

PENILAIAN KERENTANAN PANTAI DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN TUBAN TERHADAP ANCAMAN KERUSAKAN

VULNERABILITY ASSESSMENT OF TUBAN DISTRICT COASTAL AREAS TO THE DAMAGING THREAT

Marita Ika Joesidawati*

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Ronggolawe Tuban

*Corresponding author e-mail: rita_joes@yahoo.com

Submitted: 24 Agustus 2016 / Revised: 29 Oktober 2016 / Accepted: 31 Oktober 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.21107/jk.v9i2.1667>

ABSTRACT

Coastal Vulnerability analysis was conducted in the northern coast of East Java, especially in Tuban with a coastline ca. 65 km. This research aims to develop remote sensing data processing method for the determination of parameters related to CVI (Coastal Vulnerability Index) against the damaging threat and to determine the level of vulnerability of the coast needed to formulate mitigation measures to minimize the impact of damage to the beach. Steps of this research is to collect oceanographic and hydro-geological data and information from damaged coastal from secondary data and field survey. Utilization of remote sensing data from satellites as well as the optical sensor geographic information systems can provide spatial information most of the parameters required in the calculation of Coastal Vulnerability Index. Parameter of coastal vulnerability index (CVI) that is used in weighting the beach Vulnerability to threats of physical damage using 10 variables, namely: (1) Coastal geomorphology (GF), (2) Elevation (E), (3) Stables tide (Tidal Range) Average (TR), (4) Significant Wave Height (SHW) (5) Sea Level Rise relative (SLR), (6) Changes in Coastline (PGP), (7) Land Use (PL), (8) lithology (L), (9) area of Damage Coast (KP), (10) The width of the green belt (SH). Grading is done by dividing by percent with a range between 20% grade. Values less than or equal to 20%, classes as is not vulnerable, 20% - 40% is included in the class of less susceptible, 40% - 60% of the classes of moderately vulnerable, 60% - 80% as classes vulnerable, and over 80% go to class very susceptible. Based on survey results, calculation and analysis of all data obtained CVI value of coastal areas north coast of Tuban consisting of 5 Districts beach grouped into four categories of vulnerability to the threat of damage, namely: very high susceptibility (220-275), high susceptibility (165 -220), moderate susceptibility (110-165), and less susceptible (55-110). District of Bancar included in four categories: less susceptible very vulnerable, District Jenu including vulnerable areas and are moderately vulnerable, District Palang and Tambakboyo at moderate to very vulnerable category, while Tuban included in the moderate and vulnerable areas.

Keywords: Coastal vulnerability, CVI, Remote sensing and GIS, Damaging threat.

ABSTRAK

Analisa Kerentanan Pantai ini dilakukan di wilayah pesisir pantai utara Jawa Timur khususnya Kabupaten Tuban dengan panjang pantai 65 km. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pengolahan data penginderaan jauh untuk penentuan parameter terkait CVI (Coastal Vulnerability Index) terhadap ancaman kerusakan dan untuk mengetahui tingkat kerentanan pantai yang diperlukan untuk merumuskan langkah-langkah mitigasi dalam meminimalkan dampak kerusakan pantai. Langkah dari penelitian ini adalah untuk mengumpulkan hidro-oseanografi dan data geologi dan informasi dari kerusakan pesisir dari data sekunder dan survey lapangan secara langsung. Pemanfaatan data penginderaan jauh dari satelit sensor optis serta sistem informasi geografis dapat memberikan informasi spasial sebagian besar parameter-parameter yang diperlukan dalam perhitungan Indeks Kerentanan Pantai. Parameter indeks kerentanan pantai (Coastal Vulnerability Index/CVI) yang digunakan dalam pembobotan Kerentanan pantai terhadap

ancaman kerusakan menggunakan 10 variabel fisik pantai, yaitu: (1). Geomorfologi pantai (GF), (2) Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/E), (3) Tunggang pasut (Tidal Range) rata-rata (TR), (4) Tinggi Gelombang Signifikan (SHW) (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif (SLR), (6) Perubahan Garis Pantai (PGP), (7) Penggunaan Lahan (PL), (8) Litologi (L), (9) Luas Kerusakan Pantai (KP), (10) Lebar sabuk hijau (SH). Pengelompokan kelas dilakukan dengan membaginya berdasarkan persen dengan kisaran antar kelas 20%. Nilai yang kurang dari sama dengan 20% termasuk kelas tidak rentan, 20% – 40% termasuk dalam kelas kurang rentan, 40% – 60% kelas sedang, 60% – 80% masuk dalam kelas rentan, dan lebih dari 80% masuk kelas sangat rentan. Berdasarkan hasil survey, perhitungan dan analisa terhadap seluruh data, diperoleh nilai CVI wilayah pesisir utara Kabupaten Tuban yang terdiri dari 5 Kecamatan pantai dikelompokkan menjadi 4 kategori kerentanan terhadap ancaman kerusakan, yaitu: kerentanan sangat tinggi (220-275), kerentanan tinggi (165-220), kerentanan sedang (110-165), dan kurang rentan (55-110). Kecamatan Bancar termasuk dalam 4 kategori yaitu kurang rentan sampai sangat rentan, Kecamatan Jenu termasuk daerah yang rentan dan sangat rentan, Kecamatan Palang dan Tambakboyo pada kategori sedang sampai sangat rentan, sedangkan Tuban termasuk pada daerah sedang dan rentan.

