

Indeks kerentanan pantai Mandalle Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan

Coastal vulnerability index of Mandalle Pangkajene and Kepulauan regency

Irawan Alham^{1*}, Paharuddin¹, Amir Yusuf¹

¹Jurusan Teknologi Penangkapan Ikan, Politani Pangkep, Jl. Poros Makassar Parepare Km 83, Pangkep, 90652

*Correspondence author : irawanal@gmail.com

ABSTRAK

Wilayah pantai Kecamatan Mandalle Kabupaten Pangkajene dan kepulauan merupakan zona yang rawan terhadap fenomena alam kenaikan muka laut (sea level rise). Dampak yang diterima akibat fenomena ini merupakan hal yang perlu dikaji untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan pantai dimasa yang akan datang. Penelitian bertujuan untuk menghitung indeks kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan pada masa yang akan datang diakibatkan perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan pantai. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juli 2022 di Kecamatan Mandalle, yaitu di Desa Mandalle, Tamarupa dan Boddie. Metode atau pendekatan yang digunakan dalam menganalisa data adalah: 1) analisis ekosistem dan sumberdaya pesisir, 2) analisis karakteristik fisik dan sosial masyarakat, 3) analisis kerentanan lingkungan pantai. Model Vulnerability Scoping Diagram (VSD) menempatkan exposure, sensitivity dan adaptive capacity sebagai dimensi kerentanan. Komponen dimensi keterpaparan terdiri dari dinamika pesisir, gangguan alam dan penduduk. Komponen dimensi kepekaan adalah karakteristik pantai, penggunaan lahan, dan pemukiman penduduk. Dimensi daya adaptasi meliputi habitat pesisir dan kawasan konservasi laut. Berdasarkan skor dari setiap parameter pada ketiga dimensi, maka indeks kerentanan pantai (IKP) di ketiga lokasi berada pada kisaran nilai IKP 7,96 - 9,59 yang masuk pada kategori Kerentanan sedang (moderate). Faktor yang sangat berpengaruh pada IKP adalah dimensi kepekaan meliputi : Erosi, gelombang dan pasang surut yang disebabkan oleh faktor oseanografi sehingga jika tidak melakukan upaya adaptasi dan mitigasi maka kemungkinan 5 - 10 tahun kedepan, tingkat kerentanan bisa menjadi IKP tinggi (High) bahkan sangat tinggi (Very high). Upaya adaptasi yang dapat dilakukan adalah memperkuat area sempadan pantai, penanaman dan perluasan pohon mangrove di daerah pesisir pantai Mandalle.

Kata Kunci: indeks Kerentanan Pantai, Mandalle

ABSTRACT

The coastal area of Mandalle sub-district, Pangkajene and Kepulauan Regency is a zone that is prone to natural phenomena of sea level rise. The impact received due to this phenomenon is something that needs to be studied to identify the level of coastal vulnerability and project changes in coastal vulnerability in the future. This study aims to calculate the coastal vulnerability index and project changes in vulnerability in the future due to changes in factors that affect coastal vulnerability. This research was conducted in May – July 2022 in Mandalle District, namely in Mandalle, Tamarupa and Boddie Villages. The methods or approaches used in analysing the data are: 1) analysis of coastal ecosystems and resources, 2) analysis of the physical and social characteristics of the community, 3) analysis of the vulnerability of the

coastal environment. The Vulnerability Scoping Diagram (VSD) model places exposure, sensitivity and adaptive capacity as dimensions of vulnerability. The components of the exposure dimension consist of coastal dynamics, natural disturbances and population. The components of the sensitivity dimension are the characteristics of the coast, land use, and population settlements. The dimensions of adaptability include coastal habitats and marine conservation areas. Based on the scores of each parameter on the three dimensions, the coastal vulnerability index (IKP) in the three locations is in the range of IKP values of 7.96 - 9.59 which is included in the category of moderate vulnerability. Factors that are very influential on the IKP are the dimensions of sensitivity including: erosion, waves and tides caused by oceanographic factors so that if adaptation and mitigation efforts are not carried out, it is likely that in the next 5-10 years, the level of vulnerability can become high and even very high. Adaptation efforts that can be done are strengthening the coastal border area, planting and expanding mangrove trees in the coastal area of Mandalle.

