

KEPADATAN, KARAKTER MORFOLOGI, DAN PERTUMBUHAN LAMUN *Cymodocea rotundata* DI PANTAI YANKARWAR, MANOKWARI, PAPUA BARAT: APAKAH ADA PERBEDAAN DI ANTARA ZONA INTERTIDAL?

Paskalina T. Lefaan¹, Moses Peday², Bernadus Duwit², Daud Orisu²,
Satriano N. Yoku², Yunus Baab², Abraham William Manumpil³, Zulfikar
Mardiyadi⁴, Emmanuel Manangkalangi², Luky Sembel^{3*}

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

²Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

³Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

⁴Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

*Email : lukysembel76@gmail.com

ABSTRACT

Cymodocea rotundata is a seagrass species that occupy habitats in the intertidal zone. The ability of this species to occupy the intertidal zone is thought to be related to its particular morphological adaptations in response to fluctuations in local aquatic environmental conditions. This study aims to describe habitat conditions, distribution related to density, morphological differences, and growth among *C. rotundata* seagrass stands in the upper, middle, and lower intertidal zones of Yankarwar Beach, Manokwari, West Papua. Transects and quadrats methods were used to collect seagrass samples, so information on their distribution and density could be obtained. The seagrass samples collected were also analyzed (counted and measured) for their morphological characters including the number of leaves, leaf length, leaf width, horizontal sheath internode length, root length, stand weight, leaf weight, rhizome weight, and root weight. Seagrass growth was obtained by marking the leaves and observing them for 10 days. The results of this study indicate that the conditions of the physicochemical parameters of the intertidal waters are still suitable for the growth of this seagrass species. The highest density was found in the upper intertidal zone (3,161.73 stands.m⁻²) and followed by the middle intertidal zone (962.04 stands.m⁻²). Although most of the morphological characters of seagrasses and seagrass parts were relatively the same between the three intertidal zones, larger leaf widths and lengths of horizontal rhizome internodes were found in stands in the two upper intertidal zones. Differences in growth as reflected by the increase in leaf length and dry leaf weight also showed greater values in the upper and middle intertidal zones. This condition shows the adaptability of this seagrass species to variations in environmental parameter conditions in the middle and upper intertidal zone. In addition, the results of this study indicate the presence of *C. rotundata*, especially in the intertidal aquatic environment which

has an important ecological role, including as a substrate stabilizer. Therefore, this vegetation conservation effort is very important.

Keywords: *Intertidal zone, Morphological adaptation, Seagrass growth*

ABSTRAK

Cymodocea rotundata merupakan salah satu spesies lamun yang menempati habitat di zona intertidal. Kemampuan spesies ini menempati zona intertidal diduga berkaitan dengan adaptasi morfologi khusus yang dimilikinya sebagai bentuk respon terhadap fluktuasi kondisi lingkungan perairan setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi habitat, sebaran yang terkait dengan kepadatan, perbedaan morfologi, dan pertumbuhan di antara tegakan lamun *C. rotundata* yang terdapat pada zona intertidal bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah di Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat. Metode garis transek dan kuadrat digunakan untuk mengumpulkan sampel lamun, sehingga dapat diperoleh informasi sebaran dan kepadatannya. Sampel lamun yang dikumpulkan juga dianalisis (dihitung dan diukur) karakter morfologinya yang meliputi jumlah daun, panjang dan lebar daun, panjang internode seludang horizontal, panjang akar, berat tegakan, berat bagian daun, berat bagian rimpang, dan berat bagian akar. Pertumbuhan lamun diperoleh dengan metode penandaan pada bagian daun dan diamati selama periode 10 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika-kimia perairan intertidal masih sesuai untuk pertumbuhan spesies lamun ini. Kepadatan tertinggi ditemukan pada zona intertidal bagian atas (3.161,73 tegakan.m⁻²) dan diikuti pada zona intertidal bagian tengah (962,04 tegakan.m⁻²). Walaupun sebagian besar karakter morfologi lamun dan bagian lamun di antara ketiga zona intertidal relatif sama, namun ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang horizontal yang lebih besar ditemukan pada tegakan di kedua zona intertidal bagian atas dan tengah. Perbedaan pertumbuhan yang tergambar melalui pertambahan panjang daun dan berat kering daun juga menunjukkan nilai yang lebih besar pada zona intertidal bagian atas dan tengah. Kondisi ini menunjukkan kemampuan adaptasi spesies lamun ini pada variasi kondisi parameter lingkungan di zona intertidal bagian atas dan tengah. Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan keberadaan *C. rotundata*, terutama di lingkungan perairan intertidal yang memiliki peranan penting secara ekologis, di antaranya sebagai penstabil substrat. Oleh karena itu upaya konservasi vegetasi ini sangat penting.

Kata Kunci: Adaptasi morfologi, Pertumbuhan lamun, Zona intertidal

PENDAHULUAN

Padang lamun adalah ekosistem kunci di perairan pesisir, baik tropis maupun subtropis, yang menyediakan berbagai jasa ekosistem dalam bentuk proses dan komponen alami yang secara langsung atau tidak langsung bermanfaat bagi kebutuhan manusia (de Groot *et al.*, 2002; Cullen-Unsworth *et al.*, 2014;

Nordlund *et al.*, 2016). Vegetasi lamun sebagai komponen utama dalam ekosistem ini memberikan kontribusi dalam siklus nutrien (Aoki *et al.*, 2020) dan menstabilkan sedimen serta menyediakan *nursery ground* bagi berbagai sumber daya perikanan (Unsworth *et al.*, 2019; Manangkalangi *et al.*, 2022).

Potensi vegetasi lamun sebagai penangkap dan penyimpanan karbon juga telah banyak terungkap dalam beberapa penelitian (Duarte & Prairie, 2005; Hejnowicz *et al.*, 2015). Dalam beberapa tahun belakangan ini, telah berkembang informasi mengenai kontribusi lamun dalam bioakumulasi dan bioremediasi logam berat di perairan (di antaranya, Sembel *et al.*, 2022). Peranan hamparan lamun lainnya adalah menurunkan energi gelombang dan menstabilkan sedimen, membantu proses sedimentasi serta mengurangi resuspensi sedimen sehingga berkontribusi terhadap perlindungan garis pantai dari erosi (Agawin & Duarte, 2002; Bos *et al.*, 2007; Hendriks *et al.*, 2008; Widdows *et al.*, 2008; Hansen & Reidenbach, 2012).

