

Kondisi Padang Lamun di Pesisir Kabupaten Rote Ndao, Indonesia

Lumban Nauli Lumban Toruan^{1*}, Tegar Victorys Nalle¹, Rafella Dorcas Dyah Magdhalena², Muhammad Khalid³, Muhamad Abdulhakim³, Derta Prabuning³, Dwi Ariyoga Gautama⁴

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Nusa Tenggara Timur.

*Email Korespondensi: lumbannauli@staf.undana.ac.id

² Balai Kawasan Konservasi Perairan Nasional Kupang, Direktorat Jenderal Pengelolaan Kelautan dan Ruang Laut, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kupang Nusa Tenggara Timur

³ Yayasan Reef Check Indonesia, Bali

⁴ United Nations Development Programme Arafura & Timor Seas Ecosystem Action-2

Abstrak. Penelitian ini mengkaji tutupan lamun pada delapan lokasi berbeda di Kabupaten Rote Ndao, Propinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Lokasi-lokasi tersebut meliputi kawasan konservasi Taman Nasional Perairan Laut Sawu di bagian Barat Daya dan di luar kawasan konservasi di bagian Selatan dan Timur, meliputi perairan terbuka serta terlindung dan habitat yang berdekatan dengan ekosistem mangrove serta terumbu karang. Penelitian ini mengungkapkan spesies lamun di seluruh lokasi, yaitu *Enhalus acoroides*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*, dan *Thalassodendron ciliatum*. *Thalassia hemprichii*, *C. serrulata*, *E. acoroides*, dan *C. rotundata* umumnya mendominasi hamparan lamun di berbagai lokasi. *Halophila ovalis* memiliki persentase tutupan yang rendah namun merupakan jenis lamun yang sebarannya paling tinggi karena berada pada tujuh lokasi. Tutupan makroalga dan epifit pada daun lamun menunjukkan persentase yang beragam di setiap lokasi, yang mencerminkan variasi kondisi lingkungan. Selain itu, jumlah tegakan *Enhalus acoroides* bervariasi di antara lokasi, yang mempengaruhi perbedaan tutupan populasi lamun. Indeks keanekaragaman, kemerataan, dan dominansi memberikan gambaran mengenai dinamika ekologi di setiap lokasi, sehingga membantu dalam memahami distribusi dan komposisi komunitas lamun. Meskipun jumlah jenis lamun pada bagian Barat Daya lebih rendah dibandingkan bagian Timur, namun tingkat keragamannya lebih tinggi. Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada keanekaragaman lamun, jumlah spesies lamun, dan persentase tutupan lamun, baik di bagian Barat Daya, Selatan, dan Timur Pulau Rote. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga wilayah tersebut memiliki struktur komunitas lamun yang cenderung sama, meskipun kondisi lingkungannya berbeda, sehingga perbedaan ekologis sifatnya lebih tergantung pada dinamika lingkungan pada tiap stasiun dibandingkan dinamika tiap wilayah.

Kata kunci : keanekaragaman hayati, kondisi lingkungan, konservasi, persentase tutupan lamun, taman nasional perairan

Pendahuluan

Padang lamun merupakan ekosistem pesisir yang berada di perairan tropis dan subtropis (McKenzie et al., 2020). Lamun merupakan tumbuhan berbunga yang telah beradaptasi untuk tumbuh di lingkungan laut. Tumbuhan laut ini memainkan peran penting dalam ekosistem pesisir dengan menyediakan habitat bagi kehidupan laut, meningkatkan kualitas air, dan melindungi garis pantai dari erosi. Ekosistem lamun merupakan komponen penting dalam lingkungan pesisir, berkontribusi terhadap keanekaragaman hayati laut, penyerapan karbon, dan mendukung perikanan lokal (Unsworth., 2019 dan Valdez et al., 2020). Namun demikian, ekosistem ini terancam karena berbagai tekanan lingkungan, khususnya dari aktivitas manusia (Jordà et al., 2012 dan Viana et al., 2020).

Persentase tutupan lamun merupakan indikator utama kesehatan dan produktivitas padang lamun (Congdon et al., 2023, Machrizal et al., 2019, dan Purvaja et al., 2018). Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk kualitas air, salinitas, suhu, ketersediaan cahaya, dan fitur geomorfologi. Kualitas air sangat penting, karena lamun membutuhkan air yang jernih dengan ketersediaan cahaya yang tinggi. Peningkatan kekeruhan dan polusi nutrisi dapat mengurangi ketersediaan cahaya dan menyebabkan penurunan kepadatan lamun (Unsworth et al., 2019). Sebagai bagian dari keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem (Duffy, 2006), keberadaan berbagai spesies lamun dan persentase tutupannya memiliki implikasi langsung terhadap keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem.

Indonesia merupakan bagian dari ekosistem tropis dengan salah satu ciri khas berupa sebaran dan keragaman lamun yang tinggi. Terdapat 13 spesies di lautan Indonesia (Iswari et al., 2018) dari 72 spesies lamun di dunia (Short et al., 2011). Survei lamun yang pernah dilakukan di Kabupaten Rote Ndao Propinsi Nusa

Tenggara Timur mengidentifikasi sebanyak sembilan jenis lamun (Supriyadi, 2018), namun demikian masih sedikit informasi terkait sebaran lamun di wilayah ini.

Memahami faktor-faktor yang mempengaruhi persentase tutupan lamun sangat penting untuk konservasi lamun beserta ekosistemnya. Penelitian ini berfokus pada Kabupaten Rote Ndao, Nusa Tenggara Timur, sebuah wilayah dengan fitur geomorfologi dan kondisi lingkungan yang beragam. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengkaji variasi persentase tutupan lamun pada berbagai kondisi lingkungan di Kabupaten Rote Ndao, Nusa Tenggara Timur, Indonesia.

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu

Survey pada ekosistem lamun dilakukan pada delapan lokasi di Kabupaten Rote Ndao (Tabel 1, Gambar 1). Oeseli, Landu Tii, dan Nusa Manuk berada di bagian Rote Ndao Barat Daya, Dodaek berada di bagian Rote Ndao Selatan, sedangkan selebihnya terdapat di Rote Ndao Timur. Kegiatan ini dilakukan pada Bulan Juni dan November 2021 (Tabel 1), dimana sampling dilakukan dari pagi sampai sore pada saat menjelang surut sampai menjelang pasang.

