

KERENTANAN PULAU MIANGAS*(Vulnerability Of Miangas Island)*Maartianus S Baroleh^{1*}, Achmad Fahrudin¹, Rokhmin Dahuri¹, Setyo Budi Susilo², dan Daniel Monintja³¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-IPB, Bogor
*E-mail: mbaroleh@gmail.com²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor³Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB, Bogor**ABSTRACT**

There are several methods of analysis in knowing the vulnerability of a community. In the analysis to determine the vulnerability of Miangas island, the determinant vulnerability was used. Determinant vulnerability evaluation is very easy to use and simple. Therefore, the determinants of ordinary vulnerabilities use an assessment of resources that are carried out in full, so that results can be used as reference for management. One approach that is widely used in determining the index is the method of scaling parameters into certain values. These values are expressed as a score of a parameter. As done by (Tahir 2010) referred to in Doukakis (2005) and Rao et al. (2008), the Miangas Island analysis refers to the determination of the parameter scale and the weight of the vulnerability.

The vulnerability index model constructed in this study consists of a static model of environmental vulnerability index and dynamic model of small island environmental vulnerability index. The static model of the environmental vulnerability index is intended to calculate the current vulnerability index (momentary), while the dynamic model of the environmental vulnerability index is used to predict the vulnerability dynamics in the future. In general, the values of $IK-PPK = IE \times IS / IAC = 4.29 \times 2.35 / 1.6 = 6.30$. By using these maximum and minimum values, the scale of assessment of the vulnerability of small islands is divided into 4 categories of vulnerability (Doukakis 2005), Miangas Island is obtained as follows; 0.20-6.04 = Low vulnerability, 6.05 -18.18 = Moderate vulnerability, 18.19-40.48 = High vulnerability (high), 40.49-76.00 = Very high vulnerability (very high). That there is a vulnerability with a moderate position.

Keywords: *vulnerability, index, determinant, Miangas***ABSTRAK**

Ada beberapa metode analisis dalam mengetahui kerentanan suatu komunitas. Dalam analisis untuk mengetahui kerentanan pulau Miangas maka digunakan kerentanan determinan. Evaluasi kerentanan determinan sangat mudah digunakan dan sederhana. Oleh karena itu, determinan kerentanan biasa menggunakan *assessment* terhadap sumberdaya yang dilakukan secara utuh, sehingga hasil dapat dijadikan bahan acuan terhadap pengelolaan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam penentuan indeks adalah metode penskalaan parameter ke dalam nilai-nilai tertentu. Nilai-nilai tersebut dinyatakan sebagai nilai skor dari suatu parameter. Sebagaimana yang dilakukan oleh (Tahir 2010) yang diacu dalam Doukakis (2005) dan Rao et al. (2008) maka pada analisis Pulau Miangas mengacu penentuan skala parameter dan bobot kerentanan tersebut.

Model indeks kerentanan yang dikonstruksi dalam penelitian ini terdiri dari model statis indeks kerentanan lingkungan dan model dinamik indeks kerentanan

lingkungan pulau-pulau kecil. Model statis indeks kerentanan lingkungan dimaksudkan untuk menghitung indeks kerentanan saat ini (sesaat), sedangkan model dinamik indeks kerentanan lingkungan digunakan untuk melakukan prediksi dinamika kerentanan pada masa yang akan datang. Secara umum didapatkan nilai $IK-PPK = IE \times IS/IAC = 4,29 \times 2,35 / 1,6 = 6,30$. Dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum tersebut, skala penilaian tingkat kerentanan pulau-pulau kecil dibagi menjadi 4 kategori kerentanan (Doukakis 2005) maka Pulau Miangas didapatkan sebagai berikut; 0.20-6.04 = Kerentanan rendah (low), 6.05-18.18 = Kerentanan sedang (moderate), 18.19-40.48 = Kerentanan tinggi (high), 40.49-76.00 = Kerentanan sangat tinggi (very high). bahwa ada kerentanan dengan posisi *moderate*.

Kata kunci : kerentanan, determinan, indeks, Miangas

PENDAHULUAN

Kerentanan adalah kondisi yang mengurangi kemampuan seseorang atau kelompok dalam menghadapi ancaman dari luar (*external shock*). kelompok dalam menghadapi ancaman dari luar (*external shock*). Kerentanan dapat disebabkan oleh faktor lingkungan, ekonomi, sosial, budaya, politik, fisik maupun psikologi atau lainnya. Bencana biasanya dimulai oleh kerentanan dari salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya. Awotona (1997:1-2): " *Natural disaster are the interaction between natural hazard and vulnerable condition*".

Sebenarnya, bencana alam tidak hanya menyebabkan kerentanan pada aspek-aspek tersebut saja, namun juga berdampak pada aspek lain seperti politik, kesehatan, dan pangan. Kerentanan pasca bencana alam juga dapat mengacu pada konsep human security. Konsep ini merupakan penurunan dari comprehensive security, yang diartikan bahwa agar dapat hidup aman, makmur, dan sejahtera, manusia harus terpenuhi kebutuhan politik, ekonomi, dan sosialnya. Kebutuhan politik berbentuk kebebasan berbicara, kebebasan berkumpul, terwujudnya demokrasi, situasi pluralisme, yang membuat manusia nyaman menjalani kehidupan sehari-hari. Kemampuan untuk memenuhi kebutuhan utamanya (*freedom from want*) tergolong dalam kebutuhan ekonomi, sedangkan wujud dari kebutuhan sosial antara lain

kemampuan untuk mengatasi rasa takut (*freedom from fear*) Herman and Witteck 2000. Dengan memaknai

comprehensive security, konsep human security dapat dijabarkan dalam konsep keamanan politik, keamanan ekonomi, dan keamanan sosial.

Keamanan ekonomi (*economic security*) berhubungan dengan perolehan pendapatan, baik melalui lapangan kerja maupun jaring pengaman sosial (UNDP 1994). Pemaknaan lain dari keamanan ekonomi ialah bebas dari kemiskinan, yang merupakan produk proses ekonomi, sosial, dan politik, yang saling berhubungan satu sama lain, dan secara berkala menekan masing-masing dengan cara yang membuat kehidupan manusia menjadi semakin sengsara (World Bank 2001). Kriteria-kriteria keamanan ekonomi yang tidak terpenuhi akan mengakibatkan munculnya kerentanan ekonomi (*economic vulnerability*). Dalam konteks bencana alam, kerentanan ekonomi dapat berbentuk kehilangan sumber pendapatan dan aset akibat bencana alam, beban utang/kredit akibat bencana alam, ketidak mampuan mengakses sumber pendapatan, dan kebutuhan sandang papan yang tak tercukupi.

Sementara itu, keamanan sosial (*social security*) didefinisikan sebagai terpenuhinya kebutuhan dasar manusia, kebutuhan psikologis manusia melalui kerjasama, saling bertukar pikiran, dan solidaritas (Benda-Beckmann, Franz and Keppet Von 1994). Seperti halnya

keamanan politik dan ekonomi, kondisi negatif dari keamanan sosial memunculkan adanya kerentanan sosial (*social vulnerability*). Dalam hal bencana alam, bentuk kerentanan sosial antara lain berupa ketidakmampuan korban bencana alam untuk berkumpul kembali dengan lingkungan asal, kurangnya pengetahuan dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana alam, serta kurang/tidak memadainya fasilitas sosial di tempat pengungsian dan fasilitas/bantuan pendidikan/pelatihan bagi korban bencana alam.

Kerentanan tersebut, kerentanan ekonomi dan sosial paling sering dan paling banyak ditangani serta dikurangi dalam proses penanggulangan dampak bencana alam di Indonesia, meskipun penanganannya masih kurang memperhatikan komponen *human security*. Kerentanan politik masih sangat minim diperhatikan atau sama sekali tidak ditanggulangi. Bahkan dalam PDNA pun, yang digunakan oleh BNPB untuk pemetaan kerentanan, tidak ada instrumen kerentanan politik. Padahal kerentanan politik juga merupakan bagian dari kerentanan bencana alam. Oleh karena itu, kerentanan politik juga harus menjadi fokus perhatian dalam proses penanggulangan dampak dan pengurangan resiko bencana alam. Pemetaan, penanganan, dan pengurangan kerentanan tersebut sebaiknya lebih mengacu pada konsep *human security* karena ini merupakan sisi negatif dari *human security*.

Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial, politik, dan ekonomi. Kondisi kerentanan dapat dilihat dari berbagai indikator, misalnya: persentase kawasan terbangun; kepadatan bangunan; persentase bangunan konstruksi darurat; jaringan listrik; rasio panjang jalan; jaringan telekomunikasi; dan sebagainya.

Ada beberapa metode analisis dalam mengetahui kerentanan suatu komunitas. Dalam analisis untuk

mengetahui kerentanan pulau Miangas maka digunakan kerentanandeterminan. Evaluasi kerentanan determinan sangat mudah digunakan dan sederhana. Oleh karena itu, determinan kerentanan biasa menggunakan *assessment* terhadap sumberdaya yang dilakukan secara utuh, sehingga hasil dapat dijadikan bahan acuan terhadap pengelolaan.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui Sebaran Ukuran Ikan Layang, *Decapterus muroadsi* di Teluk Manado.
2. Mendeskripsikan otolit menurut panjang, lebar perimeter/keliling dan luas, area otolit.
3. Menentukan hubungan panjang total dan berat tubuh ikan layang *Decapterus muroadsi*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengumpulan data lapang dilakukan selama dua bulan, yaitu dari Bulan September-Oktober 2013. Lokasi penelitian adalah di pulau Miangas, pulau kecil terluar yang secara geografis memiliki karakteristik.

Karakteristik umum Pulau Miangas dapat dilihat pada Tabel 1 dan gambar lokasi penelitian di Pulau Miangas dalam Gambar 1

Tabel 1 Pulau Miangas

Parameter	Pulau Miangas
Jenis pulau	Karang
Vegetasi	Mangrove
Keterbukaan terhadap perairan	Lautan
Kepadatan penduduk	Sedang
Sistem pulau	Gugus

Tahapan Penelitian

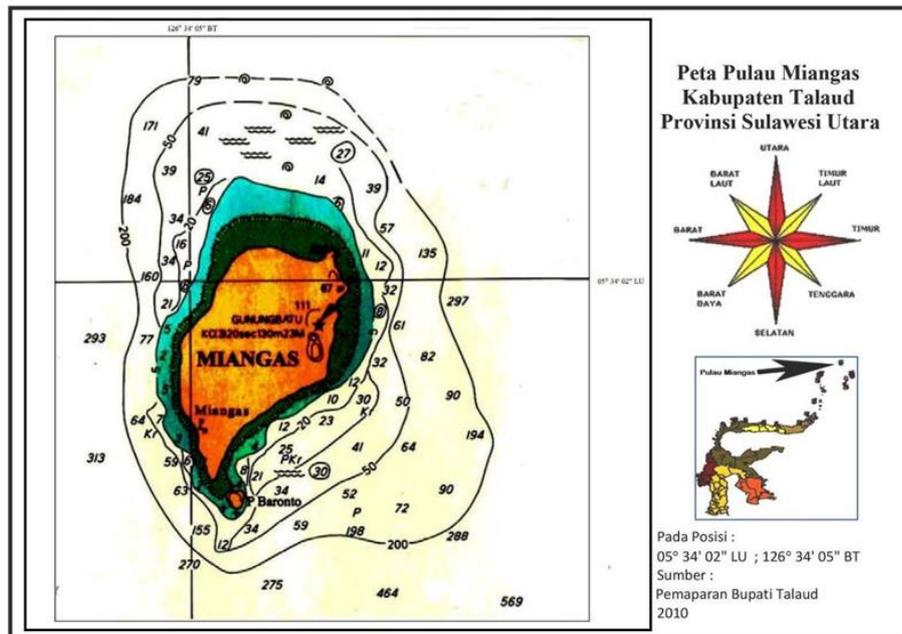
Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Pengumpulan kedua jenis data ini dilakukan di beberapa lokasi yaitu di pulau kecil terluar yang menjadi objek penelitian. Selain itu juga dilakukan

pencarian data sekunder di tingkat kabupaten atau kota yang berhubungan dengan lokasi penelitian. Data primer dikumpulkan melalui pengukuran, pengamatan lapang, serta wawancara dengan masyarakat di lokasi studi. Setelah data terkumpul dilakukan pengolahan dan analisis data, dilanjutkan dengan pembahasan hasil penelitian. Melalui analisis ini diperoleh :

1. Gambaran umum tentang kondisi ekosistem dan sumberdaya pesisir pulau-kecil terluar Miangas;
2. Analisis karakteristik fisik dan sosial masyarakat. Hasil dari analisis ini adalah gambaran umum karakteristik fisik pulau seperti

ketinggian pulau di atas permukaan laut, kelerengan pulau, dan karakteristik sosial masyarakat termasuk persepsi masyarakat, infrastruktur yang ada di pulau Miangas;

3. Analisis kecenderungan kenaikan muka laut, termasuk erosi pantai. Analisis ini menghasilkan informasi tentang kecenderungan kenaikan muka laut dan dampaknya; dan analisis kerentanan lingkungan pulau Miangas. Hasil yang didapatkan dari analisis ini adalah dinamika kerentanan Pulau Miangas. Setelah dilakukan overlay terhadap hasil analisis didapatkan keluaran penelitian berupa indeks kerentanan dan strategi adaptasi pulau Miangas.