Ekosistem lamun di perairan tropis menempati zona intertidal dan subtidal yang umumnya tersusun atas vegetasi lamun campuran yang terdiri atas 4-8 spesies (Hemminga & Duarte, 2000). Namun demikian, kebanyakan spesies lamun tidak mampu menoleransi terhadap kondisi kekeringan sehingga tidak mampu tumbuh di zona intertidal (Koch, 2001). Batas atas distribusi spesies intertidal ditentukan oleh toleransi fisiologis terhadap paparan kekeringan dan suhu yang tinggi sehingga menyebabkan stres, melalui tingkat kehilangan air dalam jaringan (Björk *et al.*, 1999; Tanaka & Nakaoka, 2004), dan proporsi jaringan daun nekrotik (Boese *et al.*, 2003).

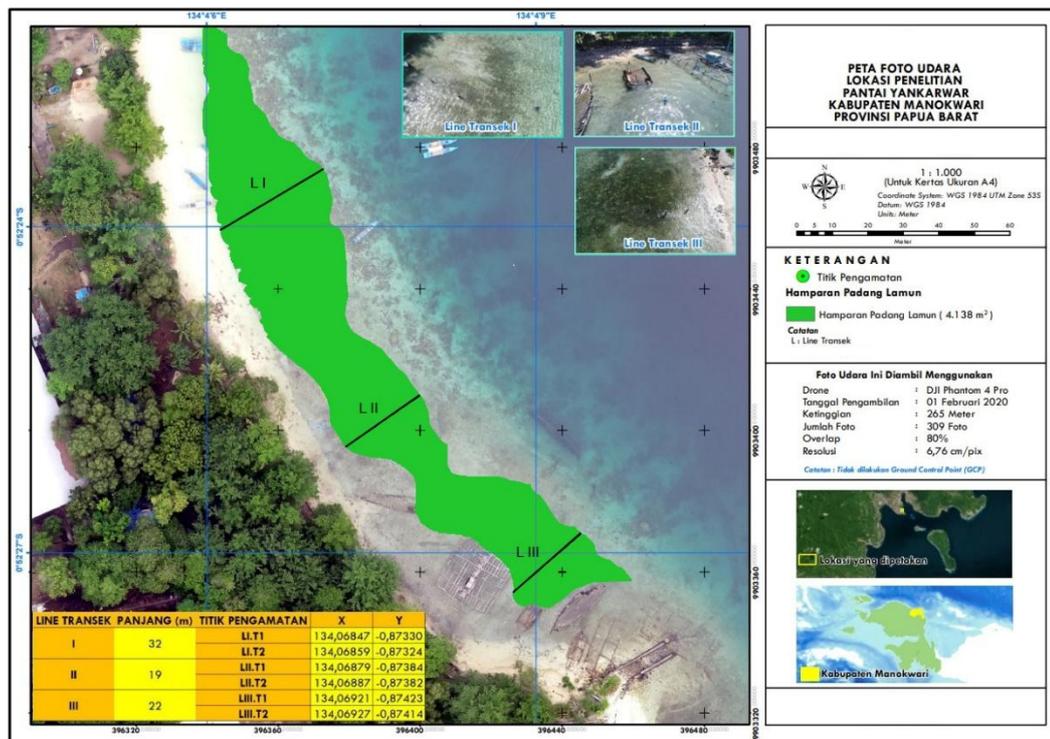
Salah satu spesies lamun yang menempati zona intertidal dan memiliki persebaran yang luas, mulai dari pesisir timur Afrika sampai Pasifik bagian barat dan dari Kepulauan Ryukyu sampai Queensland, Australia adalah *Cymodocea rotundata* (Philips & Meñez, 1988). Spesies ini terutama menempati habitat intertidal (Lefaan, 2011) pada berbagai substrat, mulai dari tipe substrat yang didominasi oleh pasir karbonat yang berasal dari hancuran karang dan/atau pasir dan lumpur terrigenous yang berasal dari daratan (Philips & Meñez, 1988; Lefaan, 2008; Riniatsih, 2016).

Kemampuan *Cymodocea rotundata* untuk menempati zona intertidal dengan kondisi yang ekstrim ini berkaitan dengan kemampuannya dalam beradaptasi terhadap kondisi kekeringan ketika kondisi air laut surut. Kemampuan menoleransi kondisi kekeringan sangat berkaitan dengan karakter morfologisnya yang dapat meminimumkan tekanan kekeringan (Björk *et al.*, 1999). Tanaka & Nakaoka (2004) mengemukakan bahwa karakteristik tegakan spesies lamun ini memiliki morfologi yang relatif lentur sehingga bagian-bagian daun dan pelepah bersentuhan langsung dengan substrat yang basah, sehingga terhindar dari kehilangan air pada saat air laut surut. Kondisi air laut yang surut, apabila bersamaan saat siang hari, akan menyebabkan peningkatan suhu habitat di sekitar hamparan lamun. Berdasarkan hasil penelitian Collier & Waycott (2014), spesies lamun ini mampu menolerir sampai suhu 40 °C. Berkaitan dengan kemampuan spesies ini menempati habitat pada zona intertidal yang ekstrim, maka penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi habitat lamun *Cymodocea rotundata*, dan membandingkan kepadatan, karakter morfologi, dan pertumbuhan di antara zona intertidal (bagian atas, tengah, dan bawah) Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di zona intertidal Pantai Yankarwar, Manokwari Papua Barat (Gambar 1). Pengamatan dan pengambilan contoh lamun berlangsung di antara bulan Juni-Juli 2019.



