

## Small island mitigation based on mangrove ecosystem management in Bunaken National Park

### Mitigasi pulau kecil berbasis pengelolaan ekosistem mangrove Taman Nasional Bunaken

Joshian N.W. Schaduw

*Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. Jl. Kampus Unsrat Bahu,  
Manado 95115, Sulawesi Utara, Indonesia  
E-mail: nicolas\_schaduw@yahoo.com*

**Abstract:** Small islands are susceptible to many environmental impacts. Impacts affecting ecological processes include climate change, sea level rise, natural disasters, abrasion, sedimentation, erosion and pollution. To minimize vulnerability the assessing the effectiveness of mitigation measures in these coastal ecosystems is urgently needed. This research analyzes vulnerability of a small island mangrove ecosystem and the effectiveness of management strategy for mangrove ecosystem based mitigation. This research uses both primary and secondary data. Primary data was gathered by sampling, field observation, and questionnaire analysis. Vulnerability index was analyzed using multi-dimensional scaling method, and vulnerability mapping was analyzed by using geographic information system (GIS) using the software Arcview Project 3.3. Stakeholder analysis was used for patterns and strategic management, through a technique SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique) using the software Criterium Decision Plus. The results show that Bunaken Island has the highest vulnerability level, followed by the island of Manado Tua, Nain, and the lowest level was found in Mantehage island. The most important factor of vulnerability in the small island Bunaken National Park is the area of mangrove ecosystem. Increased area of mangrove ecosystem will increase the effectiveness as a buffer zone as well as increase the capacity of the ecosystem on the social, economic, and governance dimensions. A management scheme which can accommodate a variety of problems faced by the mangrove ecosystem of small islands is a collaborative management by the government as the leading sector, with the highest priority on the management of the ecological dimension.

**Keywords:** mangrove ecosystem management; small island mitigation; Bunaken National Park

**Abstrak:** Pulau-pulau kecil merupakan daerah yang rentan terhadap berbagai faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah faktor ekologis. Faktor ekologi meliputi perubahan iklim, kenaikan permukaan air laut, bencana alam, abrasi, sedimentasi, erosi dan polusi. Untuk meminimalkan kerentanan, efektivitas ekosistem pesisir sangat dibutuhkan. Penelitian ini menganalisis kerentanan pulau kecil, efektivitas ekosistem mangrove, dan strategi pengelolaan ekosistem mangrove berbasis mitigasi. Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui sampling, observasi lapangan, dan angket. Kerentanan dianalisis menggunakan metode *multidimensional scaling*, sedangkan pemetaan kerentanan dianalisis dengan sistem informasi geografis menggunakan perangkat lunak *ArcView 3.3*. Analisis *Stakeholder* digunakan untuk pola dan manajemen strategi, melalui teknik SMART (Simple atribut teknik Peringkat multi) dengan menggunakan perangkat lunak *Criterium Decision Plus*. Hasil penelitian menunjukkan Pulau Bunaken memiliki tingkat kerentanan tertinggi, diikuti oleh Pulau Manado Tua, Nain, dan Pulau Mantehage terendah. Faktor utama kerentanan di pulau kecil Taman Nasional Bunaken adalah luasan ekosistem mangrove. Peningkatan kawasan ekosistem mangrove akan meningkatkan efektivitas ekosistem mangrove sebagai *buffer zone* serta meningkatkan kapasitas ekosistem ini pada dimensi sosial, ekonomi, dan pemerintahan. Pola pengelolaan yang dapat menampung berbagai masalah yang dihadapi oleh ekosistem mangrove pulau-pulau kecil adalah kolaboratif manajemen dengan prioritas utam pada pengelolaan dimensi ekologi dan pemerintah sebagai *leading sector*.

**Kata-kata kunci:** manajemen ekosistem mangrove; mitigasi pulau kecil; Taman Nasional Bunaken

### PENDAHULUAN

Pulau-pulau kecil (PPK) adalah suatu wilayah yang rentan terhadap berbagai faktor. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah faktor ekologi. Faktor

ekologi ini, antara lain, adalah iklim, naiknya permukaan air laut, bencana alam, abrasi, sedimentasi, *rob*, erosi, dan pencemaran. Untuk meminimalkan hal tersebut, peran dari ekosistem pesisir sangatlah dibutuhkan.

Ekosistem mangrove adalah ekosistem yang memiliki fungsi ekologi untuk meminimalkan kerentanan suatu pulau. Fungsi fisik ekosistem mangrove, antara lain, adalah menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai dari proses erosi atau abrasi, menahan atau menyerap tiupan angin kencang dari laut ke darat, menahan sedimen secara periodik sampai terbentuk lahan baru, dan sebagai kawasan penyangga proses intrusi atau rembesan air laut ke darat.

Luas hutan mangrove pada PPK Taman Nasional Bunaken (TNB) sebesar 977,63 ha yang tersebar pada empat pulau yaitu Mantehage, Bunaken, Manado Tua, dan Nain. Luas total hutan mangrove di TNB sekitar 10% dari luas total ekosistem mangrove di Sulawesi Utara. Komunitas mangrove TNB termasuk yang tua di Asia Tenggara; sebagai indikasinya, masih ditemukan mangrove yang berukuran besar dengan diameter di atas 1,5 m yang pada tempat lain sudah jarang ditemukan. Akan tetapi kondisi sumber daya ini pada beberapa tahun terakhir mengalami degradasi yang cukup serius. Sejak beberapa generasi, masyarakat TNB telah menganggap kayu bakau sebagai bahan bangunan, kayu bakar, makanan dan obat-obatan. Semua pemanfaatan ini bisa berkelanjutan sepanjang pemanfaatannya bersifat nonkomersial. Seiring berjalannya waktu, terjadi perkembangan pasar komersial untuk kayu mangrove sebagai kayu bakar dan bahan bangunan di Manado, serta untuk patok pertanian rumput laut. Akibatnya, terjadi tekanan pemanfaatan/penebangan kayu mangrove di pulau-pulau yang ada di TNB. Pada tahun 1995, 8000 m<sup>3</sup> kayu mangrove diambil dari TNB untuk keperluan budidaya rumput laut (38%), dijual ke Manado (35%), kayu bakar setempat (26%), dan sero (<1%). Kebutuhan mangrove tersebut sebagian besar diambil dari Pulau Mantehage (85%) dan 15% dari daerah Arakan-Wawontulap (BTNB 2010).