Alat dan Bahan

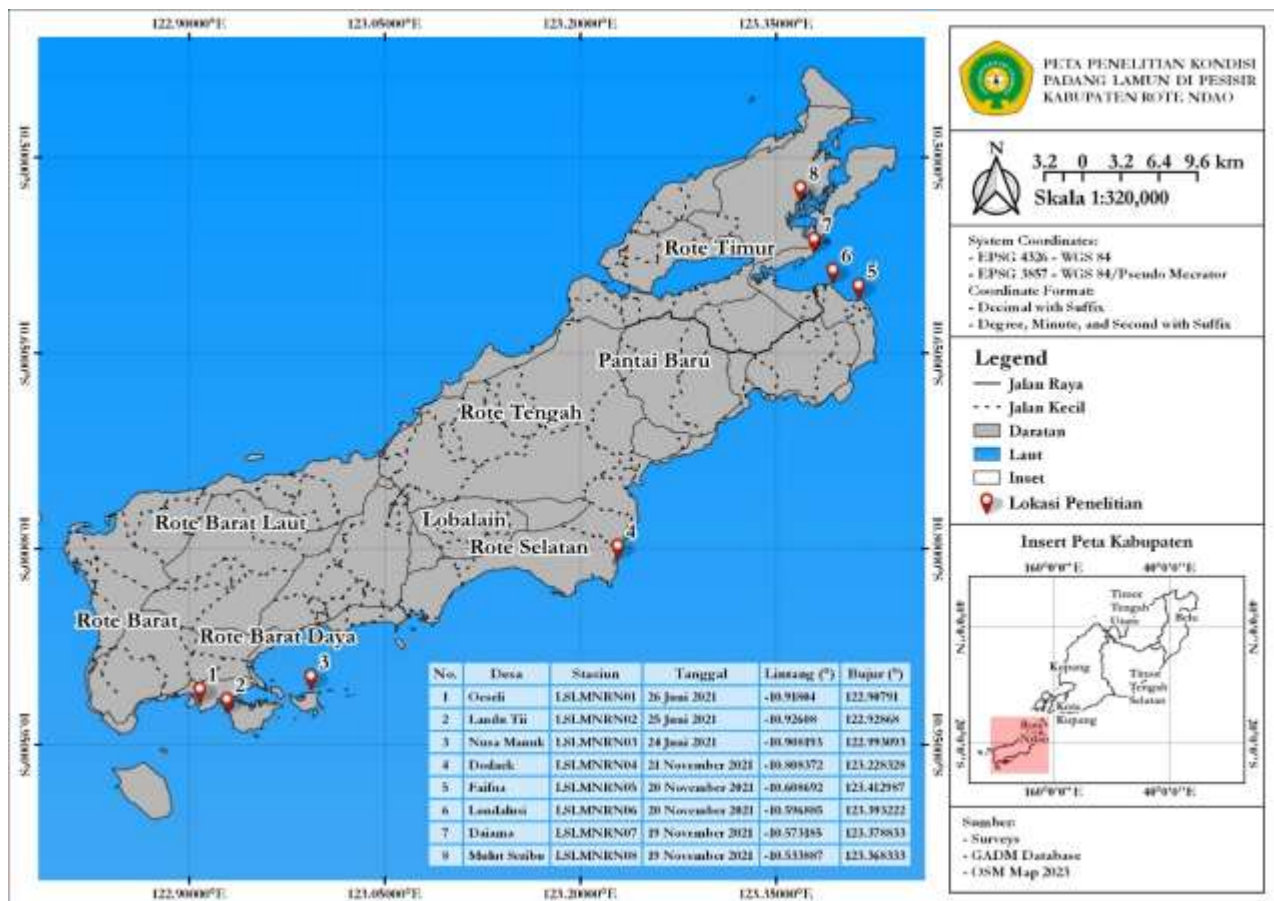
Peralatan yang digunakan adalah frame kuadran berukuran 50 cm x 50 cm, meter roll dengan panjang 100 m, palu, patok, alat tulis, kamera, alat snorkeling, GPS, pH meter yang terintegrasi dengan temperatur, dan refraktometer dengan ketelitian 1 ‰. Sementara, bahan yang digunakan adalah kertas tahan air. Data yang dikumpulkan yaitu jumlah jenis dan persentase tutupan lamun, persentase tutupan epifit, persentase tutupan makroalga, dan keberadaan megabenthos dalam frame kuadran. Selain itu dilakukan juga pengamatan jenis lamun secara acak di luar transek.

Metode Sampling

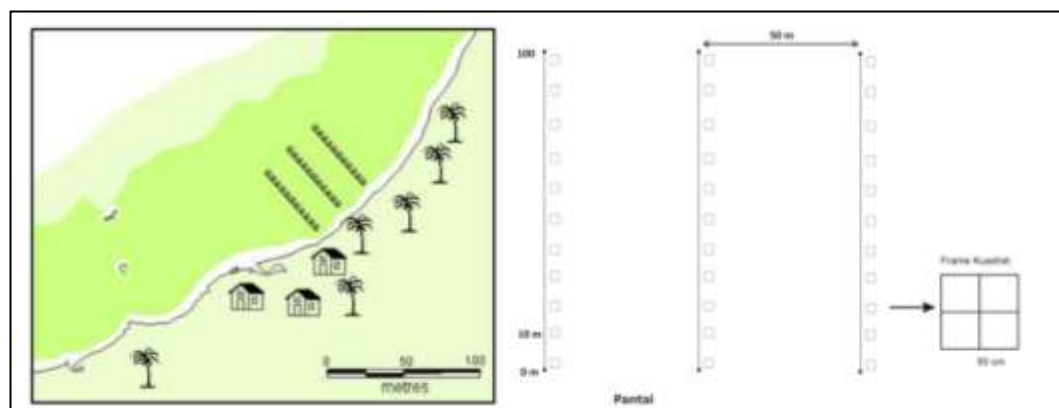
Metode sampling mengacu pada KKP (2021) yang merupakan adaptasi dari Rahmawati *et al.* (2014). Pengambilan data dilakukan pada tiga transek dengan panjang masing-masing 100 m dan jarak antara satu transek dengan yang lain adalah 50 m (Gambar 2). Titik awal transek diletakkan pada 5 – 10 meter dari pertama kali lamun dijumpai. Posisi frame kuadran diletakkan di sisi kanan transek dan jarak antar frame kuadran adalah 10 meter. Setelah itu, dilakukan penentuan jenis dan nilai persentase tutupan lamun pada setiap frame kuadrat, serta persentase tutupan makroalga dan epifit. Jika ditemukan jenis *Enhalus acoroides* (Ea) dalam frame kuadrat, maka dilakukan penghitungan jumlah tegakannya. Selanjutnya, mencatat tipe substrat dan makrobenthos yang ditemukan di sepanjang transek.

Tabel 1. Lokasi, tanggal survei, dan koordinat survey lamun

No.	Desa	Stasiun	Tanggal	Lintang (°)	Bujur (°)
1	Oeseli	LSLMNRN01	26 Juni 2021	-10.918040	122.907910
2	Landu Tii	LSLMNRN02	25 Juni 2021	-10.926080	122.928680
3	Nusa Manuk	LSLMNRN03	24 Juni 2021	-10.908193	122.993093
4	Dodaek	LSLMNRN04	21 November 2021	-10.808372	123.228328
5	Faifua	LSLMNRN05	20 November 2021	-10.608692	123.412987
6	Londalusi	LSLMNRN06	20 November 2021	-10.596885	123.393222
7	Daiama	LSLMNRN07	19 November 2021	-10.573185	123.378833
8	Mulut Seribu	LSLMNRN08	19 November 2021	-10.533887	123.368333



Gambar 1. Lokasi survey lamun



Gambar 2. Metode transek kuadrat untuk survei lamun

(Sumber: KKP, 2021)

Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh berdasarkan pengamatan lapangan, dianalisis dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

- Perhitungan rata-rata persentaseutupan lamun per jenisnya dalam satu kuadrat

$$\text{Tutupan jenis lamun per kuadrat} = \frac{\sum \text{nilai tutupan jenis lamun dalam kuadrat}}{4}$$

- Penghitungan rata-rata nilai dominansi lamun

$$\text{Rata-rata nilai dominansi lamun} = \frac{\sum \text{nilai tutupan setiap jenis lamun seluruh kuadrat}}{\sum \text{kuadrat seluruh transek}}$$

c. Kerapatan *Enhalus acoroides*

$$\text{Kerapatan Ea} \left(\frac{\text{tegakan}}{\text{m}^2} \right) = \text{jumlah tegakan Ea} \times 4$$

d. Tutupan Lamun Satu Wilayah

$$\text{Rata-rata tutupan lamun satu wilayah} = \frac{\sum \text{rata-rata penutupan lamun setiap stasiun}}{\sum \text{stasiun pada wilayah tersebut}}$$

Nilai persentase tutupan lamun kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu status kondisi padang lamun sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun (Tabel 2) dan kategori tutupan berdasarkan Rahmawati *et al.* (2014) (Tabel 3). Indeks keragaman Shannon-Wiener dalam bentuk logaritma natural dan logaritma basis 2, Indeks kesamaan Evenness, dan Indeks Dominansi Simpson digunakan untuk mengkaji struktur ekologi dalam setiao komunitas. Uji korelasi Pearson digunakan untuk menganalisis hubungan antar variable, sedangkan uji ANOVA satu arah digunakan untuk menganalisis perbedaan berbagai variabel terkait lamun antar wilayah.

Tabel 2. Status kondisi padang lamun

Kondisi		Penutupan (%)
Baik	Kaya/sehat	>60
Rusak	Kurang kaya/Kurang sehat	30-59,9
	Miskin	≤29,9

Tabel 3. Kategori kondisi tutupan lamun

Persentase tutupan (%)	Kategori
0-25	Jarang
26-50	Sedang
51-75	Padat
76-100	Sangat padat

Perangkat PAST 4.12 digunakan untuk menganalisis Indeks keragaman Shannon-Wiener dalam bentuk logaritma natural dan logaritma basis 2, Indeks kesamaan Evenness, dan Indeks Dominansi Simpson. Uji korelasi Pearson, uji ANOVA satu arah, dan grafik menggunakan perangkat Ms. Excel.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Karakteristik Lingkungan Lamun

Kondisi lingkungan pada masing-masing lokasi kajian diuraikan secara singkat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Lokasi kajian umumnya cenderung landai, dimana sebagian besar sedimen berada di atas permukaan air saat surut. Arus pada seluruh lokasi kajian cukup tenang, baik pada saat menuju surut maupun pada saat pasang. Meski semua substrat berada pada kategori pasir, namun ukuran butiran pasir yang paling besar terdapat di Dodaek yang terletak di bagian selatan Rote, dimana hempasan gelombang cukup besar. Persentase tutupan epifit yang rendah pada daun lamun memperkuat kondisi paparan lokasi ini terhadap gelombang.

