

**KAPASITAS ADAPTIF EKOLOGIS GUGUS PULAU GURAICI
KECAMATAN KAYOA, KABUPATEN HALMAHERA SELATAN,
PROVINSI MALUKU UTARA**

*Ecological Adaptive Capacity of Guraici Islands Group Sub-District Kayoa,
Southern Halmahera District, North Moluccas Province*

Oleh:

Riyadi Subur^{1*}, Fredinan Yulianda², Achmad Fahrudin², Setyo B. Susilo²

¹ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Khairun

² Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

* Korespondensi: riyadisubur58@yahoo.com

Diterima: 7 Agustus 2012 ; Disetujui: 12 April 2013

ABSTRACT

Coral reef, mangrove, and seagrass bed are important ecosystems in coastal areas and small islands which plays critical roles in maintenance of shorelines and lands on small islands. Those ecosystems have mutual relationships in providing effective protection of lands and lives on small islands. The objectives of the research are to calculate, to valuate, and to determine ecological adaptive capacity small islands of Guraici Islands. Field work was carried out at all 17 islands of Guraici Islands, where data collection and calculations of each ecosystem adaptive capacity of coral reef, mangrove and seagrass bed were made. Values of adaptive capacity for each ecosystem are found to range between 0.0 and 1.0 whereas values of the ecological adaptive capacity of every single island in Guraici Islands range between 0.0 and 3.0. The results of this research indicate that all small island ecosystems studied in Guraici Islands can be grouped into three categories of adaptive capacity, they are "medium, low, and very low". Values of coral reefs adaptive capacity range between 0.0 and 0.58. Values of mangroves adaptive capacity range between 0.0 and 0.51. Values of seagrass beds adaptive capacity range between 0.0 and 0.51. Data analysis made also shows that small island ecological adaptive capacity in Guraici Islands has also belonged to three categories "medium, low, and very low", where all their adaptive capacity values range between 0.37 and 1.64. Ten islands are in "Medium" category, six islands in "low" category, and one island is in "very low" category.

Key words: coral reef, ecological adaptive capacity, mangrove, seagrass

ABSTRAK

Terumbu karang (*coral reef*), mangrove dan padang lamun (*seagrass bed*), merupakan ekosistem penting di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang memegang peranan penting dalam melindungi garis pantai serta daratan pulau kecil. Ekosistem tersebut cukup efektif sebagai pelindung terhadap keselamatan lahan daratan pulau-pulau kecil, dan memiliki keterkaitan dalam melindungi pulau-pulau kecil. Tujuan penelitian ini adalah menghitung, menilai serta menentukan status kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau kecil dalam Gugus Pulau Guraici. Penelitian dilakukan pada 17 pulau yang terdapat dalam Gugus Pulau Guraici, dengan menghitung kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove dan ekosistem lamun. Nilai Kapasitas adaptif setiap ekosistem tersebut berkisar 0,0-1,0, sedangkan nilai kapasitas adaptif ekologi pulau berkisar 0,0-3,0. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh ekosistem pesisir yang diteliti pada pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici tergolong dalam tiga kategori kapasitas adaptif yaitu "sedang, rendah dan sangat rendah". Nilai kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang berkisar 0,0-0,58.

Ekosistem mangrove memiliki nilai kapasitas adaptif berkisar 0,0-0,51, dan ekosistem lamun kapasitas adaptifnya berkisar 0,0-0,59. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici tergolong kedalam tiga kategori yaitu "sedang, rendah dan sangat rendah", dengan nilai kapasitas adaptif ekologi yang berkisar 0,37-1,64. Sebanyak sepuluh pulau tergolong memiliki kapasitas adaptif ekologi "sedang", enam pulau memiliki kapasitas adaptif ekologi berkategori "rendah", dan satu pulau berkategori kapasitas adaptif ekologi "sangat rendah".

Kata kunci: terumbu karang, kapasitas adaptif ekologis, mangrove, lamun

PENDAHULUAN

Perubahan iklim (*climate change*) serta pemanasan global (*global warming*), berdampak pada terjadinya peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrim maupun kenaikan permukaan air laut (*sea level rise*). Hal tersebut dalam beberapa tahun terakhir ini telah memberikan kontribusi yang tinggi terhadap meningkatnya tekanan dan kerentanan terhadap pulau-pulau kecil yang mengakibatkan pada menurunnya kualitas lingkungan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil tersebut (Mimura 1999); Ghina 2003; Lewis 2009). Pulau-pulau kecil memiliki lingkungan yang rapuh dan merupakan daerah paling rentan (Briguglio 1995; Mimura 1999). Julca and Paddison (2009) mengemukakan bahwa pulau-pulau kecil sebagaimana yang terjadi pada negara-negara pulau kecil, pada dasarnya memiliki satu kesamaan yaitu rawan terhadap bencana serta memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana alam sebagai hasil dari rendahnya ketahanan fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan.

Terumbu karang (*coral reef*), mangrove dan lamun (*seagrass*), merupakan ekosistem penting di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang memegang peranan penting dalam melindungi garis pantai serta daratan pulau kecil, terutama terkait isu pemanasan global dan perubahan iklim saat ini. Ekosistem tersebut cukup efektif sebagai pelindung terhadap keselamatan lahan daratan pulau-pulau kecil, dan memiliki keterkaitan dalam melindungi pulau-pulau kecil. Secara fisik peran ketiga ekosistem tersebut adalah sebagai pencegah erosi, perangkap sedimen serta penghalang gelombang serta arus dan badai (Moberg dan Folk 1999). Keberadaan ekosistem-ekosistem tersebut pada suatu wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil berperan penting dalam meningkatkan kapasitas adaptif suatu pulau terhadap bencana alam karena berperan sebagai pelindung alami (Mimura 1999).

Menurut Gallopin (2006) kapasitas adaptif adalah kemampuan suatu sistem untuk menyesuaikan diri terhadap suatu gangguan atau potensi kerusakan. Selanjutnya Fusel and Klien (2006) menambahkan bahwa kapasitas adaptif

sebagai kemampuan dari sistem untuk melakukan penyesuaian terhadap suatu perubahan yang menyebabkan potensi dampak lebih moderat, mengambil manfaat atau untuk mengatasi konsekuensi yang ditimbulkan akibat perubahan tersebut.

Kapasitas adaptif yang dimiliki oleh suatu sistem, misalnya pulau-pulau kecil, merupakan sistem yang terbentuk antara pulau kecil itu sendiri dengan ekosistem lain disekitarnya yang berperan penting dalam mereduksi dampak eksternal yang timbul terhadap pulau-pulau kecil. Bagi ekosistem pesisir seperti terumbu karang, mangrove dan lamun, kapasitas adaptif memiliki nilai penting dalam menghadapi perubahan maupun tekanan eksternal. Dengan kapasitas adaptif tinggi, ekosistem dapat mempertahankan dirinya sendiri dari gangguan ataupun tekanan. Luers (2005) mengemukakan bahwa kapasitas adaptif memiliki potensi untuk menggeser posisi sistem pada permukaan kerentanan tinggi ke tingkat kerentanan yang lebih rendah dengan mengurangi sensitivitas (*sensitivity*) dan keterbukaan (*exposure*), dengan demikian jika kapasitas adaptif yang dimiliki oleh suatu sistem itu rendah, maka sistem tersebut cenderung memiliki kerentanan yang tinggi.

