

**PENGOLAHAN DATA PENGINDERAAN JAUH UNTUK  
PENENTUAN PARAMETER CVI (COASTAL VULNERABILITY INDEX) TERHADAP SLR  
KAWASAN PESISIR TUBAN**

**Marita Ika Joesidawati**

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Ronggolawe Tuban 62319 Indonesia

**ABSTRAK**

Tehnologi penginderaan jauh khususnya untuk oseanografi memiliki peranan dan kontribusi yang besar dalam penyediaan informasi tentang kondisi biofisik perairan. Tehnologi inderaja ini juga mampu mengidentifikasi secara cepat perubahan lingkungan laut serta dampaknya pada pesisir dan lautan, dan karena mampu menghasilkan data lingkungan laut secara cepat, tehnologi inderaja satelit ini layak diterapkan di Indonesia yang memiliki wilayah laut yang sangat luas. Dalam hal ini tehnologi inderaja merupakan salah satu tehnologi alternatif yang dapat dikembangkan untuk pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan. Informasi spasial Indeks kerentanan pesisir (*Coastal Vulnerability Index/CVI*) di beberapa kota di kawasan pesisir diperlukan dalam rangka antisipasi untuk mengurangi dampak kenaikan muka air laut (*Sea Level Rise/SLR*) sangat dibutuhkan termasuk untuk wilayah pesisir Tuban. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan metode pengolahan data penginderaan jauh untuk penentuan parameter terkait CVI terhadap SLR dan mengembangkan analisis penilaian kerentanan pantai akibat SLR menggunakan 6 parameter fisik yaitu parameter geologi (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan parameter proses fisik laut (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan)

**Kata Kunci :** *Tehnologi Inderaja, CVI, parameter fisik, parameter proses fisik, pesisir Tuban*

**PENDAHULUAN**

Berbagai metode penilaian kerentanan pesisir dan software telah dikembangkan dan diterapkan di banyak rangkaian pesisir di seluruh dunia, meliputi berbagai aplikasi dari metode cross cutting sampai metode sektoral tertentu dan dari skala lokal ke global. Beberapa penelitian tentang penilaian kerentanan pantai antara lain penelitian dengan menghitung indeks kerentanan pantai indeks kerentanan pesisir (*Coastal Vulnerability Index/CVI*) di United State untuk kenaikan muka laut dikembangkan oleh Gornitz dan Kanciruk (1989); penilaian kerentanan pesisir dari pantai Atlantik AS oleh Thieler dan Hammer-Klose (1999) dengan menggunakan parameter utama kemiringan, geomorfologi, tingkat kenaikan permukaan laut relatif pesisir, tingkat perubahan garis pantai, pasang surut dan tinggi gelombang; Pendleton dkk. (2005) menilai CVI di Golden Gate National Area terhadap kenaikan permukaan laut berdasarkan data penginderaan jauh sebagai input dan diproses dengan cara metodologi GIS; Boruff et al., 2005 menilai kerentanan pesisir dengan memasukkan ekonomi dan aspek ekologi.

Di India, CVI menggunakan perubahan garis pantai (Murali et al., 2009) dan batas atas genangan air (Jayakumar et al., 2005) sedangkan

Dwarakish dkk. (2009) memasukkan antropogenik dan CVI untuk Orissa dinilai oleh Kumar et al. (2010) menggunakan parameter tambahan tsunami. Kerentanan terhadap beberapa scenario bahaya sepanjang pantai Cuddalore-Villupuram dinilai oleh Mahendra dkk. (2011) dengan memasukkan parameter gelombang badai bersama dengan faktor fisik lainnya. Kumar et al. (2012) melakukan penilaian kerentanan dari pantai Chennai pantai menggunakan teknologi geo-spasial. Hegde dan Reju (2007) mengembangkan kerentanan pesisir indeks untuk pantai Mangalore menggunakan geomorfologi, daerah kemiringan pantai, tarif perubahan garis pantai, dan populasi. Rajawat dkk. (2006) menggunakan data pasang surut, gelombang, dan elevasi. Pradeep Kumar dan Thakur (2007) menggunakan parameter batimetri, Dinesh Kumar (2006) digunakan skenario kenaikan permukaan laut untuk menghitung potensi kerentanan untuk zona pesisir; Gornitz (1990) menilai kerentanan pesisir timur Amerika Serikat dengan penekanan pada kenaikan permukaan laut di masa depan; Dominey-Howes dan Papatoma (2003) menerapkan metode penilaian kerentanan tsunami untuk mengklasifikasikan bangunan kerentanan (BV). Belperio dkk. (2001) menggunakan elevasi,