Pada saat survei, hanya terdapat tiga lokasi yang merupakan lokasi budidaya rumput laut dengan metode patok dasar, yaitu Oeseli, Dodaek, dan Faifua. Informasi lebih detil perlu dicari terkait aktivitas budidaya pada lima lokasi lainnya. Berdasarkan informasi penduduk setempat, masyarakat akan memulai melakukan budidaya rumput laut pada Bulan November.

Biota yang ditemukan pada lokasi pengamatan adalah karang, bintang laut, teripang, bulu babi, gastropoda, bivalvia, dan berbagai jenis ikan kecil (Tabel 6). Dalam penelitian Ritniasih dan Munasik (2017) juga menunjukkan hal yang senada, bahwa bulu babi, teripang keling, teripang sabuk raja, bivalvia kima, menjadi biota asosiasi padang lamun di Perairan Wailiti, Kabupaten Sikka. Karang yang ditemukan umumnya adalah karang masif (karang otak) berukuran kecil yang terpecah. Bintang laut dengan jenis *Protoreaster nodosus* (*Chocolate chip sea star*/ *Horned sea star*) ditemukan di sebagian besar lokasi survey. Pada lingkungan lamun, *P. nodosus* ditemukan cukup banyak (Bos *et al.* 2008) dan dapat digunakan sebagai biomarker pada lingkungan yang mengalami tekanan secara

ekologi (Trono *et al.*, 2015). Selain jenis tersebut, ditemukan juga bintang laut lainnya, seperti *Culcita sp* (*pillow cushion sea star*) dan *Linckia laevigata* (*blue sea star*). Teripang ditemukan hanya pada empat dari delapan lokasi yang diamati. Jumlah individu teripang terbanyak ditemui di Nusa Manuk. Sementara, bulu babi lebih sering ditemukan di Landu Tii dibandingkan Oeseli. Jenis-jenis megabentos lebih banyak ditemukan pada kawasan konservasi.

Tabel 4. Deskripsi lingkungan lokasi survey

Desa	Deskripsi Lokasi												
	Teluk	Terbuka	Selat	Pulau kecil	Darat-an utama	Sekitar mangrove	Karang	Budidaya rumput laut	Substrat utama	Kondisi perairan	Kedalaman (m)	Makro-alga (%)	Epifit (%)
Oeseli	V				V	V	V	V	Pasir	Jernih	0,0-0,2	11,4	35,6
Landu Tii			V	V			V		Pasir	Jernih	0,1-0,2	10,2	35,2
Nusa Manuk	V			V		V	V		Pasir	Jernih	0,1-0,2	18,9	26,5
Dodaek		V			V		V	V	Pasir	Jernih	0,0-0,3	15,5	8,5
Faifua		V			V		V	V	Pasir	Jernih	0,0-1,0	12,4	40,5
Londalusi	V	V			V		V		Pasir	Keruh	0,3-0,8	5,9	88,2
Daiama	V	V			V	V			Pasir	Jernih	0,0-0,9	1,7	22,0
Mulut Seribu	V				V	V	V		Pasir	Keruh	0,5-1,0	2,0	63,9

Tabel 5. Kualitas perairan lokasi survey

Parameter	Oeseli	Landu Tii	Nusak Manu	Dodaek	Faifua	Londalusi	Daiama	Mulut Seribu	Rerata±St.Dev.
pH	8,5	8,5	8,6	8,2	8,1	8,4	8,2	-	8,4±0,2
Suhu (°C)	31,4	31	32,8	29,4	34	31,8	30,4	-	31,5±1,5
Salinitas ‰/00	35	35	-	34	29,8	34	35	-	33,8±2,0

Tabel 6. Megabentos yang berasosiasi di ekosistem lamun

Desa	Megabenthos				
	Bintang laut	Teripang	Bulu babi	Gastropoda	Bivalvia
Oeseli	V	V	V	V	
Landu Tii	V	V	V		
Nusa Manuk	V	V			
Dodaek	V				
Faifua	V				
Londalusi	V	V			
Daiama	V			V	
Mulut Seribu	V			V	

Jenis Lamun

Terdapat sembilan jenis lamun yang ditemukan di seluruh lokasi kajian, baik di dalam maupun luar transek, yaitu *Enhalus acoroides* (Ea), *Thalassia hemprichii* (Th), *Cymodocea serrulata* (Cs), *Cymodocea rotundata* (Cr), *Halodule pinifolia* (Hp), *Halophila uninervis* (Hu), *Syringodium isoetifolium* (Si), *Halophila ovalis* (Ho), dan *Thalassodendron ciliatum* (Tc) (Tabel 7). *Thalassodendron ciliatum* ditemukan di Faifua, namun berada di luar kuadran kajian. Pada lokasi Faifua ditemukan juga *E. acoroides* di luar transek dengan persenutupan yang sangat rendah, karena hanya ditemukan sebanyak satu tegakan. Jumlah jenis lamun yang berada di bagian Rote Barat Daya lebih sedikit dibandingkan di bagian timur, sedangkan di bagian Rote Selatan (Dodaek) yang merupakan wilayah transisi antara bagian barat dan timur terdapat enam jenis lamun.

Tabel 7. Jenis-jenis lamun yang ditemukan di lokasi kajian

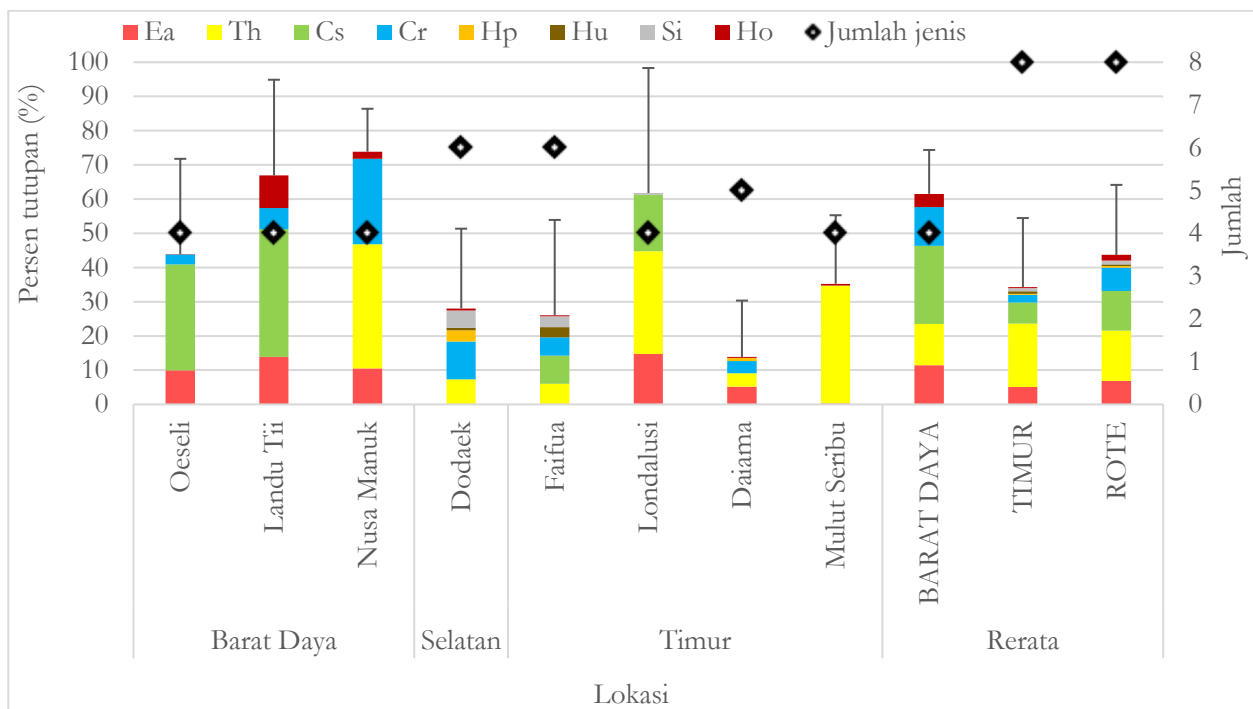
WILAYAH	Desa	Jumlah jenis	Jenis									Total
			Ea	Th	Cs	Cr	Hp	Hu	Si	Ho	Tc	
BARAT DAYA	Oeseli	4	+		+	+				+		5
	Landu Tii	4	+		+	+				+		
	Nusa Manuk	4	+	+		+				+		
SELATAN	Dodaek	6		+		+	+	+	+	+		6
	Faifua	8	v	+	+	+		+	+	+	v	
TIMUR	Londalusi	4	+	+	+				+			9
	Daiama	5	+	+		+	+			+		
	Mulut Seribu	4	+	+					+	+		
Jumlah lokasi			7	6	4	6	2	2	4	7	1	9