Dalam jangka panjang, hal ini dapat menyebabkan gangguan ekosistem dan sekitarnya, seperti terjadinya abrasi, erosi, sedimentasi, *rob*, wabah penyakit, dan hilangnya habitat bagi anakan ikan ekonomis, termasuk moluska dan udang. Selain ancaman tadi, naiknya permukaan laut global dampaknya sudah dirasakan masyarakat TNB. Laju abrasi dan perbedaan tunggang pasut dalam 20 tahun terakhir mengindikasikan bahwa TNB telah terkena dampak dari perubahan iklim global.

Dari berbagai permasalahan yang ada dan akan dihadapi PPK TNB, tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Menganalisis faktor kerentanan PPK TNB melalui penyusunan indeks dan peta kerentanan,

dan memproyeksikan perubahan kerentanan pada masa mendatang.

b. Menganalisis efektivitas ekosistem mangrove sebagai zona penyangga wilayah pesisir PPK.

c. Menganalisis pola dan strategi prioritas pengelolaan ekosistem mangrove PPK berbasis mitigasi sesuai dengan kebutuhan masa sekarang dan akan datang yang mengacu pada indeks dan peta kerentanan, proyeksi perubahan kerentanan, efektivitas ekosistem mangrove dan *stakeholder analysis*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlokasi di ekosistem mangrove PPK TNB, Provinsi Sulawesi Utara (Pulau Mantehage, Pulau Bunaken, Pulau Manado Tua, dan Pulau Nain). Letak posisi geografis lokasi penelitian adalah antara 1°35'41"-1°32'16" LU dan 124°50'50"-124°49'22,6" BT.

### Jenis dan Metode Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam menganalisis kerentanan adalah panjang garis pantai, luas pulau, keterisolasian pulau, luasan zona inti, luasan zona pemanfaatan, luasan terumbu karang, luasan mangrove, degradasi mangrove, degradasi terumbu karang hidup, indeks tunggang pasut, kemiringan lereng, tinggi gelombang, kecepatan arus, kualitas air, luas abrasi, luas daerah *rob*, dan luas daerah erosi. Sedangkan untuk efektivitas ekosistem mangrove data yang dibutuhkan adalah lebar rata-rata ekosistem mangrove PPK TNB. Untuk analisis *stakeholders* responden dipilih secara *purposive sampling* dan *accidental sampling*. Pengumpulan data terhadap responden akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan wawancara mendalam (*deep interview*) dengan menggunakan angket.

Data yang dianalisis terdiri dari dua jenis, yaitu primer dan sekunder. Untuk data sekunder diperoleh dari beberapa instansi, seperti Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi dan Kota Manado, Badan Taman Nasional Bunaken (BTNB), *World Wild Fund* (WWF), Birdlife, Yayasan Kelola, Fakultas Peikanan dan Ilmu kelautan-Universitas Sam Ratulangi, serta sumber data yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

### Analisis Data

Analisis normalisasi terhadap semua variabel yang terukur mempunyai satuan yang berbeda-beda sehingga harus dilakukan normalisasi unit atau satuan.

Rumusan normalisasi sederhana yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$NIK_{ij} = \frac{X_{ij} - \text{Min}X_j}{\text{Max}X_{ij} - \text{Min}X_j}, 0 \leq NIK_{ij} \leq 1$$

NIK = Normalisasi indeks kerentanan  
 j = Indeks kerentanan  
 i = Nama Pulau kecil

Komposit indeks pada atribut yang telah dinormalisasi sebelumnya dianalisis dengan menggunakan persamaan sederhana sebagai berikut:

$$KIK_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n NIK_{ijk}}{\text{Total atribut}}$$

KIK = Komposit Indeks Kerentanan  
 i = Nama pulau kecil  
 j = Dimensi Ekologi  
 k = Atribut masing-masing dimensi

Pembobotan kerentanan dibagi dalam lima kategori, yaitu “sangat rendah” ( $0,0 \leq KIK \leq 0,2$ ), “rendah” ( $0,2 < KIK \leq 0,4$ ), “sedang” ( $0,4 < KIK \leq 0,6$ ), “tinggi” ( $0,6 < KIK \leq 0,8$ ), dan “sangat tinggi” ( $0,8 < KIK \leq 1,0$ ) (Schaduw, 2012). Tingkatan ini merupakan suatu gambaran potensi ancaman bahaya terjadinya kerusakan harta benda, sumber daya, dan atau lingkungan di PPK. Analisis terhadap faktor penguangkit atau atribut yang mempunyai pengaruh penting menggunakan analisis MDS (*Multi-dimensional scaling*). Kegunaan faktor penguangkit adalah untuk mengetahui faktor sensitif ataupun

intervensi yang dapat mempengaruhi kerentanan PPK.

Proses pemetaan kerentanan menggunakan sistim informasi geografis (SIG) yaitu mengspasialkan hasil normalisasi atribut yang selanjutnya dilakukan proses *overlay* (tumpang tindih) dengan *Software Arcview 3.3*.

