

Morphometric Analysis of Seagrass *Halophila ovalis* in the Coastal Waters of Manokwari

Johanis Paulus Kilmaskossu^{1*}, Fajar Ria Dwi Natalia Sianipar², Slamet Arif Susanto², Paskalina Theresia Lefaan², Emmanuel Manangkalangi³, Agatha Cecilia Maturbongs²

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia;

²Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia;

³Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia;

Article History

Received : March 25th, 2025

Revised : April 10th, 2025

Accepted : April 20th, 2025

*Corresponding Author::

Johanis Paulus Kilmaskossu,
Program Studi Biologi, Fakultas
Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas
Papua, Manokwari, Papua
Barat, Indonesia;
Email:

johaniskilmaskossu@gmail.com

Abstract: Pressure on coastal water conditions in Manokwari caused by human activities can affect the morphometric adaptation of seagrass plants, one of which is *Halophila ovalis*. The study aimed to analyze the morphometric differences of *Halophila ovalis* caused by differences in environmental factors on several coastal areas in Manokwari. A total of 20 samples of *H. ovalis* were taken from each of the beaches studied and then four morphological characters were measured. Morphometric data of *H. ovalis* between locations were analyzed using analysis of variance (ANOVA), then continued with non-multidimensional scaling (NMDS) analysis. The results showed that there were changes in the morphometrics of *H. ovalis* from the four research locations. Specifically, it was found that the *H. ovalis* with the most different morphology came from Rendani Beach. NMDS analysis shows that the morphometrics of *H. ovalis* on Rendani Beach are separate from from Yenkarwar, Wosi and Saubeba Beaches. The NMDS model was explain 74.19% of the morphometric diversity influenced by environmental parameters such as water temperature, substrate conditions, pH, salinity, and dissolved oxygen levels. We concluded that there had been morphometric changes in the seagrass *H. ovalis* in several coastal waters in Manokwari.

Keywords: Coastal substrate, Doreri Bay, NMDS, rendani coastal, seagrass.

Pendahuluan

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga (*Agiospermae*) yang hidup terendam di perairan laut dangkal dan estuari. Satu jenis lamun atau beberapa jenis lamun dapat membentuk hamparan luas yang dikenal dengan ekosistem padang lamun (Rahman *et al.* 2022). Ekosistem padang lamun berperan menjadi habitat berbagai biota laut (Larkum *et al.* 2018). Salah satunya adalah spesies ikan yang dikumpulkan dalam ekosistem padang lamun di Pulau Nusmapi terdiri dari 40 spesies yang termasuk dalam 21 famili (Manangkalangi *et al.* 2022). Selain ikan, ekosistem lamun di Teluk Doreri Manokwari, juga menjadi habitat 15

spesies gastropoda yang tergolong dalam sembilan famili (Wamaer *et al.* 2024).

Meskipun ekosistem padang lamun sangat penting bagi banyak biota perairan laut, dewasa ini ekosistem tersebut telah tercemar. Ekosistem padang lamun juga menjadi tempat akumulasi dari polutan antropogenik di wilayah pesisir termasuk cemaran logam berat dan mikroplastik. Pencemaran yang terjadi pada area pesisir dapat mengubah morfologi fisiologi dari lamun itu sendiri. Sebagai contoh, akumulasi mikroplastik di dalam lamun dilaporkan dapat mengubah struktur dan ukuran panjang rimpang (Zhang *et al.* 2023). Sementara itu, di Teluk Sawaibu Kabupaten Manokwari, sudah terjadi paparan logam berat pada akar dan rhizome lamun *Cymodocea*

rotundata di Pantai Anggrem, Pantai Yankarwar dan Pulau Nusmapi (Sembel dan Manan 2018; Sembel *et al.* 2021). Pada area yang tak jauh berbeda, Embulaba, *et al.* (2022) melaporkan bahwa terdapat empat jenis mikroplastik di Pantai Manokwari, yaitu: fragmen, busa, serat, dan film. Oleh sebab itu, perubahan karakter morfologi suatu jenis lamun tertentu dapat menjadi indikator kualitas lingkungan.

