



Resiliensi Stok Karbon Mangrove dengan Pendekatan Sistem Sosial Ekologi di Pesisir Kabupaten Muna Barat

Resilience of Mangrove Carbon Stock Approach to the Socio-Ecological System on the Coast of West Muna Regency

Rahman^a, Eva Susan Ratuluhain^{a*}, Nur Tasmiah Sirajuddin^b, Sophia N.M. Fendjalang^c, Stefano M.A. Rijoly^c

^a Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

^b Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

^c Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

Article Info:

Received: 01 – 11 - 2022

in revised form: 15 – 11 - 2022

Accepted: 15 – 11 - 2022

Available Online: 18 – 11 - 2022

Keywords:

Carbon stock, Mangrove ecosystem, Resilience, Socio-Ecological System, West Muna Regency.

Corresponding Author:

Eva Susan Ratuluhain
Jurusan Ilmu Kelautan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu
Kelautan, Universitas
Pattimura Ambon, Indonesia

*Email:

evasanratuluain@gmail.com

DOI :

<https://doi.org/10.30598/jlpvol1iss2pp1-11>

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui resiliensi stok karbon di pesisir Kabupaten Muna Barat dengan pendekatan sosial ekologi. Resiliensi merupakan kemampuan untuk mengembalikan stok karbon mangrove pada waktu tertentu. Penelitian dilakukan melalui observasi dan wawancara kepada para stakeholder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan sosial sebesar 0,75, terdapat enam indikator dengan nilai resiliensi terbaik ($R = 1$) yaitu tingkat pendidikan masyarakat, tidak adanya potensi konflik, kepatuhan terhadap peraturan, adanya mata pencaharian alternatif, tingkat pemanfaatan mangrove, dan ketergantungan terhadap layanan jasa ekosistem. Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan ekologi sebesar 0,74. Indikator resiliensi ekologi berupa ketebalan mangrove, rasio produksi semai, dan laju pertumbuhan diameter pada masing stasiun memiliki nilai sebesar $R = 0,75$. Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan sistem sosial ekologi sebesar 0,74. Nilai resiliensi tersebut, menunjukkan kemampuan ekosistem mangrove untuk merecovery stok karbon pada tegakan melalui produksi semai dan pertumbuhan diameter. Tekanan antropogenik berupa pembangunan berbagai infrastruktur merupakan tekanan berdampak besar namun tidak berkesinambungan. Tekanan antropogenik berupa penebangan pohon merupakan tekanan kecil berkesinambungan. Kemampuan reproduksi dan laju pertumbuhan diameter mangrove cenderung mampu beradaptasi dengan penebangan pohon sehingga stok karbon dapat recovery dari waktu ke waktu.

Abstract: This study aimed to determine the resilience of carbon stocks on the coast of West Muna Regency with a social-ecological approach. The study was conducted through observation and interviews with stakeholders in January to December 2019. The results showed that the value of carbon stock resilience with a social approach of 0.75, there are six indicators with the best resilience value ($R = 1$), namely the level of community education, the absence of potential conflicts, compliance with regulations, the existence of alternative livelihoods, the level of mangrove utilization, and dependency on ecosystem services. The value of carbon stock resilience with an ecological approach of 0.74. Ecological resilience indicators in the form of mangrove thickness, seedling ratio, and diameter growth rate at each station have a value of $R = 0.75$. The value of carbon stock resilience with the ecological social system approach is 0.74. The resilience value shows the ability of mangrove ecosystems to recover carbon stock in stands through seed production and diameter growth. Anthropogenic pressure in the form of the construction of various infrastructures is a major but not sustainable impact. Anthropogenic pressure in the form of logging is a small continuous pressure.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem penting bagi manusia karena memiliki fungsi ekologi, fisik maupun ekonomi. Fungsi ekologi yaitu sebagai *nursery ground*, *spawning ground*, dan *feeding ground*, serta mendukung kehidupan berbagai biota yang hidup berasosiasi dengannya (Rahman et al., 2020b). Fungsi ekonomi yaitu sebagai kayu bakar, bahan bangunan, pewarna batik, dan obat-obatan (Martuti et al., 2018; Rahman et al., 2020). Fungsi fisik sebagai perangkap sedimen dan penahan ombak (Bengen et al. 2022).

Eksistensi ekosistem mangrove secara umum dapat dipengaruhi oleh faktor sosial-ekologi. Intervensi sosial terhadap mangrove menyebabkan tekanan terhadap sistem ekologi, dan sebaliknya fungsi ekologi memberikan manfaat terhadap sistem sosial (Rahman et al., 2020a). Interaksi yang terjadi antara sistem sosial terhadap ekosistem mangrove disebut dengan istilah sistem sosial ekologi. Sistem sosial-ekologi menurut Berkes et al. (2003), Constanza (1999), Constanza et al. (2000) serta Glaeser dan Glaser (2010) merupakan konsep yang luas tentang manusia di alam, sistem manusia dan ekologi dipandang sebagai bagian yang berkaitan satu sama lain. Konektivitas sosial-ekologi didefinisikan sebagai saling ketergantungan fungsional antara perubahan sosial dan perubahan ekologi. Penurunan fungsional terhadap sistem sosial ekologi membutuhkan waktu untuk dapat kembali pulih, dan hal ini dipengaruhi oleh kemampuan sistem sosial dan sistem ekologi itu sendiri. Kemampuan daya pulih tersebut dikenal dengan istilah resiliensi.

