

**PENILAIAN KERENTANAN PANTAI MENGGUNAKAN METODE
INTEGRASI CVI-MCA STUDI KASUS PANTAI INDRAMAYU**
*Coastal Vulnerability Assessment Using Integrated-Method of CVI-MCA
A Case Study on the Coastline of Indramayu*

Faizal Kasim ¹⁾ dan Vincentius P. Siregar ²⁾

¹⁾ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian UNG

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

Email: kasim.faizal@gmail.com

ABSTRACT

The increasing of sea level due to climate change has been focused many research activities in order to know the coastal response to the change, and determine the important variables which have contribution to the coastal change. This paper presents a method for integrating Coastal Vulnerability Index (CVI), Multi Criteria Analysis (MCA) method and Geographic Information-System (GIS) technology to map the coastal vulnerability. The index is calculated based-on six variabls: coastal erosion, geomorphology, slope, significant wave height, sea level change and tidal range. Emphasize has been made to the methodological aspect, essentially which is linked to: (i) the use of GIS tehcnique for constructing, interpolation, filtering and resampling the data for shoreline grid, (ii) the standardization each rank of variables (0 – 1) and the use of several percentile (20%, 40%, 60%, and 80%) for each rank score, and (iii) the use of variable's rank to map the relative (local) and standart (global) vulnerability of the coastline. The result show that for local, the index consist of four categories: very high (19.61%), high (68.63%), moderate (1,96%), and low (9.80%). Meanwhile, for global level, the index is constantly in low category.

Keywords: Coastal vulnerability, integrated approach, CVI-MCA, index relative, global

ABSTRAK

Peningkatan paras laut akibat perubahan iklim telah menjadi fokus banyak kegiatan penelitian dalam rangka mengetahui respon pantai terhadap perubahan, serta menentukan variabel-variabel penting penyumbang perubahan pantai tersebut. Tulisan ini menyajikan gabungan metode Coastal vulnerability Index (CVI), metode Multi Criteria Analysis (MCA), dan teknologi Sistim Informasi Geografi (SIG) untuk memetakan kerentanan pantai. Indeks dihitung berdasarkan atas enam variabel: erosi pantai, geomorfologi, kemiringan pantai, tinggi gelombang signifikan, perubahan paras laut dan kisaran pasang surut. Penekanan dibuat terhadap aspek metodologi, terutama berkaitan dengan: (i) penggunaan teknik SIG untuk membangun, interpolasi, penapisan, dan me-resample data pada grid garis pantai, (ii) penstandarisasian tiap ranking variabel (0 – 1) dan penggunaan beberapa persentil (20%, 40%, 60% dan 80%) bagi tiap skor ranking, serta (iii) penggunaan ranking variabel untuk memetakan kerentanan pantai yang relatif (lokal) dan baku (global). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa indek kerentanan lokal terdiri atas empat kategori: sangat tinggi (19,61%), tinggi (68,63%), moderat (1,96%), dan rendah (9,80%). Sementara pada tingkat global, indeks kerentanan ini berkategori rendah secara konstan.

Kata kunci: kerentanan pantai, pendekatan gabungan, CVI-MCA, relatif indeks, global

PENDAHULUAN

Proyeksi kenaikan paras laut yang diakibatkan oleh perubahan iklim telah mendorong banyak penelitian untuk mengetahui perubahan akibat kenaikan paras laut tersebut serta mengidentifikasi variabel penting yang berkontribusi terhadap perubahan pantai tersebut (Pendleton *et al.*, 2010). Pendekatan yang telah dikembangkan untuk penilaian kerentanan suatu pantai terhadap perubahan iklim, mencakup antara lain: *Synthesis and Upscaling of Sea-level Rise Vulnerability Assessment Studies (SURVAS)*, *wetland loss modelling*, *DINAS-Coast and DIVA*, *Simulator of Climate Change Risks and Adaptation Initiatives (SimCLIM)*, *Community Vulnerability Assessment Tool (CVAT)* serta beberapa metode indeks kerentanan pantai lainnya seperti *Coastal Vulnerability Index (CVI)*, *CSoVi* and *PVI* (Abuodha and Woodroffe, 2006 ; Ramieri *et al.*, 2011).

CVI adalah metode ranking relatif berbasis skala indeks dari parameter fisik seperti: geomorfologi, *slope* pantai, kenaikan paras laut, perubahan garis pantai (akresi/erosi), rerata tinggi gelombang, dan rerata pasang surut (Gornitz *et al.*, 1997 ; Pendleton *et al.*, 2010). 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 kenaikan paras laut. 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), termasuk di Indonesia (Disaptono, 2008). Di samping

keunggulan, metode CVI ini 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).