Catatan: + ditemukan di dalam kuadran

v ditemukan di luar kuadran dalam jumlah sangat sedikit

Persentaseutupan jenis lamun

Bagian Rote Barat Daya menunjukkan persentaseutupan lamun yang lebih tinggi ($61,5 \pm 12,8\%$) dibandingkan dengan bagian Rote Timur ($34,6 \pm 18,2\%$), meski di bagian barat daya jumlah jenisnya lebih sedikit dibandingkan bagian timur. Pada bagian barat daya, kondisi lamun yang kurang sehat terdapat di Oeseli, sedangkan di bagian timur kondisi lamunnya cenderung tidak sehat kecuali di Londalusi. Berdasarkan pembagian zonasi (barat daya, selatan, dan timur), maka padang lamun pada bagian Rote Barat Daya dalam kondisi kaya/sehat dengan kategori padat. Pada bagian Rote Timur kondisi padang lamun kurang kaya/kurang sehat dengan kategori sedang. Pada bagian selatan kondisinya miskin dengan kategoriutupan sedang.

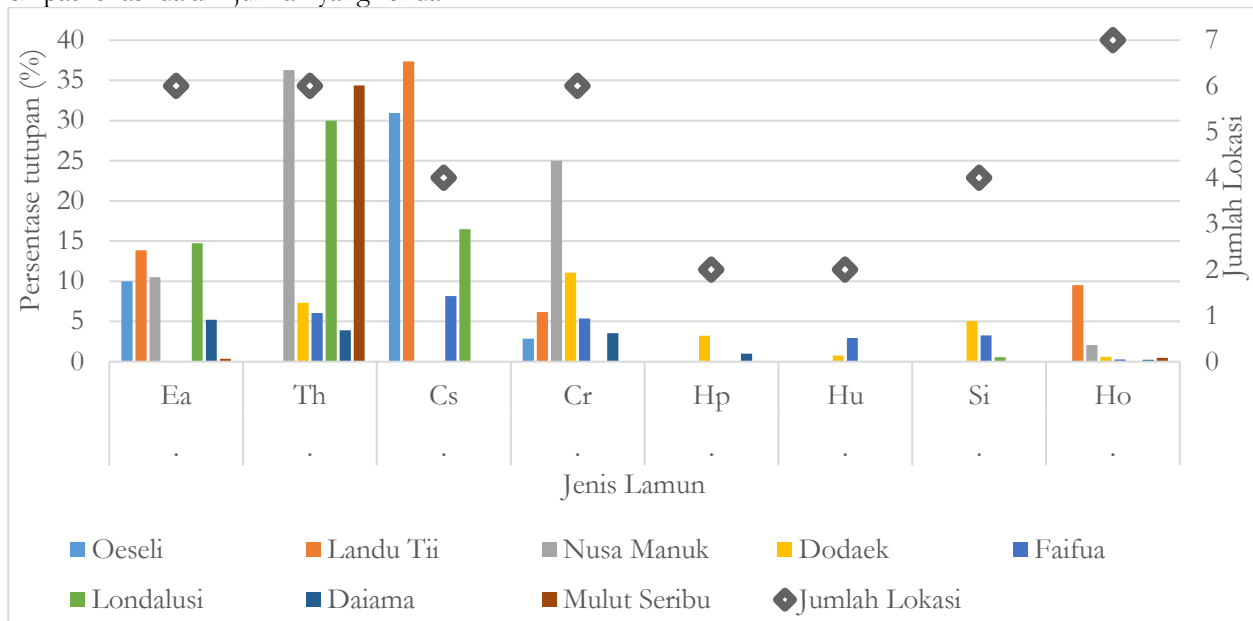


Gambar 3. Persentaseutupan lamun tiap lokasi dan jumlah jenis lamun dalam transek kajian

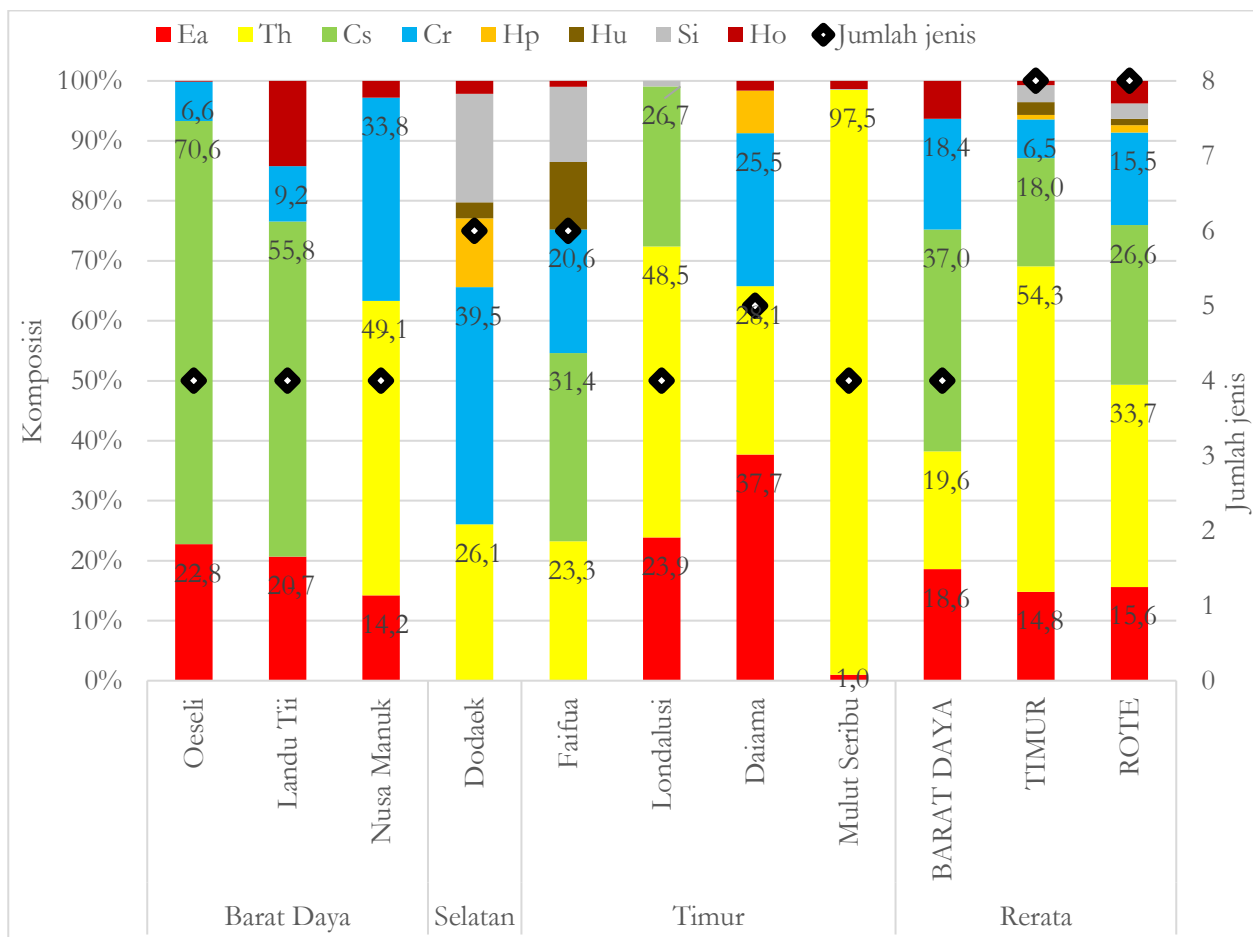
Dominasi Jenis Lamun

Terdapat variasi jenis lamun yang mendominasi berdasarkan persentaseutupan pada tiap lokasi. Umumnya *T. hemprichii* (Th), *C. serrulata* (Cs), *E. acoroides* (Ea), dan *C. rotundata* (Cr) mendominasi hamparan lamun di berbagai lokasi. *H. ovalis* (Ho) ditemukan dalam jumlah yang rendah meski terdapat pada sebagian besar lokasi

kajian kecuali Londalusi. Sebaran *H. ovalis* ini melampaui jenis lainnya yang ditemukan di dalam transek. Tiga jenis lamun lainnya, yaitu *H. pinifolia* (Hp), *H. uninervis* (Hu), dan *S. isoetifolium* (Si) ditemukan pada dua sampai empat lokasi dalam jumlah yang rendah.