Resiliensi adalah kemampuan suatu sistem untuk menyerap perubahan variabel keadaan, variabel pendorong dan parameter serta masih dapat bertahan (Holling 1973). Ruang lingkup resiliensi pada awalnya hanya dalam aspek ekologi saja, namun kini resiliensi telah diaplikasikan pada berbagai bidang dengan modifikasi sesuai dengan karakteristik masing-masing bidang (Holling 1973; Carpenter *et al.*, 2001; Holling 2001; Nystrom and Folke 2001; Brand & Jax 2007; Leslie & Kinzig 2009). Walker *et al.* (2006) menyatakan bahwa manusia atau masyarakat yang berhasil menanggapi perubahan lingkungan dan menjaga fungsionalitas menunjukkan bahwa komunitas tersebut memiliki resiliensi yang tinggi. Lebih lanjut Perrings (1998; 2006) menyatakan bahwa sistem ekologi yang resilien, tidak hanya sehat dalam hal organisasi sistem, kekuatan, dan ketahanan, tapi juga memiliki kapasitas yang tinggi untuk melawan gangguan. Kapasitas tersebut tidak hanya terhadap gangguan oleh fenomena lingkungan alamiah, tapi termasuk perubahan yang disebabkan oleh masyarakat. Oleh karena itu masih memerlukan intervensi eksternal rendah. Berbagai aspek ketahanan ekologi, ataupun sosial telah banyak dikaji misalnya oleh Peterson (2000), Suryawati (2012), Yulianti *et al.* (2013), dan Nurfiarini (2015). Namun kajian resiliensi terhadap aspek sosial-ekologi ekosistem mangrove masih tergolong rendah khususnya yang terkait dengan resiliensi stok karbon mangrove.

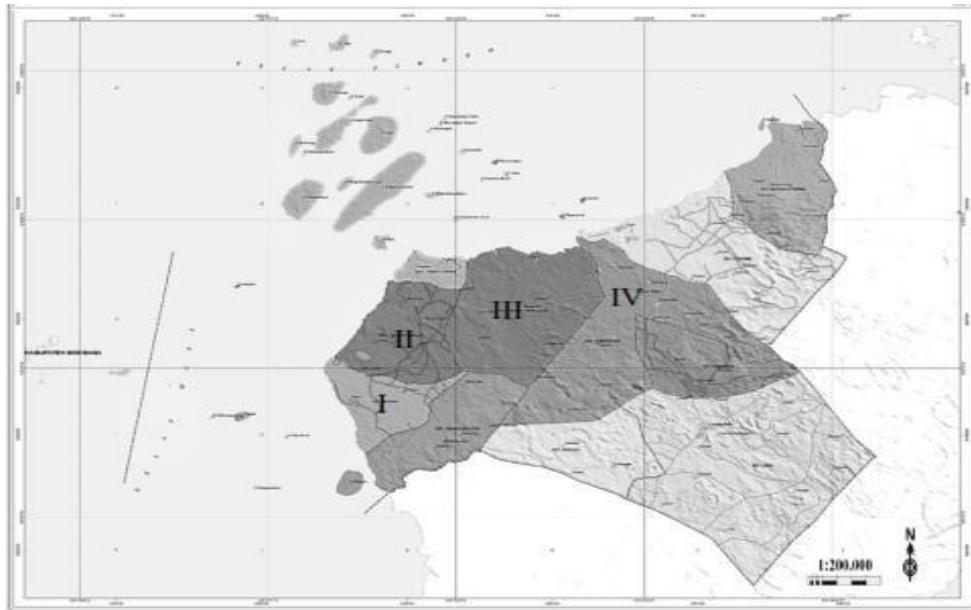
Salah satu wilayah yang merupakan habitat ekosistem mangrove adalah pesisir Kabupaten Muna Barat. Menurut Rahman et al. (2014) kerapatan mangrove di wilayah ini mencapai 1605 pohon/ha. Selanjutnya dalam kurun waktu 2014-2019 terjadi interaksi sistem sosial ekologi seperti produksi dan pertumbuhan mangrove, timber, dan pembangunan infrastruktur (tambak, dermaga, dan pemukiman) yang menyebabkan degradasi ekosistem mangrove sehingga kerapatannya menjadi 750 pohon/ha (Rahman et al., 2020). Berdasarkan perubahan tersebut, maka perlu dilakukan kajian terhadap resiliensi ekosistem mangrove dengan pendekatan sistem sosial ekologi di pesisir Kabupaten Muna Barat.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Januari – Desember 2019 sebagai representasi dari musim hujan

dan musim kemarau. Lokasi penelitian di empat wilayah yang merupakan habitat ekosistem mangrove. Wilayah tersebut yaitu Kecamatan Maginti (stasiun I), Kecamatan Tiworo Tengah (stasiun II), Kecamatan Tiworo Kepulauan (stasiun III), dan Kecamatan Sawerigadi (stasiun IV), Kabupaten Muna Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian. I: Ekosistem Mangrove Maginti; II: Ekosistem Mangrove Tiworo Tengah; III: Ekosistem Mangrove Tiworo Kepulauan; IV: Ekosistem Mangrove Sawerigadi