Aplikasi teknologi SIG telah demikian berkembang dan bermanfaat dalam banyak analisis, seperti: analisis perubahan pantai dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat (Muryani, 2010), juga dalam analisis kerentanan, risiko dan zonasi rawan bahaya (Hizbaron *et al.*, 2010). Tujuan penelitian ini adalah memetakan kerentanan pantai yang dapat digunakan dalam memperbandingkan status kerentanan suatu kawasan atau pun untuk penilaian pada skala berjenjang (skala lokal/relatif dan global/standar). Penelitian ini diharapkan dapat mem-perkaya alternatif pendekatan atau metode yang ada untuk pengkajian perubahan pantai dan penyusunan peta indeks kerentanan pantai.

METODE PENELITIAN

Lokasi yang dikaji adalah pantai indramayu sepanjang 101,04 km yang membentang dari Legon Wetan (pantai Timur Kabupaten Subang) hingga Pasekan (pantai Utara Kabupaten Indramayu) yang mencakup garis pantai dari 22 desa dalam kabupaten Indramayu dan Subang, Provinsi Jawa Barat. Areal penelitian (Area of Interest) secara geografis terletak pada posisi 107° 48' 0,572" – 108° 15' 0,576" BT dan 6° 7' 29,766" – 6° 22' 29,766" LS.

Variabel yang digunakan mencakup enam variabel: (1) laju erosi pantai, (2) geomorfologi, (3) kemiringan pantai, (4) tinggi gelombang signifikan, (5) perubahan tinggi paras laut relatif dan (6) kisaran pasang surut. Variabel laju erosi pantai diekstrak dari Landsat TM (1991) dan ETM+ (2003) menggunakan teknik *end point rate (EPR)* dan *line transect* pada kedua *dataset* Landsat. Pemrosesan citra dilakukan menggunakan pendekatan: *single band threshold*, *band ratio* serta *false color composite* (RGB 543). Batasan garis pantai yang digunakan yaitu murni batas nilai piksel "darat-air" di atas *waterline* yang menjadi batas langsung antara daratan dan laut dengan perlakuan koreksi pasang surut. Keragaan batimetri dari profil topografi dasar perairan dapat dibangun dari metode interpolasi (Siregar dan Selamat, 2009). Oleh karena itu, ekstraksi garis pantai dengan perlakuan koreksi pasang surut dibangun menggunakan keragaan bati-topografi hasil interpolasi.

Dua data variabel yakni: geomorfologi dan kemiringan (*slope*) pantai, keduanya diekstrak bersumber dari peta RBI skala 1:25.000. Agar data variabel geomorfologi sebagai satu-satunya variabel non-numerik (kualitatif) menjadi variabel numerik, maka hasil ekstraksi leyer (data) luas tiap bentuk lahan/penutupan lahan dirubah menggunakan matriks transformasi untuk memperoleh data numerik variabel geomorfologi berupa ranking yang mewakili resistensi masing-masing bentuk lahan geomorfologi terhadap erosi. Data variabel *slope* pantai diektrak dari keragaan *raster terrain* yang dibangun dari titik elevasi topografi (sumber peta RBI 1:25.000) dan kontur kedalaman (sumber peta LPI 1:50.000). Data *slope* pantai diekstrak masing-masing pada arah laut dan darat dari garis pantai dalam wilayah tiap grid garis pantai (*shoreline grid*).

Dua variabel menggunakan data bersumber dari pengamatan satelit altimetri yakni

variabel laju perubahan paras laut dan rerata kisaran pasang surut. Data variabel laju perubahan paras laut diekstrak dari data satelit altimeter TOPEX/POSEIDON selama 17 tahun (Oktober 1992 hingga Juli 2009). Oleh karena ketiadaan data sebaran spasial daerah *uplift* dan *subsidence*, maka data variabel perubahan paras laut hanya bersumber dari data satelit tersebut. Jenis data variabel rerata kisaran pasang surut yang digunakan adalah data *time series tidal prediction of height grid point* berukuran spasial 0,25° tahun 2007 (1 Januari 2007 – 1 Desember 2008) dengan interval pengamatan tiap 1 jam dan beresolusi spasial 0.5° yang merupakan data asimilasi hasil pengamatan satelit altimetri TOPEX/POSEIDON. Data rerata kisaran pasang surut tahunan (*annual mean tidal range*) dilakukan melalui tahapan penapisan di lingkungan SIG terhadap data rerata tinggi air maksimum (*mean higher high water*) dengan data rerata tinggi air minimum (*mean lower low water*).