Gambar 1. Lokasi penelitian Pulau Miangas

Penentuan skala dan bobot parameter kerentanan

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam penentuan indeks adalah metode penskalaan parameter ke dalam nilai-nilai tertentu. Nilai-nilai tersebut dinyatakan sebagai nilai skor dari suatu parameter. Sebagaimana yang dilakukan oleh (Tahir 2010) yang diacudalam Doukakis (2005) dan Rao et al. (2008) maka pada

analisis Pulau Miangas mengacu penentuan skala paramater dan bobot kerentanan tersebut.

Mengacu pada pendekatan penentuan peringkat skala dan skor yang disebutkan di atas, sistem penskalaan dan skoring penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3:

Tabel 2 Sistem penskalaan dan skoring parameter kerentanan lingkungan pulau Miangas untuk dimensi *exposure* dan *sensitivity*

Parameter	Nilai Skor					Sumber
	1	2	3	4	5	
Exposure						
Kenaikan muka laut (mm/thn)	< 4.99	5 -9.99	1 0-14.99	15-25	> 25	DK P (2008)
Erosi pantai (m/thn)	>2.0	1 .0-2.0	- 1.0-1.0	-1.0(-2.0)	< -2.0	Gornitz <i>et al.</i> (1992)
Rata-rata tunggang pasang (m)	<0.50	0 .51-1.0	1 .1-2.0	2.1-4.0	> 4	DK P (2008)
Tinggi gelombang (m)	<0.50	0 .51-1	1 .1-1.5	1.51-2	> 2	DK P (2008)
Kejadian tsunami dalam kurun waktu 1900 sampai saat ini	0	1	2 -3	4-10	> 10	Mo difikasi SOPAC (1999)
Pertumbuhan penduduk (%)	< 0.5	0 .51-1.0	1.1-1.5	1.51-2.0	2 .1≤	Mo difikasi dari SOPAC (1999)
Kepadatan penduduk (jiwa/ha)	<75	7 6-150	151-200	2 01-400	> 400	BS N (2004)
Sensitivity						
Elevasi (m)	>5	3.1-5	2.1-3	1.1-2	0.1	Hamzah <i>et al.</i> (in press)
Slope (%)	>40	25.1-40	15.1-25	9-15	0-8	Hamzah <i>et al.</i> (in press)
Tipeologi pantai	berv egetasi	ber batu	berke rikil	pantai berpasir	pantai hasil endapan	DK P (2009a)
Penggunaan lahan	Lahan terbuka	bud idaya laut	budid aya pertanian	petern akan	pemukiman	DK P (2009a)
Letak pemukiman penduduk	Keti nggian >5m	keti nggian 2-5m	belakang semp adan pantai	sekita r pantai	di atas perairan	Mo difikasi dari Malone <i>et al.</i> (2005)

Teknik penentuan bobot untuk setiap parameter ketiga dimensi kerentanan (*exposure*, *sensitivity*, *adaptive capacity*) dapat dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu pemberian

bobot secara langsung berdasarkan signifikansi setiap parameter terhadap kerentanan lingkungan (Doukakis 2005), penentuan bobot dengan matriks perbandingan (Villa dan McLeod 2002);

Hossain (2001), dan analisis regresi linear. Dalam penelitian ini, pendekatan penentuan bobot yang digunakan mengacu pada pendekatan matriks perbandingan sebagaimana dikemukakan Hossain (2001) Gambar 2.

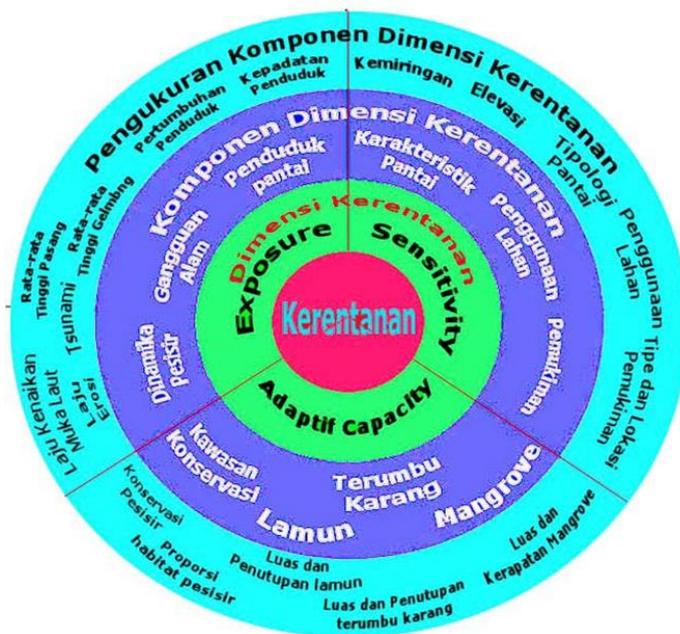
mengidentifikasi parameter dimensi kerentanan tersebut digunakan konsep *Vulnerability Scoping Diagram (VSD)* atau diagram pelingkupan kerentanan yang dikemukakan Polsky *et al.* 2007)(Gambar 3).

Tabel 3 Sistem penskalaan dan skoring tingkat *adaptive capacity* pulau Miangas

Parameter	Nilai Skor					Sumber
	1	2	3	4	5	
Habitat pesisir (proporsi terhadap luas daratan pulau)	lebih kecil atau sama	2 kali lebih besar	3 kali lebih besar	4 kali lebih besar	≥5 kali daratan pulau	Bengen (Personnel Communication, 6 Nopember 2009)
Terumbu karang (%)	0-24.9	-	25.0-49.9	50.0-74.9	75.0-100	KLH (2001)
Mangrove (pohon/ha)	< 1000	-	1000 - 1500	-	> 1500	KLH (2004)
Padang lamun (%)	0-29.9	-	30-59.9	-	> 60.0	KLH (2004)
Konservasi laut (proporsi terhadap habitat pesisir)	0-10	1-25	11-40	26-40	>50	Modifikasi dari DKP (2009b)



Gambar 2 Pendekatan matriks perbandingan Hossain (2001) dalam (Tahir 2010)



Gambar 3 Diagram pelingkupan kerentanan yang dikemukakan Polsky *et al.* 2007 yang diacudalamTahir (2010)

I. Exposure (Keterpaparan)

1) Kenaikan Muka Laut (SR)

Kenaikan muka laut akan meningkatkan potensi rendaman dan penggenangan pulau-pulau kecil (Mimura, 1999). Pesisir dan pulau-pulau kecil dataran rendah merupakan wilayah yang paling terancam dampak kenaikan muka laut. Laju kenaikan muka laut dan dampak telah banyak dikaji khususnya di negara-negara kepulauan. Luas daratan pulau-pulau kecil yang terendam sangat ditentukan oleh ketinggian pulau tersebut dari permukaan laut. IPCC *Third Assessment Report* (2001) menyebutkan proyeksi rata-rata kenaikan muka laut antara 20-70 cm sejak tahun 1900 sampai 2100. Rata-rata kenaikan muka laut global 3.32 mm/tahun. Dalam penelitian ini data kecenderungan kenaikan muka laut di perairan sekitar lokasi penelitian diperoleh dari AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellites Oceanographic*) yang dapat diunduh di alamat http://www.aviso.oceanobs.com/en/new_s/ocean-indicators/mean-sealevel/-index.html.

2) Erosi Pantai (ER)

Erosi pantai adalah proses dinamis dari wilayah pesisir atau daerah pantai karena adanya faktor-faktor oseanografis. Namun, ditengarai laju erosi di pulau-pulau kecil semakin meningkat dengan adanya kenaikan muka laut (Jallow *et al.* 1996). Selain karena kenaikan muka laut, laju erosi juga sangat ditentukan oleh tipologi pantai (substrat pantai), dan profil pantai. Dalam penelitian ini, data erosi diperoleh dari informasi masyarakat dengan menggunakan *indigenous knowledge* masyarakat. *Traditional knowledge* ini merupakan aspek penting dalam merekam berbagai kejadian alam termasuk perubahan garis pantai di suatu pulau (Mimura 1999). Masyarakat yang hidup di pulau mampu merekam berbagai perubahan yang terjadi di pulau tersebut, termasuk perubahan garis pantai.

3) Rara-Rata Tunggang Pasang (PS)

Pasang merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh

matahari, bumi dan bulan. Parameter ini juga akan memberikan kontribusi terhadap kerentanan pulau-pulau kecil. Semakin besar rata-rata tunggang pasang, semakin tinggi tingkat Keterpaparan pulau terhadap pasang. Data pasang diperoleh dari data pengukuran *tide gauge* yang telah dilakukan oleh beberapa instansi seperti Bakosurtanal, Dinas Hidrooseanografi.

4) Rata-Rata Tinggi Gelombang (GL)

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal, yang disebabkan oleh angin. *Significant wave height* (SWH) adalah nilai gelombang tertinggi yang mungkin terjadi. Saat gelombang pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai) menuju laut dalam akibatnya terjadi erosi/pengikisan pantai. Parameter ini juga merupakan variabel dari kerentanan pulau-pulau kecil. Semakin tinggi gelombang laut, tingkat Keterpaparan juga semakin besar. Data tinggi gelombang diperoleh dari AVISO yang dapat diunduh di http://atoll-motu.aviso.oceanobs.com/?action=listproductmetadata&service=AvisoNRT-&product=nrtmisc_msw_h_merged.

5) Kejadian Tsunami (TS)

Tsunami adalah gelombang laut akibat adanya pergerakan atau pergeseran di bumi di dasar laut, dimana terjadi penjalaran gelombang air laut secara serentak tersebar ke seluruh penjuru mata angin. Peristiwa tsunami merupakan salah satu bencana alam yang sering menimpa wilayah Indonesia. SOPAC (1999) memasukkan parameter ini sebagai salah satu parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Data kejadian tsunami diperoleh dari NGDC (*National Geophysical Data Center*) yang dapat diunduh melalui [http://www.ngdc-noaa.gov/hazard/tsu.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml). Data kejadian tsunami untuk wilayah

Indonesia tercatat kejadian tsunami dari tahun 1600 – 2009.

6) Pertumbuhan Penduduk (PD)

Pertumbuhan penduduk juga merupakan salah satu parameter dari Keterpaparan. SOPAC (1999) mengemukakan bahwa semakin tinggi pertumbuhan penduduk di suatu pulau akan meningkatkan kerentanan pulau-pulau kecil. Sejalan dengan Tompkins *et al.* (2005), menyebutkan bahwa pulau yang memiliki penduduk yang padat akan memiliki resiko yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang berpenduduk rendah atau tidak berpenduduk. Semakin tinggi pertumbuhan penduduk, semakin tinggi sifat *exposure* dari pulau tersebut. Data laju pertumbuhan penduduk dianalisis dari data statistik yang didapatkan dari catatan kependudukan di setiap pulau.

7) Kepadatan Penduduk (KP)

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan terhadap ruang (lahan) juga akan meningkat. Padahal, lahan merupakan faktor pembatas di pulau-pulau kecil. Peningkatan penduduk akan memberikan tekanan terhadap lingkungan pulau-pulau kecil. Hal ini dapat memberikan dampak terhadap berkurangnya kemampuan pulau-pulau kecil beradaptasi terhadap kenaikan muka laut. SOPAC (1999) juga menjadikan kepadatan penduduk sebagai indikator kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Data kepadatan penduduk diperoleh dari data statistik kependudukan di setiap pulau dibagi dengan luas pulau tersebut.

II. *Sensitivity* (Sensitivitas)

1) Elevasi (EL)

Elevasi pulau merupakan salah satu parameter yang menentukan apakah suatu pulau rentan terhadap kenaikan muka laut. Pulau-pulau kecil yang memiliki elevasi yang rendah merupakan daerah yang paling mudah terkena dampak kenaikan muka laut berupa perendaman/penggenangan. Mimura (1999) mengkaji potensi penggenangan pulau-pulau atol di

kawasan Pasifik melihat potensi yang tinggi karena pulau tersebut memiliki elevasi yang rendah. Data elevasi pulau diperoleh dari pengukuran di lapang dengan menggunakan alat pengukuran topografi (*total station*) yang kemudian dianalisis dengan menggunakan sistem informasi geografis.

2) Kelerengan/*Slope* (SL)

Kemiringan atau kelerengan daratan suatu pulau mempengaruhi tingkat kerentanannya terhadap kenaikan muka laut. Gornitz *et al.* (1992) memasukkan parameter ini dalam mengkaji kerentanan pesisir sebagai salah satu variabel dari kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka laut. Kelerengan memiliki korelasi dengan elevasi pulau. Dimana pulau-pulau yang datar akan memiliki kelerengan yang landai. Semakin kecil kelerengan pulau akan meningkatkan kerentanan terhadap kenaikan muka laut. Data kemiringan pulau diperoleh dari pengukuran di lapang dengan menggunakan alat pengukuran topografi (*total station*).