Kata Kunci: Kerentanan pantai, CVI, Inderaja dan SIG, Ancaman kerusakan

PENDAHULUAN

Pesisir sebagai wilayah yang relatif mudah dijangkau akan menjadi sasaran untuk pengembangan aktivitas manusia (Ward *et al.*, 2011). Kawasan pesisir menghadapi berbagai tekanan dan perkembangan serta perubahan. Kerangka tersebut mendorong semua pihak untuk melaksanakan perencanaan dan pengelolaan pesisir sesuai kondisi alamiahnya, dan harus berorientasi pada penyelamatan lingkungan ekosistemnya. Wilayah pesisir semakin menghadapi tekanan tinggi dari aktivitas alami dinamika pesisir termasuk angin dan gelombang yang berdampak pada dinamika bentang lahan (Beatley, 2002). Selain itu, wilayah pesisir juga menerima berbagai dampak yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Fletcher dan Smith, 2007), sebagai contohnya beban bangunan serta ekstraksi air tanah besar-besaran yang menyebabkan penurunan permukaan tanah/*land subsidence* (Marfai dan King, 2008; Abidin, *et al.*, 2010). Banjir pasang telah menjadi ancaman serius bagi kota-kota pesisir di seluruh dunia (Aerts, *et al.*, 2009), terlebih di negara berkembang yang belum memiliki kemampuan cukup untuk mengatasi hal itu, misalnya kurangnya kontrol dan dukungan pemerintah, tingginya jumlah orang yang berpendidikan rendah, kurangnya kesadaran akan bahaya dan mitigasi, dan sebagainya. Di negara berkembang, banyak wilayah pesisir menunjukkan kerentanan yang tinggi, sebagai dampak pertumbuhan populasi yang sangat cepat apabila dibandingkan kondisi pesisir di Negara Negara maju.

Informasi spasial indeks kerentanan pesisir (*Coastal Vulnerability Index/CVI*) di beberapa kota di kawasan pesisir diperlukan dalam rangka antisipasi untuk mengurangi dampak yang akan terjadi antara lain dampak terhadap ancaman kerusakan, kenaikan muka air laut (*Sea Level Rise*), tsunami, erosi pantai dan lain sebagainya. Pemanfaatan data penginderaan jauh dari satelit sensor optis dan altimeter dapat memberikan informasi spasial sebagian besar parameter-parameter yang diperlukan dalam perhitungan Indeks Kerentanan Pantai. Metode pengolahan data penginderaan jauh untuk penentuan parameter Indeks kerentanan pesisir dan analisis dampaknya belum banyak dikembangkan. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan metode tersebut agar memudahkan penyediaan informasi spasial Indeks kerentanan pesisir beserta parameter-parameternya.

Pendekatan CVI memberi keuntungan bagi para pembuat kebijakan dan pengambil keputusan dalam menetapkan program pengelolaan yang tepat di suatu wilayah pantai yang mempunyai tingkat kerentanan tertinggi terhadap dampak yang akan terjadi. Dengan keunggulan tersebut, metode CVI relatif lebih populer dibandingkan dengan metode lain yang digunakan dalam penilaian kerentanan garis pantai di berbagai negara, seperti; Kanada (Shaw *et al.*, 1998), Australia (Abuodha and Woodroffe, 2006), Spanyol (Ojeda-Zújar *et al.*, 2008), Yunani (Alexandrakis *et al.*, 2009), Turki (Özyurt and Ergin, 2010), dan India (Kumar *et al.*, 2010; Sankari *et al.*, 2015), termasuk di Indonesia (Disaptono, 2008). Metode CVI ini juga

memiliki kekurangan yaitu data numerik yang dihasilkan (ranking dan skor indeks) tidak serta-merta dapat disetarakan dengan dampak fisik tertentu. Selain itu, pendekatan ini semata-mata hanya berdasarkan penilaian pada parameter fisik, tetapi tidak mempertimbangkan dampak dari aktifitas manusia terhadap perubahan lingkungan pantai dalam proses-proses fisik yang dinilai, dan juga terbatasnya jumlah parameter yang digunakan sebagai input dalam penilaian kerentanan (Abuodha and Woodroffe, 2006).

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan metode pengolahan data penginderaan jauh untuk penentuan parameter terkait CVI (*Coastal Vulnerability Index*) terhadap ancaman kerusakan dan

untuk mengetahui tingkat kerentanan pantai yang diperlukan untuk merumuskan langkah-langkah mitigasi dalam meminimalkan dampak kerusakan pantai

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian adalah kawasan di sepanjang pantai Tuban terletak antara 111°30' - 112°35' Bujur Timur dan antara 6°40' - 7°18' Lintang Selatan Wilayah Kawasan Pesisir Tuban mempunyai luas 16.950 Ha, dan terdiri dari 5 Kecamatan yaitu Kecamatan Palang, Tuban, Jenu, Tambakboyo serta Bancar. Panjang pantai sepanjang ± 65 km yang terbentang dari Barat ke Timur. Data yang digunakan dalam penelitian ini seperti Tabel 1.