Salah satu jenis lamun yang dijumpai di perairan Manokwari adalah *Halophila ovalis*. Jenis ini merupakan jenis pioner yang ditemukan dengan nilai kerapatan dan frekuensi terendah dibandingkan jenis lainnya (Swabra *et al.* 2022, Awom *et al.* 2023). *H. ovalis* di Perairan Dompok pada pesisir Pantai Pulau Bintan memiliki karakteristik morfologi panjang daun, lebar daun, diameter rhizome dan panjang tangkai daun yang lebih besar dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh parameter lingkungan salah satunya komposisi substrat dasar perairan yang memiliki kontribusi terhadap struktur morfologi *H. ovalis* (Nugraha *et al.* 2020).

Informasi morfometrik *H. ovalis* dapat memberikan gambaran kemampuan lamun dalam beradaptasi dengan perubahan lingkungan yang menunjukkan ketahanannya. Sementara itu penelitian tentang karakteristik morfometrik *H. ovalis* di perairan pesisir Manokwari belum pernah dilaporkan sehingga informasi tentang determinasi ukuran pada populasi di lokasi yang berbeda tidak ditemukan. Adanya aktivitas manusia yang cukup tinggi di beberapa daerah pesisir di Manokwari diduga juga memengaruhi kualitas perairan, sehingga dapat memengaruhi morfologi dan adaptasi lamun *H. ovalis*. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbedaan morfometrik *H. ovalis* yang disebabkan oleh perbedaan faktor lingkungan pada beberapa pesisir pantai di Manokwari, Papua Barat.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama tahun 2022. Kegiatan pengambilan sampel *H. ovalis* dilakukan di Pantai Rendani (0° 53' 46.3" LS 134° 3' 8.8" BT), Pantai Yenkarwar (0° 52' 22.8" LS 134° 4' 5.9" BT), Pantai Wosi (0° 52' 11.8" LS 134° 3' 1.1" BT), Pantai Saubeba (0° 43' 44.8"

LS 133° 58' 55.2" BT) di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Sementara itu, pengamatan karakter morfologi dilakukan di Sub Laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA Universitas Papua.

Desain penelitian

Asumsi penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap. Pengambilan sampel menggunakan metode survei jelajah dengan meletakkan kuadran pengamatan berukuran 30 cm × 30 cm. Peletakan kuadran pada dua daerah yaitu intertidal dan sub tidal dengan kepadatan *H. ovalis* rendah dan tinggi (Wagey *et al.* 2016; Wulur *et al.* 2019). Sehingga jumlah kuadran tiap lokasi pantai sebanyak empat buah.

Parameter lingkungan yang diukur mencakup salinitas, suhu, oksigen terlarut, pH dan substrat. Pengukuran salinitas menggunakan alat ukur refraktometer, suhu dan oksigen menggunakan DO meter, dan pH meter untuk mengukur pH air. Untuk mengetahui tekstur substrat diamati menggunakan ayakan bertingkat.

Populasi dan sampel penelitian

Sampel *H. ovalis* sebanyak dua puluh individu ($n=20$) dikumpulkan dari masing-masing kuadran pengamatan. Kemudian sampel dibersihkan dari sedimen menggunakan air laut, selanjutnya ditempatkan dalam plastik specimen berisi air laut dan diberi label. Semua sampel dibawa ke Sub Laboratorium Botani, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Papua untuk diukur karakter morfometriknya. Sebelum diukur, sampel didokumentasi menggunakan kamera selanjutnya diukur dengan kaliper digital. Bagian yang diukur meliputi panjang akar, panjang rhizome, panjang daun, lebar daun dan panjang tangkai daun. Selain itu dilakukan pengamatan keberadaan bunga dan buah.

Analisis Data

Data morfometrik *H. ovalis* antar lokasi pantai dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan program SPSS Versi 27. Bila terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji Duncan dengan selang kepercayaan 95%. Analisis non-multidimensional scaling (NMDS) yang dikombinasikan dengan analisis komponen utama juga dilakukan untuk mendeterminasi morfometrik lamun *H. ovalis* berdasarkan kondisi habitatnya masing-masing.