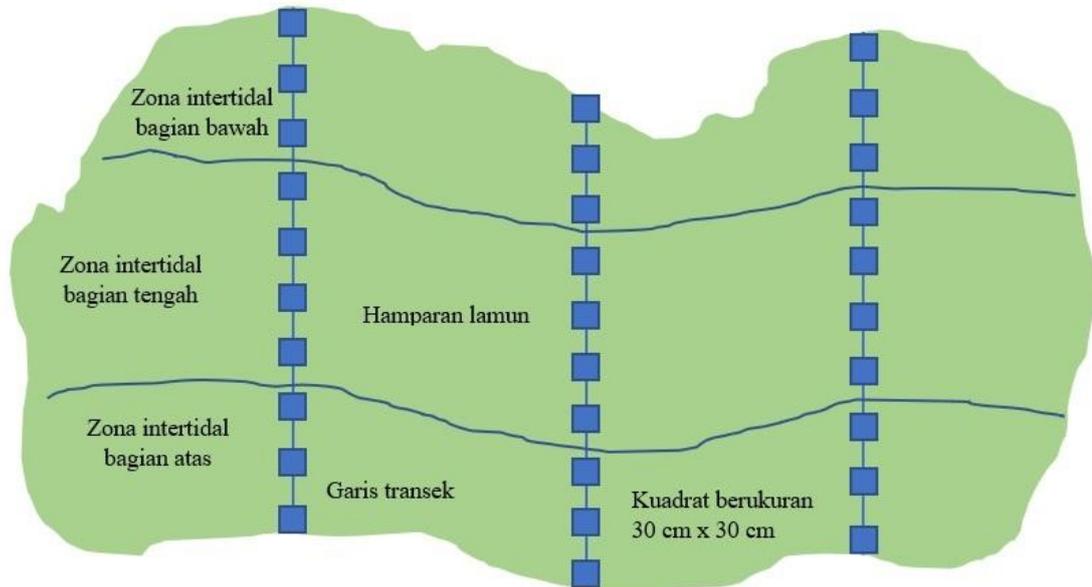
Gambar 1. Lokasi penelitian di Pantai Yankarwar, Manokwari, Papua Barat

Pengambilan Contoh Lamun

Untuk mendapatkan gambaran mengenai kepadatan lamun *C. rotundata* dilakukan menggunakan metode garis transek dan kuadrat. Kuadrat yang digunakan berukuran 30 cm x 30 cm (0,09 m²). Di lokasi penelitian diletakkan tiga garis transek, masing-masing tegak lurus garis pantai menuju ke arah laut dan diletakkan 10 kuadrat. Oleh karena luas bidang lamun yang tidak beraturan, maka panjang garis transek, jarak antar garis transek, dan jarak antar kuadrat disesuaikan dengan luas bidang lamun. Ketiga garis transek, masing-masing berukuran panjang 32 m, 19 m, dan 22 m. Kesepuluh kuadrat dalam setiap garis transek akan mewakili ketiga zona intertidal, yaitu zona intertidal bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah (Gambar 2).

Tegakan lamun spesies ini yang terdapat di setiap kuadrat dicatat jumlahnya. Pada ketiga garis transek di ketiga zona ini, dipilih secara acak sebanyak 20 tegakan untuk dilakukan penandaan bagian daun untuk mendeskripsikan pertumbuhan dan dilanjutkan dengan pengukuran karakter morfologi. Metode penandaan ini mengacu pada Short & Duarte (2001). Pada

setiap tegakan yang telah ditandai, selanjutnya dilakukan pemanenan. Pemanenan didesain sebanyak satu tegakan dalam setiap zona intertidal pada setiap garis transek. Pemanenan ini dilakukan setiap hari selama sepuluh hari pengamatan.



Gambar 2. Peletakan garis transek dan kuadrat

Setiap tegakan bertanda yang dipanen setiap hari selanjutnya dibawa ke Laboratorium Sumberdaya Akuatik (SDA), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Pada setiap tegakan dilakukan perhitungan jumlah daun, pengukuran panjang dan lebar daun, panjang internode rimpang horizontal, dan panjang akar menggunakan mistar berketelitian 1 mm. Selain itu juga, pada setiap tegakan yang dipanen dilakukan penimbangan berat basah total, berat kering total, berat kering bagian daun, berat kering bagian rimpang, dan berat kering bagian akar menggunakan timbangan digital berketelitian 0,001 gram.

Agar bisa mendapatkan gambaran pertumbuhan, maka penambahan panjang dan berat setiap daun dalam setiap tegakan yang dipanen selama sepuluh hari pengamatan juga diukur. Untuk mendapatkan kondisi berat kering yang konsisten, maka setiap tegakan utuh maupun bagian-bagian lamun dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam (Kiswara, 1999).

Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan

Pengukuran dan pengambilan sampel untuk parameter fisika-kimia perairan dilakukan berdasarkan zona intertidal, baik secara insitu maupun eksitu. Pengukuran secara insitu meliputi suhu air menggunakan termometer, konsentrasi gas oksigen terlarut dalam air menggunakan DO meter, pH air menggunakan pH meter, dan salinitas dengan refraktometer. Pengukuran ini dilakukan ketika hamparan lamun masih tergenang air. Untuk kekeruhan air dan ukuran partikel substrat dilakukan secara eksitu di Lab. SDA.

Sampel air untuk mengetahui tingkat kekeruhan dibawa ke laboratorium dan dianalisis menggunakan turbidity meter. Sampel substrat diambil sampai

kedalaman sekitar 10 cm (ketika kondisi air laut surut) menggunakan modifikasi core yang terbuat dari pipa paralon berdiameter 2,5 inci. Sampel substrat selanjutnya dikeringkan dan dianalisis menggunakan ayakan bertingkat yang dilengkapi dengan shaker.

Analisis Data

Kepadatan dianalisis menggunakan rumus Cox (2002), yaitu:

$$K = \frac{n_i}{A}$$

Notasi K adalah kepadatan (tegakan.m⁻²), ni adalah jumlah individu (tegakan), dan A adalah luas areal sampling (m²). Kepadatan dianalisis berdasarkan zona intertidal pada setiap garis transek.

Pada setiap karakter morfologi yang diukur dan ditimbang berdasarkan zona intertidal dilakukan uji untuk membandingkan nilai rata-ratanya menggunakan uji t (Zar, 1996). Pertumbuhan daun lamun pada setiap zona intertidal dianalisis menggunakan regresi linier. Agar dapat membandingkan pertumbuhan di antara ketiga zona dilakukan dengan membandingkan kemiringan garis (nilai b) menggunakan uji t (Zar, 1996). Semua analisis dilakukan dengan Microsoft Excel 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisika-Kimia Air

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia pada ketiga zona selama periode penelitian (10 hari) menunjukkan kondisi yang cukup bervariasi. Hal ini ditunjukkan melalui kisaran yang cukup lebar pada semua parameter yang diukur. Hasil pengukuran parameter fisika kimia di lokasi penelitian ditampilkan pada Tabel 1. Kondisi parameter fisika dan kimia di zona intertidal ini sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Namun demikian, hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa kondisi parameter fisika kimia air pada ketiga zona intertidal relatif sama. Kondisi yang relatif sama ini sangat berkaitan dengan jarak di antara ketiga zona intertidal yang tidak terlalu jauh (panjang garis transek yang hanya berkisar 19-32 m).