Terakhir, data variabel rerata tinggi gelombang yang digunakan adalah data *mean significant wave height* yang bersumber dari data *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Interval data yang digunakan adalah data pengamatan tiap 6 jam dari perairan Laut Jawa dan sekitarnya dari tahun 2002 hingga 2003. Data *annual mean wave significant height* diperoleh melalui tahapan penapisan data *seasonal mean wave height* menggunakan *overlay statistic* di lingkungan SIG.

Hasil ekstraksi tiap data variabel yang beragam koordinat dan skala dilakukan penyeragaman, mencakup tahapan registrasi yakni pada sistim koordinat SUTM zona 49 dan datum vertikal WGS_84. Juga *resample* pada tiap *dataset* keenam variabel sehingga semuanya memiliki resolusi spasial yang sama yakni 30 meter. Analisis dikerjakan dengan

membangun basis data berupa *shoreline grid* berukuran 1 menit. Diperoleh 51 buah *shoreline grid* sepanjang garis pantai dalam *AOI* yang masing-masing berisi *entity* nilai hasil ekstraksi tiap variabel sebagai atribut dari daerah arah laut dan darat.

Standarisasi skor nilai tiap variabel sehingga menjadi nilai skor dengan *range* standar 0-1 menggunakan matriks MCA berdasarkan persamaan sebagai berikut, (Susilo, 2006);

$$X_{in} = \frac{(x_{in} - \min x_{in})}{(\max x_i - \min x_i)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana X_{in} = nilai standar dari variabel ke-*i* pada grid ke-*n*, x_{in} = nilai asli dari variabel ke-*i* pada grid ke-*n*, $\max x_i$ = nilai tertinggi variabel, serta $\min x_i$ = nilai terendah variabel. Sumber acuan batas terendah dan tertinggi tiap variabel yang masing-masing mewakili potensi terbaik dan terjelek dari kerentanan tiap variabel dikumpulkan dari berbagai lokasi penelitian yang diperoleh dari hasil ekstraksi data serta dari lokasi lain yang diperoleh berdasarkan kajian literatur.

Preferensi *ranking* yang digunakan adalah jarak jangkauan persentil (20%, 40%, 60%, dan 80%). Preferensi ini diterapkan terhadap nilai (skor) tiap variabel hasil standarisasi yang telah memiliki julat antara 0 hingga 1. Skor terendah yang mewakili potensi kerentanan terbaik ditandai oleh jarak 0 – 0,2, sebaliknya skor tertinggi yang mewakili potensi kerentanan terburuk ditandai oleh jarak 0,80 - 1. Dengan demikian julat bagi kelima *ranking* tiap variabel, adalah: kategori sangat rendah ditandai oleh nilai *ranking* 1 (skor <0,2), kategori rendah ditandai oleh nilai *ranking* 2 (skor: 0,2 – 0,4), kategori moderat ditandai oleh nilai *ranking* 3 (skor: 0,4-0,6), kategori tinggi ditandai oleh nilai *ranking* 4

(skor: 0,6 – 0,8) dan kategori sangat tinggi ditandai oleh nilai *ranking* 5 (skor >0,8). Masing-masing skor *ranking* ini ditambahkan sebagai atribut tiap variabel dalam masing-masing *shoreline grid*.

Penghitungan nilai skor indeks kerentanan dilakukan berdasarkan orisinalitas konsep perhitungan nilai indeks kerentanan dalam metode CVI (hasil perhitungan *ranking*), yakni merupakan akar dari perkalian tiap nilai *ranking* variabel dibagi jumlah variabel sebagai berikut (Pendleton *et al.*, 2010):

$$CVI = \sqrt{\frac{(a \times b \times c \times d \times e \times f)}{6}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana CVI = nilai (skor) Indeks Kerentanan Pantai, *a,b,c,d,e* dan *f* adalah *ranking* variabel yang berturut-turut: geomorfologi, perubahan garis pantai, *slope* pantai, rerata tinggi gelombang, rerata kisaran pasang surut, dan laju perubahan paras laut.