Pulau-pulau yang terdapat dalam Gugus Pulau Guraici adalah pulau-pulau yang tergolong sebagai pulau sangat kecil dan pada dasarnya rentan. Namun demikian umumnya pada wilayah pesisir pulau-pulau tersebut memiliki ekosistem pesisir utama seperti terumbu karang, mangrove dan padang lamun. Keberadaan ketiga ekosistem utama tersebut sebagaimana telah diuraikan sebelumnya dapat meningkatkan kapasitas adaptif dari suatu pulau kecil sehingga kerentanan yang menjadi salah satu ciri utama dari pulau-pulau kecil dapat berkurang. Dengan menghitung dan mengetahui kapasitas adaptif dari suatu pulau kecil, diharapkan akan memberikan kontribusi yang besar terhadap pengelolaan pulau-pulau kecil secara berkelanjutan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung, menilai serta menentukan status kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici berdasarkan kompo-

nen ekosistem pesisir yang terdiri dari terumbu karang, mangrove dan padang lamun.

METODE

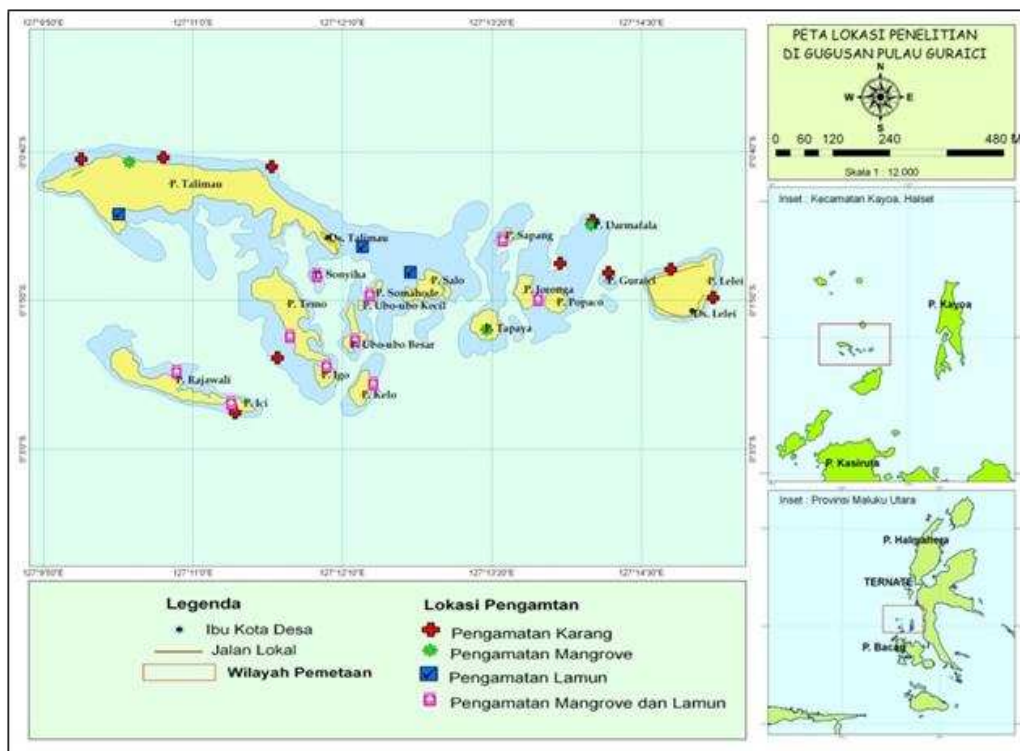
Penelitian ini dilakukan pada pulau-pulau kecil yang terdapat dalam Gugus Pulau Guraici. Gugusan ini secara administrasi berada dalam wilayah Kecamatan Kayoa Kabupaten Halmahera Selatan Provinsi Maluku Utara, dan secara geografis terletak pada posisi 127°9'-127°16' Bujur Timur dan 0°0'-0°8' Lintang Selatan. Penelitian ini dilakukan terhadap 17 pulau yang terdiri dari Pulau Temo, P. Guraici, P. Ubo-Ubo Besar, P. Ubo-Ubo Kecil, P. Popaco, P. Darmafala, P. Sohoma, P. Joronga, P. Lelei, P. Sonyiha, P. Salo, P. Rajawali, P. Talimau, P. Kelo, P. Sapang, P. Tapaya dan P. Igo. Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan dimulai dari bulan Desember 2010 sampai dengan Mei 2011.

Penentuan kapasitas adaptif ekologis pulau-pulau kecil dalam Gugus Pulau Guraici dilakukan dengan pengukuran terhadap kapasitas adaptif tiga komponen ekosistem pesisir utama yaitu ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove dan ekosistem lamun. Sebanyak tujuh (7) parameter diukur pada ekosistem terumbu karang, enam (6) parameter diukur pada ekosistem mangrove dan enam (6) parameter pada ekosistem lamun, sehingga total sebanyak sembilan belas (19) parameter yang di-

ukur untuk mengetahui kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau yang terdapat dalam Gugus Pulau Guraici.

Parameter yang diukur pada ekosistem terumbu karang adalah (1) Indeks dimensi terumbu karang (IDTK), (2) Persentasi tutupan karang (%), (3) *lifeform* dominan, (4) Jumlah jenis *lifeform*, (5) Jumlah jenis ikan karang, (6) kedalaman terumbu karang, (7) Jarak ekosistem dari aktivitas pemukiman penduduk (km) (Tabel 1). Pada ekosistem mangrove dilakukan terhadap enam parameter yaitu (1) Nilai Indeks Dimensi Mangrove (IDMg), (2) Spesies dominan, (3) Kerapatan pohon (pohon/ha), (4) Jumlah genera, (5) Tipe substrat. (6) Jarak ekosistem mangrove dari pemukiman penduduk (km) (Tabel 2). Pada ekosistem padang lamun pengumpulan data dilakukan terhadap enam parameter yaitu (1) Nilai Indeks Dimensi Lamun (IDLn), (2) Jenis lamun dominan, (3) persentasi tutupan lamun (%), (4) Jumlah jenis, (5) Tipe substrat, (6) Jarak ekosistem lamun dari pemukiman penduduk (km) (Tabel 3).

Salah satu prosedur dalam menghitung kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau dalam gugus pulau Guraici adalah menghitung indeks dimensi setiap ekosistem yaitu IDTK, untuk ekosistem terumbu karang, IDMg, untuk ekosistem mangrove, dan IDLn, untuk ekosistem lamun. Untuk menghitung indeks-indeks tersebut, hal pertama yang dilakukan adalah mengukur dimensi lebar serta dimensi panjang dari setiap



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

Tabel 1 Kriteria penilaian kapasitas ekosistem terumbu karang

Parameter	Bobot	Skala/ Skor				
		1	2	3	4	5
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Indeks Dimensi Terumbu Karang (IDTK)	5	0,0≤IDTK≤0,4	0,4<IDTK≤0,8	0,8<IDTK≤1,2	0,2<IDTK≤0,6	1,6<IDTK≤2,0
Tutupan karang (%)	5	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Dominasi <i>Lifeform</i>	5	SC,Ot	BC	ACT,ACD	CE	CM,CS
Jumlah Jenis <i>lifeform</i>	3	<4	4 – 7	7 – 12	12 – 15	>15
Jumlah spesies ikan karang	3	<10	10-<30	30-50	50-80	>80
Kedalaman terumbu karang (m)	1	<1	>1 - 5	>5 - 10	>10 - 15	> 15
Jarak dari pemukiman penduduk (km)	1	<0,5	>0,5-1	>1-4	>4-5	>5

Ket: CM= coral massive; CS=Coral submassive; CE=Coral encrusting; SC=Soft Coral; Ot=Other; ACT=Acropora tubular; ACD=Acropora digitate. * Indeks dimensi (0-5). Nilai Maksimal:115. Sumber : English *et al.* 1997 ; Bengen 2003; Dahuri 2003; Yulianda 2007; Bakosurtanal 2011; Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012 ; Subur 2012.