Kondisi parameter pada ketiga zona intertidal ini relatif masih sesuai untuk kehidupan lamun *Cymodocea rotundata*, seperti yang dilaporkan pada beberapa penelitian sebelumnya (Lefaan, 2008; Aji & Widyastuti, 2020; Sermatang, 2022; Swabra *et al.*, 2022) (Tabel 2). Spesies lamun ini memiliki kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan intertidal yang ekstrim, sehingga memiliki kisaran toleransi terhadap parameter fisika-kimia yang cukup luas. Spesies lamun ini termasuk kelompok pionir, yang mampu menempati zona intertidal bagian atas dan tahan terhadap kondisi kekeringan (Lefaan, 2011).

Kemampuan menoleransi kondisi kekeringan sangat berkaitan dengan karakter morfologisnya yang dapat meminimumkan tekanan kekeringan (Björk *et al.*, 1999). *Cymodocea rotundata* memiliki rimpang (*rhizome*) vertikal yang berukuran pendek dan pelepah seperti selempang (*strap-like sheath*) (Tanaka &

Nakaoka, 2004). Selanjutnya Tanaka & Nakaoka (2004) mengemukakan bahwa karakteristik morfologi yang relatif lentur memungkinkan bagian-bagian daun dan pelepah berada di atas permukaan substrat dan bersentuhan langsung dengan substrat yang basah, sehingga terhindar dari kehilangan air ketika padang lamun terdedah pada saat air laut surut. Substrat ini yang selanjutnya menjaga kelembahan tegakan lamun dengan air pori dan rembesan air dari daerah intertidal di atasnya. Keberadaan daun lamun yang padat juga akan saling saling menutupi ketika kondisi air laut surut, sehingga mengurangi penguapan dari daun-daun yang tidak secara langsung berhubungan dengan substrat yang lembab (Björk *et al.*, 1999). Selain itu juga, seperti yang dilaporkan oleh Collier & Waycott (2014), spesies *C. rotundata* juga mampu menolerir sampai suhu 40 °C.

Tabel 1. Nilai rata-rata dan kisaran parameter fisika-kimia hamparan lamun di Pantai Yankarwar, Manokwari

Parameter	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Suhu (°C)	29,92 (28,1-31,6)	29,88 (28,2-31,3)	29,62 (28,2-30,8)	29,81 (28,1-31,6)
Turbiditas (NTU)	3,84 (0,64-11,29)	2,08 (0,67-5,26)	2,91 (0,85-8,30)	2,94 (0,64-1,29)
Oksigen terlarut (mg.l ⁻¹)	6,15 (5,21-7,80)	6,14 (5,64-6,53)	5,22 (4,56-6,12)	5,83 (4,56-7,80)
pH	6,68 (6,30-7,17)	6,83 (6,28-7,28)	6,75 (6,06-7,66)	6,76 (6,06-7,66)
Salinitas (‰)	30,33 (30-31)	30,50 (29-31)	30,33 (29-31)	30,39 (29-31)

Keterangan: angka dalam tanda kurung adalah kisaran

Tabel 2. Parameter fisika-kimia habitat lamun *C. rotundata*

Suhu (°C)	Turbiditas (NTU)	Oksigen terlarut (mg.l ⁻¹)	pH	Salinitas (‰)	Sumber
28,1-31,6	0,64-1,29	4,56-7,80	6,06-7,66	29,0-31,0	Penelitian ini
21,5-35,0	0,00-24,63	4,69-8,95	5,61-8,94	15,0-34,0	Lefaan (2008), Aji & Widyastuti (2020), Sermatang (2022), Swabra <i>et al.</i> (2022)

Tipe sedimen dan Ukuran Partikel

Sedimen pada lokasi padang lamun di perairan Pantai Yankarwar adalah sedimen karbonat yang berasal dari hancuran karang. Berdasarkan hasil analisis terhadap ukuran partikel substrat, diketahui bahwa masing-masing zona intertidal didominasi oleh fraksi sedimen yang relatif berbeda. Zona intertidal bagian atas didominasi oleh fraksi sedimen halus (lempung & liat), sedangkan kedua zona lainnya (bagian tengah dan bawah) didominasi oleh fraksi pasir dan kerikil (Tabel 3).

Perbedaan ukuran partikel ini diduga berkaitan dengan hidrodinamika di daerah intertidal ini. Arus pasang surut dan gelombang permukaan memainkan peran penting dalam penyebaran dan pengendapan sedimen dalam sistem yang didominasi oleh pasang surut (Manning *et al.*, 2010). Partikel halus diendapkan, terutama di bagian intertidal bagian atas, selama periode pasang surut ketika kecepatan arus pasang surut secara bertahap menurun dan turbulensi menghilang (Manning *et al.*, 2010, Ralston *et al.*, 2013). Partikel yang lebih halus (lempung dan liat), dicirikan oleh fraksi bahan organik yang relatif tinggi dan sifat hidrodinamik yang rendah (Hossain *et al.*, 2014). Sebaliknya, di lokasi dengan kecepatan arus yang lebih tinggi (misalnya, di zona intertidal bagian bawah),

ditemukan sedimen yang jauh lebih kasar dan kandungan bahan organik yang lebih sedikit (de Boer, 2007).

Tipe substrat pada ketiga zona intertidal ini sesuai untuk kehidupan dari *C. rotundata*. Spesies lamun ini umum ditemukan pada tipe substrat pasir karbonat (karang) dan juga areal rata-rata lumpur yang terlindung (Philips & Meñez, 1988). Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Riniatsih (2016) yang menemukan bahwa spesies lamun ini menempati habitat bersubstrat pasir halus yang kaya dengan kandungan bahan organik.

