi Kasus Nelayan Dusun Ciawitali, Desa Pamotan, Kecamatan Kalipucang, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. *J. Sosek KP*, 6(1): 11-23.
- Pendleton, E. A., Thieler, E.R., dan Williams, S.J. 2005. Coastal Vulnerability Assessment of War in The Pacific National Historical Park (WAPA) to Sea- Level Rise. US Geological Survey. Virginia. USA.
- Prathanazal, N. M., Sasmito, B., dan Sabri, L.M. 2021. Analisis Kerentanan Daerah Pesisir Kabupaten Jepara Menggunakan Coastal Vulnerability Index (CVI). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1): 115-123.
- Sasmito, B. 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Kenaikan Muka Air Laut Pantai Kabupaten Demak. *Elipsoida*, 3(2): 178-184.
- Suhana, M.P., Nurjaya, I.W., dan Natih, N.M. 2020. Analisis kerentanan Pantai Timur Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau menggunakan digital shoreline analysis system dan metode coastal vulnerability index. *J. Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 7(1):21-38.<http://doi.org/10.24319/jtpk.7.21-38>.
- Sulma S., Kusratmoko, E., dan Saraswati, R. 2012. Coastal Physical Vulnerability of Surabaya and Its Surrounding Area to Sea Level Rise. *Makara, Teknologi*, 16(2): 163-170.
- Suyanto, I. 2016. Perbandingan Survei dan Analisis Data Geolistrik Sounding Daerah Pantai dan Pegunungan Studi Kasus Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. *Indonesian Journal Of Applied Physics*, 3(02): 117-129.
- Yuliani, A.D., dan Rejeki, H.A. 2020. Pengaruh Gelombang Terhadap Abrasi di Pesisir Kabupaten Demak, Kendal, dan Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4): 1-9.