Tabel 2 Kriteria penilaian kapasitas mangrove

Parameter	Bobot	Skala/ Skor				
		1	2	3	4	5
		Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Indeks Dimensi Mangrove (IDMg)	5	0,0≤IDMg≤0,4	0,4<IDMg≤0,8	0,8<IDMg≤1,2	0,2<IDMg≤0,6	1,6<IDMg≤2,0
Spesies Dominan	5	<i>Ceriops / Nypa</i>	<i>Bruguiera</i>	<i>Rhizophora</i>	<i>Soneratia</i>	<i>Avicenia</i>
Kerapatan (pohon/ha)	3	<110	110≤330	330≤660	660≤880	≥880
Jumlah genera	3	1 – 2	3 – 5	6 – 7	8 – 10	11 – 12
Tipe substrat	1	Pasir Berkarang	Pasir	Pasir Berlumpur	Lumpur Berpasir	Berlumpur
Jarak dari pemukiman penduduk (km)	1	<0,5	>0,5-1	>1-4	>4-5	>5

Nilai maksimum : 90. Sumber : Bengen 2003; Dahuri 2003; Yulianda 2007; Bakosurtanal 2011; Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012 ; Subur 2012.

Tabel 3 Kriteria penilaian kapasitas lamun

Parameter	Bobot	Skala/ Skor				
		1	2	3	4	5
		Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Indeks dimensi Lamun (IDLn)	5	0,0≤IDLn≤0,4	0,4<IDLn≤0,8	0,8<IDLn≤1,2	0,2<IDLn≤0,6	1,6<IDLn≤2,0
Spesies Lamun	5	<i>Halophila</i> ,	<i>Halodule</i> , <i>Syrngodium</i>	<i>Cymodocea</i> , <i>Thalassodendron</i>	<i>Thalassia</i>	<i>Enhalus</i>
Penutupan (%)	3	<10	10-29,9	30-59,9	60-79,9	>80
Jumlah spesies	3	1–2	3–5	6– 7	8 – 10	11–12
Tipe substrat	1	Pasir	Pasir Berkarang	Pasir Berlumpur	Lumpur Berpasir	Berlumpur
Jarak dari pemukiman penduduk (km)	1	<0,5	>0,5 –	>1–4	>4–5	>5

Nilai maksimum : 90. Sumber : English *et al.* 1997 ; Yulianda 2007; Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012 ; Subur 2012.

ekosistem yang ditemukan pada suatu wilayah pulau. Pengukuran tersebut dibagi kedalam segmen-segmen yang mencakup dimensi lebar serta dimensi panjang tertentu. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan dimensi lebar adalah lebar yang diukur dari titik pertama kali suatu ekosistem ditemukan ke arah laut. Adapun yang dimaksud dengan dimensi panjang adalah diukur sejajar dengan garis pantai. Sedangkan yang dimaksud dengan “segmen” adalah penggolongan atau pengelompokan setiap ekosistem berdasarkan ukuran dimensi lebar serta dimensi panjang dengan ukuran tertentu. Pada ekosistem terumbu karang dan ekosistem mangrove, setiap pertambahan dimensi lebar sebesar 10 meter, maka akan diikuti dengan pertambahan nilai sebesar 0,01, dan akan mencapai nilai maksimal 1,0 pada saat dimensi lebar ≥ 1000 meter yang tersebar secara merata pada suatu wilayah pulau. Namun pada ekosistem lamun, setiap pertambahan dimensi lebar sebesar 5 meter, maka akan diikuti oleh pertambahan nilai sebesar 0,01, dan akan mencapai nilai maksimal 1,0 pada saat dimensi lebar ≥ 500 meter yang tersebar merata pada suatu wilayah pulau. Selanjutnya pada semua ekosistem tersebut, setiap pertambahan dimensi panjang sebesar 120 meter pada dimensi lebar yang sama, maka nilai dimensi panjang juga akan bertambah sebesar 0,01, dan akan mencapai nilai maksimal 1,0, pada saat panjang hamparan seluruh ekosistem tersebut mencapai ≥ 12.000 m (Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012; Subur 2012).

Pengukuran nilai indeks dimensi pada ketiga ekosistem pesisir (terumbu karang, mangrove dan lamun) yang mencakup pengukuran dimensi panjang dan dimensi lebar setiap ekosistem dilakukan langsung di lapangan dan dengan menggunakan bantuan analisis sistem informasi geografis (SIG). Hasil pengukuran selanjutnya dikonversi dalam bentuk nilai-nilai sebagai nilai setiap segmen dengan kisaran antara 0,0-1,0, untuk setiap ekosistem (Subur *et al.* 2011 ; Subur *et al.* 2012).

Pengukuran parameter-parameter lainnya pada ekosistem terumbu karang dilakukan dengan menggunakan metode *line Intercept Transec (LIT)* dan *Underwater Visual Census (UVC)*. Parameter lain pada ekosistem mangrove dilakukan dengan menggunakan metode transek kuadrat berukuran 10 m \times 10 m, dan selanjutnya mengamati, menghitung serta mencatat seluruh data yang dibutuhkan. Sedangkan pada ekosistem lamun pengambilan sampel dilakukan dengan metode transek kuadrat berukuran 0,5 m², dan selanjutnya mengamati menghitung serta mencatat seluruh data yang dibutuhkan (English *et al.* 1997; Bengen 2003).

Setelah seluruh pengumpulan data dilakukan terhadap parameter-parameter pada ketiga ekosistem pesisir tersebut, maka hasil analisis akan dimasukkan pada kriteria yang terdiri dari bobot setiap parameter yang dikalikan dengan skor/ skala yang terbagi dalam lima kategori yaitu “sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi”, sesuai dengan petunjuk Doukakis (2005), untuk selanjutnya dianalisis nilai kapasitas dari setiap komponen ekosistem pesisir, maupun analisis kapasitas adaptif ekologi setiap pulau dalam gugus pulau Guraici.