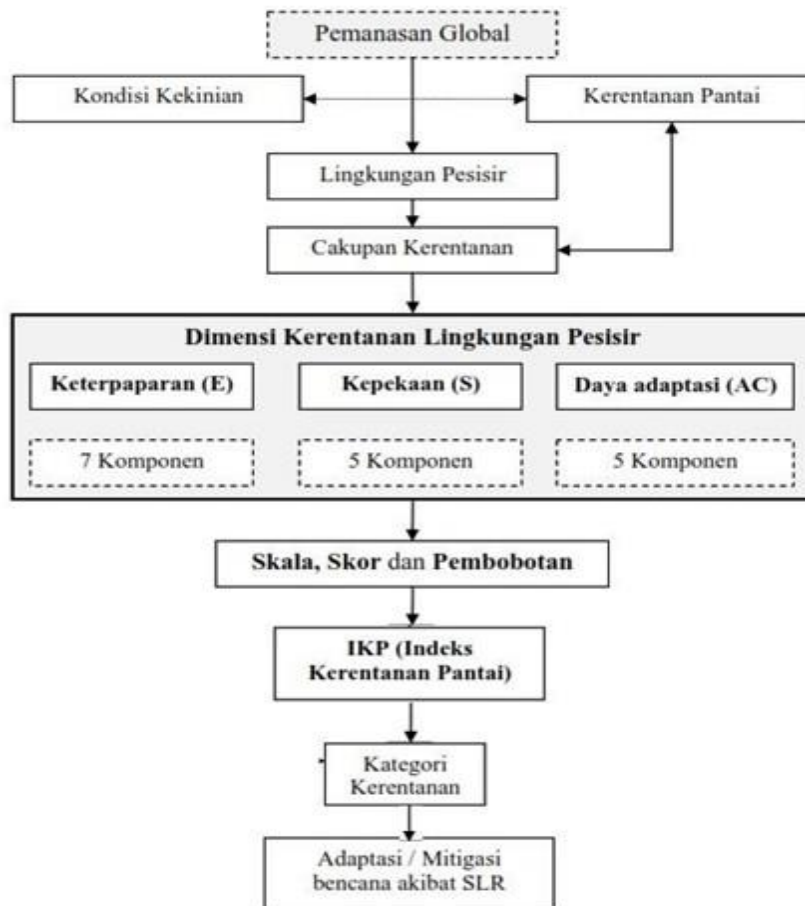
Keywords: Coastal Vulnerability index, Mandalle

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang lemah atau bersifat rentan oleh faktor lingkungan seperti variabilitas iklim, perubahan iklim dan naiknya permukaan laut, resiko gempa bumi, tsunami dan peristiwa vulkanik, dan ekosistem-ekosistem rapuh (Pratt et al. 2004). Pantai adalah suatu zona yang dinamik karena merupakan zona persinggungan dan interaksi antar tiga fase yang sangat rumit yakni: lautan, daratan, dan udara. Zona pantai senantiasa memiliki proses penyesuaian yang terus menerus menuju keseimbangan alami terhadap dampak dari pengaruh eksternal dan internal baik yang bersifat alami maupun non alami. Faktor alami diantaranya adalah gelombang, arus, aksi angin, input dari sungai, kondisi tumbuhan pantai serta aktivitas tektonik maupun vulkanik. Faktor non alami seperti kegiatan campur tangan manusia/buatan dalam hal ini, adalah pemanfaatan kawasan pantai sebagai suatu kawasan seperti: perikanan, industri, pelabuhan, pariwisata, pertanian/kehutanan, pertambangan dan pemukiman.

Daratan Mandalle membentang dari Utara ke Selatan sepanjang 5 km. Ketinggian dari permukaan laut antara 0 – 2 meter. Permasalahan di wilayah pesisir sangat sensitif dan rentan terhadap fenomena alam perubahan iklim dan pemanasan global. Dampak yang diterima di wilayah pesisir akibat fenomena ini merupakan hal yang perlu dikaji untuk mengidentifikasi secara spasial tingkat kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan pantai dimasa yang akan datang diakibatkan perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan Pantai.