3) Tipologi Pantai (TP)

Tipologi pantai juga memiliki keterkaitan dengan kerentanan pulau-pulau kecil khususnya dikaitkan dengan peningkatan erosi pantai. Ada jenis pantai yang mudah mengalami erosi dan ada pulau yang memiliki daya tahan yang kuat terhadap proses erosi pantai. Beberapa jenis pantai yang memiliki daya tahan rendah terhadap erosi adalah pantai hasil endapan dan pantai berpasir. Sebaliknya tipologi pantai dari jenis pantai bervegetasi memiliki daya tahan terhadap erosi. Data tipologi pantai diperoleh dari pengamatan di lapangan yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

4) Penggunaan Lahan (PL)

Jenis pemanfaatan lahan di pulau-pulau kecil juga memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap kenaikan muka laut karena perendaman atau penggenangan daratan. Kategori pemanfaatan lahan atau peruntukan lahan di pulau-pulau kecil telah

ditetapkan dalam UU No. 27 Tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Semakin rentan suatu pemanfaatan atau peruntukan lahan terhadap suatu kenaikan muka laut, pemanfaatan tersebut semakin sensitif (Brenkert dan Malone 2005). Data penggunaan lahan diperoleh melalui pengamatan di lapangan yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

5) Pemukiman Penduduk (PP)

Pemukiman dan infrastruktur lainnya yang ada di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil merupakan salah satu parameter yang sensitif terhadap kenaikan muka laut (Brenkert dan Malone 2005). Sensitivitas semakin tinggi dengan banyaknya bangunan/pemukiman yang berada pada wilayah yang memiliki resiko tinggi terhadap kenaikan muka laut. Cardona (2003) menyatakan bahwa besarnya resiko atau dampak terhadap pemukiman sangat terkait dengan lokasinya terhadap Keterpaparan. Data penyebaran pemukiman diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan yang kemudian diplotkan dalam peta pulau yang diteliti.

III. *Adaptive Capacity* (kapasitas adaptif)

1) Habitat Pesisir (HP)

Kemampuan ekosistem pesisir untuk meredam pengaruh dari luar terhadap pulau-pulau kecil sangat ditentukan oleh proporsi habitat pesisir. Bengen (*Personnel Communication*, 6 Nopember 2009), menyebutkan bahwa habitat pesisir memiliki kemampuan melindungi terhadap gangguan dari luar. Semakin besar proporsi habitat pesisir terhadap daratan pulau-pulau kecil, semakin tinggi kemampuan perlindungan yang diberikan terhadap daratan pulau tersebut. Habitat pesisir terdiri dari komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik terdiri dari ekosistem pesisir yaitu ekosistem terumbu karang, mangrove dan lamun, sedangkan komponen abiotik terdiri dari pantai

berpasir, pantai berbatu dan pantai berlumpur. Kench *et al.* (2006) menunjukkan perubahan tinggi gelombang ke arah pantai berbanding dengan panjang terumbu ke arah pantai. Data proporsi habitat pesisir pulau-pulau kecil diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pengukuran di lapangan yang kemudian diplotkan dalam peta.

2) Kerapatan Mangrove (MR)

Kapasitas adaptif dari wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dapat bersumber dari sistem alamiah pulau maupun dari sistem sosial masyarakat di pulau tersebut (Mimura 1999). Ekosistem mangrove selain memiliki fungsi secara fisik, juga memiliki peran secara ekologi dalam mendukung keberlanjutan sistem pulau-pulau kecil. Ekosistem mangrove memiliki kemampuan sebagai perangkap sedimen, pelindung dari badai angin, mencegah banjir di kawasan pesisir (Mahmood *et al.* 2005). Ekosistem mangrove juga memiliki fungsi memperlambat erosi pantai (Othman 1994; Vermaat dan Thampanya 2006). Terdapat dua faktor yang menentukan peran dari kapasitas adaptif ekosistem mangrove yaitu luas hamparan mangrove dan tingkat kerapatan (Alongi 2008). Data kerapatan dan luas mangrove diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

3) Terumbu Karang (TK)

Ekosistem terumbu karang juga merupakan ekosistem alamiah dari pulau kecil (Mimura 1999). Ekosistem ini memiliki kemampuan dalam meningkatkan kapasitas adaptif pulau kecil terhadap gangguan alam termasuk kenaikan muka laut dan berbagai implikasinya. Seperti halnya ekosistem mangrove, ekosistem terumbu karang juga memiliki fungsi fisik dan ekologi yang sangat menentukan keberlanjutan dan sistem pulau-pulau kecil. Ekosistem ini memiliki peran dalam meredam energi gelombang menuju ke

arah pantai. Data tentang kualitas dan sebaran terumbu karang didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung di lapangan dengan menggunakan metode PIT (*point line transect*).

4) Padang Lamun (LM)

Ekosistem lamun juga merupakan salah satu parameter dari sistem alamiah pulau-pulau kecil yang dapat meningkatkan kapasitas adaptif pulau-pulau kecil. Ekosistem lamun memiliki fungsi sebagai stabilisator dan perangkap sedimen (USFWS 2009; NOAA 2004). Lamun memiliki kemampuan perangkap sedimen sekitar 1 cm per 100 tahun (EPA 2009; Torbay's Seagrass Project 2009). Sedimen ini memiliki peran untuk memproteksi garis pantai dari hantaman gelombang. Hubungan antara ekosistem terumbu karang, mangrove dan lamun di kawasan pesisir memiliki peran penting menjaga sistem ekologi di pulau-pulau kecil.

5) Konservasi Laut (KL)

Kawasan konservasi laut adalah instrumen pengelolaan yang dapat meningkatkan resiliensi pulau-pulau kecil (SOPAC 2005). Moreno dan Becken (2009) menjadikan kawasan konservasi laut sebagai paratemer kapasitas adaptif dalam kerentanan wisata pesisir terhadap perubahan iklim. Kawasan pesisir yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi laut dapat meningkatkan kualitas ekosistem di dalamnya seperti ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun. Dahuri (1997) menyebutkan bahwa untuk mengoptimalkan kawasan konservasi laut, perlu menetapkan suatu kawasan secara permanen yang tidak boleh diganggu dengan proporsi minimal 20 % untuk preservasi dan 30 % untuk kawasan konservasi. Sementara DKP (2009b) menyebutkan bahwa untuk pulau kecil kawasan pesisir yang perlu dikonservasi sebesar 30 % dan pulau sangat kecil, sebesar 50 % dari luas pulau. Proporsi kawasan konservasi laut yang dimaksud dalam penelitian ini adalah proporsi dari luas

pesisir (mangrove, terumbu karang dan lamun). Pengumpulan data tentang kawasan konservasi laut dilakukan melalui wawancara dengan masyarakat.

Penentuan Skala dan Bobot Parameter Kerentanan

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam penentuan indeks adalah metode penskalaan parameter ke dalam nilai-nilai tertentu. Nilai-nilai tersebut dinyatakan sebagai nilai skor dari suatu parameter. Bossel (1999) menyatakan bahwa untuk menghasilkan sebuah indeks tunggal, keragaman data dan indikator perlu distandarisasi dalam suatu unit yang sama. Hal ini banyak dilakukan dengan mereduksi seluruh komponen ke suatu nilai skoring pada beberapa tingkatan. Terdapat banyak penelitian yang menggunakan pendekatan ini untuk menentukan indeks suatu objek. Dari penelitian tersebut, ditemukan perbedaan dalam menentukan jumlah tingkatan atau peringkat skala dan skoring yang digunakan. SOPAC (1999) menggunakan 7 tingkatan (1-7), Doukakis (2005) dan Rao *et al.* (2008) menggunakan 5 tingkatan (1-5). Untuk memaknai setiap nilai skor tersebut, baik SOPAC (1999), Doukakis (2005) maupun Rao *et al.* (2008) memberikan definisi dari setiap skor (Tabel 10). Skala 1-7 yang dikemukakan SOPAC (1999) memiliki nilai tengah yang disebut dengan rata-rata dan nilai minimum dan maksimum sebagai batas bawah dan batas atas. Adapun Doukakis (2005) dan Rao *et al.* (2008) menggunakan nilai tengah sebagai nilai sedang, nilai terendah dan tertinggi sebagai batas bawah dan batas atas.

Teknik penentuan bobot untuk setiap parameter pada ketiga dimensi kerentanan (*exposure, sensitivity, adaptive capacity*) dilakukan dengan mengacu pada pendekatan matriks perbandingan sebagaimana dikemukakan Hossain (2001) yang diadopsi dalam Tahir (2010).

Analisis Data

Analisis Ekosistem Pesisir

1) Ekosistem Terumbu Karang

Data ekosistem terumbu karang yang dianalisis mencakup luasan (sebaran habitat) dan persentasi tutupan karang hidup. Analisis sebaran ekosistem terumbu karang dilakukan dengan menggunakan analisis sistem informasi geografis. Adapun kualitas tutupan karang hidup dianalisis dengan menggunakan kriteria yang dikemukakan KLH (2001). Kualitas tutupan karang hidup dibagi menjadi empat kategori, yaitu kondisi buruk, sedang, baik dan sangat baik (Tabel 5).

2) Ekosistem Mangrove

Seperti halnya dengan analisis terumbu karang, analisis ekosistem mangrove juga mencakup analisis spasial atau sebaran habitat dan analisis kualitas tutupan dalam bentuk kerapatan pohon mangrove. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan analisis sistem informasi geografis, sedangkan analisis tingkat kerapatan dilakukan dengan menghitung jumlah pohon dalam satuan hektar (pohon/ha). Untuk menilai tingkat kerapatan mangrove digunakan kriteria yang dibuat Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2004). Kriteria yang digunakan untuk menilai kerapatan mangrove terdiri dari tiga kategori, yaitu kepadatan jarang, sedang dan sangat padat (Tabel 6).

3) Padang Lamun

Data ekosistem padang lamun juga mencakup data tentang distribusi spasial dan kualitas tutupan. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan analisis sistem informasi geografis, sedangkan analisis kualitas tutupan lamun menggunakan kriteria yang dikemukakan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2004). Kualitas tutupan lamun dibagi menjadi tiga, yaitu sangat kaya, kurang kaya dan miskin (Tabel 7).

Tabel 5 Kriteria persentase penutupan karang hidup

Persentase Tutupan Karang Hidup (%)	Kondisi
0.0% - 24.9%	Buruk
25.0% - 49.9%	Sedang
50.0% - 74.9%	Baik
75.0% - 100%	Sangat Baik

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2001)

Tabel 6 Kriteria baku kerusakan mangrove

Kriteria	Penutupan (%)	Kerapatan (Pohon/Ha)
Baik Sangat Padat	> 70	> 1 500
Rusak Sedang	> 50 - < 70	> 1 000 - < 1 500
Jarang	< 50	< 1 000

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2004)

Tabel 7 Kategori tutupan lamun

Kondisi	% Penutupan Area
Baik Sehat/kaya	≥ 60
Rusak Kurang kaya/kurang sehat	30 – 59.9
Miskin	29.9

Sumber: Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2004)

Analisis Karakteristik Geofisik Pulau-Pulau Kecil

Parameter geofisik pulau kecil yang dianalisis adalah kelerengan pantai (*coastal slope*), ketinggian atau elevasi pulau dari permukaan laut, dan tipologi/jenis pulau, laju erosi pantai, dan parameter oseanografi seperti gelombang dan pasang surut. Kelerengan pantai berhubungan dengan kemudahan dari suatu pantai/pesisir mengalami perendaman atau penggenangan apabila terjadi banjir atau kenaikan muka laut dan mempercepat bergesernya garis pantai. Demikian juga dengan faktor elevasi pulau, akan menentukan seberapa lama suatu pulau akan mengalami perendaman dengan adanya kenaikan muka laut dari tahun ke tahun. Tipologi secara tidak langsung juga menentukan kemudahannya suatu pulau mengalami perendaman, misalnya pulau-pulau

dataran rendah lebih cepat mengalami perendaman dibandingkan pulau berbukit. Ada beberapa pendekatan yang digunakan untuk analisis kenaikan muka laut, seperti yang dikemukakan Hamzah *et al.* (*in press*), yaitu:

1. Berdasarkan data pasang surut dari rekaman *tide gauge* serta proyeksi perubahan duduk tengahnya yang diasumsikan secara linear
2. Berdasarkan data satelit altimetri ADT yang diperoleh dari AVISO.
3. Berdasarkan model kenaikan permukaan laut (*sea level rises = SLRs*) dengan skenario SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*) series IPCC.