Tabel 1. Data yang Digunakan dalam Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Satuan/Jumlah
1	Pasang surut	Stasiun Meteorologi Maritim Semarang dan Surabaya , BIG Pusat	25 tahun/m
2	Curah hujan, Suhu Air Laut	Stasiun Meteorologi Surabaya	
2	Gelombang	BIG Pusat	15 tahun (m)
3	Peta batimetri	Dishidros	2 peta beda tahun
4	Citra Satelit Multitemporal Landsat	LAPAN	1972-2013
5	Peta RBI	Bakosutanal	2 peta beda tahun
6	Sumberdaya Pesisir	DKP Kabupaten Tuban	2000 - 2014
7	Curah Hujan	Dinas Pengairan Kabupaten Tuban	2000 -2014

Langkah pengukuran kerentanan pantai pada wilayah pesisir Kabupaten Tuban menggunakan 3 tahapan yaitu:

Tahap pertama adalah penentuan parameter indeks kerentanan pantai

Penilaian kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan dengan menggunakan 10 parameter fisik yaitu: (1). Geomorfologi pantai (*GF*), (2) Ketinggian Permukaan Tanah (*Elevasi/E*), (3) Tunggang pasut (*Tidal Range*) rata-rata (*TR*), (4) Tinggi Gelombang Signifikan (*SWH*), (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif (*KMR*), (6) Perubahan Garis Pantai (*PGP*) , (7) Penggunaan Lahan (*PL*), (8) Litologi (*L*), (9) Luas Kerusakan Pantai (*KP*), (10) Lebar sabuk hijau (*SH*) merupakan modifikasi dari persamaan umum penentuan indeks kerentanan pantai dari beberapa peneliti (Gornitz *et al.* 1997; Thieler and Hammar-Klose, 2000; Pendleton *et al.*, 2004;

Boruff *et al.*, 2005; DKP, 2004; Abuodha and Woodroffe, 2006).

Tahap kedua adalah pemrosesan perolehan Parameter indeks kerentanan pantai

1. Geomorfologi ini hasil interpretasi landforms dari citra Landsat-8 OLI dan Landsat-7 TM+. Untuk batas daerah yang dipetakan: pada wilayah daratan: batas Kabupaten Tuban (Bakosurtanal, 2008) ditambah buffer 1 km. Sedang garis pantai: batas diambil dari Citra Landsat-8 OLI dan buffer 1 km. Penyusunan data geomorfologi yang diperoleh dikelompokkan ke dalam kelas-kelas dalam modifikasi dari Thieler and Hammar-Klose (2000).

2. Menentukan ketinggian/elevasi permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m hasil resampling dari

- data SRTM DEM 90m. Data DEM dalam format raster selanjutnya diklasifikasi berdasarkan kisaran ketinggian menurut skoring perhitungan indeks kerentanan pesisir yang dilakukan oleh Gornitz *et al.* (1997). Informasi elevasi/ketinggian permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m dalam format raster. Informasi elevasi berfungsi menggantikan parameter kelerengan pantai (Pendleton *et al.*, 2005).
3. Data pasang surut yang diperoleh dari Bakosurtanal yang diolah program least square diperoleh juga Rata-rata Air Pasang Tertinggi (*Mean Highest Water Level/MHWL*), Rata-rata Air Pasang-Surut (*Mean Water Level/ MWL*), Rata-rata Air Surut Terendah (*MeanLowest Water Level/MHWL*), dan Tunggang Pasut (*Tidal Range*). Dalam penentuan indeks kerentanan pesisir hanya diperlukan nilai tunggang pasut rata-rata yang mewakili lokasi kajian.
 4. Tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat menentukan tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*, SWH) yaitu rata-rata tinggi gelombang dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Data pengamatan gelombang *in situ*, sehingga memerlukan data yang berasal dari satelit altimetry yang sudah diolah oleh BMKG (Sub Bagian *Marine Integrated data and analysis system*/http://202.90.199.148/ekstraksi_data/significant_wave_height.php), mulai tahun 2000 – 2015.
 5. Perubahan garis pantai diperoleh dari data citra multitemporal tahun 1972 – 2015 yang dianalisa menggunakan analisa DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*).
 6. Kenaikan Muka laut relative diperoleh dari hasil Model MAGICC yang sudah di validasi dari data pasang surut tahun 1985 – 2015.
 7. Penggunaan lahan, penggunaan lahan di lokasi penelitian merupakan data existing pada tahun 2014 yang diperoleh dari pemetaan di lapangan secara langsung, yang kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis.
 8. Data litologi diperoleh dari pengambilan sampel sedimen di lokasi penelitian, kemudian dilakukan analisa grain size, dan dilakukan perhitungan statistik terhadap analisis ukuran butir sedimen meliputi mean, sortasi, Skewness dan kurtosis dengan menggunakan rumus menurut Folk dan Word (1957) *dalam* Boggs (2006). Sedangkan untuk mengetahui jenis sedimen dilakukan perhitungan persentase berat butiran sedimen menggunakan Gravel Sand Mud diagram.
 9. Luas kerusakan pantai, diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan pada bulan Agustus-Desember 2013, kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis.
 10. Lebar Sabuk Hijau, diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan pada bulan Oktober-Desember 2013, kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis.
- Tahap ketiga adalah pembobotan (*scoring*) adalah
1. Tahap analisa dengan *scoring* (pembobotan) seluruh informasi spasial parameter yang telah dihasilkan, diintegrasikan untuk dihitung nilai indeks kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan
 2. Analisa tingkat kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan di kabupaten Tuban
- Adapun pembobotan parameter fisik kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembobotan Parameter Fisik Kerentanan Pantai Terhadap Ancaman Kerusakan