Gambar 4. Persentase tutupan jenis lamun dan jumlah lokasi ditemukannya jenis lamun



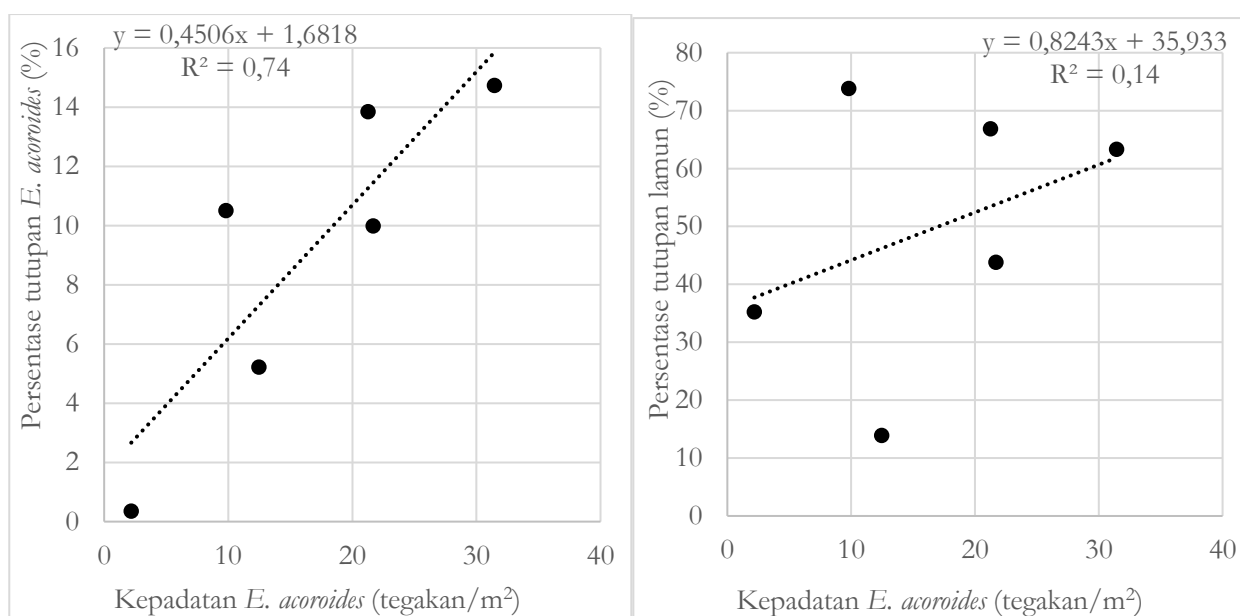
Gambar 5. Komposisi jenis berdasarkan persentase tutupan lamun dan jumlah jenis lamun

Kepadatan Tunas *E. acoroides*

Gambar 6 menampilkan hubungan antara kepadatan *E. acoroides* dengan persentase tutupan *E. acoroides* dan kepadatan *E. acoroides* dengan persentase tutupan lamun secara keseluruhan. Kepadatan *E. acoroides* mempengaruhi persentase tutupan *E. acoroides*. Namun demikian, kepadatan *E. acoroides* tidak memiliki korelasi yang kuat terhadap perubahan persentase tutupan lamun secara keseluruhan (Tabel 8).

Tabel 8. Hubungan antara kepadatan *E. acoroides* dengan persentase tutupan *E. acoroides* dan persentase tutupan lamun

	Kepadatan <i>E. acoroides</i>	Persentase Tutupan <i>E. acoroides</i>	Persentase Tutupan Lamun
Kepadatan <i>E. acoroides</i>	1		
Persen Tutupan <i>E. acoroides</i>	0,86	1	
Persen Tutupan Lamun	0,38	0,73	1



Gambar 6. Hubungan antara kepadatan *E. acoroides* dengan persentase tutupan *E. acoroides* dan persentase tutupan lamun

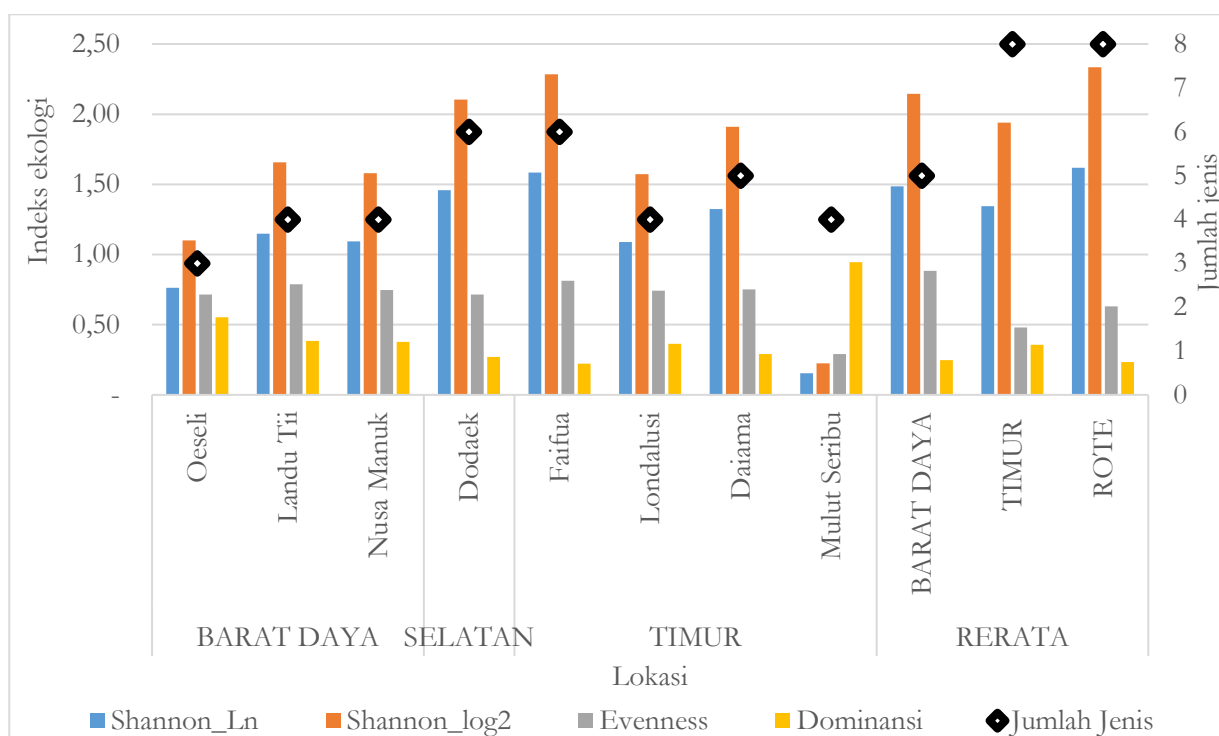
Indeks Ekologi pada Komunitas Lamun

Indeks keragaman Shannon-Wiener dan evenness tertinggi terdapat pada Faifua, sedangkan yang terendah terdapat di Mulut Seribu (Gambar 7). Nilai ini berbanding terbalik dengan Indeks Dominansi Simpson, dimana Indeks Dominansi tertinggi terdapat di Mulut Seribu ($D = 0,9$). Hal ini mengindikasikan adanya spesies yang mendominasi suatu komunitas dengan proporsi yang signifikan pada Mulut Seribu, yaitu *T. hemprichii* (Gambar 5).

Perbandingan Antar Wilayah

Hasil analisis korelasi pearson menunjukkan terdapat hubungan yang cukup sampai sangat erat antara Shannon_Ln dan Shannon_log2, Shannon_Ln dan Evenness, Shannon_Ln dan Dominansi, Shannon_log2 dan Evenness, Shannon_log2 dan Dominansi, Shannon_log2 dan Jumlah jenis, serta Evenness dan Dominansi pada bagian barat daya, selatan, dan timur Rote. Beberapa variabel tidak menunjukkan korelasi yang erat (Tabel 9).