Kenaikan muka laut akan meningkatkan potensi rendaman daratan pulau kecil. Selain kenaikan muka laut, potensi rendaman daratan pulau kecil juga dapat disebabkan oleh faktor lain seperti pasang surut, dan subsiden dari suatu pulau. Parameter-

parameter oseanografi seperti pasang surut, gelombang laut, erosi pantai juga dianalisis mengingat parameter ini memiliki kontribusi terhadap kerentanan pulau-pulau kecil

Analisis Karakteristik Sosial Ekonomi

Parameter sosial ekonomi yang dianalisis adalah pertumbuhan dan kepadatan penduduk, mata pencaharian, pola persebaran pemukiman penduduk dan kearifan lokal terkait dengan pengelolaan lingkungan. Pertumbuhan penduduk dianalisis dengan membandingkan jumlah penduduk dari tahun ke tahun, untuk mendapatkan laju pertumbuhan penduduk per tahun. Sementara kepadatan penduduk dianalisis dengan membandingkan jumlah penduduk dengan ketersediaan lahan daratan yang layak dihuni. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui jenis mata pencaharian masyarakat di pulau-pulau kecil, pola-pola persebaran pemukiman dan kearifan lokal yang tumbuh di masyarakat dalam melindungi sumberdaya pesisir.

Konstruksi model indeks kerentanan lingkungan dimulai dengan pemahaman terhadap karakter sistem yang akan diteliti, dalam hal ini adalah karakter pulau-pulau kecil. Karakteristik parameter kerentanan lingkungan

pulau-pulau kecil dianalisis untuk memahami karakteristik dari sistem tersebut. Berdasarkan pemahaman tersebut dilakukan identifikasi parameter-parameter lingkungan yang mempengaruhi kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Setelah parameter kerentanan lingkungan diketahui lalu dilakukan konstruksi model indeks kerentanan.

Penentuan Bobot

Menurut Villa dan McLeod (2002) salah satu pendekatan yang digunakan dalam memberikan bobot adalah matriks perbandingan berpasangan yang sudah dikembangkan oleh Saaty (1980). Matriks perbandingan berpasangan menggambarkan pengaruh relatif setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Tahapan-tahapan pengolahan bobot parameter kerentanan lingkungan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan nilai signifikansi setiap parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil
2. Menyusun matriks perbandingan dari masing-masing parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil, sebagai berikut Tabel 8:

Tabel 8 Parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil

		C1	C2	Cn
A=(a _{ij})=	C1	1	a ₁₂	a _{1n}
	C2	1/a ₁₂	1	a _{2n}

	Cn	1/a _{1n}	1/a _{2n}	1

Dalam hal ini, C1, C2,...Cn adalah parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Nilai signifikansi perbandingan berpasangan membentuk matriks n x n. Nilai a_{ij} merupakan nilai matriks perbandingan parameter yang mencerminkan nilai kepentingan C_i terhadap C_j. Cara pengisian elemen-elemen matriks pada di atas adalah:

1. Elemen a_[i, j] = 1 dimana i = 1,2,...,n (untuk penelitian n = 4)
2. Elemen matriks segitiga atas sebagai input
3. Elemen matriks segitiga bawah mempunyai rumus,

$$a [j,i]= \frac{1}{a[i, j]}, \text{ untuk } i \neq j$$

Matriks gabungan, merupakan matriks baru yang elemen-elemennya berasal dari rata-rata geometrik elemen matriks yang nilai rasio inkonsistensinya memenuhi syarat. Pengolahan horizontal, yaitu:

- a) perkalian baris,
- b) Perhitungan vektor prioritas atau vektor ciri (*eigen vector*),
- c) perhitungan akar ciri (*eigen vau*) maksimum, dan
- d) perhitungan rasio inkonsistensi.

Nilai pengukuran konsistensi diperlukan untuk menghitung konsistensi penilaian signifikansi parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil.

3. Menghitung *eigen value* setiap baris dengan menggunakan rumus sebagai

Berikut :

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot \frac{w_j}{w_i}$$

C_1, C_2, \dots, C_n dan bobot pengaruhnya adalah w_1, w_2, \dots, w_n .

Misalkan $a_{ij} = w_i / w_j$ menunjukkan kekuatan C_i jika dibandingkan dengan C_j . Matriks dari angka angka a_{ij} ini dinamakan matriks *pairwise comparison*, yang diberi simbol A, yang merupakan matriks *reciprocal*, sehingga $a_{ji} = 1 / a_{ij}$.

Jika z_1, \dots, z_n adalah angka-angka yang memenuhi persamaan $Aw = \lambda w$ dimana λ merupakan eigen value dari matriks A, dan jika $a_{ij} = 1$ untuk semua i, maka:

Tabel 9 *Random Consistency (RC)*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
									0	1	
C	,00	,00	,58	,90	,12	,24	,32	,41	,45	,49	,51

Sumber : Tahir, 2010

HASIL

Formulasi Indeks Kerentanan Lingkungan Pulau Kecil terluar

Model indeks kerentanan yang dikonstruksi dalam penelitian ini terdiri dari model statis indeks kerentanan

$$\sum_{i=1}^n \lambda = n.$$

4. Menguji konsistensi setiap matriks berpasangan antar alternatif dengan rumus masing-masing elemen matriks berpasangan pada langkah 3 dikalikan dengan nilai prioritas kriteria. Hasil masing-masing baris dijumlahkan, kemudian hasilnya dibagi dengan masing-masing nilai prioritas kriteria sebanyak $n\lambda$. Menghitung Lamda max (λ_{max}) dengan rumus:

$$\lambda_{max} = (\sum_{i=1}^n \lambda_i) / n$$

Menghitung *Consistency Index (CI)* dengan rumus

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

Menghitung dengan rumus :

$$(CR) = \frac{CI}{RC}$$

RC adalah nilai yang berasal dari tabel acak seperti Tabel 17. Jika $CR < 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan konsisten. Jika $CR > 0,1$, maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan tidak konsisten. Jika tidak konsisten, maka pengisian nilai-nilai pada matriks berpasangan oleh setiap parameter harus diulang. Hasil akhirnya berupa prioritas global sebagai nilai yang digunakan oleh pengambil keputusan berdasarkan skor yang tertinggi (Tabel 9).

lingkungan dan model dinamik indeks kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Model statis indeks kerentanan lingkungan dimaksudkan untuk menghitung indeks kerentanan saat ini (sesaat), sedangkan model dinamik indeks kerentanan lingkungan

digunakan untuk melakukan prediksi dinamika kerentanan pada masa yang akan datang.

Indeks Kerentanan Saat Ini

Sebagai telah disebutkan dalam **Sub Bab 1.7**, konsep kerentanan lingkungan yang diacu dalam penelitian ini adalah konsep kerentanan yang dikemukakan Turner *et al.* (2003), bahwa kerentanan (V) merupakan fungsi *overlay* dari *exposure* (E), *sensitivity* (S), dan *adaptive capacity* (AC), yang selanjutnya diekspresikan secara matematika oleh Metzger *et al.* (2006) seperti pada persamaan (1). Persamaan (1) tersebut diekspresikan lebih lanjut dalam bentuk persamaan matematika oleh Hamzah *et al.* (*in press*) dan juga memiliki kesamaan yang dikembangkan UNU-EHS (2006) menjadi:

$$V = (E \times S)/AC$$

Dengan menjabarkan parameter kerentanan seperti yang diadopsi dari Polsky *et al.* (2007), dimensi E, S dan AC masing-masing dapat dijabarkan sebagai sebuah persamaan.

1. Dimensi Exposure

Persamaan indeks kerentanan dimensi *exposure* dituliskan sebagai berikut:

$$IE = \alpha_1 (SR \times ER) + \alpha_2 GL + \alpha_3 PS + \alpha_4 TS + \alpha_5 (PD \times KP)$$

Keterangan: α adalah bobot yang didasarkan atas signifikansi setiap parameter terhadap kerentanan pulau-pulau kecil.

2. Dimensi Sensitivity

Dimensi *sensitivity* dituliskan sebagai berikut:

$$IS = \beta_1 EL + \beta_2 TP + \beta_3 SL + \beta_4 PL + \beta_5 PP$$

Keterangan: β adalah bobot yang didasarkan atas signifikansi setiap

parameter terhadap kerentanan pulau-pulau kecil.

4. Dimensi Adaptive Capacity

Parameter dimensi *adaptive capacity* terdiri dari habitat pesisir (HP), ekosistem terumbu karang (TK), ekosistem mangrove (MR), ekosistem lamun (LM) dan konservasi laut (KL). Masing-masing parameter tersebut memiliki peran yang berbeda dalam menentukan kemampuan adaptasi pulau-pulau kecil. Persamaan matematika untuk indeks kerentanan dimensi *adaptive capacity* dituliskan sebagai berikut:

$$IAC = \epsilon_1 HP + \epsilon_2 TK + \epsilon_3 MR + \epsilon_4 LM + \epsilon_5 KL$$

Keterangan: ϵ adalah bobot yang didasarkan atas signifikansi setiap parameter terhadap kerentanan pulau-pulau kecil. Sehingga persamaan Indeks Kerentanan Lingkungan Pulau-Pulau Kecil (IK-PPK) sebagai berikut:

$$IK-PPK = IE \times IS / IAC$$

Untuk mendapatkan nilai minimum dan maksimum dari persamaan (22), dilakukan dengan mensubstitusi nilai setiap parameter yang berkisar dari 1 sampai 5. Dengan menggunakan bobot dari masing-masing parameter pada persamaan (19), (20), dan (21) dengan bobot pada Tabel 18, diperoleh nilai minimum IK-PPK sebesar 0.20 dan nilai maksimum sebesar 76.00. Hasil perhitungan nilai indeks minimum dan maksimum disajikan pada Lampiran 1. Dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum tersebut, skala penilaian tingkat kerentanan pulau-pulau kecil dibagi menjadi 4 kategori kerentanan (Doukakis 2005) sebagai berikut Tabel 10:

Tabel 10 Kategori kerentanan (Doukakis 2005)

0.20	6.04	-	:	Kerentanan rendah (<i>low</i>)
6.05	18.18	-	:	Kerentanan sedang (<i>moderate</i>)

18.19 - 40.48	:	Kerentanan tinggi (<i>high</i>)
40.49 - 76.00	:	Kerentanan sangat tinggi (<i>very high</i>)

Proyeksi Kerentanan Pulau Kecil terluar

Kerentanan pulau-pulau kecil memiliki karakteristik yang dinamis, yang berarti kerentanan tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan perubahan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dengan model kerentanan pulau-pulau kecil seperti di atas, maka laju atau perubahan kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil pada waktu yang akan datang dapat diduga dengan lebih baik. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan *priority setting*. Berdasarkan pendekatan ini, bobot setiap parameter dimensi *exposure*, *sensitivity*, dan *adaptive capacity* disajikan pada Tabel 11. Bobot parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil, sedangkan metode penghitungan disajikan pada:

Tabel 11 Bobot parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil

Parameter	Bobot
Exposure	
SRxER	0.4
GL	0.2
PS	0.1
TS	0.1
PD x KD	0.1
Sensitivity	
EL	0.4
TP	0.2
SL	0.1
PL	0.1

PP	0.1
1	
<i>Adaptive capacity</i>	
HP	0.4
TK	0.2
MR	0.2
LM	0.1
KL	0.1

Analisis data kerentanan

Membangun indeks kerentanan adalah yang dikembangkan oleh Chamber (1983); O'Brien and Mileti (1992); Handmer *et al.*, (1999); Atkins *et al.*, (1998). Prosedur dalam menghitung indeks kerentanan untuk perubahan iklim yang bisa diaplikasikan menurut Sullivan (2008) adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi ancaman pada wilayah masa sekarang ataupun kemungkinan dimasa mendatang dari sisi geospasial (kenaikan muka air laut, deforestasi dan lain-lain)
2. Mengkomunikasikan dengan *stakeholder* untuk mencari skenario perubahan potensial kondisi sosial, ekonomi dan lingkungan untuk digabungkan dengan estimasi perubahan pada sumber daya alam kunci seperti air, atau dampak perubahan iklim terhadap hidrologi.
3. Mengumpulkan dan menyusun seluruh data yang relevant pada lokasi sampel.
4. Menghitung nilai indeks kerentanan pada kondisi sekarang dan pada kondisi berbagai skenario perubahan.
5. Menginterpretasikan arti nilai indeks kerentanan dalam kaitannya dengan dampak yang mungkin terjadi pada berbagai variabel
6. Membuat hasil pada berbagai skala

spasial untuk berbagai pengguna yang berbeda dan ditambahkan dengan beberapa indikasi ketidakpastian dan 7. Komunikasikan dengan *stakeholder* pada level pemerintahan untuk membangun rencana adaptasi selanjutnya.