paparan, aspek, dan kemiringan sebagai parameter fisik untuk menilai kerentanan pesisir. Denner et al. (2015) menggunakan indeks kerentanan pesisir dapat disesuaikan tergantung pada jenis lingkungan pesisir dan digunakan sebagai alat perencanaan untuk membangun risiko dan kerentanan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa metodologi dapat disesuaikan untuk muara atau lingkungan pesisir pada skala lokal atau regional, dan dapat digunakan untuk membenarkan studi mendalam untuk pertahanan pesisir.

Pada penelitian ini penilaian kerentanan pantai akibat SLR menggunakan 6 parameter fisik yang merupakan modifikasi dari Pendleton et al. (2005) dan Gornitz et al. (1997) yaitu parameter geologi (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan parameter proses fisik laut (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan). Sehingga tujuan penelitian ini adalah mengembangkan metode pengolahan data penginderaan jauh untuk penentuan parameter terkait CVI terhadap SLR dan mengembangkan analisis penilaian kerentanan pantai akibat SLR menggunakan 6 parameter fisik di kawasan pesisir Tuban

#### LOKASI PENELITIAN DAN SUMBER DATA

Lokasi penelitian adalah kawasan di sepanjang pantai Tuban terletak antara 111°30' - 112°35' Bujur Timur dan antara 6°40' - 7°18' Lintang Selatan dengan pantai sepanjang ± 65 km yang terbentang dari Barat ke Timur. Adapun ruang lingkup penelitian wilayah makro yakni wilayah pesisir Kabupaten Tuban yakni kecamatan-kecamatan yang berbatasan dengan perairan Laut Utara Jawa. Wilayah makro tersebut terdiri atas 5 kecamatan pantai (Kecamatan Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban dan Palang). Sedangkan wilayah mikro dalam penelitian ini yakni lahan di wilayah pesisir Kabupaten Tuban yang diprediksikan akan terkena dampak atau daerah 300 m dari garis pantai pada saat penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1). Citra satelit Landsat Multi-temporal (MSS: 09 September 1972, Landsat 7 ETM+ 9 September 2000, Landsat 8 ETM+ 20 Agustus 2013, 24 Agustus 2014 dan 22 Mei 2015)

- (2). Data *Sea Level Anomaly* dari satelit Altimeter Jason 1A: 17 Januari 2002 – 19 Januari 2011)

- (3) Data DEM-SRTM (2003)

- (4) Informasi Pasang Surut (1985 - 2015)

#### METODE PENELITIAN

Tahap satu adalah penentuan parameter terkait CVI (*Coastal Vulnerability Index*) terhadap SLR (*Sea Level Rise*) menggunakan 6 parameter fisik yang merupakan modifikasi dari Pendleton et al. (2005) dan Gornitz et al. (1997) yaitu parameter geologi (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan parameter proses fisik laut (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan).

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.