Penelitian bertujuan untuk menghitung indeks kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan pada masa yang akan datang diakibatkan perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan pantai. Berdasarkan hal tersebut diharapkan informasi yang diperoleh dapat dipergunakan sebagai masukan bagi pemerintah dalam perencanaan kebijakan untuk menyusun strategi adaptasi dan mitigasi bencana pesisir di wilayah Kabupaten Pangkep.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian Indeks Kerentanan Pantai

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juli 2022 di tiga desa dalam wilayah Kecamatan Mandalle Kabupaten Pangkep, yaitu : Desa Mandalle, Tamarupa dan Boddie. Lokasi Penelitian disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (Sumber : Peta RBI Skala 1 : 50.000 Lembar 2011 - 33 Segeri Bakosurtanal)

Bahan dan peralatan

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan adalah:

- Data Citra satelit *google earth* Pantai Mandalle 2022.
- Peta RBI lembar tahun 2021 dari Bakosurtanal dengan skala 1 : 50.000.
- Data-data yang terkait dengan komponen dimensi kerentanan pantai meliputi: karakteristik pantai dan dinamika pesisir (tipologi, kenaikan muka laut relatif, tunggang pasang surut, tinggi gelombang, elevasi, kelerengan (*slope*), jenis batuan, dan perubahan garis pantai.
- Peralatan yang digunakan adalah *Global Positioning System* (GPS), komputer 1 set, *software MS-office* dan *google office*, *water pass* 1 set, dan kamera digital.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian kerentanan lingkungan pesisir diawali dengan pengumpulan data. Metode atau pendekatan yang digunakan dalam menganalisa data adalah: 1) analisis ekosistem dan sumberdaya pesisir, 2) analisis karakteristik fisik dan sosial masyarakat, 3) analisis kerentanan lingkungan pantai. Hasil yang didapatkan dari analisis ini adalah informasi terkait dengan dinamika kerentanan lingkungan pesisir.

Diagram Pelingkupan Kerentanan

Analisis kerentanan lingkungan pantai mengacu kepada konsep yang dikembangkan oleh Turner et al. (2003) dimana kerentanan merupakan fungsi dari

exposure (keterpaparan), *sensitivity* (kepekaan) dan *adaptive capacity* (daya adaptasi) dari suatu sistem pesisir. Untuk mengidentifikasi komponen kerentanan, Polsky et al. (2007) mengembangkan model *Vulnerability Scoping Diagram* (Diagram Pelingkupan Kerentanan). Model VSD ini menempatkan *exposure*, *sensitivity* dan *adaptive capacity* sebagai dimensi kerentanan. Selanjutnya dilakukan determinasi terhadap komponen dimensi kerentanan dan pengukuran komponen dimensi kerentanan. Komponen dimensi keterpaparan terdiri dari dinamika pesisir, gangguan alam dan penduduk. Komponen dimensi kepekaan adalah karakteristik pantai, penggunaan lahan, dan pemukiman penduduk. Dimensi daya adaptasi meliputi habitat pesisir dan kawasan konservasi laut. Diagram pelingkupan kerentanan disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3. Diagram pelingkupan kerentanan (Polsky 2007)

Penentuan Skala dan Bobot Parameter Kerentanan

Pendekatan yang banyak digunakan dalam penentuan indeks adalah metode penskalaan dan skoring. Bossel (1999) menyatakan bahwa untuk menghasilkan sebuah indeks tunggal, keragaman data dan indikator perlu distandarisasi dalam suatu unit yang sama. Hal ini dilakukan dengan mereduksi seluruh komponen ke suatu nilai skor. Doukakis (2005) dan Rao *et al.* (2008) menggunakan 5 tingkatan (1-5). Untuk

memaknai setiap nilai skor tersebut, Doukakis (2005) maupun Rao *et al.* (2008) memberikan definisi dari setiap skor. Dimana nilai tengah sebagai nilai sedang, nilai terendah dan tertinggi sebagai batas bawah dan batas atas. Pembobotan yang diberikan menggunakan metode matriks perbandingan karena dianggap paling sesuai dalam menggambarkan peran atau signifikansi dari setiap parameter kerentanan pantai (Villa dan McLeod 2002).

Keterpaparan (*exposure*)

Dimensi keterpaparan (*exposure*) terdiri dari tiga komponen dengan parameter antara lain: 1) dinamika pesisir, yaitu *sea level rise* (SR), erosi (ER), pasang surut (PS), gelombang (GL), 2) gangguan alam; kejadian tsunami (TS) selama 100 tahun terakhir, dan 3) penduduk; pertumbuhan (PD) dan kepadatan penduduk (PD). Sistem penskalaan dan skor penilaian parameter disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sistem penskalaan dan skoring parameter kerentanan dimensi keterpaparan (*exposure*)