Tabel 3. Nilai rata-rata dan kisaran persentase ukuran partikel sedimen di lokasi penelitian

Kategori ukuran partikel	Persentase		
	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Kerikil	10,73 (2,88-15,48)	21,51 (9,39-31,98)	42,48* (15,39-65,96)
sedang (6- 64 mm)	5,50 (0,60-10,53)	11,70 (3,07-19,49)	31,52* (6,34-54,10)
Halus (2-6 mm)	5,23 (2,28-8,47)	9,81 (6,31-12,49)	10,95 (9,05-11,95)
Pasir	37,50 (30,32-46,39)	46,82* (37,03-53,87)	34,51 (21,61-55,53)
sangat kasar (1-2 mm)	3,77 (1,98-5,29)	6,20 (5,75-7,00)	4,32 (3,51-5,68)
kasar (0,5-1 mm)	7,41 (2,71-10,71)	9,14 (8,42-9,79)	5,80 (3,99-8,85)
Sedang (0,25-0,5 mm)	9,44 (6,47-13,02)	12,82 (9,53-15,93)	8,21 (4,56-12,95)
halus & sangat halus (0,063-0,25 mm)	16,89 (8,66-24,63)	18,67* (13,34-22,31)	16,18 (9,28-28,05)
Lempung & Liat (<0,063 mm)	51,77* (39,79-61,33)	31,67 (18,45-39,81)	23,01 (12,43-29,08)

Keterangan: angka dalam tanda kurung adalah kisaran, * nilai prosentase rata-rata tertinggi

Kepadatan

Kepadatan *C. rotundata* paling tinggi ditemukan pada zona intertidal bagian atas dibandingkan kedua zona lainnya di bagian tengah dan bawah (Tabel 4). Kepadatan yang tinggi pada zona ini diduga berkaitan dengan kemampuan adaptasi spesies ini terhadap kondisi lingkungan setempat. Spesies pionir ini, umumnya ditemukan dengan kepadatan yang tinggi pada zona intertidal sampai batas surut terendah di daerah rata-rata yang bersubstrat karbonat, dan juga melimpah pada rata-rata lumpur yang luas di daerah-daerah yang terlindung (Philips & Meñez, 1988; Lefaan, 2008; Lefaan *et al.*, 2013). Batas sebaran dan kepadatan yang lebih rendah di zona bagian bawah dari spesies lamun intertidal ini kemungkinan berkaitan dengan kompetisi dengan spesies lamun subtidal (misalnya, *Thalassia hemprichii*) yang umumnya ditemukan melimpah, dan juga gangguan secara fisik yang disebabkan arus pasang surut (Cabaço *et al.*, 2009; van der Heide *et al.*, 2010).

Tabel 4. Kepadatan *Cymodocea rotundata* (tegakan.m⁻²) pada setiap zona intertidal di Pantai Yankarwar, Manokwari

Transek	Kepadatan		
	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Transek 1	3.033,33	1.288,89	77,78
Transek 2	3.155,56	536,11	322,22
Transek 3	3.296,30	1.061,11	40,74
Keseluruhan	3.161,73	962,04	146,91

Karakter Morfologi

Karakter morfologi lamun spesies ini yang diamati pada ketiga zona ditampilkan pada Tabel 5. Secara umum, nilai rata-rata berbagai karakter morfologi yang relatif lebih tinggi ditunjukkan oleh tegakan lamun yang terdapat di zona intertidal bagian atas. Namun demikian, berdasarkan hasil uji, sebagian besar karakter morfologi ini menunjukkan nilai rata-rata yang tidak berbeda di antara ketiga zona intertidal, kecuali pada karakter lebar daun dan panjang internode rimpang. Kedua karakter morfologi ini, setelah dilakukan uji secara statistik, menunjukkan bahwa tegakan lamun pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan tegakan pada zona intertidal bagian bawah.

Tabel 5. Karakteristik morfologi *C. rotundata* pada setiap zona intertidal di Pantai Yankarwar, Manokwari

Karakter morfologi	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Jumlah daun (per tegakan)	3,31±0,47 ^a (3-4)	3,40±0,50 ^a (3-4)	3,41±0,57 ^a (3-4)	3,38±0,51 (3-4)
Panjang total daun (mm per tegakan)	254,67±76,42 ^a (109-468)	250,00±95,98 ^a (137-391)	247,03±80,52 ^a (118-400)	250,61±83,72 (109-468)
Lebar daun (mm)	4,31±0,69 ^{a,b} (3-5)	4,48±0,63 ^b (3-5)	4,18±0,66 ^a (3-5)	4,32±0,68 (3-5)
Panjang internode rimpang horizontal (mm)	45,34±20,65 ^b (12-90)	45,77±21,47 ^b (15-90)	33,31±14,82 ^a (13-75)	41,52±20,32 (12-90)
Panjang akar (mm)	51,00±26,28 ^a (9-105)	44,66±23,94 ^a (10-90)	48,79±22,93 ^a (10-95)	48,15±24,28 (9-105)
Berat basah total tegakan (g)	1,171±0,54 ^a (0,385-2,551)	1,076±0,42 ^a (0,155-2,109)	0,957±0,43 ^a (0,327-1,793)	1,068±0,47 (0,155-2,551)
Berat kering total tegakan (g)	0,205±0,11 ^a (0,072-0,501)	0,206±0,07 ^a (0,083-0,344)	0,174±0,08 ^a (0,059-0,341)	0,195±0,09 (0,059-0,501)
Berat kering bagian daun (g)	0,069±0,04 ^a (0,012-0,150)	0,067±0,05 ^a (0,009-0,246)	0,057±0,04 ^a (0,006-0,158)	0,064±0,04 (0,006-0,246)
Berat kering bagian rimpang (g)	0,046±0,03 ^a (0,011-0,144)	0,047±0,02 ^a (0,011-0,100)	0,034±0,02 ^a (0,013-0,071)	0,042±0,02 (0,011-0,144)
Berat kering bagian akar (g)	0,010±0,012 ^a (0,002-0,069)	0,008±0,005 ^a (0,001-0,022)	0,007±0,010 ^a (0,002-0,032)	0,009±0,009 (0,002-0,069)

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara zona intertidal

Ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang yang lebih besar diduga merupakan bentuk adaptasi spesies lamun ini pada lingkungan zona

intertidal bagian atas dan bagian tengah yang terkait dengan kondisi kekeringan dan tipe substrat. Ukuran daun yang relatif lebih besar, diduga mampu menahan lebih banyak air ketika terdedah pada kondisi kering sebagai akibat air laut yang surut. Kondisi ini akan memungkinkan tegakan lamun dari spesies ini untuk mempertahankan kelembabannya dalam periode ekstrim tersebut, seperti yang dilaporkan oleh Tanaka & Nakaoka (2004).

Selain itu, kondisi ini diimbangi dengan toleransi fisiologis daunnya yang lebih besar terhadap kekeringan dan juga memiliki pelepah yang banyak sehingga bisa membantu mencegah kehilangan air dari meristemnya.