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  
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 SLR
  2. Analisa tingkat kerentanan pantai terhadap SLR di pesisir kabupaten Tuban

Adapun pembobotan parameter fisik kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. 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) <sup>(1)</sup>	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) <sup>(2)</sup>	>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) <sup>(3)</sup>	> 6.0	4.0-6.0	2.0-4.0	1.0-2.0	< 1.0
4	Tinggi Gelombang Signifikan (SWH) (dalam m) <sup>(3)</sup>	< 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) <sup>(3)</sup>	< 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) <sup>(3)</sup>	> 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) <sup>(4)</sup>	0	0-1	1.01-5	5.01-10	> 10

Sumber : Thieler and Hammar-Klose, 2000<sup>(1)</sup>; Gornitz *et al.* 1997<sup>(2)</sup>; Pendleton *et al.* ,2005<sup>(3)</sup>; Boruff *et al.*, 2005<sup>(4)</sup>;

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 km<sup>2</sup>) 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:

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

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

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penentuan CVI terhadap *sea level rise* (SLR) dengan modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997). Modifikasi juga dilakukan pada penyajian informasi CVI 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 km<sup>2</sup>) 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 CVI bertujuan memudahkan mengidentifikasi secara spasial

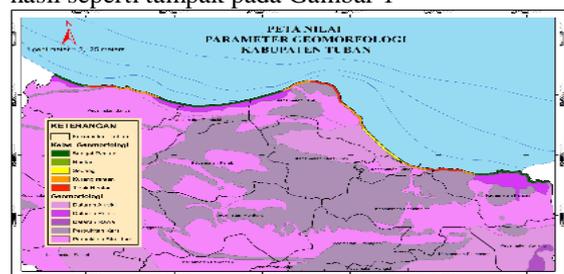
wilayah yang rentan terhadap dan SLR. Adapun pembobotan parameter fisik kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan yaitu berdasarkan atas pembobotan dari 10 variabel fisik pantai, yaitu: (1) Geomorfologi pantai, (2) Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi), (3) Tunggang pasut (Tidal Range) rata-rata, (4) Tinggi Gelombang Signifikan, (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif, (6) Perubahan Garis Pantai.

**1. Geomorfologi Pantai**

Dalam penentuan indeks kerentanan pesisir maka komponen geomorfologi merupakan salah satu variabel yang perlu dikaji. Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari mengenai bentang alam (*landform*), meliputi sifat dan karakteristik dari bentuk morfologi, klasifikasi dan pembedaanya serta proses yang bertanggungjawab terhadap pembentukan morfologi tersebut.

Geomorfologi pantai yang diperoleh dari analisa citra landsat 8 *Onboard Operational Land Imager* (OLI) di sepanjang pantai kabupaten Tuban didominasi oleh daratan alluvial 40,70%, sedangkan bentukan lahan yang berasal dari marin: backswamps 3,50%, dataran alluvial pantai 4,95%, gisik 0,70%, dan benting gisik 0,70%, kondisi seperti ini adalah kondisi pantai berpasir dan berlempung (Joesidawati, 2016)