Pengukuran kapasitas adaptif ekologi pulau, dilakukan dengan mengukur komponen ekosistem utama di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yaitu ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove serta ekosistem lamun. Perhitungan nilai kapasitas setiap komponen ekosistem pesisir tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut, (Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012; Subur 2012).

$$Kp_i = \sum \left[\frac{N_i}{N_{maks}} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- Kp_i = Kapasitas Adaptif Komponen Ekosistem ke-i
- N_i = Total nilai parameter dari hasil pengukuran ekosistem ke-i (bobot dikali skor)
- N_{maks} = Nilai maksimum

Nilai “Kp” berkisar antara 0,0-1,0, dengan lima kategori yaitu “Sangat Rendah ($0,0 \leq Kp \leq 0,2$)”. “Rendah ($0,2 < Kp \leq 0,4$)”. “Sedang ($0,4 < Kp \leq 0,6$)”. “Tinggi ($0,6 < Kp \leq 0,8$)”. “Sangat Tinggi ($0,8 < Kp \leq 1,0$)”, (Subur *et al.* 2011; Subur *et al.* 2012 ; Subur 2012).

Setelah melakukan pengukuran dan analisis kapasitas setiap komponen ekosistem pesisir, maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui kapasitas adaptif ekologi (KAE) setiap pulau. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut (Subur 2012):

$$KAE_i = KpTK + KpMg + KpLn \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- KAE_i = Kapasitas Adaptif Ekologi Pulau-i
- $KpTK$ = Kapasitas Terumbu Karang
- $KpMg$ = Kapasitas Mangrove Pulau
- $KpLn$ = Kapasitas Lamun Pulau

Nilai “KAE”, berada pada kisaran antara 0,0 sampai dengan 3,0, dengan lima kategori yaitu “Sangat Rendah ($0,0 \leq KAE \leq 0,6$)”. “Rendah ($0,6 < KAE \leq 1,2$)”. “Sedang ($1,2 < KAE \leq 1,8$)”.

“Tinggi ($1,8 < KAE \leq 2,4$)”. “Sangat Tinggi ($2,4 < KAE \leq 3,0$)”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Adaptif Ekosistem Terumbu Karang

Hasil analisis kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang, menunjukkan bahwa pulau-pulau dalam gugus pulau Guraici tergolong kedalam tiga kategori yaitu “sedang, rendah dan sangat rendah, dengan nilai berkisar antara 0,0-0,58. Sebanyak 10 pulau bekapasias “sedang” yaitu P. Rajawali, P. Talimau, P. Temo, P. Igo, P. Joronga, P. Popaco, P. Tapaya, P. Daramafala, P. Lelei, dan P. Kelo, dengan nilai berkisar antara 0,54-0,58. Tiga pulau lain tergolong sebagai pulau-pulau dengan kapasitas adaptif “rendah” yaitu P. Salo, P. Guraici dan P. Sapang, dengan nilai berkisar antara 0,33-0,38. Kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang dengan kategori “sangat rendah” terdapat pada empat pulau yaitu P. Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar, P. Sonyiha, dan P. Sohoma, dengan nilai 0,0, hal ini disebabkan karena tidak ditemukan ekosistem terumbu karang pada perairan pulau-pulau tersebut, disebabkan oleh karena dasar perairan berlumpur, kekeruhan perairan yang tinggi serta dangkal, sehingga larva karang tidak dapat tumbuh dan berkembang.

Ekosistem terumbu karang dengan kapasitas adaptif yang tinggi mengindikasikan bahwa, ekosistem tersebut memiliki hamparan yang cukup luas dengan kualitas yang tinggi. Kualitas terumbu karang dapat dilihat dari persentase tutupan (%), jumlah jenis *lifeform*, dominasi *lifeform*, jenis ikan karang serta parameter lainnya. Sebaliknya kapasitas terumbu karang akan rendah pada ekosistem terumbu karang dengan kualitas rendah dengan luas hamparan yang sempit. Semakin luas hamparan terumbu karang, akan semakin tinggi peranannya terhadap perlindungan garis pantai maupun daratan pulau-pulau kecil. Perbandingan nilai-nilai kapasitas ekosistem terumbu karang pada pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici, ditampilkan pada Gambar 2.

Kapasitas ekosistem terumbu karang pada perairan Pulau Rajawali dengan kategori “sedang” serta memiliki nilai kapasitas tertinggi dipengaruhi oleh faktor dominasi *lifeform* yang umumnya didominasi oleh karang masif (*coral massive*) yang mencapai 43,14%, dengan banyak ditemukan karang yang berukuran relatif kecil, menandakan bahwa proses recover atau rekrutmen sedang berlangsung. Van Moorsel (1985); Golbuu *et al.* (2007), mengemukakan bahwa secara konvensional rekrutmen karang

dihabitat alami dapat dipantau berdasarkan jumlah anakan karang atau juvenil yang diidentifikasi sebagai koloni karang berukuran ≥ 5 cm, sedangkan Miller *et al.* (2000) menyatakan ukuran 2 dan 5 cm. McClanahan *et al.* (2005) berukuran 0,5-5,0 cm, dan menurut Edmunds *et al.* (2004) berukuran antara 2-40 mm. Keadaan ini ditunjang juga oleh kondisi tutupan karang yang tinggi yaitu sekitar 79,72%, kombinasi kedua parameter tersebut memberikan kontribusi yang tinggi, disamping parameter jumlah jenis ikan karang, jumlah jenis *lifeform*, jarak dari aktivitas manusia dan kedalaman terumbu karang. Selain itu walaupun indeks dimensi ekosistem terumbu karang yang menggambarkan luas serta penyebaran terumbu karang di wilayah ini tergolong sangat rendah, namun karena ditunjang oleh faktor lainnya seperti jarak dari pemukiman atau aktivitas manusia yang relatif jauh sekitar 2-6 km, menyebabkan ekosistem terumbu karang pada wilayah ini relatif jarang tersentuh. Menurut Alger *et al.* (2002) semakin dekat suatu sumberdaya dengan aktivitas manusia maka sumberdaya tersebut semakin rentan, sebaliknya semakin jauh atau semakin terisolasi suatu sumberdaya dari manusia maka sumberdaya tersebut akan semakin terjaga. Selain itu wilayah pulau ini merupakan salah satu pulau terluar diantara pulau lainnya dalam Gugus Pulau Guraici.

Selain itu terdapat tiga pulau dengan kategori kapasitas adaptif terumbu karang “rendah” yaitu P. Salo, P. Sapang, dan P. Guraici. Hal ini dipengaruhi oleh peranan parameter penting yang tergolong sangat rendah seperti parameter indeks dimensi yang mengindikasikan luas serta penyebaran ekosistem terumbu karang dan parameter dominasi *lifeform* yang didominasi oleh karang bercabang (*coral branching*) maupun parameter-parameter lainnya yang tergolong sedang dan rendah, sehingga memberikan kontribusi yang besar terhadap tinggi atau rendahnya kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang pada perairan sekitar pulau-pulau tersebut.

Pulau Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar, P. Sohoma, dan P. Sonyiha adalah empat pulau dengan kapasitas adaptif ekosistem terumbu karang berkategori “sangat rendah”. Keadaan ini disebabkan tidak ditemukannya ekosistem terumbu karang pada perairan sekitarnya, sehingga dengan demikian peranan terumbu karang sebagai pelindung garis pantai dan daratan tidak belangsung pada pulau-pulau tersebut.