Sedangkan ukuran rimpang yang lebih panjang pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah, diduga berkaitan dengan tipe substratnya yang lebih halus (proporsi lumpur, liat dan pasir halus yang lebih tinggi). Kondisi ini memungkinkan pertumbuhan vegetatif lamun spesies ini lebih cepat melalui rimpang yang lebih panjang. Oleh karena itu, ukuran rimpang yang lebih panjang merupakan bentuk adaptasinya pada kondisi sedimen yang halus. Ukuran rimpang horizontal yang lebih panjang juga ditunjukkan pada kondisi rimpang yang tertutup sedimen halus pada spesies lamun *Zostera noltii* (Cabaço *et al.*, 2010).

Kondisi sebaliknya pada tegakan di bagian zona intertidal bagian bawah dengan rimpang yang lebih pendek, pada tipe substrat yang terutama didominasi oleh kerikil. Ruang penjalaran rimpang yang lebih terbatas pada tipe substrat kasar ini, sehingga adaptasinya dalam bentuk ukuran yang lebih pendek. Menurut Balestri *et al.* (2015), kemampuan lamun menempati suatu zona juga tidak terlepas dari kemampuan rimpang dalam mengembangkan sistem perakarannya pada berbagai tipe substrat.

Kemampuan pertumbuhan akar pada berbagai jenis substrat menunjukkan plastisitas morfologis, sehingga sistem akar pada substrat yang berukuran lebih halus (yaitu, liat, lumpur dan pasir) akan tumbuh secara vertikal, sedangkan pada substrat keras (misalnya, kerikil) akan tumbuh memanjang secara horizontal dan menghasilkan formasi permukaan (*superficial*) (Balestri *et al.*, 2015).

Variasi karakteristik morfologi dalam skala spasial yang lebih luas juga ditunjukkan oleh spesies lamun ini. Di antaranya variasi di antara ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang. Hasil penelitian ini (lebar daun 3,0-5,0 mm, rata-rata 4,32 mm; panjang internode rimpang horizontal 12-90 mm, rata-rata 41,52 mm) menunjukkan bahwa dimensi ukuran yang relatif lebih besar dibandingkan dengan informasi yang dilaporkan sebelumnya. Kedua karakter spesies ini, seperti yang dikemukakan oleh Philips & Menez (1988), yaitu lebar daun berukuran 2,0-4,0 mm dan panjang internode rimpang di antara 10,0-45,0 mm.

Brouns (1987) melaporkan ukuran panjang rata-rata internode rimpang sebesar 33 mm. Di Teluk Ambon Dalam, Sermatang (2022) melaporkan bahwa karakter morfometrik dari spesies ini, yaitu lebar daun 2,3–5,9 mm. Bahkan lebar daun maksimum *C. rotundata* di Perairan Maluku Utara adalah 8 mm (Ramili *et al.*, 2018). Variasi karakteristik morfometrik yang ditunjukkan oleh jenis lamun menunjukkan adanya hubungan dengan kondisi lingkungan perairan pada setiap lokasi (Ramili *et al.*, 2018) dan merupakan bentuk adaptasi spesies lamun.

Pertumbuhan

Pertumbuhan lamun *Cymodocea rotundata* yang diamati berdasarkan penambahan total panjang daun dan penambahan berat kering total daun pada setiap tegakan per hari ditampilkan pada Tabel 6. Nilai rata-rata pertumbuhan panjang daun dan berat kering daun lamun *C. rotundata* di zona intertidal bagian atas lebih besar dibandingkan pada kedua zona lainnya, namun setelah diuji secara statistik, nilainya tidak berbeda dengan kedua zona intertidal lainnya.

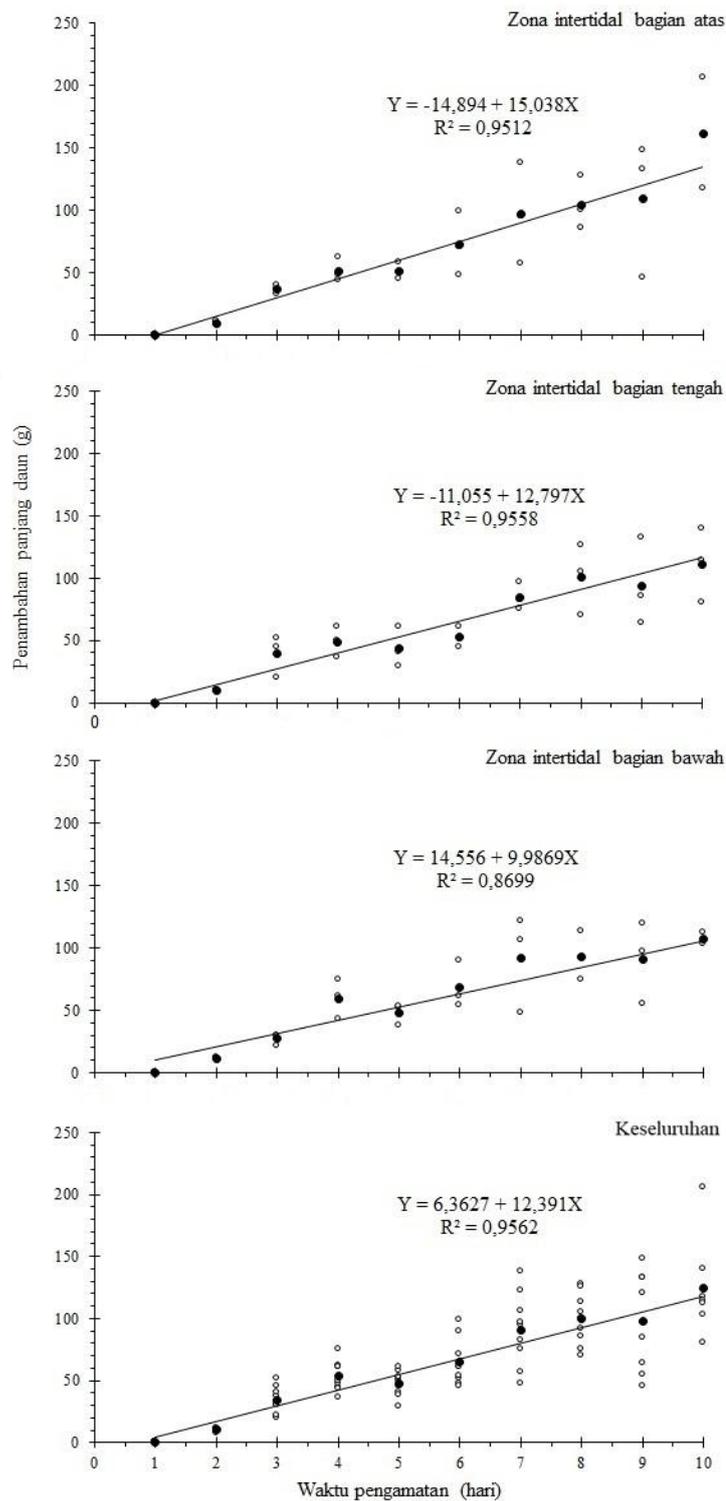
Pada skala spasial yang lebih luas, pertumbuhan lamun *C. rotundata* yang tergambar melalui penambahan panjang dan berat daun secara harian menunjukkan adanya variasi. Sebagai contoh, penambahan berat daun di lokasi ini (0,003 g per hari) lebih besar dibandingkan pada lokasi di Pulau Green, Queensland Australia, yaitu 0,0013 g per hari (Collier & Waycott, 2014). Demikian juga, pertumbuhan panjang daun yang lebih cepat di lokasi ini (13,8 mm per tegakan per hari) dibandingkan spesies yang sama di lokasi Teluk Awur Jepara (1,86-2,61 mm per hari) (Riniatsih & Endrawati, 2013).