No	Parameter	Bobot/Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Geomorfologi Pantai (GF) ⁽¹⁾	Tebing Tinggi	Tebing Sedang	Tebing rendah, dataran alluvial	Estuarine, Laguna	Pantai berpasir, Rawa, payau, paparan lumpur, delta, mangrove, karang
2	Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/E) (dalam m) ⁽²⁾	>30,0	20.1-30.0	10.1-20.0	5.1-10.0	0.0-5.0
3	Jarak pasang-surut Rata-rata (TR) (dalam m) ⁽³⁾	> 6.0	4.0-6.0	2.0-4.0	1.0-2.0	< 1.0
4	Tinggi Gelombang Signifikan (SWH) (dalam m) ⁽³⁾	< 0.55	0.55-0.85	0.85-1.05	1.05-1.25	> 1.25
5	Kenaikan Muka Air Laut Relatif (KMR) (dalam mm/th) ⁽³⁾	< 1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	> 3.4
6	Perubahan Garis pantai Relatif (PGP)	Hasil perhitungan Perubahan Garis pantai disesuaikan kondisi lapangan (adanya akresi, erosi). Ada 2 Acuan skor				
	Perubahan Garis pantai Relatif (m/th) (akresi dan abrasi) ⁽³⁾	> 2.0 (akresi)	1.0-2.0 (akresi)	-1.0-1.0 (stabil)	-2.0- -1.0 (abrasi)	< -2.0 (abrasi)
	Perubahan Garis pantai Relatif (m/th) (abrasi) ⁽⁴⁾	0	0-1	1.01-5	5.01-10	> 10
7	Penggunaan lahan (PL) ⁽⁶⁾	Tegalan, hutan bakau, tanah kosong dan rawa	Daerah wisata domestik dan tambak tradisional	Persawahan dan tambak intensif	permukiman, pelabuhan, perkantoran, jalan propinsi, dan sekolah	cagar budaya, daerah wisata berdevisa, industri, jalan negara dan fasilitas pertahanan negara
8	Litologi (L) ⁽⁷⁾	Batuan		Sedimen		
		Batuan beku, sedimen dan metamorf kompak dan keras	Batuan sedimen, berbutir halus, kompak dan lunak	Gravel dan pasir agak kompak	Pasir, lanau, lempung agak kompak	Pasir, lanau, lempung, lumpur
9	Panjang Kerusakan pantai	<0.5 km	0.5 – 2 km	2.0 – 5 km	5.0 -10	> 10 km
	Lebar Kerusakan Pantai	0 m	1-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m
	Luas Kerusakan Pantai (KP) ⁽⁶⁾	< 0.5 km ²	0.5-20 km ²	20-50 km ²	50-100 km ²	> 100 km ²
10	Lebar Sabuk Hijau (SH) ⁽⁶⁾	>1500 m	(1000 - 1500) m	(500- 1000) m	(50-500) m	< 50 m

Sumber: Thieler and Hammar-Klose, 2000⁽¹⁾; Gornitz *et al.*, 1997⁽²⁾; Pendleton *et al.*, 2005⁽³⁾; Boruff *et al.*, 2005⁽⁴⁾; Studi Pustaka⁽⁵⁾, DKP, 2004⁽⁶⁾; Abuodha dan Woodroffe, 2006⁽⁷⁾

Modifikasi yang dilakukan dalam penentuan Indeks kerentanan pantaipada penelitian ini: (a) menggantikan parameter kelerengan pantai dengan elevasi/ketinggian permukaan tanah mengingat topografi wilayah kajian merupakan daerah yang relatif landai. Elevasi permukaan tanah digunakan oleh Gornitz *et al.* (1997) sebagai salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan kerentanan wilayah pesisir. (b) pada penyajian informasi indeks kerentanan

pesisir secara spasial dimana berdasarkan metode Pendleton *et al.*, (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) digunakan grid sel ukuran 0,25° x 0,25° (27,78 km²) koordinat geografis di sepanjang wilayah kajian. Sedangkan dalam penelitian ini digunakan batas desa pantai di sepanjang wilayah pesisir Tuban sehingga diperoleh 45 sel dan berjarak 300 m dari garis pantai rata-rata. Penggunaan batas desa dan kecamatan dalam penyajian indeks kerentanan pesisir bertujuan memudahkan

mengidentifikasi secara spasial wilayah yang rentan terhadap ancaman kerusakan

Sehingga indeks kerentanan pesisir dihitung dengan formulasi sebagai berikut sebagai berikut:

$$CVI = \sqrt{\frac{(parameter\ A * parameter\ B \dots * parameter\ ke-n)}{\sum parameter}} \dots(1)$$

dimana:

CVI = Indeks Kerentanan pantai

Setelah hasil perhitungan diperoleh, indeks kerentanan pesisir yang selanjutnya dikelompokkan menjadi 5 kelas yaitu wilayah yang tidak rentan, kurang rentan, sedang, rentan dan sangat rentan. Nilai berkisar antara 1 dan 5 yang Pengelompokan kelas dilakukan dengan membaginya berdasarkan persen dengan kisaran antar kelas 20%. Nilai yang kurang dari sama dengan 20% termasuk kelas tidak rentan, 20% – 40% termasuk dalam kelas kurang rentan, 40% – 60% kelas sedang, 60% – 80% masuk dalam kelas rentan, dan lebih dari 80% masuk kelas sangat rentan

mengingat tekanan aktivitas manusia di wilayah pesisir di kabupaten Tuban juga semakin besar seperti adanya kegiatan industri dan aktivitas kegiatan-kegiatan yang lain yang justru dapat meningkatkan tingkat kerentanan seperti adanya penambangan pasir liar, reklamasi pantai, pola penggunaan lahan di wilayah pesisir, konsumsi air tanah, ada tidaknya pelindung struktur pantai dan bahkan adanya dampak dari sea level rise akibat adanya perubahan iklim. Maka akan perlu adanya strategi dalam mengurangi besarnya ancaman kerusakan yang akan terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survey, perhitungan dan analisa terhadap seluruh data, diperoleh nilai CVI wilayah pesisir utara Kabupaten Tuban seperti yang disajikan pada Tabel 3. Nilai CVI terhadap ancaman kerusakan diperoleh berdasarkan pembagian persentil, maka pantai di wilayah pesisir utara Kabupaten Tuban dikelompokkan menjadi 4 kategori kerentanan terhadap ancaman kerusakan, yaitu: kerentanan sangat tinggi (220-275), kerentanan tinggi (165-220), kerentanan sedang (110-165), dan kurang rentan (55-110).

Penentuan strategi dilakukan berdasarkan hasil analisis kerentanan yang didapat. Alternatif strateginya meliputi strategi protektif, strategi akomodatif, dan strategi mundur.

Strategi Protektif

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kabupaten Tuban mengalami ancaman kerusakan, nilai indeks kerentanan pesisir terhadap ancaman kerusakan menunjukkan kecamatan Bancar termasuk dalam 4 kategori yaitu kurang rentan sampai sangat rentan, Kecamatan Jenu termasuk daerah yang rentan dan sangat rentan, Kecamatan Palang dan Tambakboyo pada kategori sedang sampai sangat rentan, sedangkan Tuban termasuk pada daerah sedang dan rentan.