Pada nilai korelasi yang erat, maka dipilih salah satu parameter untuk dikaji perbedaan komunitas antar lokasi, dengan demikian perbedaan antar lokasi yang dikaji adalah berdasarkan indeks keragaman (Shannon.Ln), jumlah jenis, dan persen tutupan. Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan tidak terdapat perbedaan antara bagian barat daya, selatan, dan timur Rote, baik pada indeks keragaman ($p=0,7$), jumlah jenis ($p=0,1$), dan persen tutupan lamun ($p=0,2$).



Gambar 7. Indeks Keragaman, Evenness, Dominansi, dan Jumlah Jenis Lamun

Tabel 9. Korelasi pearson parameter komunitas antar lokasi

	<i>Shannon_Ln</i>	<i>Shannon_log2</i>	<i>Evenness</i>	<i>Dominansi</i>	<i>Jumlah Jenis</i>	<i>Persenutupan</i>
Shannon_Ln	1,000					
Shannon_log2	1,000	1,000				
Evenness	0,631	0,631	1,000			
Dominansi	-0,976	-0,976	-0,749	1,000		
Jumlah Jenis	0,641	0,641	-0,185	-0,487	1,000	
Persenutupan	-0,101	-0,101	0,292	-0,003	-0,396	1,000

Pembahasan

Keberadaan berbagai jenis lamun di lokasi penelitian mengindikasikan kekayaan ekologi lingkungan laut di Kabupaten Rote Ndao. Kekayaan jenis lamun berkisar antara 4 - 6 jenis di delapan lokasi, dimana total ditemukan sebanyak sembilan jenis lamun. Jumlah jenis ini sesuai dengan kajian yang dilakukan oleh Supriyadi *et al.* (2018) yang menyatakan terdapat sembilan jenis lamun di Kabupaten Rote Ndao dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan dalam kajian ini. Kajian Moreno *et al.* (2021) menemukan delapan jenis lamun di bagian Rote Ndao Barat, yaitu di Nemberala dan Tunggaon, dimana tiga jenis yang tidak ditemukan dalam kajian ini adalah *H. pinifolia*, *S. isoetifolium*, dan *T. ciliatum*, sedangkan lima jenis lainnya sesuai dengan temuan dalam kajian ini.

Berdasarkan jumlah jenis lamun, maka Pulau Rote merupakan wilayah yang cukup beragam jenisnya. Total terdapat 69% jenis lamun di Pulau Rote dari 13 jenis lamun yang terdata di pesisir Indonesia. Catatan Supriyadi *et al.* (2018) menunjukkan terdapat 10 jenis lamun di Indonesia bagian Timur. Satu jenis yang tidak ditemukan di perairan Rote dibandingkan dengan perairan di Timur Indonesia lainnya adalah *Halophila decipiens* yang terdapat di Teluk Kotania-Maluku Tengah yang ditemukan juga oleh Binsasi dan Bria (2019) di Kabupaten Belu-Nusa Tenggara Timur. Jumlah jenis lamun di pesisir Rote selain Kabupaten Belu lebih banyak dari lokasi lainnya di NTT (Tabel 6).

Tabel 6. Jenis lamun di perairan Nusa Tenggara Timur

Wilayah	Jumlah jenis	Jenis										Keterangan
		Ea	Th	Cs	Cr	Hp	Hu	Si	Ho	Hd	Tc	
Rote	9	+	+	+	+	+	+	+	+		+	Kajian ini. Supriyadi <i>et al.</i> (2018) Moreno <i>et al.</i> (2021) Syahribulan <i>et al.</i> (2020) Ariandini <i>et al.</i> (2021) Huky <i>et al.</i> (2023) Binsasi dan Bria (2019) Syahribulan <i>et al.</i> (2020) Syahribulan <i>et al.</i> (2020) Riniatsih dan Munasik (2017) Ernaningsih <i>et al.</i> (2019) Toruan <i>et al.</i> (2020)
Rote	8	+	+	+	+	+		+	+		+	
Kupang	8	+	+	+	+	+	+		+		+	
Belu	9	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Timor Tengah Utara	6	+	+		+		+	+	+			
Sikka	6	+	+	+	+		+	+				
Alor	6	+	+		+	+		+	+			
Jumlah lokasi		6	6	4	6	3	5	5	5	1	2	

Catatan: Hd=*Halophila decipiens*

Komposisi spesies pada padang lamun bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan geomorfologi. Pada Kabupaten Rote Ndao, spesies lamun yang paling banyak ditemukan adalah *E. acoroides*, *T. hemprichii*, *C. serrulata*, dan *C. rotundata*. Spesies-spesies tersebut relatif toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan (McDemid *et al.*, 1999). Namun demikian, kelimpahan masing-masing spesies bervariasi di seluruh lokasi penelitian. Sebagai contoh, *E. acoroides* lebih banyak ditemukan di daerah yang terlindung, sedangkan *T. hemprichii* lebih banyak ditemukan di perairan terbuka.

Secara umum, tutupan lamun di Pulau Rote menunjukkan kondisi yang kurang kaya/kurang sehat berdasarkan KepMen LH No. 200/2004 dengan kategori sedang menurut Rahmawati *et al.* (2014) (Gambar 3). Hasil ini cenderung tidak berbeda dengan analisis yang dilakukan oleh Supriyadi *et al.* (2018) yang menunjukkan tutupan lamun sebesar 48%, bahkan pada kajian ini menunjukkan penurunan sebanyak 4%. Meskipun demikian, informasi lebih lanjut perlu dilakukan untuk memastikan kesesuaian lokasi kajian terdahulu dibandingkan dengan yang dilakukan pada kajian ini karena pada kajian ini tidak dilakukan analisis pada bagian utara Pulau Rote.

Lokasi Oeseli, Landu Tii, dan Nusa Manuk yang berada di dalam kawasan konservasi Taman Nasional Perairan Laut Sawu, memiliki tutupan lamun yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang tidak berada di dalam kawasan konservasi. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan konservasi dapat berperan dalam menjaga tutupan lamun dan keanekaragaman hayati. Potouroglou *et al.* (2020) dalam laporannya menyatakan bahwa ekosistem lamun memiliki peran krusial dalam mengatasi krisis iklim, sehingga perlu perlindungan terhadap ekosistem tersebut. Laporan tersebut menunjukkan bahwa padang lamun merupakan salah satu habitat pesisir yang paling umum di bumi dan menyediakan habitat pemijahan yang berharga bagi lebih dari 20% perikanan terbesar di dunia. Namun demikian, hanya 26% padang lamun yang tercatat berada di dalam Kawasan Konservasi Perairan (KKP). Jumlah ini lebih kecil dibandingkan dengan terumbu karang yang mencakup 40% dari Kawasan Konservasi Perairan.

Karakteristik geomorfologi, termasuk keberadaan pulau yang terpisah, teluk, perairan terbuka, dan kedekatannya dengan ekosistem mangrove dan terumbu karang, menunjukkan pengaruh terhadap dinamika persentase tutupan lamun. Lokasi-lokasi di teluk, seperti Oeseli dan Mulut Seribu, menunjukkan persentase tutupan lamun yang sangat berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa sifat teluk yang terlindung dapat memberikan kondisi yang lebih menguntungkan bagi pertumbuhan lamun tertentu seperti *E. acoroides*, *T. hemprichii*, dan *C. serrulata* yang memiliki daun lebar, karena terlindung dari arus dan gelombang yang kuat yang dapat mencabut atau merusak tanaman (Zhu *et al.*, 2022). Sementara itu, perairan terbuka dengan pasir kasar seperti di Dodaek, Faifua, dan Daiama menunjukkan tutupan lamun yang lebih rendah, yang mengindikasikan potensi terpapar kondisi lingkungan yang lebih keras. Kajian El-Shaffai *et al.* (2011) di Laut Merah menunjukkan tutupan lamun yang lebih tinggi terdapat pada daerah yang terlindung dibandingkan dengan daerah yang lebih terpapar dinamika perairan. Hal ini mungkin disebabkan oleh perlindungan yang diberikan oleh lingkungan teluk, yang mengurangi dampak gelombang dan arus terhadap padang lamun (Wicaksono *et al.*, 2023).

Pulau Landu Tii dan Pulau Nusa Manuk memiliki tutupan lamun yang lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Pada kedua lokasi tersebut tidak ditemukan aktivitas manusia, seperti budidaya rumput laut. Minimnya

pengaruh aktivitas manusia pada kedua lokasi ini berkontribusi terhadap kondisi lamun yang sehat. Melindungi daerah-daerah ini dari aktivitas antropogenik dapat berkontribusi pada peningkatan tutupan lamun dan kesehatan ekosistem secara keseluruhan.