Normalisasi skor dikembangkan berdasarkan konsep bahwa di lokasi manapun dan berapapun jumlah *shoreline grid* digunakan dalam penilaian kerentanan yang dilakukan berdasarkan pendekatan metode CVI maka skor indeks yang dihasilkan senantiasa akan menyebar di antara nilai skor antara 0,41 hingga 51,03. Hal ini diperoleh dengan mensimulasikan bahwa seluruh *shoreline grid* secara konstan masing-masing berisi *ranking* terendah (nilai *ranking* 1) dan *ranking* tertinggi (nilai *ranking* 5) maka dari Persamaan 2 akan dihasilkan *range* standart skor CVI yakni sebesar 0,41 (dihasilkan oleh nilai *ranking* 1 pada seluruh *shoreline grid*) dan 51,03 (dihasilkan oleh nilai *ranking* 5 pada seluruh *shoreline grid*).

Dengan kondisi demikian dapat dilihat bahwa skor CVI yang diperoleh dari lokasi manapun sebenarnya bersifat baku. Berdasarkan sifat baku *range* skor CVI tersebut maka pada hakikatnya tiap *range*

nilai skor CVI dapat pula dinormalisasi pada *range* baku 0 – 1 seperti halnya *range* nilai ranking tiap variabelnya. Untuk menormalisasi skor nilai CVI dilakukan berdasarkan formula sebagai berikut (Teknomo, 2006);

$$NS = \frac{nub - nib}{oub - olb} (OS - olb) + nlb \quad \text{-----} \quad (3)$$

dimana *NS* = skor nilai indeks baru, *OS* = skor nilai indeks asli, *nub* = batas tertinggi skor nilai indeks baru, *nib* = batas terendah skor nilai indeks baru, *oub* = batas tertinggi skor nilai indeks asli (51,03), dan *olb* = batas terendah skor nilai indeks asli (0,41).

Dari konsep seperti di atas maka tiap nilai skor CVI yang dihasilkan dari penilaian kerentanan di tiap lokasi selanjutnya akan menyebar di antara *range* baku (0-1) hasil normalisasi nilai skornya masing-masing. Algoritma standarisasi ranking variabel dan normalisasi skor indeks kerentanan pantai ditampilkan pada Gambar 1.

Hubungan skor nilai CVI yang dihasilkan dari tiap lokasi seperti pada Gambar 1 adalah ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$0 \leq \min \leq \text{Skor Indeks} \leq \max \leq 1 \quad (4)$$

$$0 \leq \text{Skor Indeks} \leq 1 \quad (5)$$

Persamaan 4 menunjukkan batas *range* nilai skor CVI dari tiap lokasi (minimum-maksimum) terhadap *range* baku (0 – 1) hasil normalisasi terhadap potensi kerentanan terendah dan kerentanan tertinggi secara global (Persamaan 5). Berdasarkan Persamaan 4 dan 5, masing-masing kategori indeks kerentanan yang terdiri atas empat kategori: rendah, moderat, tinggi, dan sangat tinggi dapat dianalisis pada *range* yang berbeda menggunakan preferensi jarak jangkauan kuartil, persentil ataupun jarak interval. Penilaian kerentanan lokal dianalisis dengan Persamaan 4 terhadap

range nilai minimum-maksimum, sedangkan status kerentanan kawasan tersebut pada skala global atau perbandingan status kawasan tersebut dengan kawasan lain dapat dianalisis menggunakan Persamaan 5 berdasarkan masing-masing nilai skor tiap kawasan yang menyebar di antara *range* baku 0 – 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