E	Skor	1	2	3	4	5	Sumber
SR mm/thn		≤ 4,99	5 – 9,99	10 – 14,99	15 – 25	>25	DKP (2008)
ER m/thn		>2,0	1,0 – 2,0	-1,0 – 1,0	1,0 – (-2,0)	<-2,0	Gornitz <i>et al.</i> (1992)
PS m		<0,50	0,51 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	>4	DKP (2008)
GL m		<0,50	0,51 - 1	1,1 - 1,5	1,51 – 2	>2	DKP (2008)
TS		0	1	2 – 3	4 – 10	>10	SOPAC (2005)
PD % /thn		≤0,5	0,51 – 1,0	1,1 – 1,5	1,51 – 2,0	≥ 2,1	SOPAC (2005)
KP jw/ha		<75	76 – 150	151 – 200	201 – 400	>400	BSN (2004)

Kepekaan (*Sensitivity*)

Dimensi kepekaan (*sensitivity*) terdiri dari tiga komponen yaitu: 1) karakteristik pantai, yaitu elevasi (EL), slope (SL), tipologi (TP); 2) penggunaan lahan (PL); dan 3) pemukiman penduduk (PP). Sistem penskalaan dan skor penilaian parameter disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sistem penskalaan dan skoring parameter kerentanan dimensi kepekaan (*sensitivity*)

S	1	2	3	4	5	Sumber
EL m	>5	3,1 – 5	2,1 – 3	1,1 – 2	0 – 1	Tahir (2010)
SL %	>40	25,1 – 40	15,1 – 25	9 – 15	0 – 8	Tahir (2010)
TP	Ber Vegetasi	Berbatu	Berkerikil	Pantai Berpasir	Pantai Hasil Endapan	DKP (2009)
PL	Lahan terbuka/tidak dimanfaatkan	Budidaya laut	Budidaya pertanian	Peternakan	pemukiman	DKP (2009)
PP	Di lokasi ketinggian > 5 m	Di ketinggian 2-5 m	Dibelakang sempadan pantai	Sekitar pantai	Di atas perairan	Tahir (2010)

Daya Adaptasi (*Adaptive Capacity*)

Dimensi daya adaptasi (*adaptive capacity*) terdiri dari dua komponen yaitu: 1) habitat pesisir (HP), yang meliputi ekosistem terumbu karang (TK), padang lamun (LM) dan mangrove (MR), dan 2) kawasan konservasi (KL). Sistem penskalaan dan skor penilaian parameter disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Sistem penskalaan dan skoring parameter kerentanan dimensi daya adaptif (*adaptive capacity*)

A.C	1	2	3	4	5	Sumber
HP (kali)	≤ daratan pantai	2 x > daratan pantai	3 x > daratan pantai	4 x > daratan pantai	> 5 kali daratan pantai	Tahir (2010)
MR (phn/ Ha)	0 – 500	501– 1.000	1.001-1.250	1.251-1.500	>1.500	KLH (2004)
TK (%)	0 – 20	21– 40	41-60	61– 80	81 – 100	KLH (2004)
LM (%)	<10	10 – 29,9	30 – 59,9	60 – 79,9	>80	KLH (2004)
KL (%)	0	1 – 10	11 – 25	26 – 40	>50	KLH (2004)

Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan antara lain a) data geofisik, seperti elevasi dan kemiringan daratan pantai, tipologi dan morfologi pantai, panjang garis pantai dan data oseanografi (kenaikan muka laut, pasang surut, gelombang laut), b) data bioekologi, seperti ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove, ekosistem lamun, vegetasi pantai dan sumberdaya lainnya. c) kondisi sosial ekonomi seperti; penduduk,

pemanfaatan sumberdaya pesisir, pemanfaatan lahan, program perlindungan dan konservasi ekosistem pesisir.

Analisis Data

Analisis yang dilakukan adalah; 1) analisis ekosistem pesisir, 2) analisis karakteristik geofisik, 3) analisis karakteristik sosial, dan 4) analisis indeks kerentanan pantai. Analisis ekosistem pesisir meliputi ekosistem terumbu karang mencakup luasan (sebaran habitat) dan persentase tutupan karang hidup. Ekosistem mangrove mencakup sebaran habitat dan kerapatan pohon. Ekosistem padang lamun mencakup distribusi dan kualitas tutupan. Parameter geofisik pesisir yang dianalisis adalah kelerengaan pantai (*coastal slope*), ketinggian atau elevasi pantai dari permukaan laut (dpl), dan tipologi/jenis pantai, laju erosi pantai, dan parameter oseanografi seperti gelombang dan pasang surut. Parameter sosial yang dianalisis adalah; laju pertumbuhan dan kepadatan penduduk, dan penyebaran pemukiman penduduk.