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan sebagai bahan analisis resiliensi ekosistem mangrove adalah data ekologi mangrove data sosial khususnya terkait dengan pengetahuan dan persepsi terhadap ekosistem mangrove, pengguna sumberdaya, serta jenis dan tingkat pemanfaatan mangrove. Data ekologi diperoleh melalui observasi (laju pertumbuhan diameter) dan telaah literatur yaitu kerapatan, ketebalan, jenis mangrove, dan rasio produksi semai (Rahman *et al.* 2014; 2019; 2020). Pengukuran laju pertumbuhan diameter dilakukan pada kategori semai ($n = 30$) untuk masing – masing spesies mangrove (Gambar 2). Adapun data sosial diperoleh melalui kuisisioner dan wawancara kepada 200 responden serta telaah data sekunder.



Gambar 2. Pengukuran laju pertumbuhan diameter semai

Analisis Data Resiliensi stok karbon

Analisis resiliensi stok karbon mangrove dilakukan dengan pendekatan resiliensi sistem sosial-ekologi. Parameter-parameter yang dijadikan indikator untuk menilai resiliensi sosial-ekologi memodifikasi Sangaji (2012) dan Muliani (2018) (Tabel 1)

Tabel 1. Indikator dan kriteria resiliensi stok karbon mangrove dengan pendekatan sistem sosial-ekologi

No.	Indikator resiliensi	Nilai resiliensi			Kriteria resiliensi
		Skor	Baik	Buruk	
Ekologi					
1.	Ketebalan mangrove (m)	1-4	4	1	<50 m (1); 50-200 m (2); 201-500 m (3); >501 m (4)
2.	Kerapatan mangrove (pohon/ha)	1-3	3	1	>1500 (3), 1000-1500 (2), <1000 (1)
3.	Jenis mangrove	1-4	4	1	1-3 (1); 4-6 (2); 7-9 (3); >10(4)
4.	Rasio produksi semai	1-4	4	1	≤1 (1); ≥1-2 (2); ≥2-3 (3); >3 (4)
5.	Laju pertumbuhan diameter (cm/tahun)	1-4	4	1	0-0,25 (1), ≥0,25 – 0,5 (2), ≥0,5 – 0,75 (3), ≥0,75 (4)
Sosial					
6.	Tingkat pendidikan pengguna sumberdaya	1-3	3	1	>74% SD: rendah (1); 50-74% SD+SMP: sedang (2); <50% SD+SMP: tinggi (3)
7.	Potensi konflik	1-3	3	1	Tidak ada (3); Sedang (2); Tinggi (1)
8.	Kearifan lokal	1-2	2	1	Tidak ada (1); Ada (2)
9.	Tingkat kepatuhan pengguna sumberdaya	1-3	3	1	Tidak patuh (1); Patuh (2); Sangat patuh (3)
10.	Pemahaman fungsi ekosistem pesisir	1-3	3	1	Minim (1); Cukup (2); Baik (3)
11.	Kelembagaan masyarakat	1-2	2	1	Ada (2); Tidak ada (1)
12.	Mata pencaharian alternatif	1-2	2	1	Ada (2); Tidak ada (1)
13.	Jenis pemanfaatan mangrove	1-3	3	1	0-1 (3), 2-3 (2), ≥ 3 (3)
14.	Tingkat pemanfaatan mangrove	1-3	3	1	Rendah (3); Sedang (2); Tinggi (1)
15.	Ketergantungan terhadap ekosistem	1-3	3	1	Rendah (3); Sedang (2); Tinggi (1)

Modifikasi Sangaji (2012) dan Muliani (2018)

Perhitungan resiliensi ekologi, sosial, dan sosial-ekologi dihitung dengan mengacu pada persamaan menurut Sangaji (2012); Yulianti *et al.* (2013); dan Muliani *et al.* (2018).

$$RE = \frac{E_i - \text{ekologi}}{E_{\max}} \quad (1) \quad RS = \frac{E_i - \text{sosial}}{E_{\max}} \quad (2) \quad RSE = \frac{E_{SE}}{E_{\max}} \quad (3)$$

Dimana: RE adalah resiliensi ekologi, RS adalah resiliensi sosial, RSE adalah resiliensi sosial-ekologi, E_{\max} adalah nilai maksimum resiliensi, E_i -ekologi adalah nilai indikator kriteria resiliensi ekologi, dan E_i -sosial adalah nilai indikator kriteria resiliensi sosial.

$$C_i\text{-ekologi} = \sum_{i=1}^5 RI_i \cdot \alpha_i$$

$$C_i\text{-sosial} = \sum_{i=1}^9 RI_i \cdot \beta_i$$

Dimana: C_i adalah komposit indeks resiliensi, RI_i adalah indeks resiliensi parameter sosial atau ekologi ke- i , α_i dan β_i masing – masing adalah bobot parameter ekologi dan sosial.