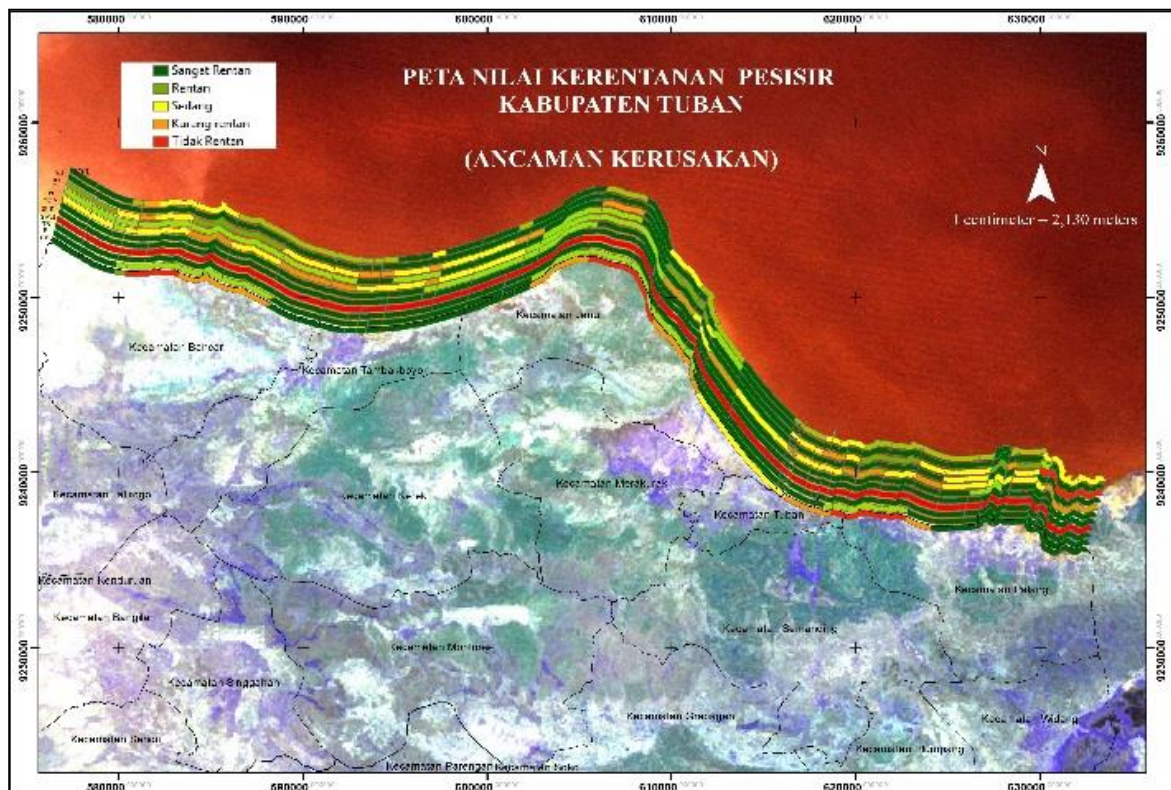
- i. Untuk menangani kerentanan tinggi dan terdapat berbagai kawasan ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Diperlukan dalam perlindungan kawasan perdagangan jasa, kawasan industri, kawasan permukiman padat dan perumahan.
- iii. Adanya pertimbangan jika kawasan direlokasi akan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar bagi masyarakat maupun Kabupaten Tuban
- iv. Membutuhkan investasi pendanaan cukup besar.
- v. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni pembangunan tanggul laut di sepanjang kawasan yang dilindungi.

Adanya ancaman kerusakan ini apabila tidak segera ditangani dengan baik maka akan menimbulkan dampak yang lebih besar

Tabel 3. Tabel Nilai CVI Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan

No	FID_Desa	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	SKOR										CVI	Tingkat Kerentanan
				GF	E	TR	SWH	SLR	PGP	PL	L	KP	SH		
1	19	Desa Bancar		3	4	5	1	5	5	3	4	4	5	190	Rentan
2	21	Desa Bogorejo		2	4	5	1	5	5	2	4	4	5	126	Sedang
3	22	Desa Bulu Meduro		2	4	5	1	5	5	3	4	2	5	110	Kurang Rentan
4	23	Desa Boncong	Kecamatan Bancar	2	4	5	1	5	5	3	4	3	5	134	Sedang
5	24	Desa Banjarjo		4	4	5	1	5	5	3	4	3	5	190	Rentan
6	26	Desa Bulu Jowo		5	5	5	1	5	5	4	4	3	5	274	Sangat rentan
7	29	Desa Sukolilo		5	5	5	1	5	5	3	4	4	5	274	Sangat rentan
8	42	Desa Margosuko		5	5	5	1	5	5	2	4	3	5	194	Rentan
9	9	Desa Sugiharwas		3	5	5	1	5	5	3	5	5	5	265	Sangat rentan
10	10	Desa Jenu		3	5	5	1	5	5	2	5	5	4	194	Rentan
11	11	Desa Beji		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
12	12	Desa Kaliuntu		2	4	5	1	5	5	3	5	4	5	173	Rentan
13	17	Desa Wadung		2	4	5	1	5	5	2	5	4	5	141	Sedang
14	18	Desa Temaji	Kecamatan Jenu	5	5	5	1	5	4	3	5	2	5	194	Rentan
15	20	Desa Purworejo		5	5	5	1	5	4	4	5	2	5	224	Sangat rentan
16	25	Desa Mentoso		2	4	5	1	5	5	4	5	5	5	224	Sangat rentan
17	27	Desa Tasikharjo		3	4	5	1	5	4	4	5	5	5	245	Sangat rentan
18	28	Desa Remen		3	4	5	1	5	5	4	5	2	5	173	Rentan
19	44	Desa Socorejo		5	5	5	1	5	4	3	5	3	5	237	Sangat rentan
20	0	Desa Gesikharjo		4	5	5	1	5	5	3	3	3	5	184	Rentan
21	1	Desa Palang		5	5	5	1	5	4	3	3	3	5	184	Rentan
22	2	Desa Pliwetan		5	5	5	1	5	5	3	5	1	4	137	Sedang
23	3	Desa Sumurgung		3	5	5	1	5	5	4	5	1	5	137	Sedang
24	4	Desa Karangagung		5	5	5	1	5	4	3	3	4	5	212	Rentan
25	5	Desa Kradenan	Kecamatan Palang	3	5	5	1	5	5	2	5	3	5	168	Rentan
26	31	Desa Ketambul		5	5	5	1	5	5	2	5	1	5	125	Sedang
27	32	Desa Cepokorejo		5	5	5	1	5	5	2	5	1	5	125	Sedang
28	34	Desa Leran Kulon		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
29	37	Desa Tasikmadu		3	4	5	1	5	5	3	5	4	5	212	Rentan
30	38	Desa Glodog		5	5	5	1	5	4	3	5	4	5	274	Sangat rentan
31	39	Desa Panyuran		3	4	5	1	5	5	2	5	4	5	173	Rentan
32	13	Desa Pabeyan		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
33	14	Desa Tambakboyo		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
34	15	Desa Kenanti	Kecamatan Tambakboyo	5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
35	16	Desa Sobontoro		5	5	5	1	5	5	3	4	3	5	237	Sangat rentan
36	35	Desa Merkawang		5	5	5	1	5	4	2	4	2	5	141	Sedang
37	41	Desa Gadon		5	5	5	1	5	5	2	4	3	5	194	Rentan