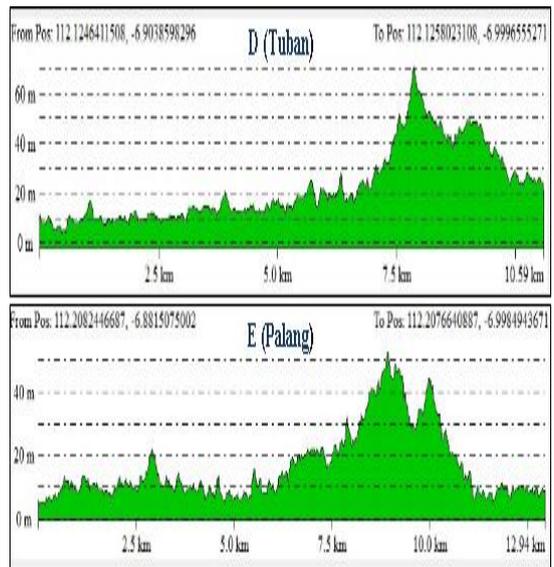
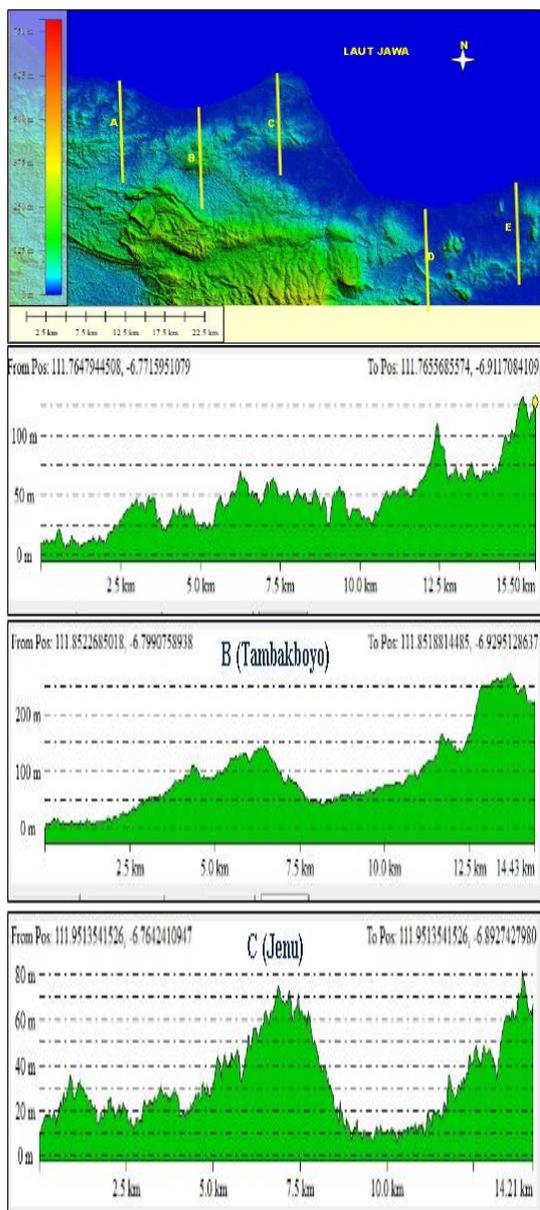
Data yang digunakan untuk mengidentifikasi kelas geomorfologi diperoleh dari Peta Rupa Bumi (RBI), Bakosurtanal skala 1:25000. Parameter-parameter tersebut kemudian dikelaskan berdasarkan kelas indikator yang dikemukakan oleh kelas-kelas dalam modifikasi dari Thieler and Hammar-Klose (2000). Namun karena wilayah pesisir Kabupaten Tuban terdapat perbukitan karst dan perbukitan struktural, maka kondisi geomorfologi ini dimasukkan dalam kelas 1 (tidak rentan) untuk perbukitan karst dan kelas 2 (kurang rentan) untuk perbukitan struktural. Hal ini didasarkan pada elevasi masing-masing perbukitan tersebut dan tidak ada dalam klasifikasi kelas-kelas yang ada, maka di peroleh hasil seperti tampak pada Gambar 1



Gambar 1. Klasifikasi Parameter Geomorfologi untuk Kabupaten Tuban

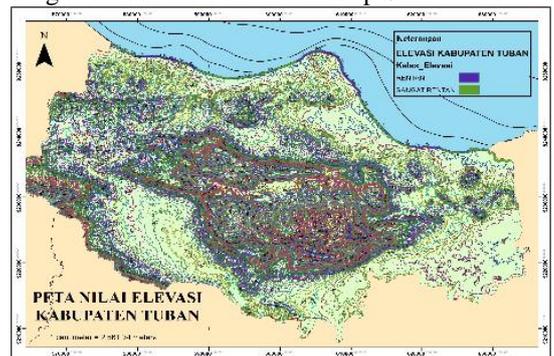
**2 Elevasi (Ketinggian Permukaan Tanah)**

Informasi elevasi/ketinggian permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m dalam format raster. Informasi elevasi berfungsi menggantikan parameter keleregan pantai (menurut Pendleton *et al.*, 2005) dalam perhitungan indeks kerentanan pesisir. Elevasi permukaan tanah digunakan oleh Gornitz *et al.* (1997) sebagai salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan kerentanan wilayah pesisir. Berdasarkan Gambar 2 maka kisaran ketinggian lokasi penelitian menggunakan scoring 0-5 m; 5,1-10 m; 10,1-20 m; 20,1 – 30 m dan lebih dari 30 m.