Adapun penentuan tingkat resiliensi mengacu pada Sangaji (2012). Nilai 0 menunjukkan nilai resiliensi yang paling rendah, sedangkan nilai 1 menunjukkan nilai resiliensi yang paling tinggi. Klasifikasi resiliensi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat resiliensi stok karbon mangrove

Nilai resiliensi	Tingkat resiliensi
0.00 – 0.2	Sangat rendah
0.21 – 0.4	Rendah
0.41 – 0.6	Sedang
0.61 – 0.8	Resiliensi tinggi
0.81 – 1	Resiliensi sangat tinggi

Hasil dan Pembahasan

Kondisi stok karbon mangrove 2014-2019

Menurut Rahman et al. (2014) kerapatan mangrove pada tahun 2014 adalah 1605 pohon/ha dengan nilai stok karbon sebesar 190.78 ton C/ha. Ekosistem mangrove tersebut mengalami tekanan sistem sosial melalui beberapa pemanfaatan mangrove seperti alih fungsi lahan menjadi tambak, timber, pembangunan dermaga, dan pemukiman (Rahman et al., 2020a). Adanya intervensi sosial menyebabkan penurunan kerapatan sebesar 855 pohon/ha sehingga menjadi 750 pohon/ha, dan penurunan stok karbon sebesar 92.1 ton C/ha sehingga 98.7 ton C/ha (Tabel 3). Kerapatan mangrove sebesar 750 pohon/ha merupakan rata-rata kerapatan dari stasiun I (879 pohon/ha), stasiun II (621 pohon/ha), stasiun III (688 pohon/ha), dan stasiun IV (821 pohon/ha) (Rahman et al., 2020b)

Tabel 3 Perubahan stok karbon tegakan mangrove pada rentang waktu 2014 - 2019

Species	Years				Changes	
	2014		2019		Kerapatan ^e	Stok karbon ^f
	Kerapatan ^a	Stok karbon ^c	Kerapatan ^b	Stok karbon ^d		
<i>B. cylindrica</i>	130	7.98	43	2.64	-87	5.34
<i>B. gymnorrhiza</i>	313	22.59	57	4.11	-256	18.48
<i>R. apiculata</i>	273	39.07	126	18.03	-147	21.04
<i>R. mucronata</i>	110	11.88	95	10.26	-15	1.62
<i>R. stylosa</i>	453	74.21	205	33.58	-248	40.63
<i>S. alba</i>	243	35.05	209	30.15	-34	4.90
<i>X. granatum</i>	83	-	1	-	-68	-
<i>C. tagal</i>	0	-	6	-	6	-
<i>S. hydrophyllacea</i>	0	-	7	-	7	-
<i>C. inophyllum</i>	0	-	1	-	1	-
Total	1605	190.78	750	98.77	855	92.1

Catatan: Kerapatan dalam pohon/ha, stok karbon dalam ton C/ha, a adalah data dari Rahman et al. (2014), b adalah data dari Rahman et al. (2020), c dan d adalah olah data masing – masing spesies mangrove dominan menurut persamaan allometrik (Komiyama et al. 2005; Clough and Scout 1989; Ong et al. 2004; Fromard et al. 1998; Gevana and IM 2016; Kusmana et al. 2018), e adalah pengurangan a terhadap b, f adalah pengurangan c terhadap d, (-) adalah tidak diukur karena merupakan data *outlier*.

Sistem sosial

Karakter Pendidikan Masyarakat

Karakter pendidikan di lokasi penelitian secara umum didominasi oleh tamatan SD dengan persentase sebesar 27.32% (2458), 30.15% (2180), 24.58% (1752), dan 28.69% (1973) masing – masing untuk wilayah Kecamatan Maginti, Tiworo Tengah, Tiworo Kepulauan, dan Sawerigadi, sedangkan masyarakat dengan tingkat pendidikan diploma atau tamatan universitas hanya berkisar 0.56 – 3.47% (Tabel 4).