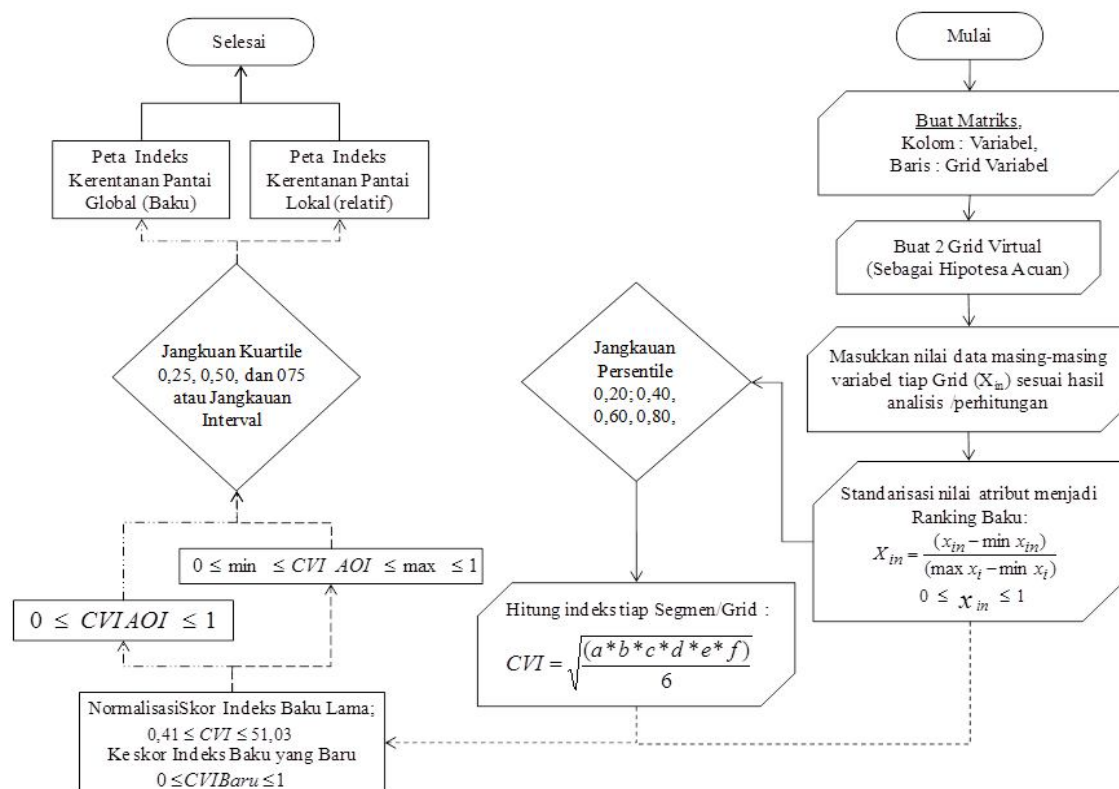
Hasil ekstraksi nilai laju perubahan garis pantai kawasan pantai Indramayu selama 12 tahun masing-masing adalah 1,80 – 12,78 m/tahun (erosi) dan 0,23 – 44,88 m/tahun (akresi). Hasil ekstraksi aspek geomorfologi dan kemiringan pantai diperoleh bahwa secara umum, kawasan pesisir Indramayu terdiri atas jenis pantai berpasir, tambak dan mangrove di sebelah Barat dan Timur, dan merupakan daerah kipas *alluvial* dengan kemiringan pantai yang sangat rendah. Demikian pula diketahui bahwa proses laju evolusi yang mendominasi adalah akresi dibandingkan erosi dengan persentasi masing-masing sebesar 49,02 % (erosi) dan 50,98 % (akresi). Ringkasan julat nilai minimum-maksimum data hasil ekstraksi tiap variabel beserta luaran masing-masing nilai skor bakunya dalam seluruh grid garis pantai, termasuk acuan potensi kerentanan terburuk dan terbaik masing-masing variabel ditampilkan pada Tabel 1.

Acuan potensi terburuk dan terbaik pada Tabel 1 adalah bersumber dari hasil ekstraksi data tiap variabel di daerah lokasi penelitian dan lokasi lain di dunia berdasarkan kajian literatur. Pada Tabel 1 diketahui bahwa satu-satunya jenis variabel yang berasal dari daerah pantai lokasi penelitian yang menjadi acuan potensi kerentanan adalah besar laju akresi yang berlangsung di kawasan Barat AOI,

tepatnya di kawasan delta Cipunagara (Kabupaten Subang), yakni sebesar 44,88 m/tahun. Besar nilai akresi tersebut menjadi referensi nilai terendah (potensi terbaik) dalam standarisasi skor ranking variabel laju perubahan garis pantai.

Dengan memperhatikan urutan nilai rerata masing-masing variabel dan kelompok variabel pada Tabel 1 diketahui bahwa variabel kontributor yang sangat berpengaruh terhadap kerentanan perubahan fisik pantai Indramayu adalah: kemiringan pantai (0,978) dan pengaruh terkecil dikontribusi oleh variabel rerata kisaran pasang surut (0,029). Dari sisi

kelompok, sumbangan terbesar adalah berasal dari faktor geologi dibandingkan faktor fisik. Kontribusi oleh faktor geologi ini hampir sebesar 6 kali kontribusi proses fisik. Tingginya sumbangan kerentanan pantai akibat kelompok faktor geologi ini secara berturut-turut disumbangkan oleh variabel kemiringan pantai (*slope*) yang sebagian besar terdiri atas jenis dataran sangat landai (0,978); jenis geomorfologi pesisir yang bersifat erodibilitas tinggi (0,711) karena disusun oleh jenis bentuk lahan seperti pantai berpasir dan *mangrove*, serta penggunaan lahan seperti sawah dan tambak; serta laju erosi yang cukup signifikan (0,295). Dari hasil ini dapat



Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Algoritma standarisasi skor variabel dan normalisasi nilai skor indeks kerentanan pantai (skor CVI) serta penentuan ranking variabel dan kelompok variabel serta kategori indeks lokal (relatif) dan global (baku) berdasarkan pendekatan metode integrasi CVI-MCA

disimpulkan pula bahwa variabel laju perubahan garis pantai (evolusi) yang banyak dilaporkan berlangsung di pantai sebelah Utara Jawa tidak cukup menyumbangkan kerentanan dibandingkan variabel kemiringan pantai dan geomorfologi di sepanjang pesisir kawasan ini. Proporsi tiap *ranking* variabel sepanjang pantai Indramayu berdasarkan preferensi jangkauan persentil menunjukkan bahwa jenis *ranking* variabel geomorfologi relatif lebih beragam dibandingkan lima jenis variabel lainnya.

Proporsi tiap *ranking* variabel maupun kategori indeks kerentanan dapat menjadi petunjuk karakteristik spasial jenis variabel atau pun cakupan tingkat (kategori indeks) kerentanan pada suatu kawasan. Proporsi *ranking* jenis variabel yang bervariasi menunjukkan bahwa keragaman karakteristik spasial variabel tersebut bersifat lokal (relatif) pada skala lokasi penilaian. Sebaliknya jenis *ranking* variabel yang hampir konstan atau konstan sepanjang garis pantai yang dinilai menunjukkan bahwa jenis variabel tersebut berkarakter regional hingga global. Hal yang sama pun ditunjukkan oleh tingkat kerentanan (Pendleton

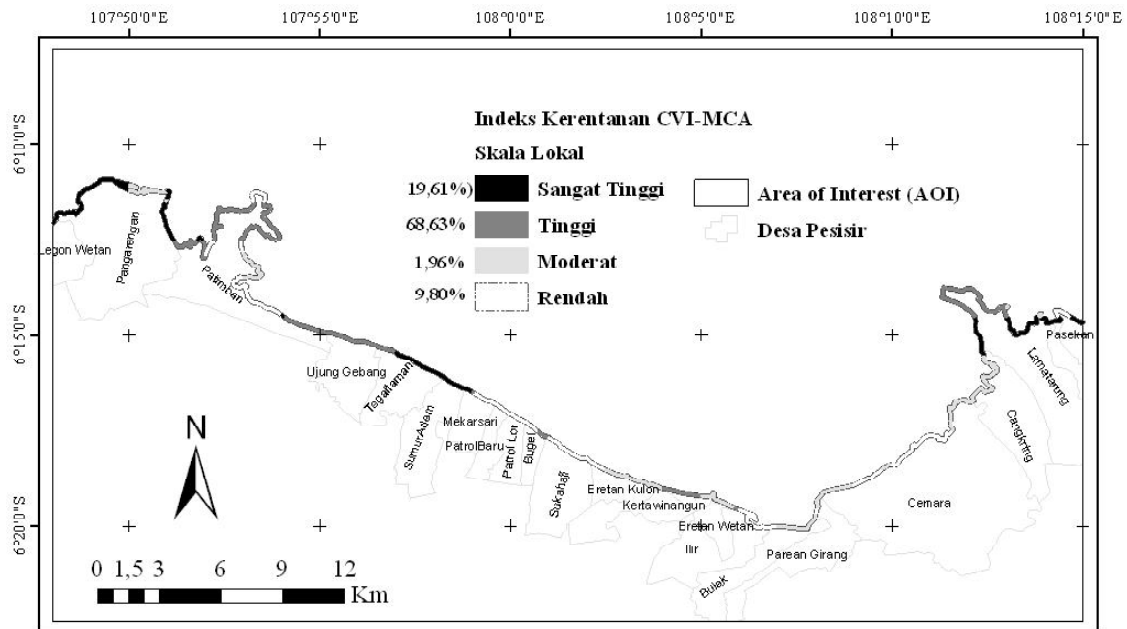
et al., 2010). Hasil analisis kerentanan berupa peta indeks kerentanan yang lokal (relatif) dan global (standar) berturut-turut disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa tingkat indeks kerentanan lokal dari pantai memiliki keragaman spasial menurut ukuran AOI. Kerentanan dengan 'kategori tinggi' mendominasi di sepanjang pantai Kabupaten Subang (dari Pangarengan hingga Patimban), serta pantai Barat ke Timur Kabupaten Indramayu (dari Ujung Gebang hingga Lamatarung). Kerentanan 'kategori sangat tinggi' terdapat secara sporadis di Kabupaten Subang meliputi daerah Lagon Wetan, Pangarangan, dan Patimban. Kerentanan pantai dalam wilayah Kabupaten Indramayu dengan 'kategori sangat tinggi' terdapat di Eretan Kulon (sebelah Timur dan Barat), Eretan Wetan (seluruh pantai), Cemara (di bagian tengah dan Timur), Lamatarung (bagian tengah dan Timur), serta Karang anyar dan Pasekan (seluruh pantai kedua daerah); sedangkan kerentanan dengan 'kategori rendah' terdapat di Patimban (Kabupaten Subang); sisanya kerentanan dengan