Tabel 6. Pertumbuhan harian daun per tegakan *C. rotundata* di pantai Yankarwar, Manokwari

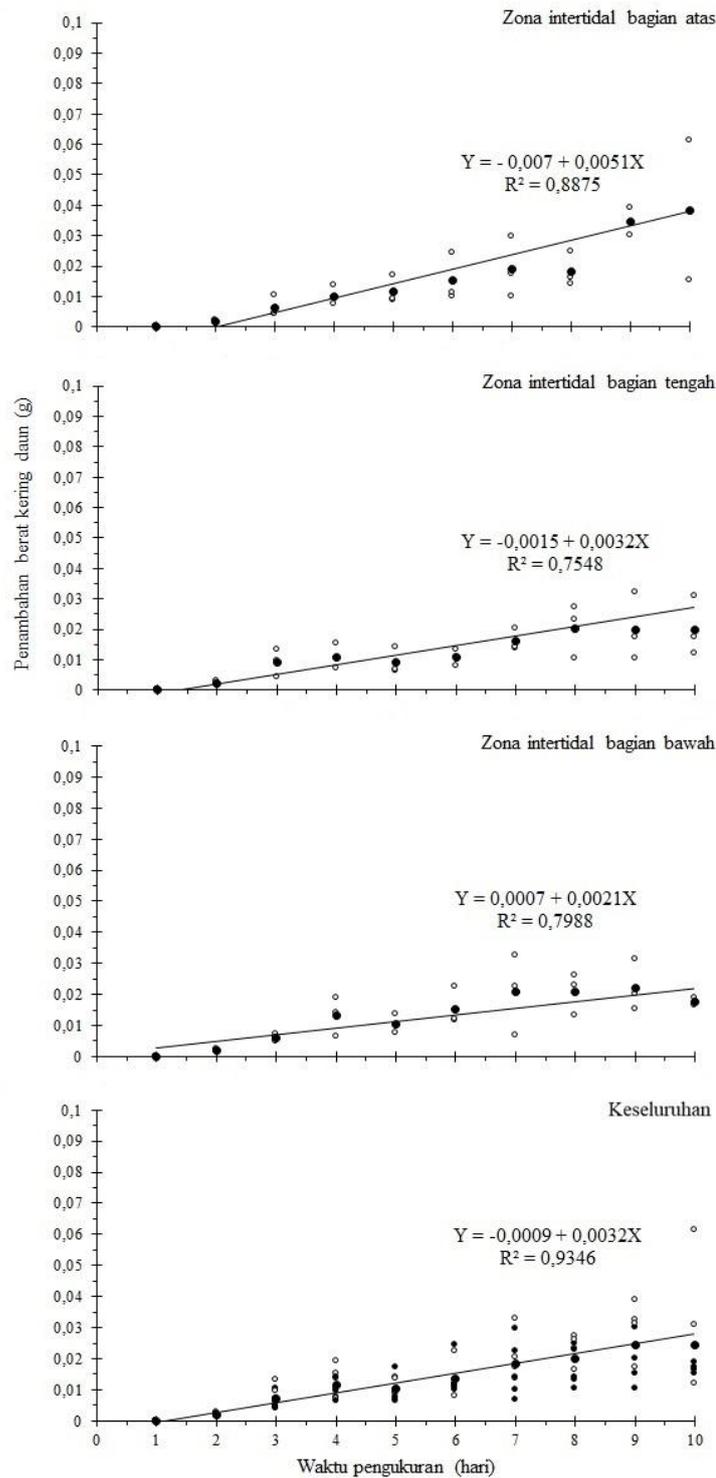
Karakter Pertumbuhan	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah	Keseluruhan
Penambahan panjang daun per tegakan per hari (mm tegakan.hari ⁻¹)	14,8±4,4 ^a (5,8-23,0)	13,4±4,4 ^a (7,3-26,0)	13,3±4,1 ^a (6,9-25,0)	13,8±4,3 (5,8-26,0)
Penambahan berat kering daun per tegakan per hari (g tegakan hari ⁻¹)	0,0033±0,0016 ^a (0,0016-0,0074)	0,0029±0,0014 ^a (0,0013-0,0067)	0,0028±0,0012 ^a (0,0012-0,0063)	0,0030±0,0014 (0,0012-0,0074)

Dalam periode pengukuran selama 10 hari, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pertumbuhan panjang daun dalam setiap tegakan pada ketiga zona intertidal dan secara keseluruhan di Pantai Yankarwar (Gambar 3). Kondisi yang sama juga ditunjukkan oleh tingkat pertumbuhan berat kering daun per tegakan (Gambar 4).

Berdasarkan hasil uji nilai b (kemiringan), menunjukkan bahwa tegakan spesies lamun *C. rotundata* memiliki pertumbuhan daun yang lebih cepat pada zona intertidal bagian atas dan bagian tengah, dibandingkan pada tegakan lamun spesies yang sama pada zona intertidal bagian bawah (Tabel 7).



Gambar 3. Hubungan di antara tingkat pertambahan panjang daun dalam setiap tegakan per hari pada ketiga zona intertidal dan keseluruhan di Pantai Yankarwar. Keterangan: lingkaran putih kecil mewakili tingkat pertambahan dalam tiga ulangan dan lingkaran hitam besar menunjukkan tingkat pertambahan rata-rata.