Dinamika Kerentanan Pulau Miangas

Dalam batasan operasional, kerentanan dalam beberapa studi dibedakan atas kerentanan fisik dan sosial. Kerentanan dapat dibedakan atas kerentanan biofisik dan sosial-ekonomi. Hal senada terlihat pada tulisan (Preston dan Stafford-Smith 2009) yang melihat bahwa kerentanan memiliki sifat yang dinamis. Perubahan kerentanan terjadi karena perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi seperti faktor-faktor sosial dan biofisik. Oleh karena itu, pada penelitian kerentanan ini digunakan Keterpaparan, sensitivitas, kapasitas adaptif.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis kerentanan Pulau kecil terluar: Pulau Miangas yang dianalisis berdasarkan (Tahir 2010) maka didapatkan sebagai berikut,

I Keterpaparan kerentanan Pulau Miangas

Berdasarkan hasil analisis serta kajian-kajian yang didapatkan tentang kerentanan di Pulau Miangas didapatkan untuk Keterpaparan sebagai berikut

1) Kenaikan muka laut (SR)

Kenaikan muka laut (SR) akan meningkatkan potensi rendaman dan penggenangan pulau-pulau kecil (Mimura, 1999). Pesisir dan pulau-pulau kecil dataran rendah merupakan wilayah yang paling terancam dampak kenaikan muka laut. Laju kenaikan muka laut dan dampak telah banyak dikaji khususnya di negara-negara kepulauan. Luas daratan pulau-pulau kecil yang terendam sangat ditentukan oleh ketinggian pulau tersebut dari permukaan laut. IPCC Third

Assessment Report (2001) menyebutkan proyeksi rata-rata kenaikan muka laut antara 20-70 cm sejak tahun 1900 sampai 2100. Rata-rata kenaikan muka laut global 3.32 mm/tahun. Dalam penelitian ini data kecenderungan kenaikan muka laut di perairan sekitar lokasi penelitian diperoleh dari AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of Satellites Oceanographic) yang dapat diunduh di alamat

<http://www.aviso.oceanobs.com/en/new/s/ocean-indicators/mean-sealevel/index.html>.

2) Erosi pantai (ER)

Erosi pantai (ER) adalah proses dinamis dari wilayah pesisir atau daerah pantai karena adanya faktor-faktor oseanografis. Namun, ditengarai laju erosi di pulau-pulau kecil semakin meningkat dengan adanya kenaikan muka laut (Jallow *et al.* 1996). Selain karena kenaikan muka laut, laju erosi juga sangat ditentukan oleh tipologi pantai (substrat pantai), dan profil pantai. Dalam penelitian ini, data erosi diperoleh dari informasi masyarakat dengan menggunakan *indigenous knowledge* di masyarakat. *Traditional knowledge* ini merupakan aspek penting dalam merekam berbagai kejadian alam termasuk perubahan garis pantai di suatu pulau (Mimura 1999). Masyarakat yang hidup di pulau mampu merekam berbagai perubahan yang terjadi di pulau tersebut, termasuk perubahan garis pantai.

Erosi dan Abrasi Pantai Miangas

Erosi pantai adalah kerusakan garis pantai akibat dari terlepasnya material pantai, seperti pasir atau lempung yang terus menerus dihantam oleh gelombang laut, atau dikarenakan oleh terjadinya perubahan keseimbangan angkutan sedimen di perairan pantai (Hang Tuah 2003). Erosi menyebabkan mundurnya pantai dari kedudukan semula. Erosi dapat terjadi akibat dari:

- pembuatan bangunan pantai yang menjorok ke laut yang mengubah keseimbangan pantai

- penebangan hutan pantai (bakau/ *mangrove*)

- matinya karang pantai dan hutan bakau yang berfungsi sebagai pemecah gelombang, akibat pencemaran perairan pantai

- pengambilan material pantai (pasir atau karang pantai) dan material di sungai (pasir dan batu)

Abrasi pantai adalah erosi pada jenis pantai yang masif seperti cadas, batu atau lapisan beton. Erosi dan abrasi dapat menyebabkan kerusakan lahan dan properti atau aset yang berada di dekat pantai Pulau Miangas

Penanggulangan Erosi dan Abrasi Pantai

Pada pantai yang seimbang, proses alami membentuk suatu sistem perlindungan terhadap erosi pantai. Untuk pantai berpasir perlindungan tersebut dapat berupa timbunan pasir di sisi belakang pantai. Pada daerah tropis, pantai berpasir seringkali terlindungi dari gempuran ombak oleh terumbu karang yang hidup di sepanjang pantai. Selain itu, di daerah belakang pantai (*back shore*) tumbuhan pantai seperti pandan dan rumput membantu menjaga agar pasir yang terdapat di gundukan pasir tidak terbawa oleh angin keluar dari daerah pesisir. Pada daerah pantai berlumpur, perlindungan alam berupa tumbuhan bakau atau pohon api-api dan lapisan lumpur yang tebal dapat pula meredam energi gelombang yang datang. Pola penanggulangan erosi pantai dapat dilakukan melalui tiga pendekatan yaitu:

- Bertahan dan melindunginya, dengan cara membatasi erosi yang terjadi supaya tidak bertambah parah.

- Membiarkan erosi yang terjadi, mundur dari pantai, merelokasi atau memindahkan aset sumber daya pantai yang berharga menjauhi pantai, serta mempersiapkan daerah belakang pantai supaya aman terhadap erosi atau

dengan menyesuaikan peruntukan lahannya.

- Maju dan bekerja sama dengan alam, mengembalikan garis pantai ke posisi semula dengan cara memasang bangunan pengaman pantai, melakukan reklamasi, melakukan penghijauan pantai, penumbuhan terumbu karang, atau perlakuan yang terpadu.

Pola menangani erosi tergantung pada beberapa aspek seperti:

- Tujuan yang akan dicapai
- Keadaan gelombang, arus dan angkutan sedimen
- Keadaan bathimetri dan material dasar
- Bahan bangunan yang tersedia
- Keadaan mekanika tanah
- Keadaan lingkungan
- Peruntukan lahan dan rencana pengembangan daerah
- Kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat
- Pendanaan

Jenis bangunan pengaman pantai yang biasa diterapkan (*US Army Corps of Engineers*, 1992).

Tembok laut (*seawall*)

Jenis konstruksi pantai yang masif dan ditempatkan sejajar dengan garis pantai, menempel pada tebing pantai dan membatasi secara langsung bidang daratan dengan air laut; dapat digunakan sebagai pengaman pada pantai berlumpur atau berpasir. Fungsi utama: Mencegah erosi pantai bagian darat, yang secara langsung terkena hantaman gelombang dan arus laut, melindungi langsung pantai bagian darat di belakang struktur, serta berfungsi juga sebagai tembok penahan tanah yang ada di belakang konstruksi. Bahan konstruksi yang dipergunakan berupa pasangan batu dan beton

3) Rata-rata tinggi gelombang (GL)

Gelombang (GL) adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik

sinusoidal, yang disebabkan oleh angin. *Significant wave height* (SWH) adalah nilai gelombang tertinggi yang mungkin terjadi. Saat gelombang pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai) menuju laut dalam akibatnya terjadi erosi/pengikisan pantai. Parameter ini juga merupakan variabel dari kerentanan pulau-pulau kecil. Semakin tinggi gelombang laut, tingkat Keterpaparan juga semakin besar. Data tinggi gelombang diperoleh dari AVISO yang dapat diunduh di : <http://atollmotu.aviso.oceanobs.com/?a>

[ction=listproductmetadata&service=AvisoNRT&product=nrtmisc_msw_h_merge](http://atollmotu.aviso.oceanobs.com/?action=listproductmetadata&service=AvisoNRT&product=nrtmisc_msw_h_merge)

Kejadian gelombang diramalkan berdasarkan data angin harian *time series* 5 lima tahunan, antara tahun 2000 sampai tahun 2004. Data angin diperoleh dari Stasiun Meteorologi kelas III Naha yang berada pada lokasi bandar udara di Pulau Sangihe. Posisi stasiun pada 03°41' Lintang Utara dan 125°31' Bujur Timur, tinggi stasiun 8 meter Tabel 12.

Tabel 12 Persentase Kejadian Gelombang

Arah Gelombang	(tahun 2000 sampai tahun 2004)							Jumlah (%)
	Tinggi Gelombang (m)							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	
Utara	9.3	2.13	.22	.00	.07	.00	.00	12.36
Timur Laut	8.25	2.80	.47	.00	.00	.00	.00	21.78
Timur Tenggara	0.23	4.78	.37	.07	.00	.00	.00	15.45
Selatan	2.21	0.66	.00	.00	.00	.00	.00	2.87
Barat Daya	5.3	3.24	.81	.00	.00	.00	.00	7.58
Barat Laut	3.98	0.15	.09	.44	.00	.00	.00	27.67
Barat Laut	.24	.40	.88	.37	.07	.00	.00	5.96
CALM	.94	.88	.22	.00	.00	.00	.00	4.05
Jumlah	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.28	2.28
	6.43	6.05	.33	.88	.14	.28	.28	100

Sumber: Hasil Analisis Pembangkitan Gelombang

Data angin digunakan untuk peramalan gelombang (*hindcasting*). Kejadian gelombang di sekitar Pulau Miangas berasal dari seluruh arah angin, seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Kejadian gelombang yang paling berpengaruh terhadap seluruh pantai Miangas, terbesar berasal dari arah Barat Daya 26,67%; dari arah Timur Laut 21,78%; arah Timur 15,45%; arah Utara 12,36%; arah Selatan 7,58%; arah Barat 5,96%. Gelombang yang

merambat dari Barat Laut dan Tenggara kurang dari 5%.

4) Rata-rata tunggang pasang (PS)

Pasang (PS) merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Parameter ini juga akan memberikan kontribusi

terhadap kerentanan pulau-pulau kecil. Semakin besar rata-rata tunggang pasang, semakin tinggi tingkat Keterpaparan pulau terhadap pasang. Data pasang diperoleh dari data pengukuran tide gauge yang telah dilakukan oleh beberapa instansi seperti Bakosurtanal, Dinas Hidrooseanografi. Tunggang air pasang surut dan muka laut rata-rata merupakan variabel penting pada oseanografi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk

menggambarkan tunggang pasang surut dan muka laut rata-rata di perairan sekitar pulau Miangas. Kisaran pasang surut dihitung dari perbedaan ketinggian tingkat pasang tinggi hingga surut terendah. Hasil perhitungan konstante harmonis pasang surut didaerah perairan Pulau Miangas dari pengamatan selama 15 hari terus-menerus adalah sebagai berikut Tabel 13 .

Tabel 13 Konstante harmonis pasang surut Pulau Miangas

Ko	ξ	η	ξ	η	h	C	M	N	h	F
nstante	o	2	2	2	1	1	4	S ₄	2	1
A	1	4	3	2	2	9	1	2	9	8
(cm)	55	3	5	0	5	2	1	1	2	2
g	-	1	2	1	2	10	45	53	08	45
(°)		58	08	27	45					

Koordinat stasiun Pengamat Pasang Surut: φ = 05°- 32'- 56" LU, λ =

126°- 34'- 56" BT

Berdasarkan konstante harmonis hasil perhitungan dari pengamatan selama 15 (lima belas) hari tersebut dapat dibuat uraian-uraian pasang surut.

Tipe pasang surut pulau Miangas

Perbandingan antara AK₁+AO₁ dan AM₂+AS₂ adalah F = AK₁+AO₁ = 0,44

$$AM_2+AS_2$$

Dalam hal ini angka tersebut terletak diantara 0,25 < 0,44 < 1,25 dan ini berarti sifat pasang surutnya adalah campuran.

Pasang Surut Harian Ganda.

1. Umur pasang surut dalam jam dapat dihitung dengan rumus (xS₂-xM₂)-1,5 %.

Dimana: $x = g - PL + nS$

$$xS_2 = 208 + 253,16 - 270 = 191,16$$

$$xM_2 = 158 + 253,16 - 260,82 = 150,34$$

Jadi umur pasang surut Campuran tersebut adalah {(xS₂-xM₂)-1,5%} x 1 jam = 40.21 jam atau ± 1,66 hari.

2. Tunggang air rata-rata pada pasang purnama adalah 2(AM₂+AS₂) cm = 2(43+35) cm = 156 cm

Tunggang air rata-rata pada pasang mati adalah 2(AM₂-AS₂) cm = 2 (43-35) cm = 16 cm

3. Waktu air tinggi K₁ pada tanggal 1 Januari 2006 adalah :

$$\{ (360 - V_o) K_1 + gK_1 \} \times 1 \text{ jam} = 353 + 245 = 39,76 \text{ atau}$$

$$\frac{nK_1}{15,04}$$

pada jam 15,76 hari berikutnya. Waktu air rendahnya terjadi (15,76 + 12) jam = 27,76 jam atau jam 3,76 hari berikutnya.

4. Koinsidensi pertama dari K₁ dan O₁ sesudah 1 Januari 2006 didapatkan sebagai berikut :

$$t = \frac{360 - (360 - V_o + g) O_1 - (360 - V_o + g) K_1}{nK_1 - nO_1}$$

$$= \frac{360 - 136 - (360 - 353)}{1,1 - 1,1} = \frac{2,17}{1,1 - 1,1} = 197,27 \text{ jam}$$

Berarti koinsidensi K₁ dan O₁ terjadi 197,17 jam sesudah 1 Januari 2006.