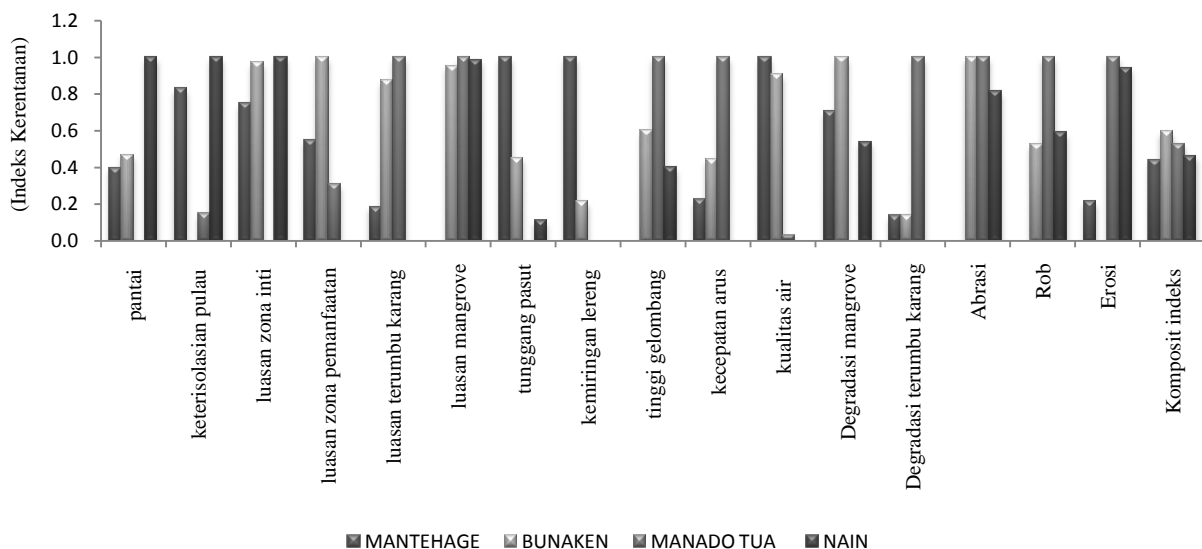
Analisis selanjutnya adalah memprediksi tingkat kerentanan melalui model proyeksi kerentanan. Proyeksi kerentanan PPK TNB dengan menggunakan skenario optimistik bertujuan untuk mengetahui nilai kerentanan masing-masing pulau apabila diberikan perlakuan untuk menurunkan tingkat kerentanan, sedangkan untuk skenario pesimistik bertujuan untuk mengetahui prediksi waktu apabila terjadi kenaikan tingkat kerentanan pada suatu pulau. Prediksi indeks kerentanan pada waktu *t* menggunakan skenario optimistik dan pesimistik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IK_{it} = (1 - \mu)^t IK_{i0} \text{ (Skenario optimistik)}$$

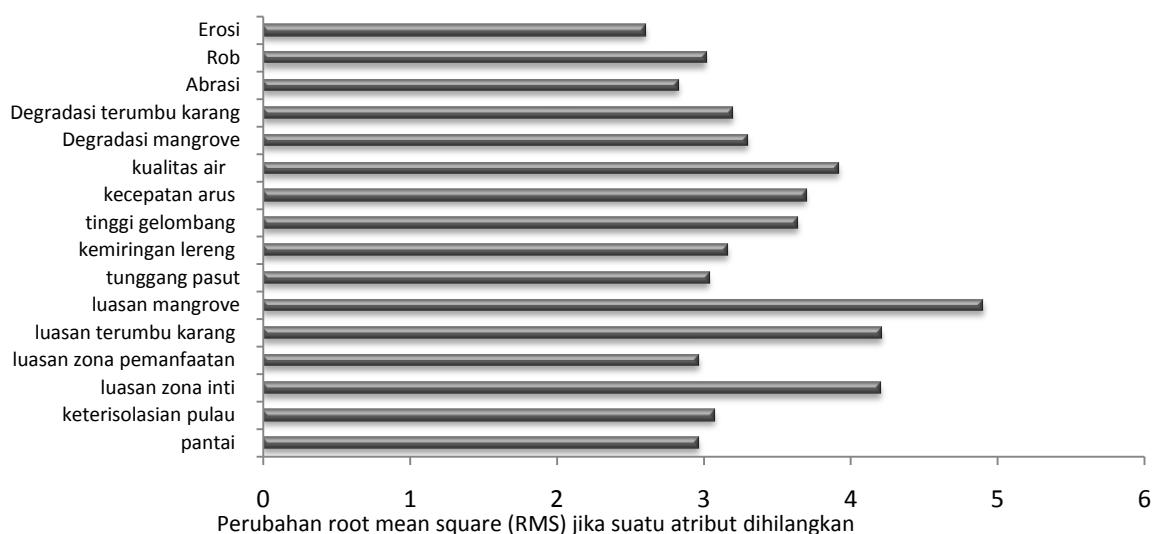
$$IK_{it} = (1 + \mu)^t IK_{i0} \text{ (Skenario pesimistik)}$$

$IK_t$  = Indeks kerentanan pada waktu *t*  
 $\mu$  = Perubahan indeks kerentanan (%)  
 i = Nama pulau kecil  
 $IK_0$  = Indeks kerentanan pada  $t_0$   
 t = waktu prediksi ( $t = 1, 2, 3, \dots$ )

Efektivitas ekosistem mangrove sebagai zona penyangga dianalisis berdasarkan lebar ekosistem mangrove, tunggang pasut, dan tinggi gelombang. Menurut Keppres No. 32 tahun 1990, lebar ideal ekosistem mangrove adalah 130 kali tunggang pasut. Efektivitas ekosistem mangrove



Gambar 1. Indeks kerentanan pulau-pulau kecil Taman Nasional Bunaken



Gambar 2. Faktor pengungkit kerentanan pulau-pulau kecil Taman Nasional Bunaken

dianalisis berdasarkan metode dari Harada and Imamura (2003), yaitu 400 dikali tinggi gelombang. Efektivitas dari ekosistem mangrove dianalisis berdasarkan kondisi saat ini dan disesuaikan dengan kapasitas realistik pulau (Schaduw, 2012).