Analisis NMDS menggunakan program PAST v. 4.3.

Hasil dan Pembahasan

Parameter lingkungan perairan Pantai Rendani, Yenkarwar, Wosi dan Saubeba

Parameter lingkungan meliputi salinitas, suhu, oksigen terlarut, pH dan jenis substrat pada Pantai Rendani, Pantai Yenkarwar, Pantai Wosi dan Pantai Saubeba disajikan pada Tabel 2. Salinitas keempat lokasi penelitian bervariasi. Salinitas paling tinggi ditemukan di Pantai Rendani sementara itu salinitas paling rendah ditemukan di Pantai Saubeba. Meskipun begitu, Pantai Saubeba memiliki kisaran salinitas paling besar dibanding ketiga pantai lainnya. Peningkatan kadar salinitas dapat menciptakan

seleksi alamiah dan cekaman bagi lamun. Kaewsrikhaw *et al.* (2016) melaporkan bahwa semakin tinggi salinitas menyebabkan pemanjangan akar lamun *H. ovalis* menurun akibat penurunan laju transfer elektron.

Suhu terendah ditemukan di Pantai Rendani dengan kisaran 21-28 °C, sementara itu suhu tertinggi ditemukan di Pantai Wosi yakni 29-32 °C (Tabel 1). Kadar gas oksigen terlarut yang paling tinggi ditemukan pada Pantai Saubeba (mencapai 8,4 mg/L). Suhu memiliki dampak yang besar bagi proses fotosintesis tumbuhan lamun. Contohnya pada jenis *Zostera marina* dan *Thalassia hemprichi* bila suhu perairan meningkat sampai 40 °C, maka akan menciptakan cekaman oksidatif pada lamun, sehingga produksi karbohidrat oksigen menurun (Rasmusson *et al.* 2020).

Tabel 1. Parameter lingkungan di Pantai Rendani, Yenkarwar, Wosi dan Saubeba

No	Lokasi	Parameter	Kisaran
1	Pantai Rendani	Salinitas (‰)	32-35
		Suhu (°C)	21-28
		Gas oksigen terlarut (Mg/L)	4,5-4,8
		pH	7,7-7,8
		Subtrat	Pasir halus, pasir sangat halus
2	Pantai Yenkarwar	Salinitas (‰)	30-32
		Suhu (°C)	29
		Gas oksigen terlarut (Mg/L)	6,7-7,2
		pH	6,6-6,8
		Substrat	Pasir sedang
3	Pantai Wosi	Salinitas (‰)	25-30
		Suhu (°C)	29-32
		Gas oksigen terlarut (Mg/L)	7,1-7,7
		pH	6,7
		Substrat	Pasir kasar, Kerikil/batu besar
4	Pantai Saubeba	Salinitas (‰)	20-29
		Suhu (°C)	28-31
		Gas oksigen terlarut (Mg/L)	6,1-8,4
		pH	6,5-6,9
		Substrat	Pasir halus/pasir sedang

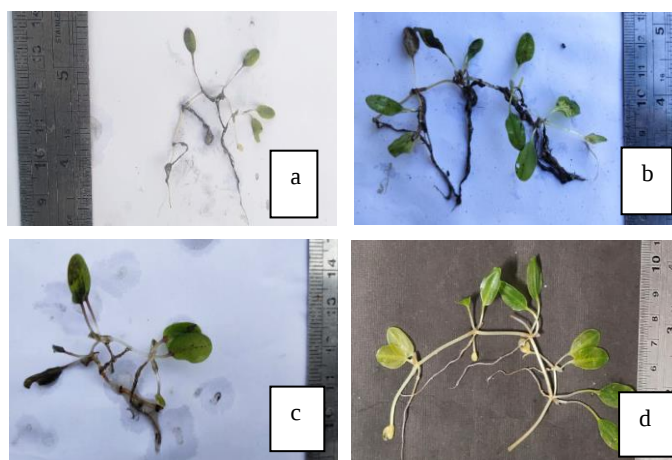
Derajat kemasaman (pH) air paling basa ditemukan di Pantai Rendani (7,7-7,8), sementara itu di Pantai Yenkarwar, Wosi dan Saubeba pH air berada di bawah 7, bahkan ditemukan nilai 6,5 di Pantai Saubeba (Tabel 1). Penurunan pH yang relatif besar dapat memengaruhi komunitas lamun yang bersifat epifit (tidak melekat kuat pada substrat) (Artika *et al.* 2019). Penurunan pH ini dapat dikaitkan dengan masuknya CO₂ dari atmosfer menuju perairan akibat aktivitas manusia (Roca *et al.*