Kapasitas Adaptif Ekosistem Mangrove

Hasil analisis kapasitas adaptif, menunjukkan bahwa ekosistem mangrove pada pulau-

pulau dalam Gugus Pulau Guraici tergolong ke dalam tiga kategori yaitu “sedang, rendah dan sangat rendah”, dengan nilai berkisar antara 0,0-0,51. Sebanyak 13 pulau dari 17 pulau yang diteliti tergolong memiliki kapasitas adaptif “sedang” dengan nilai berkisar antara 0,40-0,51, yakni P. Joronga, P. Daramafala, P. Rajawali, P. Popaco, P. Sohoma, P. Temo, P. Igo, P. Tapaya, P. Salo, P. Sapang, P. Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar dan P. Talimau. Selain itu sebanyak dua pulau tergolong sebagai pulau dengan kapasitas adaptif ekosistem mangrove “rendah”, dengan nilai berkisar antara 0,33-0,38. Sedangkan kategori kapasitas adaptif ekosistem mangrove “sangat rendah”, dengan nilai 0,0 adalah P. Guraici dan P. Lelei, karena pada kedua pulau tersebut tidak ditemukan ekosistem mangrove.

Ekosistem mangrove, umumnya tumbuh dan berkembang dengan baik pada wilayah yang relatif terlindung dengan perairan yang tenang, sedangkan pada P. Lelei dan P. Guraici relatif terbuka terhadap aksi gelombang dan arus air laut. Hal ini menyebabkan buah mangrove yang sampai ke wilayah kedua pulau tersebut mudah hanyut dan tidak dapat tumbuh serta berkembang.

Nilai kapasitas mangrove yang tinggi, akan mengindikasikan bahwa ekosistem tersebut memiliki kemampuan yang tinggi untuk melindungi wilayah pesisir dan daratan pulau kecil. Sebaliknya apabila semakin rendah nilai kapasitas ekosistem tersebut maka akan semakin rendah peranan perlindungannya terhadap pesisir dan daratan pulau kecil. Perbandingan nilai-nilai kapasitas ekosistem mangrove pada setiap pulau dalam Gugus Pulau Guraici, ditampilkan pada Gambar 3.

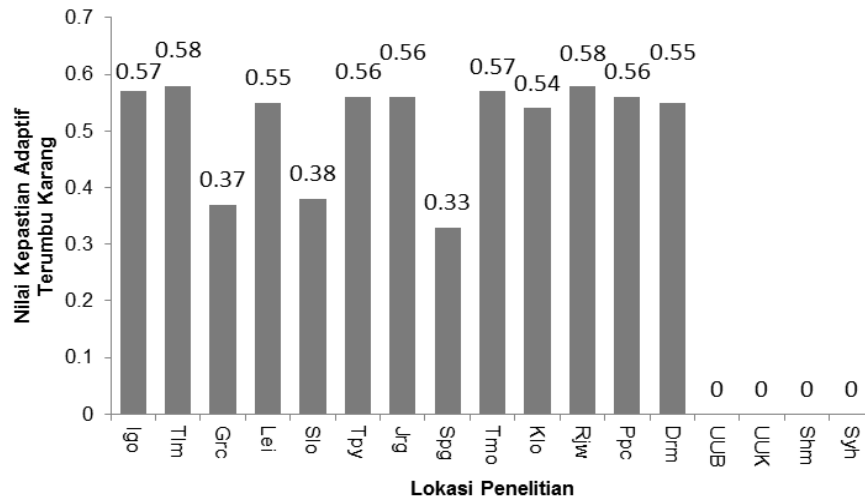
Kapasitas adaptif ekologi ekosistem mangrove yang ditemukan pada sebagian besar pulau dalam Gugus Pulau Guraici dengan kategori “sedang” tersebut, sangat ditentukan oleh setiap parameter yang terdapat dalam ekosistem tersebut. Sebagian besar pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici memiliki indeks dimensi dengan kategori sangat rendah, kecuali P. Popaco dan P. Joronga dengan kategori rendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ekosistem mangrove yang ditemukan pada setiap pulau memiliki penyebaran yang sempit. Keadaan tersebut terjadi karena ekosistem mangrove memiliki ketergantungan yang tinggi akan kebutuhan substrat yang sesuai untuk tumbuh dan berkembang secara optimal yang biasanya ditemukan pada ekosistem di pulau besar (Nybakken 1992). Sedangkan di pulau kecil sebagaimana pulau-pulau dalam gugus

pulau Guraici memiliki keterbatasan ruang sehingga penyebaran mangrove juga terbatas pada wilayah tertentu yang sesuai untuk pertumbuhan. Hal ini juga ditunjang oleh jumlah pohon per hektar yang umumnya tergolong rendah dan sangat rendah, kecuali pada P. Rajawali, P. Popaco, P. Joronga dan P. Sohoma yang memiliki jumlah pohon per hektar dengan kategori sedang.

Keseragaman tipe habitat yang umumnya ditemukan pada setiap pulau menyebabkan kemiripan spesies mangrove serta spesies dominan yang memiliki kemiripan pada sebagian besar ekosistem mangrove dalam gugus pulau Guraici yang umumnya seragam yaitu *Rhizophora* sp. Selain itu jumlah genera mangrove yang ditemukan pada setiap pulau hanya berkisar antara 2-4 genera dengan jumlah yang terdiri dari 3-5 spesies mangrove. Menurut Krebs (1989) bahwa keanekaragaman akan tinggi apabila tekanan lingkungan berkurang. Secara umum semua parameter yang diteliti pada ekosistem mangrove pada setiap pulau memiliki kategori “rendah hingga sangat rendah”, kecuali pada beberapa pulau dengan kategori sedang dan tinggi.

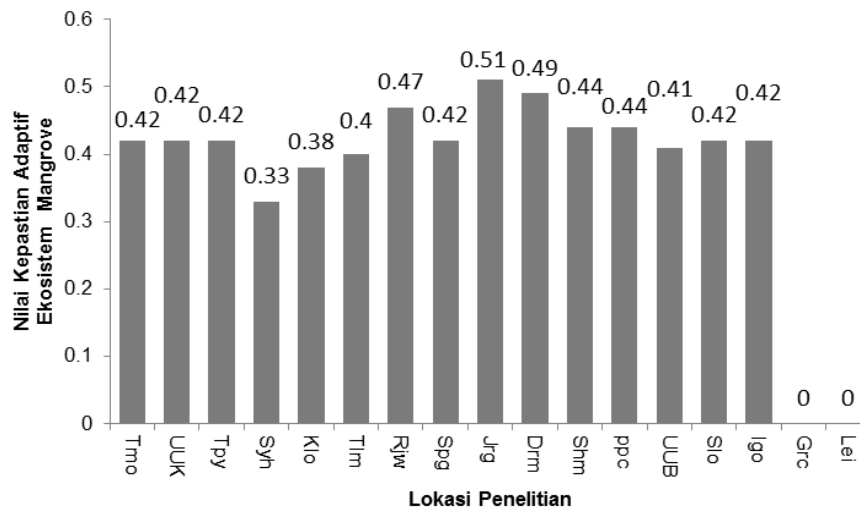
Pulau Lelei dan P. Guraici adalah dua dengan kategori kapasitas mangrove “sangat rendah”, nilai kapasitasnya sebesar 0,0, artinya kedua pulau ini tidak memiliki ekosistem mangrove di wilayah pesisirnya, dengan demikian peranan ekosistem mangrove sebagai salah satu komponen ekosistem di wilayah pesisir yang dapat meningkatkan kapasitas adaptif suatu pulau tidak berlangsung pada kedua pulau tersebut. Sebagaimana sifatnya, mangrove akan tumbuh dengan baik pada wilayah dengan substrat yang stabil, terlindung, perairan yang tenang, sedangkan kedua pulau tersebut relatif terbuka terhadap aksi gelombang serta arus air laut (Nybakken 1992; Bengen 2002; Dahuri 2003). Selain itu vegetasi mangrove juga mengembangkan pola adaptasi secara morfologi dan fisiologi untuk hidup pada daerah pasang surut (*intertidal*).