5) Kejadian Tsunami (TS)

Tsunami (TS) adalah gelombang laut akibat adanya pergerakan atau

pergeseran di bumi di dasar laut, dimana terjadi penjalaran gelombang air laut secara serentak tersebar ke seluruh penjuru mata angin. Peristiwa tsunami merupakan salah satu bencana alam yang sering menimpa wilayah Indonesia. SOPAC (1999) memasukkan parameter ini sebagai salah satu parameter kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Data kejadian tsunami diperoleh dari NGDC (National Geophysical Data Center) yang dapat diunduh melalui <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml>. Data kejadian tsunami untuk wilayah Indonesia tercatat kejadian tsunami dari tahun 1600 – 2009.

Migrasi yang dilakukan terkait erat dengan bencana Tsunami yang terjadi di Pulau Miangas sebanyak 3 kali maupun daya dukung pulau terhadap penduduk yakni : Tahun 1905, 1932 dan tahun 1970. Diphik lain kedatangan orang-orang dari kepulauan Sangir dan Talaud disebabkan oleh bencana alam akibat meletusnya gunung berapi Karangetang di pulau Siau maupun gunung Awu di Pulau Sangir. Hal ini terjadi baik ditahun 1960 an maupun di tahun 1970 an. Relokasi penduduk Sangir Talaud terakhir kali terjadi akibat bencana kelaparan di pulau Miangas dan Marore pada tahun 1971. (Sumber : <http://www.oaseintim.org/gereja/sej-gmibm.htm>)

6) Pertumbuhan penduduk (PD)

Pertumbuhan penduduk (PD) juga merupakan salah satu parameter dari Keterpaparan. SOPAC (1999) mengemukakan bahwa semakin tinggi pertumbuhan penduduk di suatu pulau akan meningkatkan kerentanan pulau-pulau kecil. Sejalan dengan Tompkins et al. (2005), menyebutkan bahwa pulau yang memiliki penduduk yang padat akan memiliki risiko yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang berpenduduk rendah atau tidak berpenduduk. Semakin tinggi pertumbuhan penduduk, semakin tinggi sifat exposure dari pulau tersebut. Data laju pertumbuhan penduduk dianalisis dari data statistik yang didapatkan dari catatan kependudukan di setiap pulau.

Jumlah penduduk Pulau Miangas tahun 2013 adalah 851 jiwa, laki-laki 412 jiwa dan perempuan 439 jiwa, dimana penduduk yang terbesar yaitu perempuan (Sumber: Kantor Desa Miangas 2013). Penduduk tersebut tersebar pada desa yang terdiri dari 3 dusun yakni Karutung Utara, Tengah dan Selatan dengan luas wilayah seluas 6,7 km², rata-rata kepadatan penduduk 127 jiwa per km², dan laju pertumbuhan penduduk per tahun 1 persen.

Penduduk Pulau Miangas sebagian besar bermata pencaharian sebagai nelayan serta berkebun kelapa. Jumlah penduduk desa Miangas menurut kelompok umur dapat dilihat pada Tabel 14 berikut ini:

Tabel 14 Penduduk menurut kelompok umur di Desa Miangas

Tingkat Umur (Tahun)	Laki-laki	Perempuan	Jumlah
0-4	28	30	58
5-9	29	32	61
10-14	28	31	59
15-19	30	32	62
20-24	29	26	55
25-29	26	28	54
30-34	34	35	69
35-39	30	32	62
40-44	29	30	59
45-49	24	26	50
50-54	22	25	47
55-59	18	21	39

60-64	14	16	30
65-69	11	12	23
70-74	11	13	24
75+	10	12	22
Jumlah	373	401	774
2010	374	349	723
2009	409	388	797
2013	439	412	851

Sumber : Miangas dalam Angka 2012

Jika dilihat pada tabel di atas kelompok umur yang terbesar di desa Miangas berumur 30 sampai 34 tahun berjumlah 69 orang (8,9 %) pada umumnya mereka dalam usia yang produktif dan aktif dalam menangkap ikan di laut, sedangkan yang berumur 15 sampai 19 tahun berjumlah 62 orang (8 %) pada umumnya masih duduk dibangku sekolah. Masyarakat yang berumur 60 tahun keatas berjumlah 99 orang (12 %), jika dilihat dari kegiatan mereka pada umumnya mereka masih aktif bekerja yaitu membuat anyaman dari daun pandan.

Adapun hampir sebagian besar desa nelayan yang bekerja menangkap ikan di laut adalah kaum lelaki, sedangkan kaum wanitanya sebagian besar mengurus rumah tangga saja. Di pulau Miangas pada umumnya kaum ibu memiliki ketrampilan membuat anyaman dari pohon pandan (tikar), mengisi waktu lowong apabila suaminya pergi menangkap ikan.

7) Kepadatan penduduk (KP)

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan terhadap ruang (lahan) juga akan meningkat. Padahal, lahan merupakan faktor pembatas di pulau-pulau kecil. Peningkatan penduduk akan memberikan tekanan terhadap lingkungan pulau-pulau kecil. Hal ini dapat memberikan dampak terhadap berkurangnya kemampuan pulau-pulau kecil beradaptasi terhadap kenaikan muka laut. SOPAC (1999) juga menjadikan kepadatan penduduk (KP) sebagai indikator kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil. Data kepadatan penduduk diperoleh dari data statistik kependudukan di pulau dibagi luas pulau tersebut.

Berdasarkan statistiknya, pada tahun 2010, Kecamatan Miangas (yang merupakan desa Miangas juga) hanya dihuni oleh 728 orang dengan kepadatan sebesar 304-305 orang per Km², merupakan kecamatan terpadat di Kabupaten Kepulauan Talaud. Rumah Tangga di Miangas hanya sebanyak 169 rumah tangga, jumlah yang sangat sedikit untuk sebuah kecamatan, tetapi jika dilihat luas wilayah dan kepadatannya, menjadi angka yang cukup besar. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan masyarakat harus ditekan, tetapi tidak dengan mengurangi angka kelahiran secara drastis, tetapi meningkatkan angka perpindahan penduduk atau migrasi keluar (Miangas Dalam Angka 2011, Talaud Dalam Angka 2011, dan Masyarakat Miangas).

II Analisis sensitivitas (*Sensitivity Analysis*) Pulau Miangas

Pada analisis sensitivitas didapatkan sebagai berikut :

1) Tipologi pantai (TP)

Tipologi pantai (TP) juga memiliki keterkaitan dengan kerentanan pulau-pulau kecil khususnya dikaitkan dengan peningkatan erosi pantai. Ada jenis pantai yang mudah mengalami erosi dan ada pulau yang memiliki daya tahan yang kuat terhadap proses erosi pantai. Beberapa jenis pantai yang memiliki daya tahan rendah terhadap erosi adalah pantai hasil endapan dan pantai berpasir. Sebaliknya tipologi pantai dari jenis pantai bervegetasi memiliki daya tahan terhadap erosi. Data tipologi pantai diperoleh dari pengamatan di lapangan yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

Pulau Miangas pada ada bagian Utara-Timur Pulau Miangas terdapat bukit menyusuri pantai kurang lebih 2 kilometer, yang mana dibagian Utara mulai landai. Bagian Selatan-Barat terdapat bangunan dermaga yang saat ini berfungsi sebagai tambatan kapal-kapal yang bersandar. Pada bagian ini terdapat permukiman penduduk yang menjorok masuk ke tengah pulau. Bagian Barat-Utara merupakan batas Pulau Miangas yang mengarah ke batas wilayah terluar Republik Indonesia bagian Utara. Bagian Utara merupakan daerah yang perlu diamankan karena telah terjadi pergeseran garis pantai. Bagian Barat-Selatan yang merupakan daerah permukiman. Disini sudah terjadi erosi pantai. Disini beberapa bangunan sudah sangat dekat dengan garis pantai. Pada saat ini, gelombang yang datang memang tidak langsung masuk ke dalam permukiman penduduk, tetapi akibat erosi pantai terus berkelanjutan akan mendorong, permukiman penduduk terkena gangguan gelombang. Bagian pantai Timur-Selatan tepatnya di daerah dermaga sudah terdapat pengaman pantai namun sudah rusak. Permukiman, Vol. 5 No. 2 Agustus 2010: 58-66

2) Elevasi (EL)

Elevasi (EL) pulau merupakan salah satu parameter yang menentukan apakah suatu pulau rentan terhadap kenaikan muka laut. Pulau-pulau kecil yang memiliki elevasi yang rendah merupakan daerah yang paling mudah terkena dampak kenaikan muka laut berupa perendaman/penggenangan. Mimura (1999) mengkaji potensi penggenangan pulau-pulau atol di kawasan Pasifik melihat potensi yang tinggi karena pulau tersebut memiliki elevasi yang rendah. Data elevasi pulau diperoleh dari pengukuran di lapang dengan menggunakan alat pengukuran

topografi (total station) yang kemudian dianalisis dengan menggunakan sistem informasi geografis.

Eksisting :

1. Memiliki Bentang Alam Perbukitan
2. Ketinggian 0 – 60 Mdpl
3. Memiliki kemiringan lereng yang curam di tepi laut
4. Daerah landai/dataran sangat terbatas : sebagian kecil di bagian selatan, timur dan tengah

Berdasarkan data kemiringan dan dengan mempertimbangkan kriteria Maberry dan Keppres 32 tahun 1990, umumnya daerah di pulau Miangas perlu dijadikan ruang terbuka hijau, khususnya pada lahan-lahan dengan kemiringan diatas 40%. Lahan tersebut umumnya terletak ditepi pantai bagian Timur, Utara dan barat. Sedangkan dibagian selatandan sebagian bagian timur, terdapat lahan dengan kemiringan di bawah 15% yang cocok bagi kawasan permukiman

3) Kelerengan/slope (SL)

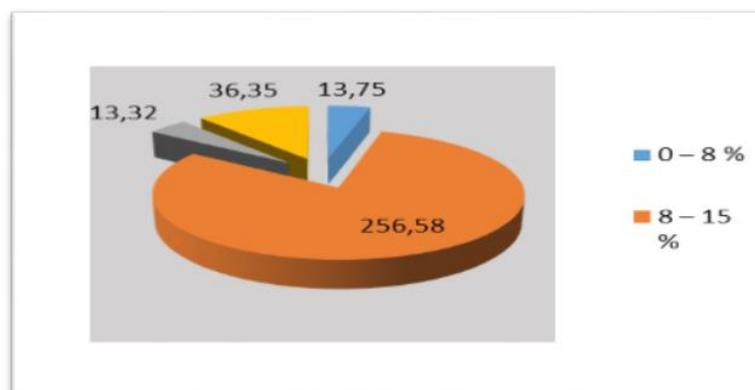
Kemiringan (SL) atau kelerengan daratan suatu pulau mempengaruhi tingkat kerentanannya terhadap kenaikan muka laut. Gornitz et al. (1992) memasukkan parameter ini dalam mengkaji kerentanan pesisir sebagai salah satu variabel dari kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka laut. Kelerengan memiliki korelasi dengan elevasi pulau. Dimana pulau-pulau yang datar akan memiliki kelerengan yang landai. Semakin kecil kelerengan pulau akan meningkatkan kerentanan terhadap kenaikan muka laut.

Data kemiringan pulau diperoleh dari pengukuran di lapang dengan menggunakan alat pengukuran topografi (total) Tabel 15.

Tabel 15 Data kemiringan pulau Miangas

No	Kemiringan Lereng	Luas		Klasifikasi
		Ha	%	

1.	0 – 8 %	13,75	4,30	Datar
2.	8 – 15 %	256,58	80,18	Relatif Datar
3.	25 – 40 %	13,32	4,16	Agak Tinggi
4.	> 40 %	36,35	11,36	Tinggi/Terjal
Jumlah		320,00	100,00	



Gambar 4 Klasifikasi dan skoring variabel kemiringan lereng

Tabel 16 Klasifikasi dan skoring variabel curah hujan

Curah hujan (mm/tahun)	Skor
1500-2000	5
2000-2500	7
2500-3000	9
>3000	10

Sumber: modifikasi dari Eimersset *al.* 2000

4) Penggunaan lahan (PL)

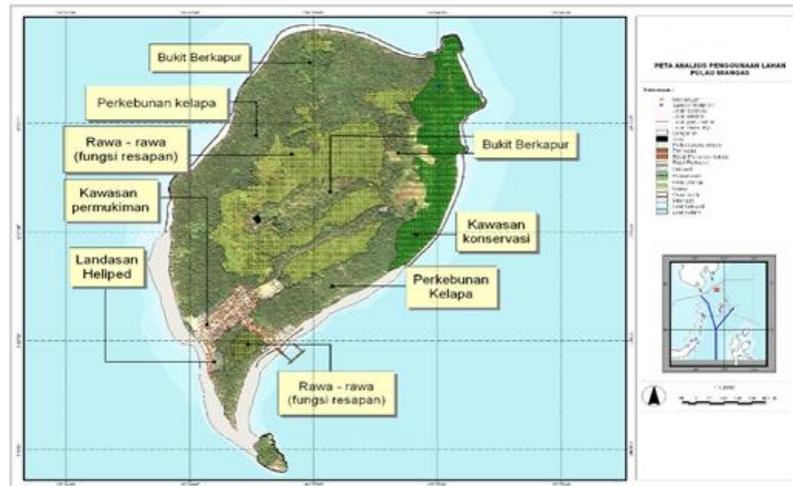
Jenis pemanfaatan lahan (PL) di pulau-pulau kecil juga memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap kenaikan muka laut karena perendaman atau penggenangan daratan. Kategori pemanfaatan lahan atau peruntukan lahan di pulau-pulau kecil telah ditetapkan dalam UU No. 27 Tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Semakin rentan suatu pemanfaatan atau peruntukan lahan terhadap suatu kenaikan muka laut, pemanfaatan tersebut semakin sensitif (Brenkert dan Malone 2005). Data penggunaan lahan diperoleh melalui pengamatan di lapangan yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

Berikut digambarkan (Gambar 5) plot pulau Miangas berdasarkan penggunaan lahan.