Indeks Kerentanan Pantai

Konsep kerentanan yang diacu merupakan hasil formulasi indeks kerentanan dari Tahir (2010) dimana kerentanan merupakan fungsi *overlay* dari keterpaparan (*exposure*), kepekaan (*sensitivity*), dan kapasitas adaptif (*adaptive capacity*), yang selanjutnya diekspresikan persamaan matematika sebagai berikut:

$$V = (ExS)/AC \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dengan menjabarkan parameter kerentanan seperti yang diadopsi dari Polsky *et al.* (2007), maka dimensi E, S dan AC dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IE = 0,41 (SR \times ER) + 0,21 GL + 0,14 PS + 0,14 TS + 0,10 (PD \times KD) \quad \dots\dots (2)$$

Dengan pendekatan yang sama, maka dimensi S dapat dituliskan menjadi:

$$IS = 0,43 EL + 0,21 TP + 0,14 SL + 0,11 PL + 0,11 PP \quad \dots\dots\dots (3)$$

Adapun dimensi AC dapat dituliskan sebagai berikut:

$$IAC = 0,40 HP + 0,20 TK + 0,20 MR + 0,11 LM + 0,11 KL \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2), (3), dan (4) ke dalam persamaan (1) diperoleh persamaan indeks kerentanan pantai (IKP) sebagai berikut:

$$IKP = IE \times IS/IAC \quad \dots\dots\dots (5)$$

Berdasarkan nilai skoring dari setiap parameter yang telah diidentifikasi melalui pendekatan *Vulnerability Scoping Diagram* sebelumnya, yaitu skala nilai skoring setiap

parameter adalah antara 1 sampai 5, dengan mensubstitusi nilai-nilai maksimum dan minimum dalam persamaan (5), diperoleh nilai minimum IKP sebesar 0,20 dan nilai maksimum sebesar 76. Dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum tersebut, skala penilaian tingkat kerentanan pantai dibagi menjadi 4 kategori (Doukakis 2005) 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*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Kerentanan Pantai

Dari nilai skor parameter yang disubstitusikan ke dalam persamaan indeks per dimensi pada persamaan (2), (3) dan (4) untuk mendapatkan nilai indeks kerentanan pantai (IKP). Dari transformasi nilai parameter-parameter nilai skor dan hasil perhitungan pada persamaan (5) menunjukkan bahwa kisaran nilai indeks kerentanan di Pantai Mandalle berada pada kisaran 7,96 - 9,59 yang masuk dalam kategori kerentanan sedang (*moderate*).

Berdasarkan dimensi keterpaparan (*exposure*), indeks exposure adalah 2,38 dimana dinamika pesisir yang berpengaruh adalah erosi, pasang surut gelombang berada pada nilai 3 yang masuk kategori sedang, sedangkan gangguan alam; kejadian tsunami selama 100 tahun terakhir skornya 1 (rendah), Pertumbuhan dan kepadatan penduduk pada skor 1 (Kategori rendah). Dimensi kepekaan (*sensitivity*), indeks sensitivity berkisar 4,03 - 4,35 yang masuk kategori sedang dimana karakteristik pantainya meliputi elevasi, slope, tipologi pantai berada pada skor 4 - 5. yang masuk kategori tingkat kepekaannya tinggi. Sedangkan penggunaan lahan skor 5 yaitu pemukiman dan kegiatan budidaya perairan, pemukiman penduduk berada di belakang sempadan pantai dan sebagian besar di ketinggian 2 - 5 meter dpl. Skor daya adaptif menunjukkan nilai indeks rendah dikarenakan habitat pesisir meliputi terumbu karang, lamun dan mangrove berada pada skor rendah dalam hal tutupan karang, kepadatan lamun, jumlah dan jenis pohon mangrove. Sedangkan kawasan konservasi skornya

rendah (tidak ada kawasan konservasi). Nilai indeks adaptif capacity 1,00 - 1,31 yang masuk kategori rendah.