Strategi pengelolaan ekosistem mangrove PPK TNB dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan. Analisis ini menggunakan *multi criteria decision making analysis* (MCDMA) dengan teknik SMART (*Simple multi attribute rating technique*); MCDMA menawarkan peluang untuk menyajikan *trade-offs* dan untuk menentukan peringkat prioritas yang berbeda dan kriteria secara sistematis (Malczewski *et al.*, 1997). *Trade-offs analysis* didefinisikan sebagai proses yang melibatkan *stakeholders* dalam mempertimbangkan manfaat secara keseluruhan dari pola dan strategi pengelolaan secara eksplisit untuk menentukan prioritas pengelolaan yang terbaik bagi seluruh pihak (Grimble and Chan, 2005).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Indeks dan Peta Kerentanan

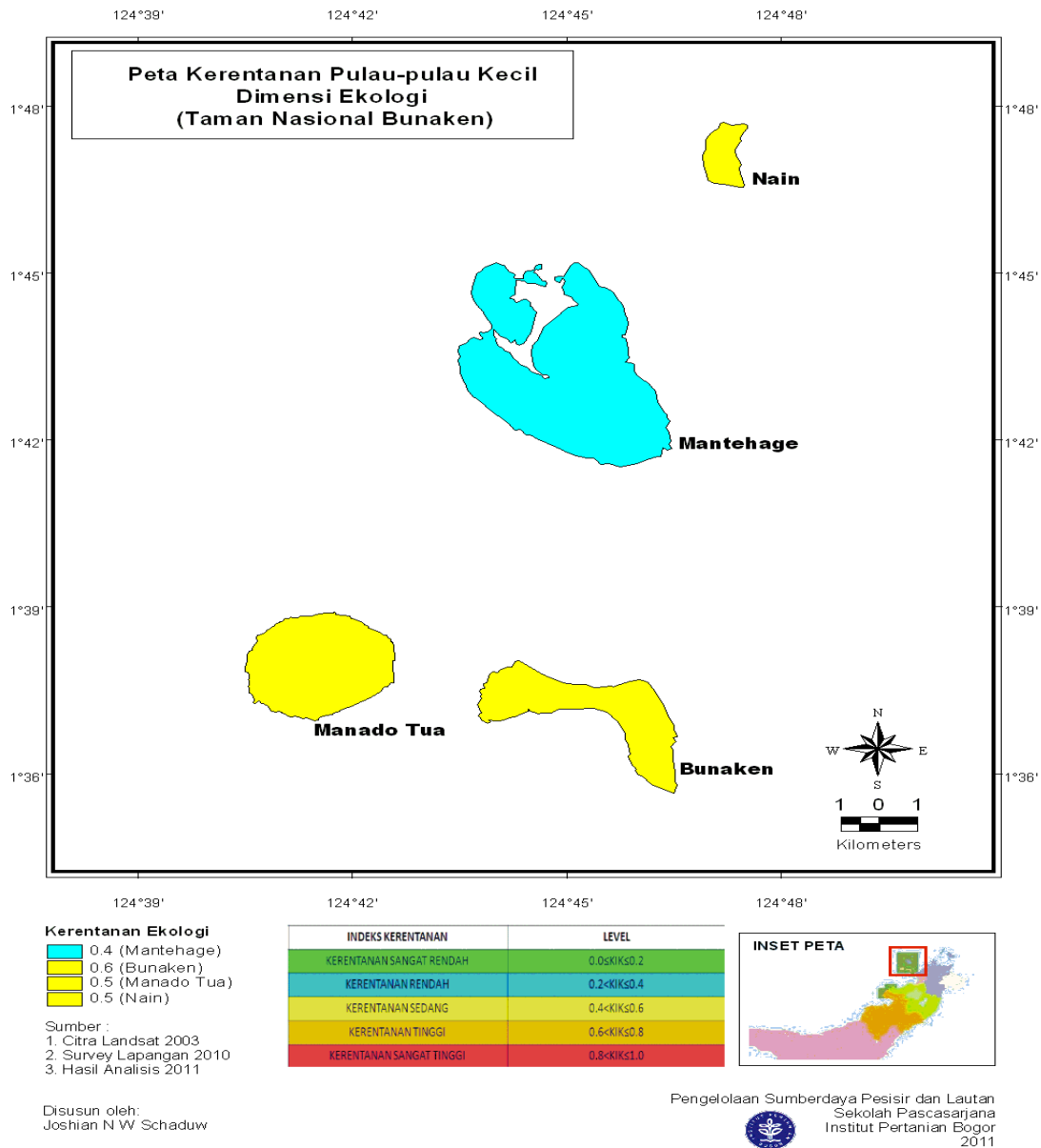
Analisis terhadap kerentanan PPK TNB memperlihatkan bahwa Pulau Bunaken adalah pulau dengan kerentanan tertinggi (0,6) pada tingkat kerentanan sedang, diikuti Pulau Manado Tua (0,5), Pulau Nain (0,5), dan yang terendah adalah Pulau Mantehage (0,4) (Gambar 1 dan 3). Kerentanan PPK TNB sangat dipengaruhi oleh luasan ekosistem mangrove. Terlihat jelas bahwa Pulau Mantehage dengan luasan ekosistem terluas mampu meminimalkan ancaman *rob* dan abrasi pada pulau

tersebut. Hal ini juga terlihat dari analisis terhadap faktor pengungkit kerentanan PPK TNB; hasil analisis MDS menunjukkan nilai stress 0,22. Menurut Kavanagh and Pitcher (2004), apabila nilai stress dibawah 0,25, model tersebut baik untuk digunakan (Gambar 2). Selain ekosistem mangrove, atribut lain yang mempengaruhi kerentanan adalah luasan terumbu karang, luasan zona inti, dan kualitas air pada masing-masing pulau. Perbaikan pada atribut ini akan meminimalkan kerentanan PPK TNB.

Peningkatan kapasitas pulau untuk menampung beban kegiatan antropogenik juga dapat menurunkan nilai kerentanan pulau itu sendiri. Secara fisik hutan mangrove dapat berfungsi sebagai hutan lindung; sistem perakaran yang khas pada tumbuhan mangrove dapat menghambat arus dan ombak, sehingga menjaga garis pantai tetap stabil dan terhindar dari pengikisan (abrasi), selain itu juga ekosistem ini berfungsi sebagai penyangga daratan dari rembesan air laut, penghalang angin, menyaring berbagai jenis polutan yang dibawa oleh sungai atau aliran air lainnya yang masuk ke perairan dan meminimalkan sedimentasi pada ekosistem terumbu karang (Abdullah, 1988; Field, 1999). Semakin besar tingkat kerentanan pada pulau-pulau kecil, pada gilirannya akan merupakan penghalang yang lebih besar kepada pembangunan berkelanjutan (Adrianto and Matsuda 2002).