Tabel 4 Persentase tingkat pendidikan masyarakat di lokasi penelitian

Pendidikan	Maginti	Tiworo Tengah	Tikep	Sawerigadi
Belum sekolah	10.66	10.85	9.61	10.62
Tidak Tamat SD	21.38	18.29	17.89	18.22
Tamat SD	27.32	30.15	24.58	26.69
Tamat SMP	20.67	19.54	18.21	19.18
Tamat SMA	16.46	17.42	26.23	20.94
Diploma	0.64	0.72	0.56	0.88
Tamat Universitas	2.87	2.03	2.92	3.47
Total	100	100	100	100

Sumber: BPS Kabupaten Muna 2019

Mata Pencaharian Masyarakat

Mata pencaharian masyarakat di lokasi penelitian cenderung beragam, namun secara umum didominasi oleh nelayan dan petani. Jumlah nelayan di Kecamatan Maginti dan Kecamatan Tiworo Kepulauan merupakan yang terbesar dengan total 1633 dan 1025 jiwa. Hal ini karena wilayah tersebut didominasi oleh wilayah kepulauan seperti pulau Maginti, Pasi Padangan, Pulau Bangko, Pulau Gala, dan Pasi Toboang. Wilayah kepulauan tersebut merupakan daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) bagi masyarakat Kecamatan Maginti, dan Pulau Bero, Pulau Tiga, Tondasi, Pulau Balu, serta Pulau Katela yang merupakan *fishing ground* bagi masyarakat Tiworo Kepulauan. Jumlah masyarakat yang bekerja sebagai petani dominan di tiga kecamatan yaitu Kecamatan Tiworo Tengah dan Sawerigadi yaitu masing – masing 1,890 dan 1,626 jiwa (Tabel 5). Wilayah ini didominasi oleh petani karena sebagian besar wilayahnya adalah daratan subur bagi pertanian coklat, nilam, kelapa, rambutan, jati, dan tanaman musiman seperti jagung dan padi.

Tabel 5 Jenis mata pencaharian masyarakat di lokasi penelitian

Jenis Pekerjaan	Maginti	Tiworo Tengah	Tiworo Kepulauan	Sawerigadi
Nelayan	1,633	225	1,025	154
Petani	905	1,890	1,012	1,626
Perdagangan	28	34	57	42
Jasa – jasa	12	26	29	24
Angkutan	7	28	22	17
PNS dan lainnya	50	62	56	52
Total	2,635	2,265	2,304	1,915

Sumber: BPS Kabupaten Muna 2019

Kelembagaan Masyarakat

Sistem kelembagaan masyarakat pesisir Muna Barat, khususnya kelembagaan yang menangani masalah nelayan umumnya tidak efektif. Selain itu kelembagaan yang berkaitan dengan penanganan

ekosistem mangrove hampir tidak ditemukan di lokasi penelitian. Hal ini berdampak pada rendahnya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan ekosistem mangrove yang lestari dan berkelanjutan. Kelembagaan lain yang terdapat di lokasi penelitian umumnya berdasarkan peminatan atau keprofesian (Tabel 6).

Tabel 6 Kelembagaan masyarakat di lokasi penelitian

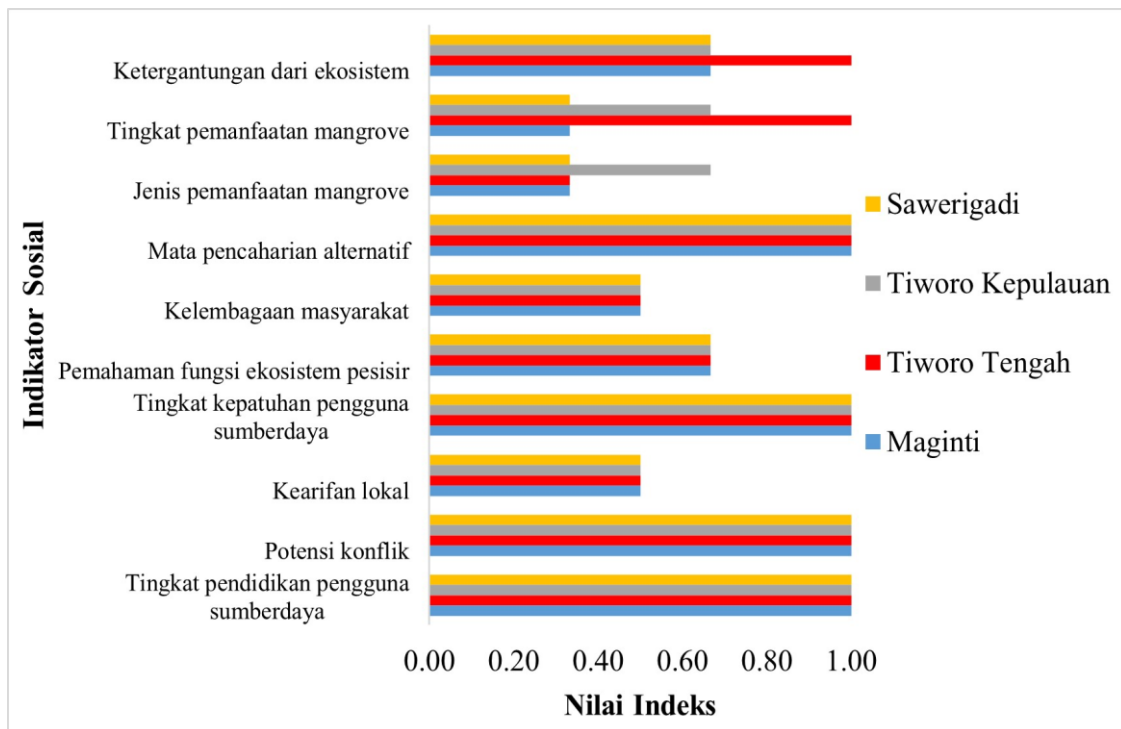
Jenis kelembagaan	Kecamatan			
	Maginti	Tiworo Tengah	Tiworo Kepulauan	Sawerigadi
Kesenian	1	3	6	1
Karang taruna	8	8	9	10
Kelompok Nelayan	4	0	2	0
Kelompok Tani	2	8	2	4