Gambar 2 Profil Topografi di Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban (relatif landai di bagian pantai)

Hasil klasifikasi ketinggian dari data SRTM DEM 30 m terlihat bahwa di wilayah pesisir Kabupaten Tuban berada pada kelas ketinggian 0 – 5 m dan 5.1 – 10 meter (Gambar 3). Dengan kondisi alamiah datar hampir landai wilayah pesisir tersebut termasuk dalam kelompok wilayah yang memiliki keleregan 0-2 atau 0-2% dengan sifat proses geomorfologi “tidak ada proses denudasi yang berarti” (Zuidam, 1985 dalam Noor, 2009). Berdasarkan rentang kelas dan pembobotan menurut Gornitz *et al.* (1997) pesisir Tuban tergolong wilayah yang sangat rentan dan rentan terhadap SLR.

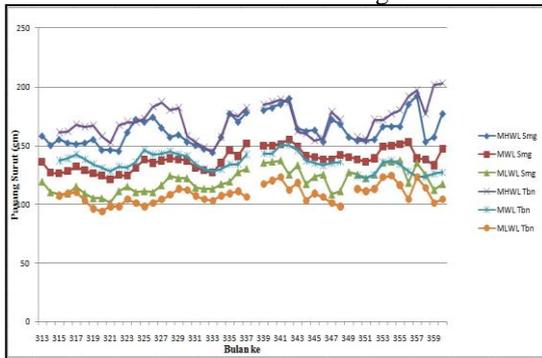


Gambar 3 Klasifikasi Parameter Ketinggian (Elevasi) untuk Kabupaten Tuban

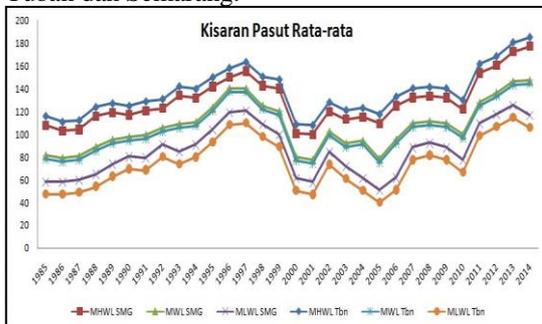
**3 Tunggang Pasut Rata-rata**

Gambar 4. menunjukkan MWWL,MSL, dan MLWL Tuban dan Semarang dalam waktu yang sama tahun 2011-2014 diperoleh rata-rata selisih berturut-turut sebesar 8 m, 3 m dan 11 m.

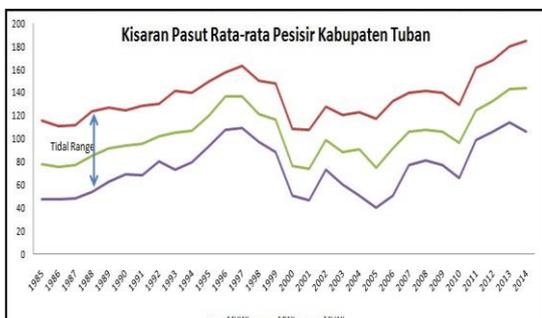
Gambar 4. Selisih Data Pasang Surut Kabupaten Tuban dan Semarang



Berdasarkan data selisih pasang surut yang diperoleh pada tahun 2011-2014 untuk Kabupaten Semarang dan Kabupaten Tuban, maka digunakan sebagai prediksi kedudukan pasang surut air laut rata-rata untuk wilayah Kabupaten Tuban, untuk memperoleh nilai tunggang pasut rata-rata (*tidal range*). Dalam penentuan CVI hanya diperlukan nilai tunggang pasut rata-rata yang mewakili lokasi kajian. Untuk mengetahui kondisi pasut di suatu perairan agar dapat diprediksi dengan akurasi yang baik diperlukan data pengukuran sedikitnya 15 hari atau 30 hari selama 18.6 tahun (Pariwono 1989). Gambar 5 menunjukkan hasil prediksi kedudukan pasang surut air laut rata-rata untuk wilayah Tuban dan Semarang.