2016). Keempat pantai yang diteliti memiliki perbedaan substrat yang sangat jelas. Meskipun begitu, keempat lokasi tersebut memiliki substrat yang didominasi oleh pasir (Tabel 1). Substrat yang berupa pasir paling kasar bahkan ditemukan dalam bentuk kerikil ditemukan di Pantai Wosi, sementara itu substrat berupa pasir halus (sedikit berdebu) dapat ditemukan di Pantai Rendani.

Karakteristik morfometrik *Halophila ovalis* di Pantai Rendani, Yenkarwar, Wosi dan Saubeba

Morfologi *Halophila ovalis* yang ditemukan pada Pantai Rendani (Gambar 1a), Pantai Yenkarwar (Gambar 1b), Pantai Wosi (Gambar 1c) dan Pantai Saubeba (Gambar 1d)

terdiri atas organ akar, rhizome, dan daun. Ciri khas morfologi *H. ovalis* yakni memiliki daun berpasangan yang muncul pada setiap nodus (buku) dan memiliki 10-25 pasang tulang daun (Short *et al.* 2010). Pada pengamatan tidak ditemukan keberadaan bunga dan buah.



Gambar 1. *Halophila ovalis* yang ditemukan pada Pantai Rendani (a), Pantai Yenkarwar (b), Pantai Wosi (c) dan Pantai Saubeba (d)

Hasil pengukuran morfometrik dan analisis ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) pada seluruh karakter morfologi *H. ovalis*. Karakter morfologi

meliputi panjang akar, panjang rhizome, panjang daun, lebar daun dan panjang tangkai daun pada keempat lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi morfometrik *Halophila ovalis* di Pantai Rendani, Yenkarwar, Wosi dan Saubeba

No	Lokasi	PA (cm)	PR (cm)	PD (cm)	LD (cm)	PTD (cm)
1	Pantai Rendani	0,8-2,3 c	0,2-1,2 c	0,4-0,9 c	0,2-0,5 c	0,4-1,1 c
2	Pantai Yenkarwar	1,9-4,6 a	1,1-4,3 a	1,2-1,7 a	0,7-1,1 a	1,2-2,9 a
3	Pantai Wosi	1,1-4,7 b	1-2,5 b	1,1-1,6 b	0,6-1 b	0,3-2,2 a
4	Pantai Saubeba	1-4 a	0,7-2,8 bc	1-1,7 b	0,5 b	1,1-2,2 b

Keterangan: PA: Panjang Akar, PR: Panjang Rhizome, PD: Panjang Daun, LD: Lebar Daun, PTD: Panjang Tangkai Daun. Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan $P < 0,05$.

Hasil uji lanjut menggunakan Duncan $P < 0,05$ menunjukkan bahwa karakter panjang akar *H. ovalis* di Pantai Rendani, Yenkarwar dan Wosi berbeda nyata ($P < 0,05$), tapi antara Pantai Yenkarwar dan Saubeba tidak berbeda nyata. Meskipun begitu, Pantai Wosi memiliki kisaran morfologi panjang akar yang paling bervariasi (Tabel 2). Karakter panjang rhizome Pantai Rendani, Yenkarwar dan Wosi juga berbeda nyata ($P < 0,05$), namun antara Pantai Saubeba dan Wosi maupun Pantai Saubeba dan Rendani tidak berbeda nyata ($P < 0,05$).