Indeks kerentanan pantai (IKP) di ketiga lokasi berada pada kisaran nilai IKP 7,96 - 9,59 yang masuk pada kategori Kerentanan sedang (*moderate*). Faktor yang sangat berpengaruh pada IKP adalah dimensi kepekaan meliputi : erosi, gelombang dan pasang surut yang disebabkan oleh faktor oseanografi sehingga jika tidak melakukan upaya adaptasi dan mitigasi maka kemungkinan 5 - 10 tahun kedepan, kategori IKP sedang bisa menjadi IKP tinggi (High) bahkan sangat tinggi (Very high). Upaya adaptasi yang dapat dilakukan adalah memperkuat dinding sempadan pantai, penanaman dan perluasan pohon mangrove di daerah pesisir pantai Mandalle. Adapun nilai indeks kerentanan pantai disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Indeks Kerentanan Pantai (IKP) Vo menurut Desa di Lokasi Penelitian

No	Indeks	Desa		
		Mandalle	Tamarupa	Boddie
1	Keterpaparan (IE)	2,38	2,38	2,38
2	Kepekaan (IS)	4,35	4,14	4,03
3	Daya adaptasi (IAC)	1,30	1,10	1,00
4	IKP Vo	7,96	8,96	9,59
5	Tingkat kerentanan	Sedang	Sedang	Sedang

SIMPULAN

1. Indeks kerentanan pantai (IKP) di ketiga lokasi berada pada kisaran nilai IKP 7,96 - 9,59 yang masuk pada kategori Kerentanan Sedang (*Moderate*).
2. Faktor yang sangat berpengaruh pada IKP adalah dimensi kepekaan meliputi : erosi, gelombang dan pasang surut yang disebabkan oleh faktor oseanografi sehingga jika tidak melakukan upaya adaptasi dan mitigasi maka kemungkinan 5 - 10 tahun kedepan, kategori indeks kerentanan bisa menjadi kerentanan tinggi (*High*) bahkan sangat tinggi (*Very high*).
3. Upaya adaptasi yang dapat dilakukan adalah memperkuat area sempadan pantai, penanaman dan perluasan pohon mangrove di daerah pesisir pantai Mandalle.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan apresiasi kepada :

- Dr. Dahlia, selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, yang telah mendanai penelitian BOPTN tahun 2022.
- Dr. Andi Santi, S.ST.Pi., M.Si Selaku Ketua Panitia Seminar Nasional dalam rangka dies Natalis ke 34 Politeknik Pertanian Negeri Pangkep 10 September 2022.
- Paharuddin, M.Si dan Amir Yusuf, M.Si, selaku anggota penelitian dan staf pengajar di Jurusan Teknologi Kelautan dan Perikanan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

DAFTAR PUSTAKA

- Bossel H. 1999. Indicators for sustainable development: Theory, method, applications. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg. Canada.
- Badan Standardisasi Nasional, 2004. Tata cara penataan permukiman di perkotaan. SNI 03-1733-2004.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2008. Indeks Kerentanan Pulau-Pulau Kecil. Direktorat Pemberdayaan Pulau-Pulau Kecil. DKP. Jakarta.
- 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 Science Division. Publication No. 3913.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Kepmen-LH No.200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun. Jakarta
- Polsky C, Neff R, Yarnal B. 2007. Building comparable global change vulnerability assessment: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change* 17: 472-485.
- Rais J. 1998. Pengelolaan Kawasan Pesisir dalam Konteks Internasional dan Nasional. S2-CCMR. Jakarta.
- Rao KN, Subra Elu P, Rao TV, Malini BH, Raheesh R, Bhattacharya S, Rajawat AS, Ajai. 2008. Sea level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhara Pradesh Coast, India through remote sensing and GIS. *J. Coast Conser* 12: 195–207.
- SOPAC (South of Pacific Islands Applied Geoscience Commission). 2005. Environmental Vulnerability Index. EVI. Description of Indicators. UNEP-SOPAC.
- Tahir A. 2010. Formulasi Indeks Kerentanan Lingkungan Pulau-pulau Kecil. Kasus Pulau Kasu-Kota Batam, Pulau Barrang Lompo-Kota Makassar, dan Pulau Saonek-Kabupaten Raja Ampat. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Turner BL, Roger E, Kasperson, Matsone PA, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L, Eckley N, Kasperson JX, Leurs A, Martello ML, Polsky C, Pulsipher A, Schiller A .

Prosiding Semnas Politani Pangkep Vol 3 (2022)

“Multifunctional Agriculture for Food, Renewable Energy, Water, and Air Security”

2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceeding of National Academy of Science, USA. 100: 8074–8079.

Villa F, McLeod H. 2002. Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guideline and Application. Environmental Management 29 (3): 335–348.