Tabel 1. Julat Nilai Acuan Potensi Kerentanan Keenam Variabel, Julat Nilai Hasil Ekstraksi Dan Hasil Standarisasi Masing-Masing Variabel Dalam Seluruh Grid Garis Pantai, Serta Rerata Nilai Tiap Variabel Dan Kelompok Variabel

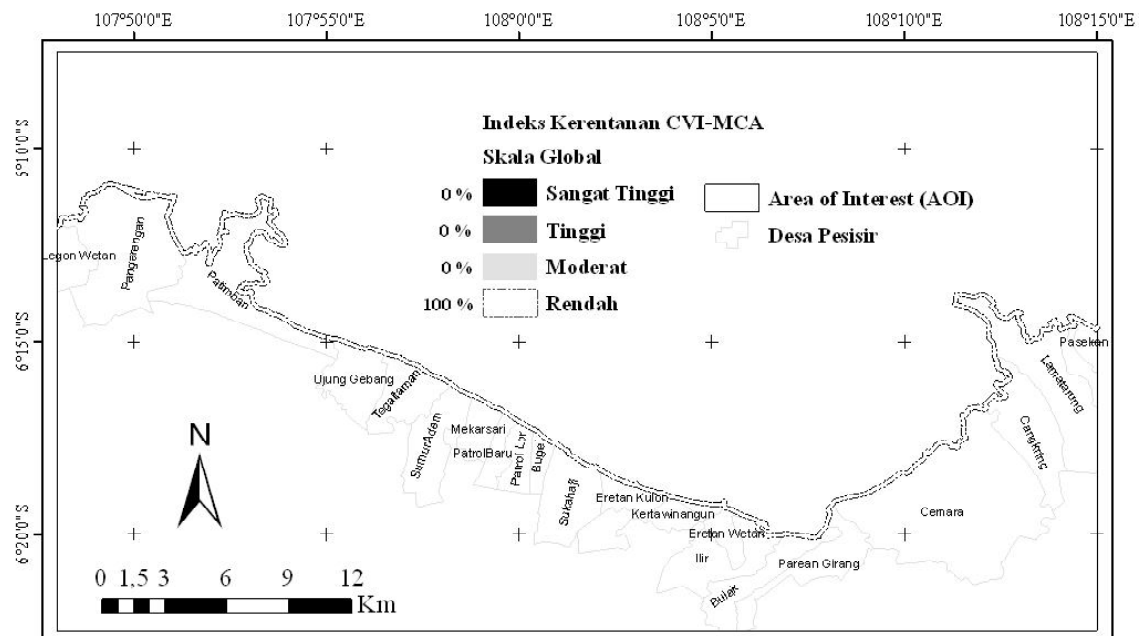
Kelp. Variabel	Variabel	Julat Data							
		Data Hasil Ekstraksi		Acuan Potensi Kerentanan		Skor Standar Variabel		Rerata (Hasil Standarisasi)	
		Min	Maks	Terburuk	Terbaik	Min	Maks	Variabel	Kelp. Variabel
A. Faktor Geologis	1. Laju per garis pantai (m/th)	-12,780	44,88	-100	44,88	0,000	0,398	0,295	0,661
	2. Geomorfologi (ranking 1-5)	3	5	5	1	0,5	1	0,711	
	3. Slope (%)	0,059	0,789	0,022	14,7	0,948	0,997	0,978	
B. Faktor Proses Fisik	4. Laju per muka laut (mm/th)	3,538	3,988	24,6	-0,68	0,167	0,185	0,176	0,116
	5. Rerata tinggi gelombang (m)	0,518	0,699	4	0,05	0,118	0,164	0,143	
	6. Rerata kisaran pasut (m)	0,413	0,814	17	0,14	0,016	0,040	0,029	

Sumber: hasil analisis



Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Peta Indeks Kerentanan Pantai Lokal (Relatif) Kawasan Pantai Indramayu Berdasarkan Pendekatan Berbasis CVI-MCA



Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Peta Indeks Kerentanan Pantai Global (Baku) Kawasan Pantai Indramayu Berdasarkan Pendekatan Berbasis CVI-MCA

'kategori moderat' terdapat di Patimban (Kabupaten Subang) dan Parean Giran (Kabupaten Indramayu). Secara keseluruhan, proporsi kategori kerentanan sepanjang pantai Indramayu sebagai berikut: kategori tinggi (68,63%), kategori sangat tinggi (19,61%), kategori rendah (9,80%), dan kategori moderat (1,96%). Hal menarik dapat dilihat pada kerentanan pantai Indramayu untuk tingkat global (Gambar 4), dimana meskipun kerentanan pantai bervariasi secara lokal, namun kerentanan tersebut pada tingkat global hanya terdiri atas 'kategori rendah' dalam seluruh area AOI.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemetaan status kerentanan kawasan pantai Indramayu dengan metode integrasi CVI-MCA menghasilkan luaran yang cukup komprehensif, baik status kerentanan pantai Indramayu pada tingkat lokal maupun pada tingkat regional dan atau global. Luaran analisis juga bisa digunakan dalam mengetahui baik variabel maupun kelompok variabel kontributor kerentanan terhadap kawasan pesisir Indramayu. Di mana secara umum kawasan pantai Indramayu memiliki kerentanan tinggi (68,63%) di tingkat lokal, namun di tingkat global keseluruhan kawasan pantai ini (100%)

memiliki kerentanan pantai yang rendah. Penelitian ini sekaligus membuktikan dampak variatif pada tingkat lokal dari fenomena global kenaikan paras laut. Berdasarkan kemampuannya menghasilkan luaran yang komprehensif dan informatif, disarankan untuk menggunakan pendekatan integrasi CVI-MCA sebagai *tool* analisis. Misalnya, bagi rencana penilaian kerentanan kawasan lain terhadap kenaikan paras laut baik pada skala lokal, nasional, regional maupun global dalam rangka keputusan pengelolaan yang obyektif bagi dampak fenomena ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (SPs IPB) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis mengikuti program magister pada program studi teknologi kelautan FPIK-IPB. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI (Dikti-Kemdikbud RI) yang telah memberi bantuan program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana (BPPS) sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan penulisan paper ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- 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/> (24 Februari 2011)
- 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*
- 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*
- Gornitz, V.M., Beaty, T.W., and Daniels, R.C. (1997) A Coastal Hazards Data Base for the US West Coast. *Oak Ridge Nat Lab, Tennessee, US*
- Hizbaron, D.R., Hadmoko, D.S., Samodra, G., Dalimunthe, S.A. dan Sartohadi, J. (2010) *Tinjauan Kerentanan, Risiko dan Zonasi Rawan Bahaya Rockfall di Kulonprogo, Yogyakarta.* Forum Geografi. *Vol. 24, No. 2, Desember, pp. 119 - 136*
- 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*
- Muryani C. (2010) *Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan SIG serta Dampaknya terhadap Kehidupan Masyarakat di Sekitar Muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan.* Forum Geografi. *Vol. 24, No. 2, Desember, pp. 173 – 182*
- 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*
- Özyurt, G. and Ergin, A. (2010) Improving Coastal Vulnerability Assessments to Sea-Level Rise: A New Indicator-Based Methodology for Decision Makers. *J Coast Res, 26(2): 265 – 273*
- Pendleton, E.A., Thieler, E.R., and Williams, S.J. (2010) Importance of Coastal Change Variables in Determining Vulnerability to Sea- and Lake-Level Change. *J Coast Res, 26(1): 176 – 183*
- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F.D., Laihonen, P., Marinova, N. and Santini, M. (2011) Methods for Assessing Coastal Vulnerability to Climate Change. *ETC CCA Background Paper. European Environment Agency, Copenhagen (DK) 8-9 June 2011.*
- 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 Bull 505:114*
- Siregar, V.P. dan Selamat, M.B. (2009) *Interpolasi dalam Pembuatan Kontur Peta Batimetri.* E-Jur Ilm Tekno Kel Tropis, *1(1):39-47*
- Susilo, S.B. (2006) *Indeks Keberlanjutan Pembangunan Pulau-Pulau Kecil (BPK) dengan Sidik Kriteria Ganda (SKG).* Jur Pesisir dan Lautan, *Vol. 7, No. 2, pp.52-70*
- Teknomo, K. (2006) Evaluation Based on Ranks: Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/ahp> (24 Mei 2011).