Sumber: BPS Kabupaten Muna 2019

Resiliensi stok karbon (pendekatan sosial)

Nilai resiliensi tiap indikator sosial pada stasiun I – IV bervariasi. Kecamatan Tiworo tengah (stasiun III) memiliki nilai resiliensi sosial terbaik, dimana terdapat enam indikator dengan kriteria resiliensi sangat kuat ($R_i = 1$). Indikator tersebut adalah tingkat pendidikan masyarakat, tidak adanya potensi konflik, kepatuhan terhadap peraturan, adanya mata pencaharian alternatif, tingkat pemanfaatan mangrove, dan ketergantungan terhadap layanan jasa ekosistem (Gambar 3)

Jenis pemanfaatan mangrove umumnya terdiri dari pemanfaatan berkelanjutan dan pemanfaatan permanen. Pemanfaatan berkelanjutan yaitu sebagai fishing ground, ekowisata, dan timber. Pemanfaatan permanen adalah sebagai kawasan budidaya, pemukiman, dan pembangunan infrastruktur publik seperti jalan dan dermaga. Secara umum, pemanfaatan tersebut didominasi oleh pemanfaatan yang destruktif sehingga menyebabkan penurunan nilai resiliensi ekosistem mangrove hingga berada pada kriteria rendah ($R_i = 0.33$). Keberadaan kearifan lokal dan kelembagaan masyarakat yang secara khusus mengatur pengelolaan ekosistem mangrove dapat meningkatkan nilai resiliensi ekologi. Pada penelitian ini, secara umum tidak ditemukan kearifan lokal dan kelembagaan khusus yang terkait dengan pengelolaan mangrove. Meski demikian, keberadaan kelembagaan lain turut berperan dalam mengontrol masyarakat dalam melakukan pemanfaatan mangrove secara destruktif. Hal ini menyebabkan mangrove di Muna Barat memiliki nilai resiliensi sosial yang moderat ($R_i = 0.5$) pada indikator kearifan lokal dan kelembagaan masyarakat.

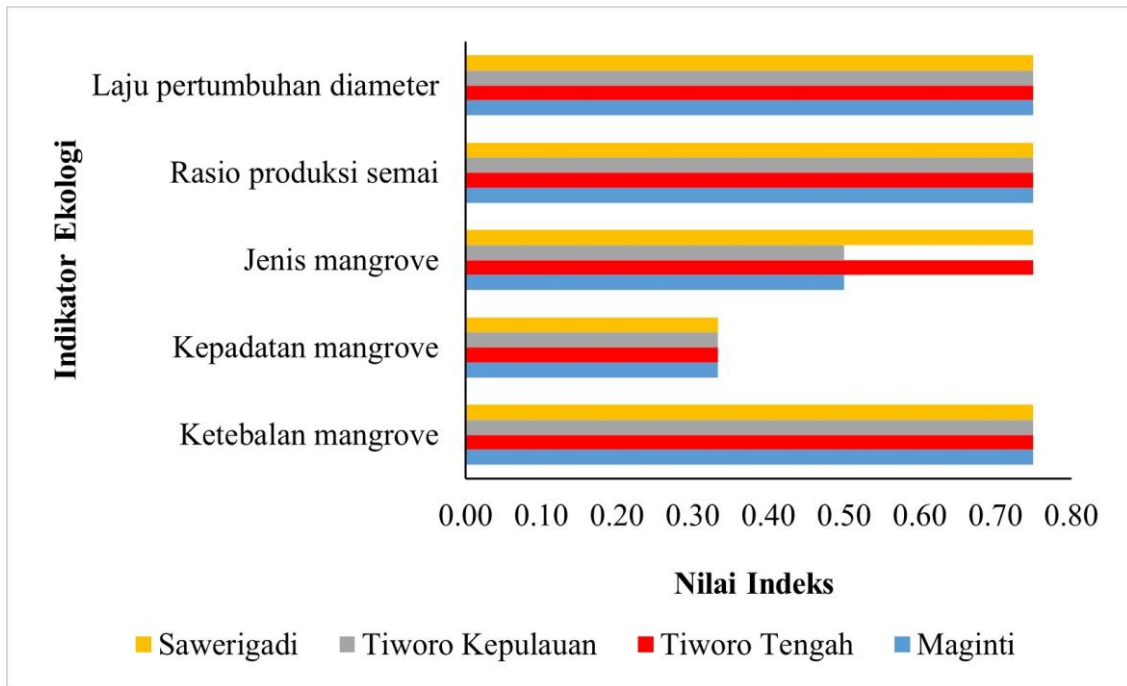


Gambar 3. Nilai resiliensi tiap indikator sosial

Resiliensi stok karbon (pendekatan ekologi)