Perbedaan panjang akar dan rhizome ini dapat dikaitkan dengan kondisi substrat masing-masing perairan. Pantai Rendani memiliki substrat pasir halus hingga sangat halus (Tabel 1), sehingga memiliki akar dan rhizome paling pendek dibandingkan Pantai yang lainnya karena berkaitan dengan pengambilan hara. Ketika substrat berupa pasir yang sangat halus ataupun lumpur kadar hara lebih banyak tersedia di area perakaran, sehingga tidak diperlukan pemanjangan akar untuk menyerap hara (Kiswara *et al.* 2009). Hal tersebut juga dilaporkan oleh Jiang *et al.* (2019) bahwa lamun

H. ovalis memiliki panjang akar 6,58 cm pada substrat berpasir kasar dibandingkan substrat pasir halus dan sedikit berlumpur yakni memiliki panjang akar 2,95 cm.

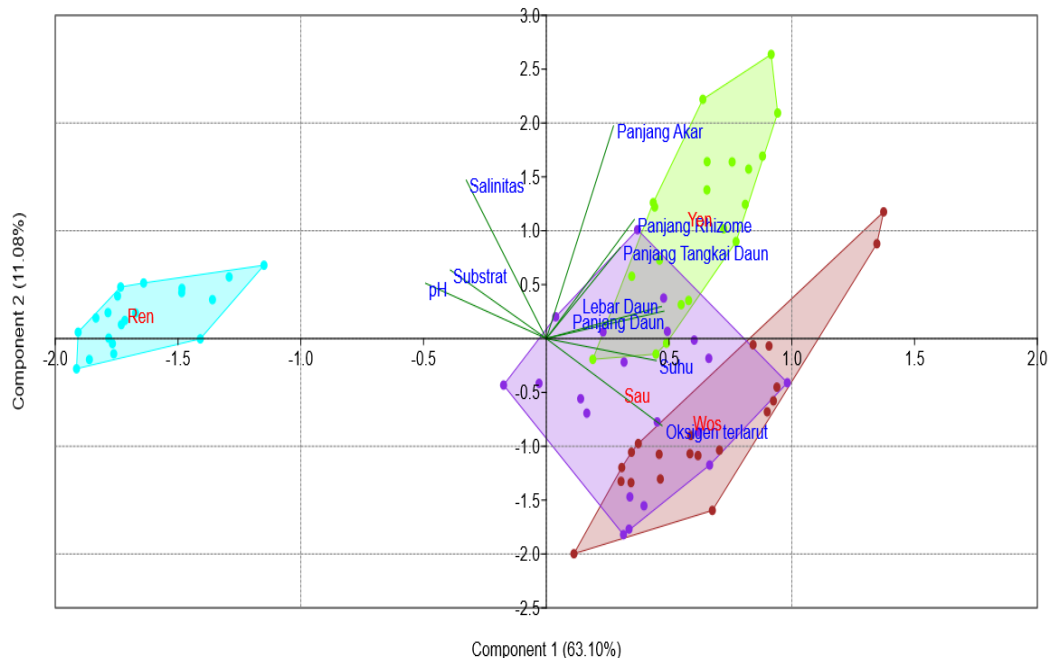
Karakter daun yang meliputi panjang daun dan lebar daun memiliki ukuran morfometrik yang cenderung sama (Tabel 2). Hal tersebut dapat dilihat pada hasil uji Duncan yang menunjukkan bahwa panjang dan lebar daun hanya tidak berbeda nyata ($P>0,05$) antara Pantai Wosi dan Saubeba. Pantai Rendani memiliki panjang dan lebar daun yang paling kecil dibandingkan ketiga pantai lainnya. Salah satu alasan perbedaan ini adalah daerah di perairan Pantai Rendani lebih terbuka, sehingga intensitas cahaya matahari yang memasuki perairan lebih besar, diduga menyebabkan ukuran daun yang lebih kecil. Genus *Halophila* merupakan kelompok lamun yang sangat sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya matahari (Wong dan Dowd 2023), karena hanya dapat ditemukan pada perairan dangkal 0,5-1 meter (Darus *et al.* 2024).