### Proyeksi Indeks Kerentanan

Kerentanan di dalam studi ini digambarkan sebagai atribut yang potensial dari suatu sistem untuk



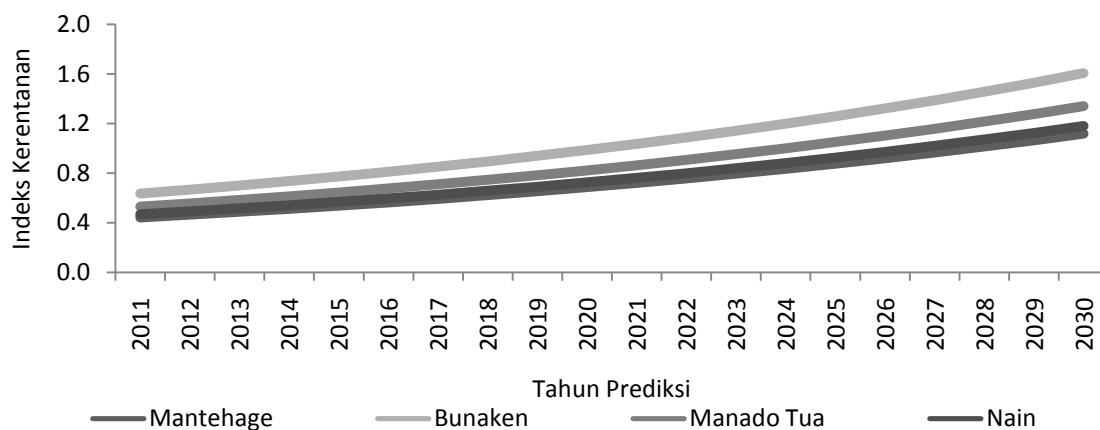
Gambar 3. Peta kerentanan pulau-pulau kecil Taman Nasional Bunaken

dirusakkan oleh dampak-dampak yang bersifat *exogenous* (Kaly *et al.*, 2004).

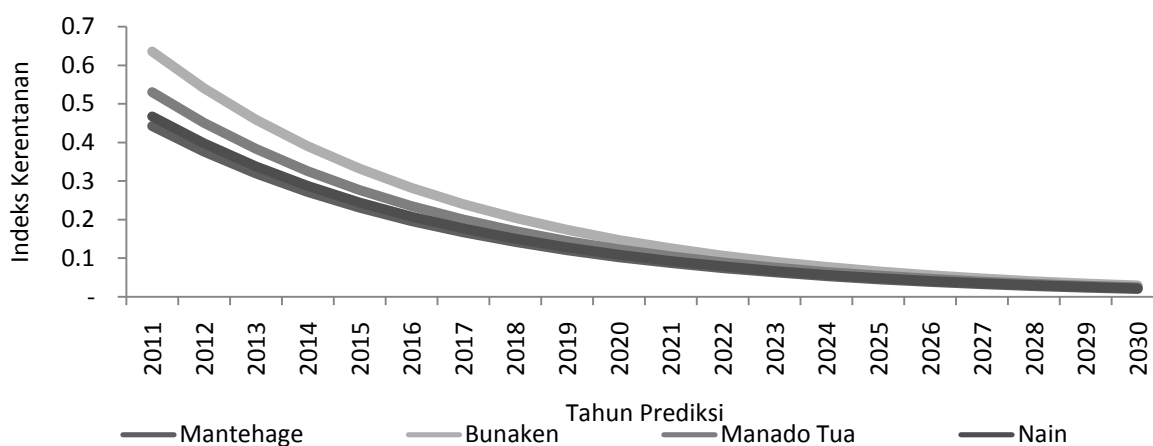
Proyeksi perubahan indeks kerentanan melalui skenario optimis adalah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi indeks kerentanan pada masing-masing pulau apabila diberikan perlakuan positif. Proyeksi ini dapat disesuaikan dengan program dan anggaran dari pengelola TNB untuk beberapa tahun kedepan. Besarnya perubahan yang diinginkan akan mempengaruhi waktu dari perubahan indeks kerentanan tersebut. Sebagai contoh pada Gambar 4A, indeks kerentanan akan turun apabila di berikan skenario optimis (15%). Pulau Bunaken yang merupakan pulau dengan indeks kerentanan tertinggi (0,6), dengan perlakuan sebesar 15% pada dimensi ini, pada tahun 2014

dapat turun ke tingkat kerentanan rendah, dan pada tahun 2017, apabila masih mendapat perlakuan yang sama, akan turun sampai pada level kerentanan sangat rendah. Sebaliknya pada Gambar 4B memperlihatkan bahwa apabila terjadi kenaikan tingkat kerentanan sebesar 5%, maka dapat dilihat prediksi indeks kerentanan pada waktu (tahun) tertentu. Pulau Bunaken yang pada tahun 2011 berada pada tingkat kerentanan yang sedang, apabila terjadi kenaikan 5% pada indeks ini, maka pada tahun 2013 sudah berada pada level kerentanan yang tinggi. Hal ini juga berlaku bagi pulau-pulau kecil lain di Taman Nasional Bunaken.

Selain itu Turner (2003) mendefinisikan kerentanan adalah tingkat di mana manusia dan sistem alam akan mengalami kerugian karena gangguan dan



Gambar 4A. Proyeksi perubahan kerentanan melalui skenario optimistik



Gambar 4B. Proyeksi perubahan kerentanan melalui skenario pesimistik

tekanan dari luar. Salah satu contoh rentannya pulau kecil akibat dari tekanan dari luar adalah perubahan iklim global yang mempengaruhi kenaikan muka air laut.