5) Permukiman penduduk (PP)

Permukiman (PP) dan infrastruktur lainnya yang ada di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil merupakan salah satu parameter yang sensitif terhadap kenaikan muka laut (Brenkert dan Malone 2005). Sensitivitas semakin tinggi dengan banyaknya bangunan/permukiman yang berada pada wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap kenaikan muka laut. Cardona (2003) menyatakan bahwa besarnya risiko atau dampak terhadap permukiman sangat terkait dengan lokasinya terhadap Keterpaparan.

Data penyebaran permukiman diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan yang kemudian diplotkan dalam peta pulau yang diteliti terutama di Pulau Miangas sebagai berikut Gambar 6:



Gambar 5 Plot pulau Miangas berdasarkan penggunaan lahan



Variabel	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
Struktur Ruang	2	3	2
Pola Pemanfaatan Ruang	2	3	2
Kesejahteraan Masyarakat	1	3	3
Kelengkapan Fasilitas	1	3	3
Dampak Sosial dan Budaya Lokal	2	3	2
Biaya Pembangunan	3	1	2
Lingkungan Hidup	3	1	2
Jumlah	14	17	16
Peringkat	3	1	2

Keterangan: 3 : Baik, 2 : Cukup, 1 : Kurang Baik

Gambar 6 Penyebaran permukiman

Berdasarkan hasil perhitungan alternatif II Konsep optimis lebih baik dari alternatif lainnya khususnya dalam hal pola pemanfaatan ruang, dampak terhadap kesejahteraan penduduk, peningkatan kelengkapan fasilitas sosial ekonomi, biaya pembangunan yang dibutuhkan relatif tidak terlalu besar dan dampak terhadap sosial budaya serta lingkungan hidup dapat diminimalisasi

III Kerentanan adaptasi Pulau Miangas

Tujuan dari bertahan hidup ini adalah membangun beberapa strategi untuk keamanan dan keseimbangan mata pencaharian rumah tangga. Secara geografis, pulau kecil termasuk Pulau Miangas dikelilingi oleh laut sehingga masyarakat yang tinggal di pulau kecil pada umumnya menggantungkan hidup pada

sumberdaya alam di sekitar untuk bertahan hidup. Masyarakat nelayan menggantungkan hidup dari sumberdaya laut dan perikanan. Bekerja sebagai nelayan sudah dilakukan sejak lama dan turun-temurun sebagai salah satu strategi mereka untuk bertahan hidup. Terkait dengan perubahan yang terjadi karena faktor eksternal, yaitu perubahan iklim, strategi adaptasi yang dilakukan oleh masyarakat nelayan beragam.

1) Habitat Pesisir (HP)

Kemampuan ekosistem pesisir untuk meredam pengaruh dari luar terhadap pulau-pulau kecil sangat ditentukan oleh proporsi habitat pesisir. Ukurannya yang kecil, sehingga sumberdaya lahan menjadi sangat penting. Habitat pesisir memiliki kemampuan melindungi terhadap gangguan dari luar. Semakin besar proporsi habitat pesisir terhadap daratan pulau-pulau kecil, semakin tinggi kemampuan perlindungan yang diberikan terhadap daratan pulau tersebut.

Habitat pesisir terdiri dari komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik terdiri dari ekosistem pesisir yaitu ekosistem terumbu karang, mangrove dan lamun, sedangkan komponen abiotik terdiri dari pantai berpasir, pantai berbatu dan pantai berlumpur. Kench *et al.* (2006) menunjukkan perubahan tinggi gelombang ke arah pantai berbanding dengan panjang terumbu ke arah pantai. Data proporsi habitat pesisir pulau kecil diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pengukuran di lapangan yang kemudian diplotkan dalam peta.

Luas wilayahnya adalah 3,15 km², keadaan tanah 80,2 % landai dengan ketinggian dari permukaan laut sekitar 1-3 m dan 18,8 % daratan bergelombang, berbukit dengan ketinggian 111 m dari permukaan laut (Bakosurtanal-

Dishidros 1993). Pada bagian utara pulau ini memiliki topografi bergelombang dan berbukit-bukit yang merupakan daerah pertanian, perkebunan, dan hutan desa. Di bagian selatan keadaan tanahnya kasar yang ditutupi oleh tanaman kelapa, hortikultura dan palawija.

Pulau ini memiliki iklim tropis yang dipengaruhi oleh hujan dan musim kemarau. Musim hujan berlangsung antara Oktober - April. Musim kemarau sekitar bulan Juni - September. Angin utara bertiup pada bulan November - April. Angin barat terjadi selama 4 bulan yaitu Desember - April. Pada periode tersebut keadaan laut bergelombang dengan ketinggian hingga 2 m. Keadaan ini sangat berpengaruh terhadap aktivitas nelayan dalam melaksanakan usaha penangkapan ikan. Sebaliknya angin timur tidak banyak berpengaruh terhadap aktifitas nelayan.

2) Terumbu Karang (TK)

Ekosistem terumbu karang juga merupakan ekosistem alamiah dari pulau kecil (Mimura 1999). Ekosistem ini memiliki kemampuan dalam meningkatkan kapasitas adaptif pulau kecil terhadap gangguan alam termasuk kenaikan muka laut dan berbagai implikasinya. Seperti halnya ekosistem *mangrove*, ekosistem terumbu karang juga memiliki fungsi fisik dan ekologi yang sangat menentukan keberlanjutan dan sistem pulau-pulau kecil. Ekosistem ini memiliki peran dalam meredam energi gelombang menuju ke arah pantai. Data tentang kualitas dan sebaran terumbu karang didapatkan dari hasil pengamatan secara langsung di lapangan dengan menggunakan metode PIT (*point line transect*).

Berdasarkan data penelitian terumbu karang yang dilakukan secara jelajah di Pulau Miangas dan sekitarnya (Monengkey 2011) didapatkan Tabel 17 sebagai berikut:

Tabel 17 Beberapa organisme terumbu karang lainnya berdasarkan survey jelajah

No.	Jenis	Kategori
-----	-------	----------

		Sedikit	Cukup Banyak	Banyak
Moluska				
1.	<i>Cellana Sp.</i>		<input type="checkbox"/>	
2.	<i>Nerita Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
3.	<i>Littoraria Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
4.	<i>Cerithium Sp.</i>	<input type="checkbox"/>		
5.	<i>Engina Sp.</i>	<input type="checkbox"/>		
6.	<i>Thais Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
7.	<i>Drupella Sp.</i>		<input type="checkbox"/>	
8.	<i>Cypraea Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
9.	<i>Conus Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
Krustasea				
10.	<i>Trapezia Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
11.	<i>Pilumnus Sp.</i>	<input type="checkbox"/>		
12.	<i>Lybia Sp.</i>	<input type="checkbox"/>		
13.	<i>Phymodius</i>	<input type="checkbox"/>		
Ekhinodermata				
14.	<i>Protoreaster</i>	<input type="checkbox"/>		
	<i>Sp.</i>			
15.	<i>Diadema Sp.</i>		<input type="checkbox"/>	
16.	<i>Echinometra</i>		<input type="checkbox"/>	
17.	<i>Tripneustes</i>			<input type="checkbox"/>
	<i>Sp.</i>			
18.	<i>Holothuria</i>			<input type="checkbox"/>
	<i>Sp.</i>			
Ganggang Laut				
19.	<i>Halimeda Sp.</i>			<input type="checkbox"/>
20.	<i>Caulerpa Sp.</i>		<input type="checkbox"/>	
21.	<i>Chlorodermis</i>		<input type="checkbox"/>	
	<i>Sp.</i>			
22.	<i>Padina Sp.</i>	<input type="checkbox"/>		
23.	<i>Turbinaria</i>	<input type="checkbox"/>		
24.	<i>Gracilaria</i>	<input type="checkbox"/>		

Sumber : Monengkey 2011

3) Kerapatan Mangrove (MR)

Kapasitas adaptif dari wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dapat bersumber dari sistem alamiah pulau maupun dari sistem sosial masyarakat di pulau tersebut (Mimura 1999). Ekosistem mangrove selain memiliki fungsi secara fisik, juga memiliki peran secara ekologi dalam mendukung keberlanjutan sistem pulau-pulau kecil. Ekosistem mangrove memiliki kemampuan sebagai perangkap sedimen, pelindung dari badai angin,

mencegah banjir di kawasan pesisir (Mahmood *et al.* 2005). Ekosistem mangrove juga memiliki fungsi memperlambat erosi pantai (Otman 1994; Vermaat dan Thampanya 2006). Terdapat dua faktor yang menentukan peran dari kapasitas adaptif ekosistem mangrove yaitu luas hamparan mangrove dan tingkat kerapatan (Alongi 2008). Data kerapatan dan luas mangrove diperoleh dari pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan

yang kemudian diplotkan ke dalam peta pulau yang diteliti.

Luas mangrove keseluruhan ±1,5

Ha. Jumlah spesies yang ditemukan berdasarkan survey jelajah: *Bruguira*

sp., *Rhizophora* sp., *Sonneratia* sp., *Ceriops* sp., *Avicennia* sp., dan *Nypa* sp.
Tabel 18

Tabel 18 Kehadiran mangrove berdasarkan metode kuadrat.

No.	Famili	Jenis	St.1	St2.
1.	Rhizophoraceae	<i>Bruguira</i>	□	□
		sp.		
2.		<i>Rhizophora</i>	-	□
		sp.		
3.	Sonneratiaceae	<i>Sonneratia</i>	□	□
		sp.		

Tabel 19 Mangrove 1 Stasion belakangposisi lintang 5°32'.484", bujur 126°34'.830"

No.	Jenis	Jumlah Individu	Diameter (cm)	Lingk. Bat.
1.	<i>Bruguira</i> sp.	16	15 - 25	38 - 75
2.	<i>Sonneratia</i> sp.	10	5-7	19 - 26
	Jumlah anakan		Banyak	
	Jarak antar pohon		3 meter	

Bercampur dengan vegetasi darat

Tabel 20 Mangrove 2 Stasion depanposisi lintang 5°32'.990", bujur 126°34'.790"

No.	Jenis	Jum. Ind.	Diameter (cm)	Lingk. Bat.
1.	<i>Bruguira</i> sp.	8	14-22	34-68
2.	<i>Sonneratia</i> sp.	14	8-14	25-32
3.	<i>Rhizophora</i> sp.	9	4-6	15-21
	Jumlah anakan		Banyak	
	Jarak antar pohon		2-3 meter	

Bercampur dengan vegetasi darat

4) Padang Lamun (LM)

Ekosistem lamun juga merupakan salah satu parameter dari sistem alamiah pulau-pulau kecil yang dapat meningkatkan kapasitas adaptif pulau-pulau kecil. Ekosistem lamun memiliki

fungsi sebagai stabilisator dan perangkap sedimen (USFWS 2009; NOAA 2004). Lamun memiliki kemampuan perangkap sedimen sekitar 1 cm per 100 tahun (EPA 2009; Torbay's Seagrass Project 2009). Sedimen ini

memiliki peran untuk memproteksi garis pantai dari hantaman gelombang. Hubungan antara ekosistem terumbu karang, mangrove dan lamun di kawasan pesisir memiliki peran penting menjaga sistem ekologi di pulau-pulau kecil.

Kecamatan khusus Miangas Kabupaten Talaud dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Perairan pulau Miangas Kecamatan Khusus Miangas terdapat 3 jenis lamun yaitu *Thalassia hemprichi*, *Cymodocea rotundata* dan *Cymodocea serrulata*

2. Kerapatan jenis termasuk kategori rendah.

Lamun (*seagrass*) hanya ditemukan pada bagian Selatan dan

Timur dari pulau Miangas yang membentuk hamparan sempit 50 – 75 m dari daerah sub tidal. Hanya ditemukan 3 spesies yaitu *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, dan *Cymodocea serrulata*.