Panjang tangkai daun antara Pantai Yenkarwar dan Wosi tidak berbeda signifikan ($P>0,05$), namun kedua pantai ini berbeda signifikan dengan Pantai Rendani dan Saubeba (Tabel 2). Perbedaan panjang tangkai daun ini

diduga berkaitan dengan jumlah intensitas cahaya matahari. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari menyebabkan ukuran daun lebih kecil, sehingga tangkai daun juga teradaptasi lebih pendek.

Hubungan karakter morfometrik dengan faktor lingkungan

Model analisis komponen utama (PCA) dan NMDS menjelaskan 74,19% keragaman data morfometrik dan faktor-faktor lingkungan yang berkaitan. Aksis 1 menjelaskan 63,10% keragaman dan aksis 2 menjelaskan 11,08%. Model NMDS mendeterminasi lamun pada Pantai Rendani, Pantai Yenkarwar, Pantai Wosi dan Pantai Saubeba (Gambar 2). Keragaman morfometrik di Pantai Rendani terpisah dari Pantai Yenkarwar, Saubeba dan Wosi. Sementara itu, morfometrik lamun di Saubeba memiliki bentuk keragaman morfologi yang lebih luas dibandingkan Yenkarwar, Wosi dan Rendani. Bentuk morfometrik lamun di Pantai Saubeba dan Pantai Wosi lebih dipengaruhi oleh faktor suhu dan oksigen terlarut, sementara itu di Pantai Rendani lebih dipengaruhi oleh pH, substrat dan salinitas.



Gambar 2. Kombinasi analisis PCA dan NMDS yang mendeterminasi karakter morfometrik *Halophila ovalis* dan faktor-faktor lingkungan di empat lokasi berbeda. Keterangan: Ren: Pantai Rendani; Sau: Pantai Saubeba; Yen: Pantai Yenkarwar; dan Wos: Pantai Wosi

Karakter morfologi panjang akar, panjang rhizome, panjang tangkai daun, lebar daun dan

panjang daun di lokasi Yenkarwar lebih besar dari pada Pantai Saubeba, Pantai Wosi dan Pantai Rendani. Sebaliknya panjang akar, panjang rhizome, panjang tangkai daun, lebar daun dan panjang daun di lokasi Pantai Rendani lebih kecil dari pada Pantai Saubeba, Pantai Wosi dan Pantai Rendani (Gambar 2). Analisis NMDS mempertegas bahwa ada perubahan morfologi yang signifikan *H. ovalis* di Pantai Rendani. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas manusia di pesisir dapat memengaruhi ekosistem pesisir pantai, sehingga berdampak pada perubahan morfologi lamun. Hal serupa juga pernah dilaporkan oleh Nguyen *et al.* (2021) bahwa peningkatan suhu 1-6 °C di suatu perairan dapat mengubah karakter morfofisiologi lamun *Posidonia australis*. Sementara itu, perubahan suhu 1 °C selama satu tahun di suatu perairan dapat memperkecil indeks luas daun dari lamun genus *Thalassia* (Hackney dan Durako 2004).

Skenario lainnya yang berkaitan dengan perbedaan karakter morfologi *H. ovalis* di Pantai Rendani dengan ketiga pantai lainnya adalah perbedaan karakteristik substrat. Karakteristik substrat dipengaruhi oleh batuan induk pembentuk lapisan tanah di sekitar perairan tersebut, sehingga dapat berpengaruh juga pada karakter biofisik lainnya seperti suhu, salinitas dan kekeruhan perairan. Sakey *et al.* (2015) melaporkan *H. ovalis* dengan kondisi substrat yang berlumpur dengan banyak cahaya memiliki ukuran daun yang lebih lebar, sebaliknya di substrat yang berpasir memiliki ukuran daun lebih kecil. Untuk karakter panjang daun, batang akar dan rhizoma tidak memiliki perbedaan pada kedua substrat tersebut.

Penelitian Wulur *et al.* (2019) menunjukkan ukuran morfometrik lamun *H. ovalis* di Pantai dengan aktivitas manusia lebih banyak memiliki ukuran lebih kecil dibanding di Pantai dengan aktivitas manusia sedikit. Aktivitas manusia seperti pembuatan dermaga, aktivitas rumah tangga, rekreasi dan pembuatan tempat penginapan secara tidak langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan *H. ovalis*.