### Efektivitas Ekosistem Mangrove Sebagai Zona Penyangga

Efektivitas ekosistem mangrove PPK TNB pada kondisi saat ini masih kurang efektif dalam meredam aksi laut. Pulau yang cukup efektif adalah Pulau Mantehage, dengan lebar ekosistem mangrove 400 m dan tinggi gelombang 100 cm, pulau ini mampu mereduksi tinggi genangan *rob*, arus, dan gaya hidrolis hingga 0%. Pulau Bunaken, Manado Tua, dan Nain, setelah dianalisis, belum mampu mereduksi aksi laut dengan kondisi ekosistem mangrove yang ada. Berdasarkan analisis ini, ekosistem mangrove dianalisis keefektifitasannya melalui skenario yang berdasar pada Keppres 32/90. Hasil analisis ini menunjukkan hal positif terhadap Pulau Manado Tua dan Nain di mana terjadi pengurangan energi aksi laut; tetapi

apabila diterapkan pada Pulau Mantehage dan Nain, maka terjadi penurunan kapasitas ekosistem ini dalam mereduksi aksi laut. Melihat akan fenomena ini, ekosistem mangrove Pulau Mantehage dapat dijadikan tolok ukur lebar efisien ekosistem mangrove dalam mereduksi aksi laut. Ekosistem mangrove yang ideal untuk mereduksi aksi laut hingga ke tingkat terendah adalah 400 kali tinggi gelombang suatu kawasan pesisir; dengan kondisi ini, suatu kawasan pesisir akan terhindar dari ancaman aksi laut.

Mengaplikasikan skenario rekomendasi terhadap PPK TNB, tentu saja memiliki beberapa kendala. Perbedaan karakteristik pulau memiliki kapasitas yang berbeda dalam mengekspansi ekosistem mangrove. Kajian terhadap kapasitas realistis pulau dilakukan dengan menganalisis batimetri dan topografi pulau, serta karakteristik ekologi pendukung lainnya, untuk mengekspansi ekosistem ini. Pulau Bunaken mampu mengekspansi ekosistem mangrove hingga 300 m dari kondisi saat ini 200 m; Pulau Nain dengan

Tabel 1. Prediksi efektivitas ekosistem mangrove sebagai zona penyangga

Kondisi / Skenario	Variabel	Pulau			
		Mantehage	Bunaken	Manado Tua	Nain
Saat ini	Lebar Ekosistem mangrove (m)	400	200	50	50
	Tinggi gelombang (cm)	100	130	150	120
	Tinggi genangan rob (%)	0	51	84	83
	Arus penyebab abrasi (%)	0	35	56	55
	Gaya hidrolis (%)	0	3	43	41
Keppres No.32 Tahun 1990	Lebar Ekosistem mangrove (m)	110	169	217	205
	Tunggang pasut (cm)	85	130	160	158
	Tinggi gelombang (cm)	100	130	150	120
	Tinggi genangan rob (%)	64	57	48	50
	Arus penyebab abrasi (%)	43	38	34	34
Rekomendasi	Gaya hidrolis (%)	17	8	4	2
	Lebar Ekosistem mangrove (m)	400	520	600	480
	Tinggi gelombang (cm)	100	130	150	120
	Tinggi genangan rob (%)	0	0	0	0
	Arus penyebab abrasi (%)	0	0	0	0
Kapasitas Realistis	Gaya hidrolis (%)	0	0	0	0
	Lebar Ekosistem mangrove (m)	400	300	100	300
	Tinggi gelombang (cm)	100	130	150	120
	Tinggi genangan rob (%)	0	27	70	26
	Arus penyebab abrasi (%)	0	21	45	20
	Gaya hidrolis (%)	0	2	24	1

karakteristiknya mampu mengekspansi ekosistem mangrove hingga 300 m; sedangkan Pulau Manado Tua hanya mampu mengekspansi mangrovenya hingga 100 m, mengingat pulau ini memiliki karakteristik pulau yang memiliki lereng gisik yang pendek dan curam.

Penelitian terdahulu banyak menyatakan bahwa ekosistem mangrove efektif berfungsi sebagai pelindung pantai, mengingat sistem perakarannya yang dapat meredam ombak, arus, serta menahan sedimen. Dalam beberapa kasus, penggunaan vegetasi mangrove untuk menahan erosi lebih murah dan memberikan dampak ikutan yang menguntungkan dalam hal meningkatkan kualitas perairan di sekitarnya di mana hal ini tidak bisa diperoleh dari penggunaan struktur bangunan keras. Mangrove juga berfungsi untuk melindungi pantai dari hempasan badai dan angin (Diposaptono and Budiman 2006; Diposaptono *et al.*, 2009). Tabel 1 memperlihatkan efektivitas ekosistem mangrove sebagai zona penyangga untuk meminimalkan ancaman kerentanan.

Melalui analisis ini, Pulau Mantehage adalah pulau yang memiliki ekosistem mangrove yang baik sehingga tidak perlu menambah lebar ekosistem mangrove, berbeda dengan Pulau Bunaken yang kekurangan lebar ekosistem mangrove sebesar 100 m atau 33% dari lebar ideal. Dengan kondisi pulau yang memiliki panjang garis pantai yang berpotensi terkena bencana 17.570 m, pulau ini masih

membutuhkan ekosistem mangrove sebesar 455 ha atau 86,4% dari total luasan realistis ekosistem mangrove 527,1 ha.

Pulau Manado Tua dengan lebar saat ini seluas 50 m, kekurangan 50 m untuk memenuhi lebar ideal yang sesuai dengan kapasitas ekosistem mangrove sebesar 100 m. Dengan panjang garis pantai yang berpotensi terkena bencana 12.280 m, pulau ini kekurangan luasan mangrove 115 ha, atau 93% dari luas realistis ekosistem mangrove sebesar 122,8 ha.