38	43	Desa Glondonggede		5	5	5	1	5	4	3	5	3	5	237	Sangat rentan
39	6	Kel. Baturetno		2	4	5	1	5	5	3	5	2	5	122	Sedang
40	7	Kel. Sendangharjo		2	5	5	1	5	5	3	5	2	5	137	Sedang
41	8	Kel. Karang Sari	Kecamatan Tuban	3	5	5	1	5	5	2	5	3	5	168	Rentan
42	30	Kel. Sukolilo		2	4	5	1	5	5	2	5	3	5	122	Sedang
43	33	Kel. Sidomulyo		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
44	36	Kel. Kingking		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
45	40	Kel. Kutorejo		2	5	5	1	5	5	3	5	2	5	137	Sedang



Gambar 1. Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan

Strategi Akomodatif

- i. Untuk menangani kerentanan sedang dan kerentanan rendah serta terdapat berbagai kawasan ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Penanganan yang dilakukan harus adaptif dengan perubahan kenaikan air laut.
- iii. Adanya pertimbangan masyarakat tetap dapat melakukan aktivitas di kawasan

tersebut dengan beradaptasi lingkungan.

- iv. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni pengalihan fungsi persawahan/tegalan menjadi areal pertambakan dan kawasan permukiman tidak padat mengadopsi konsep rumah panggung.

Strategi Mundur (*Retreat*) atau *Do Nothing*

- i. Kawasan kerentanan rendah dan tidak terdapat berbagai kawasan

- ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Kawasan yang membutuhkan investasi besar dalam mempertahankannya.
 - iii. Lebih baik merelokasi kawasan/aktivitas tersebut dan membiarkan perubahan kondisi lahan sesuai dengan alam.
 - iv. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni dengan menetapkan kawasan
 - v. Mundur/pindah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil survey, perhitungan dan analisa terhadap seluruh data, diperoleh nilai CVI wilayah pesisir utara Kabupaten Tuban yang terdiri dari 5 Kecamatan pantai dikelompokkan menjadi 4 kategori kerentanan terhadap ancaman kerusakan, yaitu: kerentanan sangat tinggi (220-275), kerentanan tinggi (165-220), kerentanan sedang (110-165), dan kurang rentan (55-110). Kecamatan Bancar termasuk dalam 4 kategori yaitu kurang rentan sampai sangat rentan, Kecamatan Jenu termasuk daerah yang rentan dan sangat rentan, Kecamatan Palang dan Tambakboyo pada kategori sedang sampai sangat rentan, sedangkan Tuban termasuk pada daerah sedang dan rentan.

Adapun tindakan-tindakan yang dapat diambil untuk mendukung strategi-strategi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut ini

- a. Strategi Protektif, meliputi:
 - i. Struktur keras: pembuatan dam, tanggul penahan banjir, *seawall*, pemecah gelombang, pintu air, penahan pasut (*tidal barriers*), penahan intrusi air laut.
 - ii. Struktur lunak: pemeliharaan pantai, perbaikan dan pembuatan *sand dunes, wetland*, penghutanan

- kembali, peningkatan penanaman *mangrove*, pembuatan dinding penahan dari kayu dan baru.
- b. Strategi Akomodatif meliputi perencanaan emergensi, perlindungan bencana, perubahan tata guna lahan dan praktik pertanian, pengaturan yang ketat untuk kawasan bencana dan meningkatkan sistem drainase.
 - a. Strategi Retreat meliputi meningkatkan atau menetapkan kawasan mundur, memindahkan bangunan-bangunan terancam, menghilangkan/meniadakan pembangunan di kawasan rentan, memperkirakan pergerakan kenaikan air laut, mengatur *realignment* dan menciptakan penyangga di kawasan *upland*.

Dalam penjabaran rencana penanganan kerentanan bencana di masing-masing kawasan di wilayah pesisir tersebut, tidak menutup kemungkinan bahwa adanya penggabungan dari hasil beberapa strategi. Berdasarkan hasil kerentanan maka akan dibandingkan dan disesuaikan dengan alternatif strategi yang dapat digunakan yakni antara Strategi Protektif, Strategi Akomodatif, dan Strategi Mundur (*Retreat*).