Kesimpulan

Kami menyimpulkan bahwa ada perbedaan morfometrik lamun *Halophila ovalis* pada keempat pantai yang diteliti (Rendani, Yenkarwar, Wosi dan Rendani). Analisis

determinasi lebih lanjut membuktikan bahwa di *H. ovalis* Pantai Rendani memiliki ukuran morfometrik akar, rhizome, daun, dan tangkai daun 2-3 kali lebih kecil dibandingkan ketiga lokasi lainnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa ada perubahan pada kondisi perairan yang diteliti, sehingga berdampak pada perubahan morfologi yang amat signifikan ($P < 0,05$). Oleh sebab itu, investigasi secara menyeluruh tentang kondisi habitat ketiga lokasi penelitian sangat perlu dilakukan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Papua yang telah mendanai penelitian ini melalui program penelitian dosen asisten ahli (AA). Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada masyarakat kampung dan komunitas botany family yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

Referensi

- Artika, S. R., Kneer, D., Ambo-Rappe, R., Syahid, S., & Teichberg, M. (2019, April). Decreasing pH affects seagrass epiphyte communities. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 253, No. 1, p. 012024). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012024>
- Awom, B. S., Talakua, S., Musyeri, P., & Gultom, D. (2023). Keanekaragaman lamun (seagrass) di perairan Pantai Pasir Putih Kabupaten Manokwari, Papua Barat. *Nusantara Hasana Journal*, 3(6), 133-143. <https://nusantarahasanajournal.com/index.php/nhj/article/view/1025>
- Darus, R. F., Bengen, D. G., Zamani, N. P., & Ismet, M. S. (2024). Leaf productivity of *Halophila major*: A significant morphometric correlation with biomass, except leaf area. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 25(12): 4994-5004. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d251237>
- Embulaba, O., Kolibongso, D., Tapilatu, R. F., Saleh, F., & Bawole, R. (2022). Distribution and types of microplastics on the coast of Aipiri and Andai Beaches, Manokwari District, Indonesia. *Indo*

- Pacific Journal of Ocean Life*, 6(1).
<https://doi.org/10.13057/oceanlife/o060102>
- Hackney, J. W., & Durako, M. J. (2004). Size–frequency patterns in morphometric characteristics of the seagrass *Thalassia testudinum* reflect environmental variability. *Ecological Indicators*. 4(1): 55-71.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2003.12.001>
- Jiang, Z., Zhao, C., Yu, S., Liu, S., Cui, L., Wu, Y., ... & Huang, X. (2019). Contrasting root length, nutrient content and carbon sequestration of seagrass growing in offshore carbonate and onshore terrigenous sediments in the South China Sea. *Science of the Total Environment*. 662: 151-159.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.175>
- Kaewsrikhaw, R., Ritchie, R. J., & Prathep, A. (2016). Variations of tidal exposures and seasons on growth, morphology, anatomy and physiology of the seagrass *Halophila ovalis* (R. Br.) Hook. f. in a seagrass bed in Trang Province, Southern Thailand. *Aquatic Botany*, 130, 11-20.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.12.006>
- Kiswara, W., Behnke, N., Van Avesaath, P., Huiskes, A. H. L., Erftemeijer, P. L. A., & Bouma, T. J. (2009). Root architecture of six tropical seagrass species, growing in three contrasting habitats in Indonesian waters. *Aquatic Botany*. 90(3): 235-245.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.10.005>
- Larkum A. W. D., Kendrick G. A., & Ralph, P. J. (2018). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer: Netherlands.
- Manangkalangi E, Sembel L, Tebaiy S, Manuputty A, Rumayomi MR, Musyeri P, Sawaki D, Orissu D, Manumpil AW, Kaber Y. (2022). Evaluation of seagrass beds as a foraging and nursery habitat based on the structure of the fish community in Nusmapi Island, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Biodiversity*, 23(10): 5165-5174.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d231024>
- Nguyen, H. M., Bulleri, F., Marín-Guirao, L., Pernice, M., & Procaccini, G. (2021). Photo-physiology and morphology reveal divergent warming responses in northern and southern hemisphere seagrasses. *Marine Biology*. 168: 1-15.
<https://doi.org/10.1007/s00227-021-03940-w>
- Nugraha, A. H., Hazrul, H., Susiana, S., & Febrianto, T. (2020). Karakteristik morfologi dan pertumbuhan lamun *Halophila ovalis* pada beberapa kawasan pesisir Pulau Bintan. *Depik*, 9(3), 471-477.
<https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17781>
- Rahman, S., Rahardjanto A., & Husamah. (2022). *Mengenal padang lamun (Seagrass bad)*. Penerbit Dream Litera. Malang.
- Rasmusson, L. M., Buapet, P., George, R., Gullström, M., Gunnarsson, P. C., & Björk, M. (2020). Effects of temperature and hypoxia on respiration, photorespiration, and photosynthesis of seagrass leaves from contrasting temperature regimes. *ICES Journal of Marine Science*, 77(6), 2056-2065.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa093>
- Roca, G., Alcoverro, T., Krause-Jensen, D., Balsby, T. J. S., van Katwijk, M. M., Marbà, N., ... & Romero, J. (2016). Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: a global review and management synthesis. *Ecological Indicators*, 63, 310-323.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.007>
- Sakey, W. F., Wagey B. T., & Gerung G. S. (2015). Variasi morfometrik pada beberapa lamun di Perairan Semenanjung Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 1(1):1-7.
<https://doi.org/10.35800/jplt.3.1.2015.7724>
- Sembel, L., & Manan, J. (2018). Sea water quality assessment based on tidal condition in Sawaibu Bay Manokwari: studi awal kualitas perairan di Teluk Sawaibu Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 2(1): 1-14.
<https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2018.Vol.2.No.1.28>
- Sembel, L., Setijawati, D., Yona, D., Manangkalangi, E., Musyeri, P., & Risjani,