Pulau Nain dengan kondisi saat ini lebar mangrove sebesar 50 m, kekurangan 250 m atau 80,8% dari lebar ekosistem mangrove sesuai dengan kapasitas realistis 300 m. Dengan panjang garis pantai yang berpotensi terkena bencana 4.623 m, pulau ini kekurangan 134,3 ha atau 95,8% dari luas ideal yang sesuai dengan kapasitas pulau sebesar 138,7 ha. Dengan kondisi ini, dapat dilihat kemampuan ekosistem mangrove untuk mereduksi aksi laut pada Tabel 2. Melalui analisis ini terlihat bahwa Pulau Manado Tua, dengan kondisi ini, belum bisa mereduksi aksi laut dengan baik; sedangkan Pulau lain cukup baik dalam mereduksi aksi laut. Untuk meminimalkan kerentanan, dibutuhkan perlakuan terhadap ekosistem terumbu karang yang mempunyai fungsi ekologis sebagai peredam aksi laut. Peningkatan kapasitas ekosistem ini akan membantu mengurangi dampak aksi laut terhadap lingkungan pesisir PPK.

Tabel 2. Luas dan lebar ideal ekosistem mangrove sebagai zona penyangga berdasarkan kapasitas realistis pulau

Variabel	Kode	Pulau			
		Mantehage	Bunaken	Manado Tua	Nain
Tinggung pasut (cm)	TP	100,0	130,0	150,0	120,0
Lebar realistis ekosistem mangrove (cm)	LIEM	40000	30000	10000	30000
Lebar ekosistem mangrove existing (cm)	LME	40000,0	20000,0	5000,0	5000,0
Kekurangan lebar ideal ekosistem mangrove (cm)	KLIEM	0,0	10000,0	5000,0	25000,0
Kekurangan lebar ideal ekosistem mangrove (%)	KLIEM	0,0	33,3	50,0	83,3
Panjang garis pantai potensi bencana (cm)	PGPPB	1673200,0	1757000,0	1228000,0	462300,0
Panjang ekosistem mangrove existing (cm)	PEME	1564263,0	357880,0	156280,0	88800,0
Kekurangan panjang ekosistem mangrove (cm)	KPIEM	108937,0	1399120,0	1071720,0	373500,0
Kekurangan panjang ekosistem mangrove (%)	KPIEM	6,5	79,6	87,3	80,8
Kekurangan luas ekosistem mangrove (ha)	KLUIEM	43,6	455,5	115,0	134,3
Kekurangan luasan mangrove dari luas ideal (%)	KLUIEM	6,5	86,4	93,6	96,8
Luas ekosistem mangrove existing (ha)	LUME	1380,9	71,6	7,8	4,4
Total luasan realistis ekosistem mangrove (ha)	TLIEM	1424,5	527,1	122,8	138,7

### **Pola dan Strategi Prioritas Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Mitigasi**

*Decision score* yang dianalisis menggunakan teknik SMART menunjukkan bahwa skenario B (Kolaboratif manajemen dengan pemerintah sebagai *leading sector*) adalah skenario terbaik yang dipilih *stakeholders* sebagai pola pengelolaan dalam kawasan konservasi TNB, khususnya terhadap pengelolaan ekosistem mangrove PPK. Skenario B mendapat nilai 0,792, diikuti skenario A (0,612), dan yang terendah adalah skenario C (0,502) (Gambar 5). *Trade-offs analysis* memperlihatkan kekonsistenan terhadap analisis skenario ini dengan menunjukkan posisi yang sama terhadap skenario B (Gambar 5).

Berdasarkan nilai prioritas pengelolaan, dimensi ekologi adalah dimensi yang menjadi prioritas utama dalam pengelolaan, diikuti sosesk dan kelembagaan (Gambar 6). Sedangkan berdasarkan nilai prioritas pada atribut, terlihat atribut peningkatan tutupan mangrove mendapat prioritas utama dalam pengelolaan, diikuti perbaikan kualitas lingkungan mangrove, peningkatan kualitas dan kuantitas zona inti, peningkatan pendapatan masyarakat, dan peningkatan tingkat pendidikan (Gambar 7). Enam atribut ini, apabila dilakukan perbaikan, akan memberikan dampak positif terhadap kualitas ekosistem mangrove PPK TNB dalam meminimalkan kerentanan.

Pengelolaan hutan mangrove harus memperhatikan keterkaitan dengan ekosistem di sekitarnya sehingga tidak boleh berorientasi sempit (Barkey, 1990), karena apabila terjadi kelebihan eksploitasi terhadap sumber daya mangrove, maka hal ini akan mengakibatkan ketidakseimbangan dalam ekosistem tersebut.

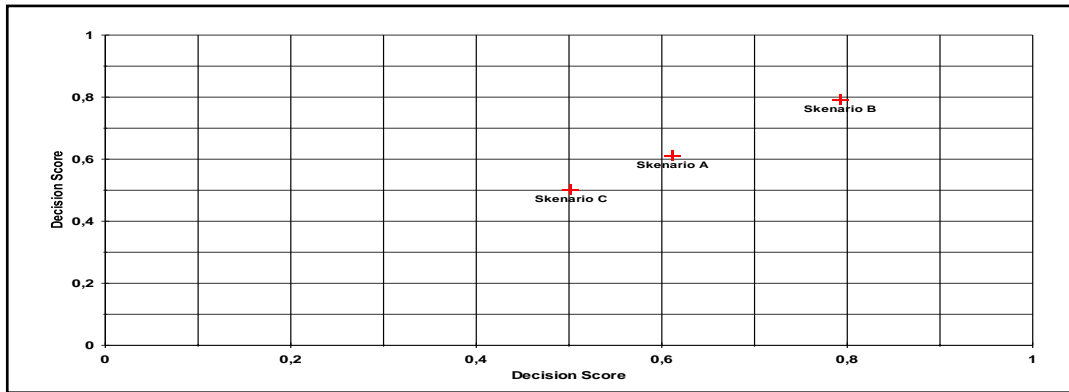
### **KESIMPULAN**

Pulau Bunaken adalah pulau dengan tingkat kerentanan ekologi tertinggi, sedangkan yang terendah adalah Pulau Mantehage. Faktor utama pengungkit kerentanan PPK TNB adalah luas ekosistem mangrove. Peningkatan luasan ekosistem mangrove akan meningkatkan efektivitas ekosistem mangrove sebagai zona penyangga sekaligus meningkatkan kapasitas ekosistem ini pada dimensi sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Lebar ekosistem mangrove yang ideal adalah 400 dikali tinggi gelombang suatu kawasan pesisir; penambahan luasan ekosistem mangrove disesuaikan dengan kapasitas realistis pulau. Pola pengelolaan yang dapat mengakomodir kebutuhan *stakeholders* dan meminimalkan kerentanan PPK adalah kolaboratif manajemen dengan pemerintah sebagai *leading sector* dan dimensi ekologi sebagai prioritas utama pengelolaan ekosistem mangrove berkelanjutan.