Tabel 21 Lamun di Pulau Miangas

Tr ansek	Jenis	Jumlah individu			Ti tinggi Kanopi
		1	2	3	
I	<i>Thalassia hemprichi</i>	3	4	2	9-
	<i>Cymodocea rotundata</i>	1	5	1	12
	<i>Cymodocea serrulata</i>	7	5	4	7-
	<i>Cymodocea serrulata</i>	3	6	9	8
II	<i>Thalassia hemprichi</i>	4	4	4	3
	<i>Cymodocea rotundata</i>	7	8	4	8
	<i>Cymodocea serrulata</i>	4	2	2	11
	<i>Cymodocea serrulata</i>	4	5	6	6
		2	1	6	9
		2	2	4	6-
		5	5	6	7

5) Konservasi Laut (KL)

Kawasan konservasi laut adalah instrumen pengelolaan yang dapat meningkatkan resiliensi pulau-pulau kecil (SOPAC 2005). Moreno dan Becken (2009) menjadikan kawasan konservasi laut sebagai paratemer kapasitas adaptif dalam kerentanan wisata pesisir terhadap perubahan iklim. Kawasan pesisir yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi laut dapat meningkatkan kualitas ekosistem di dalamnya seperti ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun. Dahuri (1997) menyebutkan bahwa

untuk mengoptimalkan kawasan konservasi laut, perlu menetapkan suatu kawasan secara permanen yang tidak boleh diganggu dengan proporsi minimal 20 % untuk preservasi dan 30 % untuk kawasan konservasi. Sementara DKP (2009b) menyebutkan bahwa untuk pulau kecil kawasan pesisir yang perlu dikonservasi sebesar 30 % dan pulau sangat kecil, sebesar 50 % dari luas pulau. Proporsi kawasan konservasi laut yang dimaksud dalam penelitian ini adalah proporsi dari luas pesisir (mangrove, terumbu karang dan lamun). Pengumpulan data tentang

kawasan konservasi laut dilakukan melalui wawancara dengan masyarakat.

Dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, masyarakat pulau ini masih mematuhi aturan adat istiadat dan budaya tradisional, seperti Manami dalam bidang perikanan. Adat tersebut berupa penutupan daerah penangkapan ikan pada musim tertentu dimana nelayan tidak boleh menangkap ikan didaerah tersebut. Manami ini dipimpin oleh 2 orang ketua adat masyarakat yang dikenal dengan sebutan *Mangkubumi I* dan *Mangkubumi II*. Daerah penangkapan ditutup pada bulan Desember sampai dengan April. Jenis-jenis ikan yang ada di daerah tersebut adalah ikan kakak tua, biji nangka, kulit pasir, cumi-cumi dan penyu. Nelayan disini masih tradisional sehingga wilayah penangkapannya terbatas di sekitar perairan tersebut. Nelayan yang menggunakan katinting biasanya menggunakan alat tangkap pancing dasar dan soma paka-paka dengan wilayah penangkapan yang mencapai perairan 12 mil laut.

Pemenuhan kebutuhan sehari-hari yang mendesak membuat masyarakat mengeksploitasi sumberdaya yang ada tanpa memperhatikan keberlanjutan pengelolaan ekosistem tersebut. Sebagai contoh untuk Pulau Kecil pasokan beberapa bahan bakar sangat minim, walaupun ada pasti sangat mahal. Sebagai alternatifnya masyarakat menggunakan kayu bakar untuk keperluan sehari-hari. Untuk pelayanan kesehatan dan pendidikan faktor ini sangat mempengaruhi. Minimnya dana pendidikan untuk

memfasilitasi tenaga pengajar untuk ada di Pulau Miangas menjadikan pulau ini makin tertinggal dalam hal pendidikan. Begitu juga dengan tenaga kesehatan, jumlah mantri ataupun bidan yang ada di PPK sangat minim. Alasan fasilitas dan keamanan serta minimnya biaya kompensasi membuat pembangunan dibidang pendidikan dan kesehatan sangat lambat pada PPK. Penanganan bencana juga dipengaruhi oleh faktor ini. Faktor keterisolasian dan cuaca yang kurang kondusif serta minimnya infrastruktur membuat PPK ini rentan terhadap bencana.

KESIMPULAN

Bahwa berdasarkan analisis kerentanan Pulau Miangas, kerentanannya sedang (moderate) artinya :

1. Dimensi *Exposure*
Dimensi *Exposure* didapatkan nilai IE = 4,29.

2. Dimensi *Sensitivity*
Dimensi *Sensitivity* didapatkan nilai IS = 2,35

1. Dimensi *Adaptive Capacity*

Dimensi *Adaptive Capacity* IAC didapatkan nilai =1,6

Secara umum didapatkan nilai IK-PPK = $IE \times IS / IAC = 4,29 \times 2,35 / 1,6 = 6,30$

Dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum tersebut, skala penilaian tingkat kerentanan pulau-pulau kecil dibagi menjadi 4 kategori kerentanan (Doukakis 2005) maka Pulau Miangas didapatkan sebagai berikut Tabel 22:

Tabel 22 Empat kategori kerentanan (Doukakis 2005)

0.20	- 6.04	:	Kerentanan rendah (<i>low</i>)
6.05	- 18.18	:	Kerentanan sedang (<i>moderate</i>)
18.19	- 40.48	:	Kerentanan tinggi (<i>high</i>)
40.49	- 76.00	:	Kerentanan sangat tinggi (<i>very high</i>)

Bahwa ada kerentanan dengan posisi *moderate*, perlu melakukan keberlangsungan kedepan di Pulau Miangas..

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi DM. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: 1-13
- Brenkert D F, Malone EL. 2005. Modeling vulnerability and resilience to climate change: A Case Study of India and Indian States. *Climatic Change* 72, 57-102
- Brookfield HC. 1990. An approach to islands: in Beller, W., P. d'Ayala and P. Hein, 1990. Sustainable Development and Environment of Small Island. Man and Diosphere Series. Paris
- Cardona OD. 2003. The need for rethinking the concept of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk assessment. Chapter 3 of the book „Mapping Vulnerability: Disaster, Development and Peopel“. 2003. G. Bankoff, G. Frerks, D. Hilhort (Ed). Earthscan Publisher London
- Doukakis E. 2005. Coastal vulnerability and risk parameter. *European Water* 11/12: 3-7
- Gornitz VM, White TM, Daniel RC. 1992. A coastal hazard data Base For the US East Coast. Environmental Sciences Division. Publication No. 3913
- Hossain SMN. 2001. Assessing human vulnerability due to environmental change: Concepts and assessment methodologies. Division of Land and Water Resources, Department of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology
- IPPC. 2001. Climate Change: Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of Working Group II to The Third Assessment Report of The Intergovermental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press. 1032 p
- Jallow BP, Barrow MKA, Leatherman SP. 1996. Vulnerability of the coastal zone of the Gambia to sea level rise and development of response strategies and adaption option. *Climate Research*. Vol. 6: 165-177
- Lewis J. 2003. Piece of the continent: An island anthology: [Http: www.islandvulnerability.org/antology.tmlm](http://www.islandvulnerability.org/antology.tmlm)
- Mahmood H, Misri K, Sidik JB, Saberi O. 2005. Sediment accretion in a protected mangrove forest of Kuala Selangor, Malaysia. *Pakistan Journal of Biolocal Scince* 8 (1) : 149-151
- Mimura N. 1999. Vulnerability of island countries in the South Pacific to sea level rise and climate change. *Climate Research*. Vol 12:137-143 SOPAC. 1999. Environmental Vulnerability Index (EVI) to summarise national environmental vulnerability profiles. SOPAC Technical Report 275
- Moreno dan Becken. 2009. A climate change vulnerability assessmenet methology for coastal tourism. *Journal of Sustainability Tourism* 17 (4):473488
- Othman MA. 1994. Value of mangroves in coastal protection. *Hydrobiologia* 285: 277-282
- Pelling M, Uitto JI. 2001. Small island developing states: natural disaster vulnerability and global change. *Environmental Hazard* 3: 49-63
- Polsky C, Neff R, Yarnal B. 2007. Building comparable global change vulnerability assessment:

The vulnerability scoping diagram. Global. Environmental Chane 17: 472-485

Tahir, Amiruddin, 2010. Formulasi indeks kerentanan lingkungan. Bogor, IPB. Disertasi.

Tompkins EL, Nicholso-Cole SSA, Hurlston LA, Boyd E, Hodge GB, Clarke J, Gray G, Trotz N, Varlack L. 2005. Surviving climate change in small islands- a guide book. Tyndall Center for Climate Change Research, UK

(UU) Undang-undang Nomor 27 PWP-PPK Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil

Vermaat JE, Thampanya U. 2006. Mangroves reduce coastal erosion. IVM Working Paper: IVM 06/04

Villa F, McLeod H. 2002. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: Guideline and application. Environmental Management Vol. 29 No. 3:335-348

Tabel 23 Rekapitulasi data penelitian

Parameter	Nilai Skor					Sumber
	1	2	3	4	5	
Exposure						
Kenaikan muka laut (mm/thn)	< 4.99	9.99	5-14.99	10-15-25	>25	DKP (2008)
Erosi pantai (m/thn)	>2.0	2.0	1.0-1.0	-1.0-(-2.0)	-1.0-<-2.0	Gornitz et al. (1992)
Rata-rata tunggang pasang (m)	<0.50	1.0	0.51-2.0	1.1-4.0	2.1->4	DKP (2008)
Tinggi gelombang (m)	<0.50	1	0.51-1.5	1.1-2	1.51->2	DKP (2008)
Kejadian tsunami dalam kurun waktu 1900 sampai saat ini	0	1	2-3	4-10	>10	Modifikasi SOPAC (1999)
Pertumbuhan penduduk (%)	< 0.5	1.0	0.51-1.5	1.1-2.0	1.51-2.1≤	Modifikasi dari SOPAC (1999)
Kepadatan penduduk (jiwa/ha)	<75	150	76-200	151-400	201->400	BSN (2004)
Sensitivity						
Elevasi (m)	>5	3.1-5	2.1-3	1.1-2	0.1	Hamzah et al. (in press)
Slope (%)	>40	40	25.1-25	15.1-9-15	0-8	Hamzah et al. (in press)
Tipologi pantai	bervegetasi	Berbatu	Berkirikil	Berkupas	pantai berpasir	DKP (2009a)
Penggunaan lahan	Lahan terbuka	budi daya laut	budidaya pertanian	di sekitar pantai	hasil endapan pemuatan kiman	DKP (2009a)
Letak pemukiman penduduk	Ketinggian >5m	kettinggian 2-5m	di belakang	di samping	di atas perairan	Modifikasi dari Malone et al. (2005)

Tabel 24 Rekapitulasi data penelitian Pulau Miangas

Parameter	Nilai P. Miangas
A. Exposure	
Kenaikan muka laut (cm)	4,99
Rata-rata tinggi gelombang (cm)	1-2
Rata-rata tunggang pasang (cm)	1.50
Laju erosi/perubahan garis pantai (cm/tahun)	0.50
Kejadian tsunami	3.00
Laju pertumbuhan penduduk (%/tahun)	1
Kepadatan penduduk (individu/ha)	1,27
B. Sensitivity	
Tipologi pantai (panjang total)	
Tipologi berlumpur (m)	
Tipologi berpasir (m)	
Tipologi berbatu (m)	
Tipologi berkerikil (m)	
Tipologi bervegetasi (m)	
Total (m)	
Elevasi (cm)	20.58
0 - 20 cm	
21- 40 cm	
41- 60 cm	
61- 80 cm	
81- 100 cm	
101-200 cm	
201-	
Kemiringan (%)	Relatif datar
0-8 %	13,75
9-15%	256,58
16-30%	13,32
31-40%	36,35
40% >	1,4 km
Penggunaan lahan	
Tanpa penggunaan (ha)	0,2
Budidaya laut (ha)	
Pertanian/perkebunan	0,3
Peternakan	
Pemukiman	2,2 Ha. 6,7 ha
Lokasi pemukiman	sebagian bagian timur, dengan kemiringan di bawah 15% cocok kawasan permukiman
Di atas laut	
Sempadan pantai	V
Di belakang pantai	
Berada padaketinggian 2 m	
C. Adaptive capacity	
Habitat Pesisir (ha)	130.57

Ekosistem terumbu karang (persen penutupan)	70 ha
Ekosistem <i>mangrove</i> (pohon/ha)	Luas <i>mangrove</i> keseluruhan $\pm 1,5$ Ha.
Ekosistem lamun (persen penutupan)	Lamun (<i>seagrass</i>) ditemukan pada bagian Selatan dan Timur hamparan sempit 50 – 75 m dari daerah sub tidal
Konservasi laut (ha)	0.00
D. Dan lain-lain	
Luas Pulau (ha)	218,39 hektar atau 3,15 Km ²
Jumlah penduduk (jiwa)	851 (2013)
Proporsi habitat pesisir	6640 m, pasir
Lamun	50 – 75 m dari daerah sub tidal
<i>Mangrove</i>	0,40 ha
Terumbu karang	70 ha
Di belakang pantai	