- Y. (2021). Preliminary study of heavy metals of *Cymodocea rotundata* in Doreri Bay Manokwari Regency. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 86-94.
- Short, F. T., Moore, G. E., & Peyton, K. A. (2010). *Halophila ovalis* in the tropical Atlantic Ocean. *Aquatic Botany*, 93(3), 141-146.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.05.001>
- Swabra L., Lefaan P. T., Sianipar, F. R. D. N., Maturbongs, A., C., Sadsoeitoeboen M. J., Budirianto H., J., & Kilmaskossu J., P. (2022). Komunitas lamun di Perairan Pantai Reff Teluk Saubeba Kabupaten Manokwari. in *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Papua*.
<https://prosiding.fmipa.unipa.ac.id/index.php/SNMIPAUNIPA/article/view/6>
- Wamaer, Y., Manangkalangi E., Sembel L., & Loinenak F.A. (2024). Kondisi gastropoda pada habitat lamun di Teluk Doreri, Manokwari Papua Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 7(2), 1111-1123.
<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/ke-lautan>
- Wong, M. C., & Dowd, M. (2023). The role of short-term temperature variability and light in shaping the phenology and characteristics of seagrass beds. *Ecosphere*, 14(11), e4698.
<https://doi.org/10.1002/ecs2.4698>
- Wagey, B. T., Lasabuda, R., Tilaar, F., & Katuuk, V. (2016). Spatial morphological variability of the seagrass *Halophila ovalis* (R.Br.) Hooker f in Minahasa Peninsula waters. *Asian Journal of Biodiversity*. 7: 56-78.
<http://dx.doi.org/10.7828/ajob.v7i1.900>
- Wulur M. A. P., Kondoy K. I. F., & Rangan J. K. (2019). Studi morfometrik lamun *Halophila ovalis* (R. Brown) Hooker di Pantai Kahona Kecamatan Lembeh Selatan Kota Bitung dan di Pantai Tasik Ria Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*. 7(1): 19-26.
<https://doi.org/10.35800/jip.7.1.2019.21440>
- Zhang, Y., Yu, X., Chen, Z., Wang, Q., Zuo, J., Yu, S., & Guo, R. (2023). A review of seagrass bed pollution. *Water*, 15(21), 3754. <https://doi.org/10.3390/w15213754>