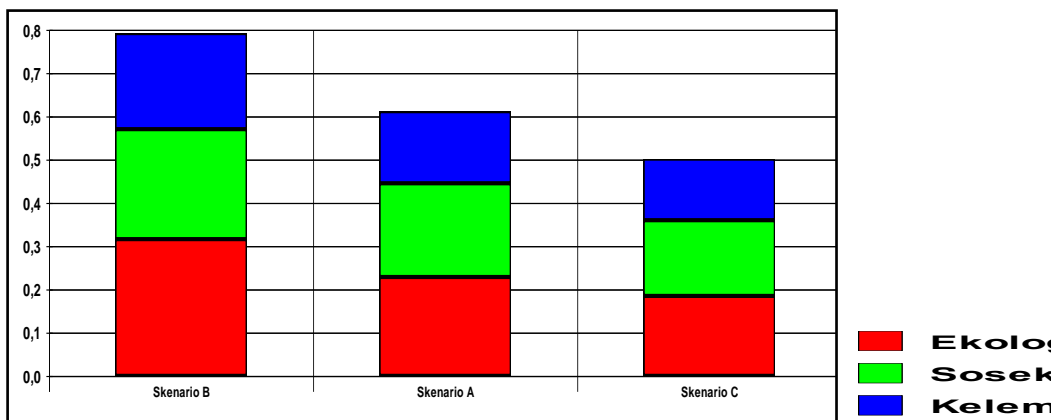
### **REFERENSI**

- ABDULLAH, A. (1988) Conservation and Management Of Mangrove Ecosystems In Indonesia. *Galaxea*, 7, pp. 297-301.
- ADRIANTO, L. and MATSUDA, Y. (2002) Developing economic vulnerability indices of environmental disasters in small island regions. *Environmental Impact Assessment Review*, 22, pp.393-414.

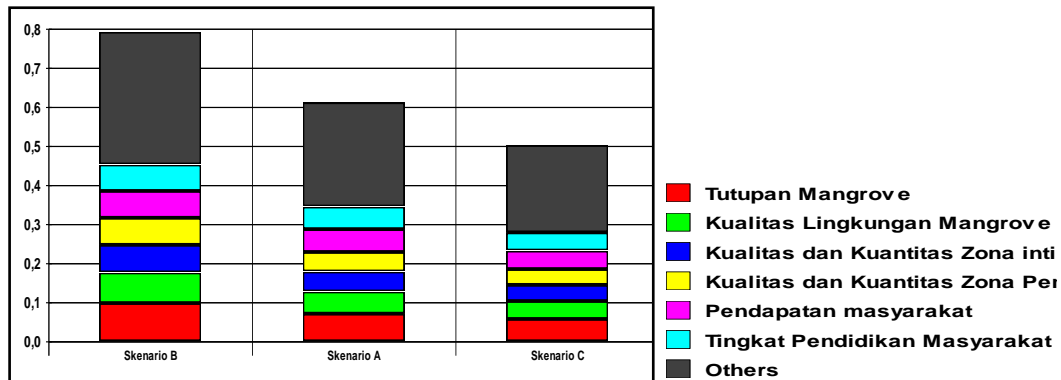




Gambar 5. Trade-offs analysis pola pengelolaan ekosistem mangrove.



Gambar 6. Prioritas pengelolaan ekosistem mangrove tingkat dimensi



Gambar 7. Prioritas pengelolaan ekosistem mangrove tingkat atribut

BARKEY, R. (1990) *Mangrove Sulawesi Selatan (Struktur, Fungsi, Dan Laju Degradasi)*. In: Proceedings “Keterpaduan Antara Konservasi dan tata Guna Lahan Basah di Sulawesi Selatan”. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Pemerintah daerah Sulawesi Selatan.

BALAI TAMAN NASIONAL BUNAKEN (2010) *Rencana Pengelolaan Jangka Panjang Taman*

*Nasional Bunaken Periode Tahun 1996-2021 (Review) Provinsi Sulawesi Utara*. Manado: Balai Taman Nasional Bunaken. Kementerian Kehutanan. Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam.

DIPOSAPTONO, S. and BUDIMAN (2006) *Tsunami*. Bogor: Sarana Komunikasi Utama.

DIPOSAPTONO, S., BUDIMAN and AGUNG, F. (2009) *Menyiasati Perubahan Iklim di Wiyalah*

- Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Bogor: Sarana Komunikasi Utama.
- FIELD, C.D. (1999) Mangrove Rehabilitation: Choice and Necessity. *Hydrobiologia*, pp. 413:1-37
- GRIMBLE, R. and CHAN, M.K. (2005) Stakeholders Analysis for Natural resource management in developing countries. *Natural Resource*, 19, pp. 113-124.
- KALY, U.L., PRATT, C.R. and MITCHELL, J. (2004) *The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004*. Italy: SOPAC Technical Report, UNEP.
- KAVANAGH, P. and PITCHER, T.J. (2004) *Implementing Microsoft Exel Software for Rapfish : A technuque for Rapid Appraisal of Fisheries Status*. Vancouver: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.
- SCHADUW, J.N.W. (2012) *Pengelolaan ekosistem mangrove berbasis mitigasi (Kasus Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken)*. Unpublished thesis (Dr), Institut Pertanian Bogor.
- TURNER, B.L. (2003) Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three Case Studies. *National Academy of Sciences*, 100, pp. 13-26.

*Diterima: 25 Desember 2012*

*Disetujui: 25 Februari 2013*