Nilai resiliensi tiap indikator ekologi pada stasiun I-IV relatif sama. Indikator resiliensi ekologi berupa ketebalan mangrove, rasio produksi semai, dan laju pertumbuhan diameter pada masing-masing stasiun memiliki nilai yang sama yaitu 0.75. Indikator resiliensi kerapatan mangrove memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 0.33. Indikator resiliensi jumlah spesies pada stasiun I dan III (Maginti – Tiworo utara) serta stasiun II dan IV (Tiworo tengah – Sawerigadi) memiliki nilai resiliensi yang sama masing – masing sebesar 0.50 dan 0.75 (Gambar 4)

Perbedaan tersebut terjadi karena jumlah spesies pada stasiun I dan III masing-masing 6 spesies yang terdiri dari *B. cylindrica*, *B. gymnorrhiza*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, dan *S. alba*. Adapun pada stasiun II dan IV masing – masing berjumlah 7 dan 9 spesies dengan tambahan 1 spesies yaitu *X. granatum* untuk stasiun II, dan tambahan 3 spesies yaitu *C. tagal*, *S. hydrophyllacea*, dan *C. inophyllum* untuk stasiun IV. Nilai resiliensi indikator kerapatan mangrove tersebut lebih tinggi dibandingkan laporan Yulianti *et al.* (2013) dan Muliani *et al.* (2018) dengan nilai kriteria berkisar 0.46 – 0.57.



Gambar 4. Nilai resiliensi tiap indikator ekologi

Resiliensi stok karbon (pendekatan sosial-ekologi)

Tingkat resiliensi stok karbon mangrove dengan pendekatan sistem sosial ekologi tergolong tinggi dengan nilai resiliensi sosial sebesar 0.75, resiliensi ekologi sebesar 0.74, dan resiliensi sosial-ekologi sebesar 0.74. Nilai resiliensi sosial terbesar terdapat pada stasiun II dengan nilai 0.81 dan tergolong kategori sangat kuat, sedangkan stasiun I, III, dan IV berada pada kisaran nilai 0.69 – 0.77 dengan kategori resiliensi kuat. Nilai resiliensi ekologi berkisar 0.63 – 0.68 dan termasuk kategori resiliensi kuat. Nilai resiliensi sosial-ekologi berkisar 0.67 – 0.75 dan tergolong resiliensi kuat (Tabel 7)

Tabel 7 Tingkat resiliensi stok karbon mangrove dengan pendekatan sistem sosial-ekologi

Stasiun/Lokasi	RS		RE		RSE	
	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
I / Maginti	0.73	Kuat	0.63	Kuat	0.67	Kuat
II / Tiworo Tengah	0.81	Sangat kuat	0.68	Kuat	0.76	Kuat
III / Tiworo Kepulauan	0.80	Kuat	0.63	Kuat	0.73	Kuat
IV / Sawerigadi	0.69	Kuat	0.68	Kuat	0.70	Kuat
Muna Barat	0.75	Kuat	0.74	Kuat	0.74	Kuat

Nilai resiliensi tersebut, menunjukkan kemampuan ekosistem mangrove untuk merecovery stok karbon pada tegakan melalui produksi semai dan pertumbuhan diameter. Tekanan antropogenik berupa pembangunan berbagai infrastruktur merupakan tekanan berdampak besar namun tidak berkesinambungan. Tekanan antropogenik berupa penebangan pohon merupakan tekanan kecil berkesinambungan. Kemampuan reproduksi dan laju pertumbuhan diameter mangrove cenderung mampu beradaptasi dengan penebangan pohon sehingga stok karbon dapat recovery dari waktu ke waktu.