Lokasi yang berdekatan dengan terumbu karang memiliki tutupan lamun yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang tidak memiliki terumbu karang, kecuali di Daiama. Hal ini mungkin disebabkan oleh hubungan positif antara lamun dan terumbu karang, di mana lamun menyediakan habitat bagi ikan dan organisme lain yang kemudian bermigrasi ke terumbu karang. Lokasi-lokasi yang berada di dekat ekosistem mangrove, seperti Oeseli, Nusa Manuk, dan Mulut Seribu juga memiliki tutupan lamun yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang tidak memiliki ekosistem mangrove. Hal ini mungkin disebabkan oleh hubungan positif antara lamun dan mangrove, di mana mangrove menyediakan bahan organik dan nutrisi yang mendukung pertumbuhan lamun (Wicaksono et al., 2023). Namun demikian, jumlah jenis lamun di dengan lokasi yang bersinggungan dengan ekosistem mangrove cenderung lebih sedikit dibandingkan di luar ekosistem mangrove, yaitu antara empat sampai lima jenis pada setiap lokasi. Empat jenis lamun yang ditemukan dengan komposisi yang tinggi di ekosistem mangrove adalah *E. acoroides*, *T. hemprichii*, *C. serrulata*, dan *C. rotundata*, dimana *E. acoroides* ditemukan di seluruh lokasi. Perairan di sekitar mangrove cenderung memiliki kondisi lingkungan yang terbatas, dimana kondisi perairannya cenderung keruh dan berarus tenang, sehingga membatasi keragaman lamun. Pada kajian ini, tipe-tipe lamun dengan morfologi daun yang cukup lebar umumnya dapat beradaptasi lebih baik dibandingkan jenis lainnya pada ekosistem mangrove.

Tutupan makroalga dan epifit ditemukan lebih tinggi di perairan terbuka dan tidak terlindungi, menunjukkan bahwa persaingan dari makroalga dan epifit mungkin merupakan faktor yang membatasi pertumbuhan lamun di daerah ini. Makroalga dan epifit dapat bersaing dengan lamun untuk mendapatkan cahaya dan nutrisi (Borowitzka et al., 2006). Tutupan makroalga dan epifit yang tinggi dapat menyebabkan penurunan lamun. Tutupan makroalga dan epifit tertinggi terdapat di Londalusi dan Faifua, yang keduanya terletak di perairan terbuka dan tidak terlindungi. Tutupan epifit pada permukaan daun lamun sangat bervariasi di antara lokasi-lokasi tersebut. Pengamatan menunjukkan Londalusi memiliki tutupan epifit tertinggi sebesar (88,2%) dan Mulut Seribu mencapai (63,9%). Tutupan epifit yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan fotosintesis lamun (Noisette et al., 2020).

Kepadatan tunas *E. acoroides* menunjukkan variasi di antara lokasi penelitian. Kepadatan tunas yang lebih tinggi berada di daerah dengan tutupan lamun yang lebih tinggi, seperti Londalusi dan Landu Tii. Menurut Patty dan Rifai (2013), penutupan lamun berhubungan erat dengan habitat atau bentuk morfologi dan ukuran suatu spesies lamun. Bentuk morfologi yang besar cenderung meningkatkan persentase tutupan lamun pada jenis yang sama. Meski demikian, meningkatnya kepadatan *E. acoroides* tidak selalu berkorelasi terhadap persentase tutupan lamun secara keseluruhan. Beberapa lamun jenis lainnya dapat mempengaruhi total persentase tutupan padang lamun.

Lokasi yang digunakan untuk budidaya rumput laut (Oeseli, Dodaek, dan Faifua) menunjukkan komunitas lamun yang miskin sampai kurang kaya. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan antropogenik, seperti budidaya rumput laut, dapat mempengaruhi eksistensi ekosistem lamun secara negatif. Penggunaan lahan merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi persen tutupan lamun. Penggunaan lahan merupakan prediktor yang lebih baik untuk kondisi lamun tropis dibandingkan dengan perlindungan laut (Quiros et al., 2017). Studi ini menunjukkan bahwa padang lamun di daerah dengan aktivitas manusia yang tinggi, lebih mungkin terdegradasi. Selain itu, ada atau tidak adanya terumbu karang yang berdekatan tampaknya mempengaruhi komposisi spesies lamun.

Indeks keragaman Shannon-Wiener, kemerataan, dan nilai dominansi Simpson memberikan penilaian yang komprehensif terhadap keanekaragaman lamun. Indeks keanekaragaman menyoroti variasi dalam kekayaan dan kemerataan spesies di antara lokasi, yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang berbeda menghasilkan pola keanekaragaman yang berbeda pula. Nilai tertinggi untuk keanekaragaman dan kemerataan indeks Shannon ditemukan di Faifua, sedangkan nilai tertinggi untuk dominansi Simpson ditemukan di Mulut Seribu. Hasil ini menunjukkan bahwa Faifua memiliki kekayaan spesies tertinggi dan distribusi spesies yang merata, yang mengindikasikan komunitas lamun yang lebih beragam dengan proporsi yang moderat. Mengingat jumlah jenis lamun pada Faifua tergolong tinggi (enam jenis), namun persen tutupan lamun pada Faifua rendah dengan kategori miskin, maka intensitas aktivitas manusia seperti budidaya rumput laut perlu dikendalikan untuk menjaga eksistensi komunitas lamun serta keragaman hayati di dalamnya. Sebaliknya, Mulut Seribu memiliki indeks keanekaragaman terendah, yang terkait dengan tutupan lamun yang rendah, didominasi oleh *T. hemprichii*, dan keanekaragaman jenis lamun yang terbatas pada lingkungan ekosistem mangrove.

Uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara lokasi yang diteliti di bagian barat daya, selatan, dan timur Rote dalam hal indeks keanekaragaman (Shannon_Ln), jumlah spesies lamun, dan persentase tutupan lamun. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh geomorfologi terhadap ekosistem lamun tidak bersifat spesifik secara kewilayahan, tetapi lebih bersifat spesifik lokasi. Temuan ini menunjukkan bahwa, meskipun terdapat perbedaan komposisi dan tutupan jenis lamun, kondisi lingkungan ini tidak berdampak signifikan terhadap keanekaragaman lamun secara keseluruhan. Ada kemungkinan bahwa adaptasi lokal dan proses ekologis di setiap daerah mengimbangi variasi kondisi lingkungan, sehingga dapat mempertahankan keanekaragaman hayati.

Penelitian ini memberikan wawasan untuk strategi konservasi dan pengelolaan di pesisir Kabupaten Rote Ndao. Sangat penting untuk mempertimbangkan interaksi yang kompleks antara aktivitas manusia, kondisi lingkungan, faktor geomorfologi, dan keanekaragaman lamun untuk memastikan keberlanjutan ekosistem lamun. Inisiatif konservasi harus fokus pada kualitas air yang layak, mengurangi beban nutrisi, dan melindungi habitat lamun dari faktor-faktor seperti aktivitas manusia. Selain itu, memahami peran geomorfologi dalam distribusi lamun dapat memandu pembentukan kawasan konservasi perairan dan praktik pengelolaan pesisir yang berkelanjutan untuk melindungi ekosistem pesisir yang sangat penting ini.

Kesimpulan

Kajian ini mengungkapkan hubungan yang kompleks antara persentase tutupan lamun, kondisi lingkungan, penggunaan lahan, dan geomorfologi di Kabupaten Rote Ndao, Nusa Tenggara Timur. Fitur geomorfologi, seperti teluk yang terlindung, dapat memberikan kondisi yang lebih kondusif untuk pertumbuhan lamun. Faktor-faktor tersebut mempengaruhi keanekaragaman dan kepadatan lamun. Interaksi antara makroalga, epifit, dan lamun sangat kompleks dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Selain itu, ada atau tidaknya terumbu karang yang berdekatan dan tingkat makroalga dan epifit pada daun lamun juga menjadi pertimbangan penting. Kepadatan *E. acoroides* berhubungan positif dengan tutupan lamun yang lebih tinggi, namun tidak signifikan. Temuan ini memberikan pandangan bagi para pembuat kebijakan, peneliti, dan *stakeholder* dalam upaya untuk melindungi dan mengelola ekosistem lamun di Kabupaten Rote Ndao. Strategi konservasi harus mempertimbangkan karakteristik spesifik dari setiap lokasi, baik yang terkait dengan kawasan konservasi, kedekatan dengan ekosistem lain, maupun aktivitas manusia.