Gambar 5 *Tidal range* rata-rata pesisir Semarang dan Tuban



Gambar 6 . Kisaran Pasang Surut Rata-rata Pesisir Tuban (1985-2014)

Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa tidal range rata-rata untuk pesisir Tuban yaitu 63 cm atau 0.63 m (sangat rentan)



Gambar 7 Klasifikasi Parameter Tunggang Pasut Rata-rata untuk Kabupaten Tuban

#### 4 Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan

Tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*) adalah rata-rata tinggi gelombang (dari puncak ke lembah) dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Dalam kerentanan pesisir, *significant wave height* menjadi suatu parameter yang berkaitan dengan bahaya penggenangan pesisir. Pemanfaatan data gelombang ini mengingat sangat kurangnya data gelombang dalam skala nasional di perairan Indonesia. Mengingat jarang sekali terdapat 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](http://202.90.199.148/ekstraksi_data/significant_wave_height.php)).

Rata-rata tinggi gelombang signifikan di Kabupaten Tuban mulai tahun 2000 –2015 sebesar 0.430 m, sesuai pembagian Pendleton *et al.* (2005) nilai tinggi gelombang signifikan (*significant wave height/SWH*) yang diperoleh termasuk dalam kategori tidak rentan. Gambar 8.8 menunjukkan klasifikasi parameter tinggi gelombang signifikan untuk Kabupaten Tuban



Gambar 8 Klasifikasi Parameter Tinggi Gelombang Signifikan Untuk Kabupaten Tuban

Tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat menentukan SWH yaitu rata-rata tinggi gelombang dari sepertiga gelombang laut tertinggi (Triatmodjo, 1999). Dalam menilai kerentanan pesisir, nilai tinggi gelombang signifikan dapat mempengaruhi perubahan garis pantai dan kondisi geomorfologi suatu daerah, serta menjadi suatu parameter yang berkaitan dengan bahaya penggenangan pesisir.

**5 Kenaikan Muka Laut Relatif**

Kenaikan muka air laut relatif rata-rata diperoleh dari nilai awal dan akhir dari trend linier anomali tinggi muka laut dibagi kurun waktu data pengamatan selama tahun pengamatan. Bab V membahas kenaikan muka air laut karena permukaan iklim. Adapun *trendline* MSL Tuban menunjukkan kenaikan muka air laut per tahun adalah 0.024 m atau 24 mm/th. Menurut pembagian Pendleton *et al.* (2005) berarti sangat rentan. Hasil penilaian terhadap kenaikan muka air laut relative di lokasi penelitian seperti pada Gambar 8.9



Gambar 9 Klasifikasi Nilai Parameter Kenaikan Muka Air Laut Relatif untuk Kabupaten Tuban

**6 Perubahan Garis Pantai**

Perubahan Garis pantai berdasarkan perhitungan DSAS (Joetidawati dan SUntoyo, 2016) bahwa perubahan garis pantai pada periode 1972-2015 sebesar -15.23 m/th (EPR) dengan perubahan terkecil 0.01 m/th dan terbesar 23.60 m/th yang semuanya menunjukkan adanya kemunduran garis pantai jika di perhatikan dari garis pantai citra tahun 1972 sampai tahun 2015. Oleh karena itu klasifikasi skor untuk parameter perubahan garis pantai meliputi 0 m/th (tidak rentan), 0-1 m/th (kurang rentan), 1-5 m/th (sedang), 5-10 m/th (rentan) dan > 10 m/th (sangat rentan) (Boruff *et al.*, 2005) seperti pada Gambar 10