Pola adaptasi yang dikembangkan oleh vegetasi mangrove terhadap lingkungan pasang surut yang mudah dikenali adalah sistem akar udara. Fungsi utamanya adalah untuk pertukaran gas, memperkokoh tegaknya batang pada daerah lumpur serta penyerapan unsur hara, misalnya akar udara pada *Avicennia* spp., akar pancang pada *Sonneratia* spp., akar lutut pada *Bruguiera* spp., akar papan pada *Xylocarpus* spp. dan akar tunjang pada *Rhizophora* spp. (Tomlinson 1986).



Ket: Tim= Talimau. Grc=Guraici. Dm=Daramafala. Lei=Lelei. Ppc=Popaco. Jrg=Jorong. Spg=Sapang. Slo=Salo. Tpy=Tapaya. Rjw=Rajawali. Tmo=Temo. Igo=Igo. Klo=Kelo.

Gambar 2 Perbandingan nilai kapasitas ekosistem terumbu karang



Ket: Tim= Talimau. Grc=Guraici. Dm=Daramafala. Lei=Lelei. Ppc=Popaco. Jrg=Jorong. Spg=Sapang. Slo=Salo. Tpy=Tapaya. Rjw=Rajawali. Tmo=Temo. Igo=Igo. Klo=Kelo.

Gambar 3 Perbandingan nilai kapasitas adaptif ekosistem mangrove

Nilai kapasitas ekosistem mangrove dapat menunjukkan peranannya terhadap perlindungan suatu pulau sehingga semakin rendah nilai kapasitas mangrove, maka akan semakin rendah peranannya. Sebaliknya semakin tinggi nilai kapasitas yang dimilikinya, maka akan semakin besar peranannya dalam meningkatkan kapasitas adaptif suatu pulau. Menurut Othman (1994) ekosistem mangrove dengan kapasitas yang tinggi berperan penting dalam mereduksi energi gelombang, perangkap sedimen serta memperlambat proses erosi pantai, ditambahkan pula oleh Mazda *et al.* (2007) bahwa mangrove dengan kerapatan yang tinggi mampu melindungi daratan suatu pulau serta berperan sebagai pelindung alami dari tsunami.

Kapasitas Adaptif Ekosistem Lamun

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap parameter-parameter ekosistem lamun diperoleh bahwa kapasitas adaptif ekosistem lamun yang ditemukan pada wilayah pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici tergolong kedalam tiga kategori yaitu "sedang, rendah dan sangat rendah", dengan nilai berkisar 0,0-0,59. Sebanyak 13 pulau tergolong sebagai pulau-pulau dengan kapasitas adaptif "sedang", terdiri dari P. Talimau, P. Temo, P. Salo, P. Rajawali, P. Popaco, P. Sohomao, P. Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar, P. Sonyiha, P. Igo, P. Kelo, P. Jorong dan P. Tapaya, nilai kapasitas adaptifnya berkisar antara 0,46-0,59.

Terdapat tiga pulau dengan kategori kapasitas adaptif ekosistem lamun tergolong “rendah” yaitu P. Daramafala, P. Sapang dan P. Lelei, nilai kapasitas adaptif ketiga pulau tersebut berkisar antara 0,28-0,39. Sedangkan pulau dengan kategori kapasitas ekosistem lamun “sangat rendah” adalah pulau Guraici dengan nilai 0,0. Nilai kapasitas adaptif ekosistem lamun yang “sangat rendah” pada perairan sekitar Pulau Guraici disebabkan karena pada perairan sekitar pulau tersebut tidak ditemukan hamparan ekosistem lamun, karena disekitar pulau tersebut relatif terbuka terhadap ombak maupun arus air laut sehingga substrat dasar perairan yang tidak stabil menyebabkan tumbuhan ini tidak dapat tumbuh maupun berkembang.

Semakin rendah nilai kapasitas adaptif yang dimiliki oleh ekosistem lamun, maka akan semakin kecil pula peranan ekosistem tersebut bagi perlindungan suatu wilayah pesisir maupun daratan pulau. Sebaliknya, semakin tinggi nilai kapasitas adaptif, maka semakin besar pula peranan ekosistem tersebut terhadap perlindungan garis pantai dan maupun daratan pulau setiap pulau kecil.

Sebanyak tiga belas (13) pulau dalam Gugus Pulau Guraici atau sekitar 76,47%, memiliki kapasitas adaptif ekosistem lamun berkategori “sedang”, dengan kisaran nilai antara 0,46-0,59, pulau-pulau tersebut adalah P. Rajawali, P. Talimau, P. Temo, P. Salo, P. Sohomao, P. Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar, P. Sonyiha, P. Igo, P. Kelo, P. Joronga, P. Popaco, dan P. Tapaya. Sebanyak tiga pulau lainnya dengan kapasitas “rendah” yaitu P. Daramafala, P. Lelei dan P. Sapang dengan nilai kapasitas sebesar 0,28 dan 0,39 atau sekitar 17,64%. Sedangkan pulau dengan nilai kapasitas lamun berkategori “sangat rendah” adalah P. Guraici yang nilai 0,0 (nol). Distribusi nilai kapasitas adaptif ekosistem padang lamun ditampilkan pada Gambar 4.

Keberadaan ekosistem lamun pada perairan pesisir pulau-pulau kecil juga berperan penting dalam menjaga stabilitas pesisir dan daratan pulau. Semakin rendah nilai kapasitas yang dimiliki maka akan semakin kecil pula peranannya tersebut. Sebaliknya, semakin tinggi nilai kapasitas lamun maka akan semakin besar pula peranan ekosistem tersebut terhadap perlindungan garis pantai dan maupun daratan pulau. Selain itu ekosistem padang lamun juga merupakan salah satu parameter dari sistem alamiah pulau-pulau kecil yang berperan penting dalam meningkatkan kapasitas adaptif pulau-pulau kecil, dengan kapasitas adaptif yang tinggi ekosistem ini dapat berfungsi sebagai stabilisator dan perangkap sedimen (NOAA 2004). Menurut EPA (2009), lamun memiliki ke-

mampuan untuk memerangkap sedimen sekitar 1 cm per 100 tahun. Sedimen tersebut berperan penting dalam memproteksi garis pantai dari hantaman gelombang.