Kesimpulan

Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan sosial sebesar 0,75, terdapat enam indikator dengan nilai resiliensi terbaik ($R = 1$) yaitu tingkat pendidikan masyarakat, tidak adanya potensi konflik, kepatuhan terhadap peraturan, adanya mata pencaharian alternatif, tingkat pemanfaatan mangrove, dan ketergantungan terhadap layanan jasa ekosistem. Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan ekologi sebesar 0,74. Indikator resiliensi ekologi berupa ketebalan mangrove, rasio produksi semai, dan laju pertumbuhan diameter pada masing stasiun memiliki nilai sebesar $R = 0.75$. Nilai resiliensi stok karbon dengan pendekatan sistem sosial ekologi sebesar 0,74. Nilai resiliensi tersebut, menunjukkan kemampuan ekosistem mangrove untuk merecovery stok karbon pada tegakan melalui produksi semai dan pertumbuhan diameter. Tekanan antropogenik berupa pembangunan berbagai infrastruktur merupakan tekanan berdampak besar namun tidak berkesinambungan. Tekanan antropogenik berupa penebangan pohon merupakan tekanan kecil berkesinambungan. Kemampuan reproduksi dan laju pertumbuhan diameter mangrove cenderung mampu beradaptasi dengan penebangan pohon sehingga stok karbon dapat recovery dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrantes K, Sheaves M. 2009. Food web structure in a near-pristine mangrove area of the Australia Wet Tropics. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*. 82(4): 597-607.
- Anonymous. 2019. Kabupaten Muna Barat dalam Angka. Central Bureau of Statistics, Govt. Muna Regency, Indonesia.
- Bengen DG, Yonvitner, Rahman. 2022. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. IPB Press. Bogor (ID): 176p.
- Berkes F, Folke C, Colding J. 2003. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 459 pp.
- Brand F, Jax K. 2007. Focusing The Meaning(s) of Resilience: Resilience as a descriptive Concept and a Boundary Object. *Ecology and Society*. 12 (1): 23-35.
- Carpenter SR, Walker BH, Anderies JM, Abel N. 2001. From metaphor to measurement: resilience of what to what?. *Ecosystems*. 4:765-781.
- Constanza R. 1999. The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics* 31:199-213.
- Constanza R, Low BS, Ostrom E, Wilson J. 2000. Institutions ecosystems and sustainability. CRC Press 288 pp.
- Glaeser B, Glaser M. 2010. Global change and coastal marine threats: the Indonesian case. An attempt in multi-level social-ecological research. *Human Ecology Review* 17(2):135-147.
- Hogarth PJ. 2007. The Biology of Mangroves and Seagrasses. Oxford University Press. America (US). pp 124-128.
- Holling CS. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 40 (50): 1-23.
- Holling CS. 2001. Understanding the complexity of economic, social and ecological systems. *Ecosystems*. 4: 390-405
- Leslie HM, Kinzig AP. 2009. Resilience Science. In Mcleod dan Leslie (eds) *Ecosystem-Based management for The Oceans*. Island Press. Washington (USA).
- Martuti NKT, Hidayah I, Margunani. 2018. The role of mangroves in the development of Batik in the coast of Semarang City. National seminar proceeding of conservation and using of natural diversity to national welfare: 45-52.

- Nordhaus I, Wolff M, Diele K. 2006. Litter processing and food intake of the mangrove crab *Ucides cordatus* in a high intertidal forest in northern Brazil. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*. 67(1-2): 239 -250.
- Nurfiarni A. 2015. Rancangan pengembangan suaka perikanan (fish sanctuary) estuari berbasis sistem sosial – ekologi di Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. PhD Theses (unpublished). Dept of Aquatic Resources Management, IPB University. Bogor.
- Nystrom M, Folke C. 2001. Spatial resilience of coral reefs. *Ecosystems*. 4: 406-417.
- Perrings C. 1998. Resilience in the Dynamics of Economy-Environment Systems. *Environmental and Resource Economics*. 11(4): 503–520.
- Perrings C. 2006. Resilience and sustainable development. *Environment and Development Economics*. 11: 417–427.
- Peterson G. 2000. Political ecology and ecological resilience: An integration of human and ecological dynamics. *Ecological Economics*. 35: 323–336
- Rahman, Yanuarita D, Nurdin N. 2014. Mangrove community structure in District Muna. *Torani – Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*. 24 (2): 29 – 36.
- Rahman, Wardiatno Y, Yulianda F, Rusmana I. 2019. Production ratio of seedlings and density status of mangrove ecosystem in coastal areas of Indonesia. *Advances in Environmental Biology*. 13(6): 13-20.
- Rahman, Wardiatno Y, Yulianda F, Rusmana I. 2020a. Socio-ecological system of carbon-based mangrove ecosystem on the coast of West Muna Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*. 13(2): 518-528.
- Rahman, Wardiatno Y, Yulianda F, Rusmana I. 2020b. Sebaran spesies dan status kepadatan mangrove di pesisir Kabupaten Muna Barat. *JPSL*. 10(3): 461 – 478.
- Sangaji M. 2012. Rancang bangun model pengelolaan terumbu karang berbasis resiliensi eko-sosio sistem (kasus di Teluk Kotania Provinsi Maluku). PhD Theses (unpublished). Dept. of Aquatic Resources Management, IPB University, Bogor.
- Suryawati SH. 2012. Model resiliensi masyarakat di Laguna Segara Anakan. PhD Theses (unpublished). Dept of Aquatic Resources Management, IPB University. Bogor.
- Walker BL, Gunderson A, Kinzig C, Folke, C, Carpenter S, L. Schultz L. 2006. A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society*. 11(1): 13-25.
- Woodroffe CD. 1982. Litter production and decomposition in the New Zealand mangrove, *Avicennia marina* var. *resinifera*, *New Zealand Journal of marine and Freshwater research* 16 (2): 170-188.
- Yulianti P, Wardiatno Y, Samosir AM. 2013. Mangrove ecosystem resilience to sea level rise: a case study of Blanakan Bay, Subang Regency, Indonesia. *Aquatic Science and Management*. 1(1): 63 – 71.