Saran

Upaya penelitian dan pemantauan lebih lanjut harus berfokus pada pemantauan jangka panjang ekosistem lamun di Kabupaten Rote Ndao dan memperluas kajian untuk memasukkan faktor-faktor tambahan seperti kualitas air, komposisi sedimen, dan dampak antropogenik. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dinamika ekosistem lamun di wilayah tersebut.

Aspek pengelolaan dan pemanfaatan pesisir perlu diberikan lebih fokus pada bagian selatan dan timur Rote, khususnya Dodaek dan Faifua yang merupakan lokasi budidaya rumput laut, serta Daiama dan Mulut Seribu, mengingat jumlah jenis lamun tertinggi ada pada wilayah timur namun persentase tutupan lamun cenderung rendah.

Ucapan Terimakasih

Kajian ini dapat dilaksanakan melalui pendanaan *low value grant* UNDP Indonesia, pada proyek GEF – *Arafuru Timor Seas Action Programmes* (ATSEA) dalam mendukung *alternative resilient livelihood*. Para penulis berterimakasih kepada Yayasan Reef Check Indonesia dan United Nations Development Programme (UNDP) atas segala dukungannya.

Daftar Pustaka

- Ariandini, Y., E. Faiqoh, I.G. Hendrawan. 2021. Struktur komunitas ekosistem pesisir (lamun dan mangrove) di Desa Sulamu Nusa Tenggara Timur. *Rekayasa*, 14(2): 207-214.
- Binsasi, R. 2019. Komposisi komunitas padang lamun di perairan Pantai Sukaerlaran Kabupaten Belu. *SAINTEKBU*, 11(2): 1-7.
- Borowitzka, M.A., P.S. Lavery, M. Keulen. 2006. Epiphytes of seagrasses. *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*, hal 441-461.

- Bos, A.R., G.S. Gumanao, J.C. Alipoyo, L.T. Cardona. 2008. Population dynamics, reproduction and growth of the Indo-Pacific horned sea star, *Protoreaster nodosus* (Echinodermata; Asteroidea). *Marine Biology*, 156(1): 55-63.
- Congdon, V.M., M.O. Hall, B.T. Furman, J.E. Campbell, M.J. Durako, K.L. Goodin, K.H. Dunton. 2023. Common ecological indicators identify changes in seagrass condition following disturbances in the Gulf of Mexico. *Ecological Indicators*, 156: 111090.
- Duffy, J.E. 2006. Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 311: 233-250.
- El-Shaffai, A.A., M.H. Hanafy, A.A. Gab-Alla. 2011. Distribution, abundance and species composition of seagrasses in Wadi El-Gemal National Park, Red Sea, Egypt. *Indian Journal of Applied Science*, 4(3): 1-8.
- Ernaningsih, D., M. Sada, W. Kudu. 2019. Identifikasi jenis-jenis lamun (*seagrass*) pada zona intertidal Pantai Blatat Kecamatan Talibura Kabupaten Sikka. *BIOS*, 4(1): 1-5.
- Huky, R.K., L.N.L. Toruan, C.A. Paulus. 2023. Identifikasi jenis-jenis lamun pada pesisir Taman Wisata Alam Teluk Kupang, Kota Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 4(1): 10-17.
- Irwan, I., A. Ernawati, J. Jamaludin, S. Syahribulan. 2020. Keanekaragaman lamun di pulau Timor Nusa Tenggara Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 6, No. 1, pp. 114-118).
- Iswari, M.Y., Suyarso. 2018. Album peta lamun 2018. Puslit Oseanografi. Jakarta.
- Jordà, G., N. Marbà, C.M. Duarte. 2012. Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature climate change*, 2(11): 821-824.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2021. SOP Pengelolaan kawasan konservasi perairan nasional TNP Laut Sawu. Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. Jakarta.
- Machrizal, R., K. Khairul, I. Chastanti, N.F. Sari, N. Ritonga, Y. Sepriani. 2019. A study on the density and the cover of seagrass species along the West Coast of Natal. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 348, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- McDermid, K.J., A. Edward. 1999. Seagrass community composition and biomass at Nahpali Island, Pohnpei. *MICRONESICA-AGANA-*, 31: 255-262.
- McKenzie, L. J., L.M. Nordlund, B.L. Jones, L.C. Cullen-Unsworth, C. Roelfsema, R.K. Unsworth. 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*, 15(7): 074041.
- Moreno, H.D., H. Reuter, A. Kase, M. Teichberg. 2021. Seaweed farming and land-use impacts on seagrass meadows in the region of Rote Ndao Island, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 263: 107635.
- Noisette, F., A. Depetris, M. Kühl, K.E. Brodersen. 2020. Flow and epiphyte growth effects on the thermal, optical and chemical microenvironment in the leaf phyllosphere of seagrass (*Zostera marina*). *Journal of the Royal Society Interface*, 17(171): 20200485.
- Patty, S.I., H. Rifai. 2013. Struktur komunitas padang lamun di perairan Pulau Mantehage, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol 1:(4). 177-186.
- Potouroglou, M., G. Grimsditch, L. Weatherdon, S. Lutz. 2020. Out of the blue: the value of seagrasses to the environment and people. *United Nations Environment Programme*.
- Purvaja, R., R.S. Robin, D. Ganguly, G. Hariharan, G. Singh, R. Raghuraman, R. Ramesh. 2018. Seagrass meadows as proxy for assessment of ecosystem health. *Ocean and coastal management*, 159: 34-45.
- Quiros, T.A.L., D. Croll, B. Tershy, M.D. Fortes, P. Raimondi. 2017. Land use is a better predictor of tropical seagrass condition than marine protection. *Biological conservation*, 209: 454-463.
- Rahmawati, S., A. Irawan, I.H. Supriyadi, M.H. Azkab. 2014. Panduan monitoring padang lamun. *Bogor: COREMAP-CTI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*.
- Riniatsih, I., M. Munasik. 2017. Keanekaragaman megabentos yang berasosiasi di ekosistem padang lamun Perairan Wailiti, Maumere Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1): 56-59.
- Short, F.T., B. Polidoro, S.R. Livingstone, K.E. Carpenter, S. Bandeira, J.S. Bujang, J.C. Zieman. 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144(7): 1961-1971.
- Supriyadi, I. H., M.Y. Iswari, S. Suyarso. 2018. Kajian awal kondisi padang lamun di perairan timur Indonesia. *Jurnal Segara*, 14(3): 169-177.
- Toruan, L.N.L., J. F. Maro, I. Tallo. 2020. Seagrass meadows condition in Pantar Strait and surrounding area, Alor Regency, East Nusa Tenggara. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(2): 66-79.
- Trono, D.J.V., R. Dacar, L. Quinones, S.R.M. Tabugo. 2015. Fluctuating asymmetry and developmental instability in *Protoreaster nodosus* (Chocolate Chip Sea Star) as a biomarker for environmental stress. *Computational Ecology and Software*, 5(2): 119.

- Unsworth, R.K., L.J. McKenzie, C.J. Collier, L.C. Cullen-Unsworth, C.M. Duarte, J.S. Eklöf, L.M. Nordlund. 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio*, 48: 801-815.
- Unsworth, R.K., L.M. Nordlund, L.C. Cullen-Unsworth. 2019. Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 12(1): e12566.
- Valdez, S.R., Y.S. Zhang, T. van der Heide, M.A. Vanderklift, F. Tarquinio, R.J. Orth, B.R. Silliman. 2020. Positive ecological interactions and the success of seagrass restoration. *Frontiers in Marine Science*, 7: 91.
- Viana, I.G., A. Moreira-Saporiti, M. Teichberg. 2020. Species-specific trait responses of three tropical seagrasses to multiple stressors: the case of increasing temperature and nutrient enrichment. *Frontiers in plant science*, 11: 571363.
- Wicaksono, P., S.D. Harahap, M. Hafizt, A. Maishella, D.M. Yuwono. 2023. Seagrass ecosystem biodiversity mapping in part of Rote Ndao Island using multi-generation PlanetScope imagery. *Carbon Footprints*. 2023; 2(4): 19.
- Zhu, Q., P.L. Wiberg, K.J. McGlathery. 2022. Seasonal growth and senescence of seagrass alters sediment accumulation rates and carbon burial in a coastal lagoon. *Limnology and Oceanography*, 67(9): 1931-1942.