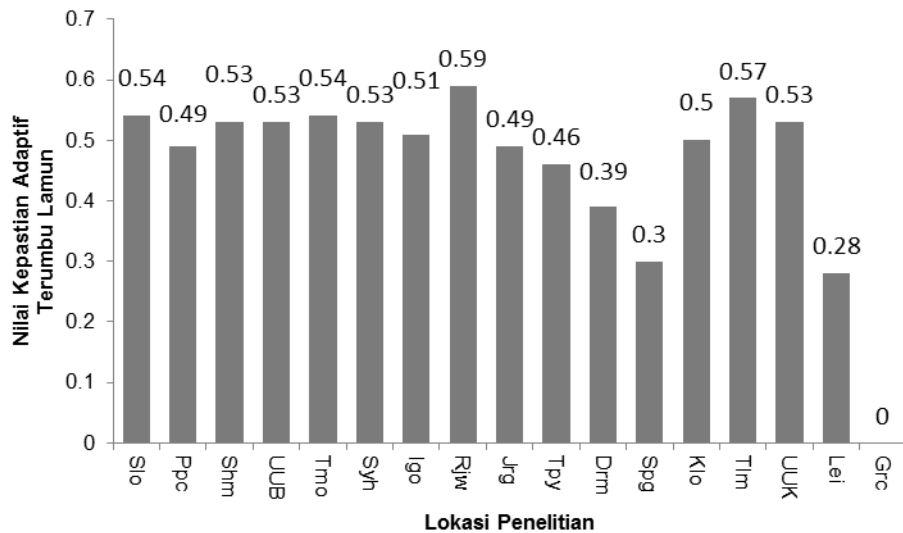
Nilai kapasitas adaptif ekosistem padang lamun yang sangat rendah di Pulau Guraici disebabkan perairan sekitar pulau tersebut tidak ditemukan hamparan ekosistem lamun. Kondisi tersebut karena di sekitar pulau tersebut relatif terbuka terhadap ombak maupun arus air laut sehingga substrat dasar perairan yang tidak stabil menyebabkan tumbuhan ini tidak dapat tumbuh maupun berkembang.

Kapasitas Adaptif Ekologi Pulau-Pulau dalam Gugus Pulau Guraici

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap tiga komponen ekosistem pesisir utama di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, meliputi ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove serta ekosistem padang lamun, menunjukkan bahwa kapasitas adaptif ekologi dari 17 pulau yang diteliti, tergolong kedalam tiga kelompok kategori yaitu “sedang, rendah dan sangat rendah”, dengan nilai berkisar antara 0,37-1,64. Perbandingan nilai kapasitas adaptif ekologi setiap pulau dalam gugus pulau Guraici, ditampilkan pada Gambar 5.

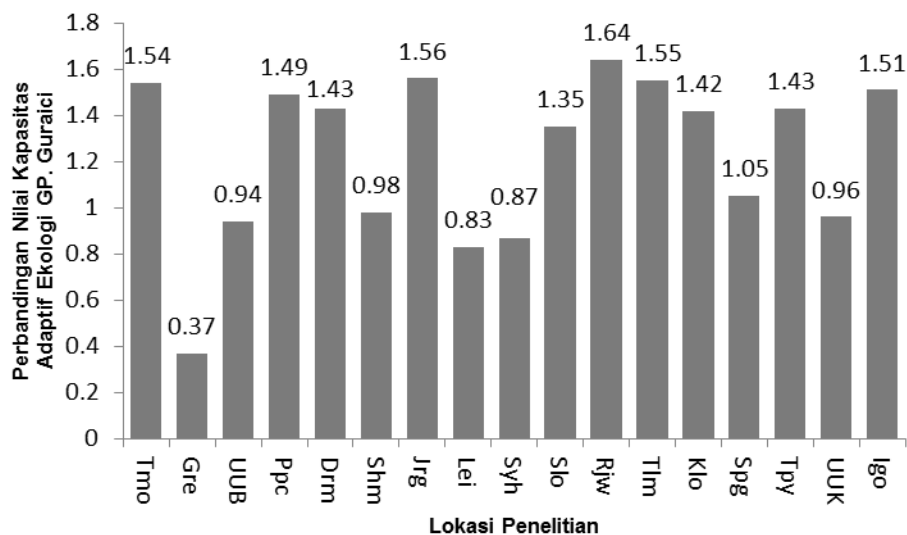
Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak sepuluh pulau, tergolong sebagai pulau-pulau yang memiliki kapasitas adaptif ekologi berkategori “sedang”, dengan nilai berkisar antara 0,35-1,64. Pulau-pulau tersebut adalah P. Joronga, P. Temo, P. Popaco, P. Talimau, P. Daramafala, P. Rajawali, P. Igo, P. Tapaya, P. Salo, dan Kelo. Wilayah pulau-pulau dengan kategori kapasitas adaptif ekologi “sedang” umumnya ditemukan ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove serta ekosistem padang lamun yang tersebar dengan penyebaran yang bervariasi. Sebanyak enam pulau lainnya tergolong memiliki kapasitas adaptif ekologi dengan kategori “rendah”, dengan nilai berkisar antara 0,37-1,05. Pulau-pulau tersebut adalah P. Sapang, P. Sohomao, P. Ubo-Ubo Kecil, P. Ubo-Ubo Besar, P. Sonyiha dan P. Lelei. Sedangkan pulau dengan kategori kapasitas adaptif ekologi “sangat rendah”, dengan nilai sebesar 0,37 adalah pulau Guraici.

Rendahnya kapasitas adaptif ekologi Pulau Guraici, sangat berdampak pada berkurangnya luas daratan pulau tersebut. Saat ini luas daratan Pulau Guraici telah berkurang secara drastis karena abrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas daratan Pulau Guraici sekarang tersisa sekitar 0,4 hektar (ha). Dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dinas Kelautan dan Perikanan



Ket: Tlm=Talimau, Grc=Guraici, Drm=Daramafala, Lei=Lelei, Ppc=Popaco, Jrg=Joronga, Spg=Sapang, Slo=Salo, Tpy=Tapaya, Rjw=Rajawali, Tmo=Temo, Igo=Igo, Klo=Kelo.

Gambar 4 Perbandingan nilai kapasitas ekosistem padang lamun



Ket: Tlm=Talimau, Grc=Guraici, Drm=Daramafala, Lei=Lelei, Ppc=Popaco, Jrg=Joronga, Spg=Sapang, Slo=Salo, Tpy=Tapaya, Rjw=Rajawali, Tmo=Temo, Igo=Igo, Klo=Kelo.

Gambar 5 Perbandingan nilai kapasitas adaptif ekologis setiap pulau

Propinsi Maluku Utara tahun 2004, luas daratan Pulau Guraici saat itu adalah 1,6 ha. Dalam rentang waktu antara tahun 2004-2011, telah terjadi penyusutan luas daratan pulau Guraici sebanyak 1,2 ha. Hal ini karena di sekitar pulau hanya ditemukan ekosistem terumbu karang dalam luasan yang sempit sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kapasitas adaptif ekologis Pulau Guraici dalam menghadapi ancaman gelombang serta arus air laut yang menuju pesisir maupun daratan pulau. Ekosistem mangrove serta ekosistem padang lamun yang secara ekologis ber-

fungsi sebagai pelindung pantai maupun daratan pulau dari abrasi, menstabilkan sedimen, mengurangi kecepatan gelombang serta arus air laut yang akan memasuki garis pantai serta daratan pulau, tidak ditemukan tumbuh disekitar Pulau Guraici. Hal ini memberikan kontribusi yang sangat tinggi terhadap rendahnya adaptif ekologis pulau tersebut. Kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap suatu gangguan ataupun tekanan serta potensi kerusakan sangat rendah, dengan demikian dapat dikatakan bahwa pulau Guraici adalah pulau yang sangat rentan diantara 17 pulau dalam Gugusan Pulau

Guraici sebagai akibat rendahnya kapasitas adaptif ekologis.