Gambar 10 Klasifikasi Nilai untuk Parameter Perubahan Garis Pantai untuk Kabupaten Tuban

**KESIMPULAN**

Geomorfologi pantai yang diperoleh dari analisa citra landsat 8 *Onboard Operational Land Imager* (OLI) di sepanjang pantai kabupaten Tuban didominasi oleh daratan alluvial 40.70%, sedangkan bentukan lahan yang berasal dari marin: backswamps 3.50%, dataran alluvial pantai 4.95%, gisik 0.70%, dan benting gisik 0.70%, kondisi seperti ini adalah kondisi pantai berpasir dan berlempung. wilayah pesisir Kabupaten Tuban terdapat perbukitan karst dan perbukitan struktural, maka kondisi geomorfologi ini dimasukkan dalam kelas 1 (tidak rentan) untuk perbukitan karst dan kelas 2 (kurang rentan) untuk perbukitan struktural. Hasil klasifikasi ketinggian dari data SRTM DEM 30m terlihat bahwa di wilayah pesisir Kabupaten Tuban berada pada kelas ketinggian 0 – 5 m dan 5.1 – 10 meter. ).

Berdasarkan rentang kelas dan pembobotan menurut Gornitz *et al.*, (1997) pesisir Tuban tergolong wilayah yang sangat rentan dan rentan terhadap kenaikan muka air laut. Tidal range rata-rata untuk pesisir Tuban yaitu 63 cm atau 0.63 m (sangat rentan). Rata-rata tinggi gelombang signifikan di Kabupaten Tuban mulai tahun 2000 – 2015 sebesar 0.430 m. sesuai pembagian Pendleton *et al.* (2005) nilai tinggi gelombang Signifikan (SWH) yang diperoleh termasuk dalam kategori tidak rentan. Trendline MSL Tuban menunjukkan kenaikan muka air laut per tahun adalah 0.024 m atau 24 mm/th. Menurut pembagian Pendleton *et al.*, (2005) berarti sangat rentan. Perubahan Garis pada periode 1972-2015 sebesar -15.23 m/th (EPR) dengan perubahan terkecil 0.01 m/th dan terbesar 23.60 m/th yang semuanya menunjukkan adanya kemunduran garis pantai jika di perhatikan dari garis pantai citra tahun 1972 sampai tahun 2015. Oleh karena itu klasifikasi skor untuk parameter perubahan garis pantai meliputi 0 m/th (tidak

rentan), 0-1 m/th (kurang rentan), 1-5 m/th (sedang), 5-10 m/th (rentan) dan > 10 m/th (sangat rentan)

#### 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, dan 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. and 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, MA., 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., and 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. (Edt) Environmental Systems. Eolss Pub. Oxford ,UK
- Beatley T, Browser D.J., dan 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, And Cutter, S.L., 2005. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. Journal of Coastal Reearch. 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.
- Disaptono, 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 dan Smith HD., 2007 Geography and coastal management , Coastal Management 35(4):419-427.
- Gornitz, V., C. Rosenzweig, and D. Hillel, 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., and Sahu, K.C. (2010) Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *J Coast Res*, 26(3): 523–534
- Marfai MA, dan 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., and 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., and 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. and 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., E. R.Thieler, dan S. J. Williams . 2005. Coastal Vulnerability Assessment of Gateway National Recreation Area (GATE) to Sea-Level Rise. U.S. Geological Survey. Virginia, USA
- Pendleton,E.A.,E.R.Thieler,and S.J.Williams.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. and Solomon, S., 1998. Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level Rise. Geol Surv Can Bul/ 505:114
- Thieler, E.R., and 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 PJ, Marfai MA, Yulianto F, Hizbaron DR, Aerts JCJH., 2011 Coastal inundation and damage exposure estimation: a case study for Jakarta. Natural Hazards , 56:899-916.