Berdasarkan hasil kerentanan maka perlu dilakukan penelitian:

1. Penilaian kerentanan terhadap ancaman perubahan iklim dalam hal ini dampak sea level rise yang dimodifikasi dengan adanya aktivitas kegiatan manusia
2. Perbandingan terhadap alternatif strategi yang ditawarkan untuk memperoleh strategi yang terbaik

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan atas bantuan Hibah Fundamental Ristek Dikti Tahun Anggaran 2016 sehingga dapat melakukan penelitian tentang Indeks Kerentanan Pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., Gamal, M., Murdohardono, D., Supriyadi, & Fukuda, Y. (2010). Studying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetic Methods, *FIG Congress 2010 Facing the Challenges Building the Capacity*, Sydney, Australia 11-16 April 2010
- 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*. [http:// / ro.uow.edu.au/](http://ro.uow.edu.au/) (diakses 2 Maret 2013)
- Aerts, J., Major, D., Cavid, C., Bowman, M. J., Dircke, P., & Marfai, M. A. (2009). *Connecting Delta Cities (Coastal Cities, Flood Risk Management and Adaptation to Climate Change)*. VU University Press, Amsterdam
- Alexandrakis, G., Karditsa, A., Poulos, S., Ghionis, G., & Kampanis, N. A. (2009). Vulnerability Assessment for to Erosion of the Coastal Zone to a Potential Sea Level Rise: The Case of the Aegean Hellenic Coast. Sydow, A. (Ed) *Environmental Systems*. Eolss Pub. Oxford, UK
- Beatley, T., Brower, D. J., & Schwab, A. K. (2002). *An introduction to coastal zone management second edition*, chapter-1 pp.1-12, Island Press.
- Booggs, S. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy fourth Edition*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. University of Oregon
- Boruff, B. J., Emrich, C., & Cutter, S. L. (2005). Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research*, 21(5), 932-942. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau - Pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP). (2004). *Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau -Pulau Kecil*. Departemen Kelautan Dan Perikanan. Jakarta.
- Diposaptono, S. (2008). *Teknologi Adaptasi Kenaikan Paras Muka Air Laut di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*. [Slide]. Workshop Adaptasi Dan Mitigasi Kenaikan Paras Muka Air Laut Akibat Perubahan Iklim Diwilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. *Millenium Hotel-Jakarta, 28 November 2008*
- Fletcher, S., & Smith, H. D. (2007). Geography and coastal management. *Coastal Management*, 35(4), 419-427.
- Gornitz, V., Rosenzweig, C., & Hillel, D. (1997). Effects of anthropogenic intervention in the land hydrologic cycle on global sea level rise. *Glob. Planet. Change*, 14,147-161, doi: 10.1016/S0921-8181(96)00008-2.
- Kumar, T. S., Mahendra, R. S., Nayak, S., Radhakrishnan, K., & Sahu, K. C. (2010). Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *J Coast Res*, 26(3), 523–534
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia. *Nat Hazards*, 44, 93-109. DOI 10.1007/s11069-007-9144-z.
- Nilay Kanti Barman, N. K., Chatterjee, S., & Khan, A. (2015). Trends of Shoreline Position: An Approach to Future Prediction for Balasore Shoreline. *Open Journal of Marine Science*, 5, 13-25
- Ojeda-Zújar, J., Álvarez-Francosi, J. I., Martín-Cajaraville, D., & Fraile-Jurado, P. (2009). El uso de las TIG para el cálculo del índice de Vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, 9, 83-100
- Ozyurt, G., & Ergin, A. (2010). Improving Coastal Vulnerability Assessments to SeaLevel Rise: A New Indicator-Based Methodology for Decision Makers. *J Coast Res*, 26(2), 265 – 273
- Pendleton, E. A., Thieler, E. R., & Williams, S. J. (2005). *Coastal Vulnerability Assessment of Gateway National Recreation Area (GATE) to Sea-Level Rise*. U.S. Geological Survey. Virginia, USA
- Pendleton, E. A., Thieler, E. R., & Williams, S. J. (2004). *Coastal Vulnerability Assessment of Gulf Islands National Seashore (GUIS)*

- to Sea-level Rise. Woods Hole, Mass.: U.S. Geological Survey.
- Sankari, S., Chandramouli, A. R., Gokul, K., Mangala Surya, S. S., & Saranavel, J. (2015). Coastal Vulnerability Mapping Using Geospatial Technologies InCuddalore-Pichavaram Coastal Tract, Tamil Nadu, India. International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (Icwrcoe 2015). *Aquatic Procedia*, 4, 412 – 418
- Shaw, J., Taylor, R. B., Forbes, D. L., Ruz, M. H., & Solomon, S. (1998). Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level Rise. *Geol Surv Can Bull*, 505, 114
- Thieler, E. R., & Hammar-Klose, E. S. (2000). *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: U.S. Pacific Coast*. U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-178, <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-178/> (diakses 3 Maret 2015)
- Ward, P. J., Marfai, M. A., Yulianto, F., Hizbaron, D. R., & Aerts, J. C. J. H. (2011) Coastal inundation and damage exposure estimation: a case study for Jakarta. *Natural Hazards*, 56, 899-91