Kisaran nilai kapasitas adaptif ekologi pulau-pulau dalam gugus pulau saat ini antara 0,37-1,64, menunjukkan bahwa secara umum pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici memiliki kapasitas adaptif ekologis dengan kategori “sedang”. Dengan demikian keberadaan ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove dan ekosistem padang lamun yang umumnya terdapat pada setiap wilayah pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici saat ini dipertahankan sebagaimana adanya secara alamiah. Hal lainnya adalah melakukan rehabilitasi terhadap ekosistem yang telah mengalami degradasi, tujuannya adalah untuk meningkatkan kapasitas setiap ekosistem tersebut yang pada akhirnya meningkatkan kapasitas adaptif ekologi dari setiap pulau, mengingat kondisi pulau-pulau dalam Gugus Pulau Guraici sebagai pulau sangat kecil, menurunnya kapasitas adaptif ekologis setiap pulau akan berimplikasi negatif terhadap pulau-pulau kecil tersebut.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kapasitas yang dimiliki oleh setiap ekosistem pesisir, akan memberikan kontribusi yang besar terhadap tingginya kapasitas adaptif ekologis suatu pulau. Sebaliknya apabila semakin rendah kapasitas setiap ekosistem yang dimiliki oleh suatu pulau, maka akan semakin rendah kapasitas adaptif ekologi dari pulau tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah nilai kapasitas adaptif ekologis pulau-pulau kecil dalam gugus pulau Guraici berada pada kisaran 0,37-1,64 atau dengan 3 kategori kapasitas yaitu “sedang, rendah dan sangat rendah”. Pulau Guraici merupakan pulau dengan kapasitas adaptif sangat rendah, sebagai akibat rendahnya kapasitas ekosistem pesisir utama (Terumbu karang, Mangrove, dan Lamun).

DAFTAR PUSTAKA

Algar DA, Burbidge AA, Angus GJ. 2002: Cat eradication on Hermite Island, Montebello Islands, Western Australia. In: Turning the tide: the eradication of island invasive species. CR Veitch and MN Clout (eds.), IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, IUCN, Gland, pp. 14–18.

[BAKOSURTANAL] Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. 2011. Rancangan Standar Nasional Indonesia-3 (RSNI-

3): Survei dan Pemetaan Mangrove. Bakosurtanal. Jakarta.

Bengen DG. 2002. Ekosistem dan sumberdaya alam pesisir dan lautan serta prinsip pengelolaannya. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor, Bogor

Bengen DG. 2003. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. PKSPL-IPB. Bogor.

Briguglio L. 1995. Small Island Developing States and Their Economic Vulnerabilities. *World Development Journal*. 23: 1615-1632.

Dahuri R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Duokakis E. 2005. “Costal Vulnerability and Risk Parameter”. *Europian Water Jurnal*. 11/12: 3-7.

Edmunds PJ, Bruno JF, Carlon DB. 2004. Effects of depth and microhabitat on growth and survivorship of juvenile corals in the Florida Keys. *Journal Mar Ecol Prog Ser*. 278:115–124.

English S, Wilkinson C, Baker V. 1997. Survey Manual For Tropical Marine Resources. Second edition. Australia: Australian Institute of Marine Science.

EPA (*Environmental Protection Agency-Government of South Australia*). 2009. www.environment.sa.gov.au/coast/management/seagrass-loss.html.

Fussel HM, Klein RJT. 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climate change Journal*. 75: 301-329.

Ghina F. 2003. Sustainable Development in Small Island Developing States. *Environment, Development and Sustainability*. 5: 139-165.

Gallop GC. 2006. Linkages Between Vulnerability, Resiliensi, and Adaptive Capacity. *Global Environmental Change Journal*. 16: 293-303.

Golbuu Y, Victor S, Penland L, Idip JrD, Emaurois D, Okaji K, Yukihira H, Iwase A, Woesik RV. 2007. Palau’s coral reefs show differential habitat recovery following the 1998-bleaching event. *Journal Coral Reefs*. 26:319–332.

- Julca A, Paddison O. 2009. Vulnerabilities and Migration in Small Island Developing States in the Context of Climate Change. *Natural Hazards*. Doi: 10.1007/s.11069-009-9384-1
- Krebs CJ. 1989. *Ecology Methodology*. Harper and Row, Publisher. New York, Cambridge, Singapore, Sidney.
- Lewis J. 2009. An Island Characteristic: Derived Vulnerabilities to Indigenous and Exogenous Hazard". *Shima: The International Journal of Research into Island Cultures*. 3(1).
- Luers AL. 2005. The Surface of Vulnerability: An Analytical Framework For Examining Environmental Change. *Journal Global Environmental Change*. 15: 214-223.
- Mazda Y, Wolanski E, Ridd PV. 2007. The role of physical processes in mangrove environments: manual for the preservation and utilization of mangrove ecosystems. Terrapub. Tokyo.
- McClanahan TR, Maina J, Starger CJ, Herron-Perez P, Dusek E. 2005. Detriments to post-bleaching recovery of corals. *Journal Coral Reefs*. 24: 230-246.
- Mimura N. 1999. Vulnerability of Island Countries in the South Pacific to Sea Level Rise and Climate Change. *Journal Climate change research*. Vol.12.
- Moberg F, Folke C. 1999. Ecological Goods and Services of Coral Reef Ecosystems. *Journal Ecological economics*. 22: 215-233.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2004. Final Programmatic Environmental Impact Statement for Seagrass Restoration in the Florida Keys National Marine Sanctuary. EPA Florida.
- Nybakken JW. 1992. *Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Othman MA. 1994. Value of mangroves in coastal protection. *Journal Hydrobiologia* 285: 277-282.
- Subur R, Fredinan Y, Achmad F, SB Susilo. 2011. Kapasitas Adaptif Ekosistem Lamun (Seagrass) di Gugus Pulau Guraici Kabupaten Halmahera Selatan. *J. Agrisains*. 12(3): 207-215.
- Subur R, Fredinan Y, Achmad F, SB Susilo. 2012. Kapasitas Adaptif Ekosistem Mangrove di Gugus Pulau Guraici Kabupaten Halmahera Selatan. *J. Cannarium*. Vol. 14(1): 77-89.
- Subur R. 2012. Daya Dukung Ekowisata Dengan Pendekatan Kapasitas Adaptif Ekologi Di Pulau-Pulau Kecil (Kasus Gugus Pulau Guraici Kabupaten Halmahera Selatan, Propinsi Maluku Utara). [disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tomlinson CB. 1986. *The botany of mangrove*. Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge University Press. Cambridge. New York U.S.
- van Moorsel GWNM. 1985. Disturbance and growth of juvenile corals (*Agaricia humilis* and *Agaricia agaricites*, Scleractinia) in natural habitats on the reef of Curacao. *Journal Mar Ecol Prog Ser*. 24: 99-112
- Yulianda F. 2007. *Ekowisata Bahari Sebagai Alternatif Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Berbasis Konservasi*. Seminar Sains Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-IPB. Bogor.