Gambar 4. Hubungan di antara tingkat pertambahan berat kering daun dalam setiap tegakan per hari pada ketiga zona intertidal dan keseluruhan di Pantai Yankarwar. Keterangan: lingkaran putih kecil mewakili tingkat pertambahan dalam tiga ulangan dan lingkaran hitam besar menunjukkan tingkat pertambahan rata-rata.

Tabel 7. Hasil uji t terhadap kemiringan garis (nilai b) di antara ketiga zona intertidal

Karakter Pertumbuhan	Zona intertidal bagian atas	Zona intertidal bagian tengah	Zona intertidal bagian bawah
Pertambahan panjang daun per tegakan	15,038 ^b	12,797 ^a	9,9869 ^a
Pertambahan berat kering daun per tegakan	0,0051 ^b	0,0032 ^{a,b}	0,0021 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara zona intertidal

Pertumbuhan yang lebih cepat pada zona intertidal di bagian atas dan tengah juga telah dilaporkan oleh Kim *et al.* (2016) pada spesies lamun *Zostera japonica*. Pertumbuhan yang cepat pada zona intertidal bagian atas dan tengah, sangat berkaitan dengan kemampuan adaptasi dan kondisi lingkungan yang mendukung. Kondisi dinamika hidrologi yang relatif lebih kecil dibandingkan pada zona intertidal bagian bawah, serta kondisi tipe sedimen halus yang mengandung lebih banyak bahan organik, sehingga memberikan kontribusi nutrisi untuk pertumbuhan lamun ini.

PENUTUP

Kesimpulan

Kondisi parameter fisika-kimia perairan pada ketiga zona intertidal relatif sama dan masih sesuai untuk pertumbuhan *C. rotundata*. Tipe substrat pada ketiga zona intertidal bervariasi, pada zona bagian atas didominasi fraksi lempung & liat, pada zona bagian tengah didominasi fraksi pasir, dan zona bagian bawah didominasi oleh fraksi kerikil. Kepadatan tegakan lamun yang lebih tinggi, ukuran lebar daun dan panjang internode rimpang horizontal yang lebih besar, serta pertumbuhan daun juga lebih cepat pada zona intertidal bagian atas dan tengah.

Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan dan kemampuan *C. rotundata* menempati perairan intertidal di zona bagian atas. Informasi ini penting dalam pemilihan spesies dan tipe habitat dalam proses rehabilitasi ekosistem lamun yang berada di zona intertidal dan juga perlindungan garis pantai dari erosi. Namun demikian, masih perlu adanya penelitian mengenai preferensi tipe substrat dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan spesies lamun ini. Selain itu, efek dari kondisi kekeringan terhadap proses fotosintesis pada spesies lamun ini perlu diteliti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Rinjas Kapisa yang telah membantu dalam pengumpulan sampel lamun. Terima kasih juga disampaikan kepada Staf Laboratorium Sumberdaya Akuatik, FPIK UNIPA yang telah membantu menyiapkan sarana dan prasarana ketika melakukan analisis sampel lamun di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agawin, N. S. R. & C. M. Duarte. 2002. Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. *Estuaries*. 25: 1205–1209. DOI: 10.1007/BF02692217.
- Aji, L. P. & A. Widyastuti. 2020. The condition and composition of seagrass and mollusca on Biak Island, Papua. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 404: 012069. DOI: 10.1088/1755-1315/404/1/012069.
- Aoki, L. R., K. J. McGlathery & M. P. J. Oreska. 2020. Seagrass restoration reestablishes the coastal nitrogen filter through enhanced burial. *Limnology and Oceanography*. 65(1): 1–12. DOI: 10.1002/lno.11241.
- Balestri, E., D. de Battisti, F. Vallerini & C. Lardicci. 2015. First evidence of root morphological and architectural variations in young *Posidonia oceanica* plants colonizing different substrate typologies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 154: 205–213. DOI: 10.1016/j.ecss.2015.01.002.
- Björk, M., J. Uku, A. Weil & S. Beer. 1999. Photosynthetic tolerances to desiccation of tropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 191: 121–126. DOI: 10.3354/meps191121.
- Boese, B. L., K. E. Alayan, E. F. Gooch & B. D. Robbins. 2003. Desiccation index: a measure of damage caused by adverse aerial exposure on intertidal eelgrass (*Zostera marina*) in an Oregon (USA) estuary. *Aquatic Botany*. 76(4): 329–337. DOI: 10.1016/S0304-3770(03)00068-8.
- Bos, A. R., T. J. Bouma, G. L. J. de Kort & M. M. van Katwijk. 2007. Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 74(1–2): 344–348. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.04.006.
- Brouns, J. J. W. M. 1987. Growth patterns of some Indo West-Pacific seagrasses. *Aquatic Botany*. 28(1): 39–61. DOI: 10.1016/0304-3770(87)90055-6.
- Cabaço, S., R. Machás & R. Santos. 2009. Individual and population plasticity of the seagrass *Zostera noltii* along a vertical intertidal gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 82(2): 301–308. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.01.020.
- Cabaço, S., Ó. Ferreira & R. Santos. 2010. Population dynamics of the seagrass *Cymodocea nodosa* in Ria Formosa lagoon following inlet artificial relocation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 87(4): 510–516. DOI: 10.1016/j.ecss.2010.02.002.
- Collier, C. J. & M. Waycott. 2014. Temperature extremes reduce seagrass growth and induce mortality. *Marine Pollution Bulletin*. 83: 483–490. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.03.050.
- Cox, G. W. 2002. General ecology laboratory manual. 4th edition. McGraw-Hill Higher Education. New York.
- Cullen-Unsworth, L. C., L. M. Nordlund, J. Paddock, S. Baker, L. J. McKenzie & R. K. F. Unsworth. 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social–ecological system: implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*. 83(2): 387–397. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.06.001.
- de Boer, W. F. 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds: a review. *Hydrobiologia*, 591: 5–24. DOI: 10.1007/s10750-007-0780-9.

- de Groot, R. S., M. A. Wilson & R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economic*. 41, 393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
- Duarte, C. M. & Y. T. Prairie. 2005. Prevalence of heterotrophy and atmospheric CO₂ emissions from aquatic ecosystems. *Ecosystems*. 8: 862–870. DOI: 10.1007/s10021-005-0177-4.
- Hansen, J. C. R. & M. A. Reidenbach. 2012. Wave and tidally driven flows in eelgrass beds and their effect on sediment suspension. *Marine Ecology Progress Series*. 448: 271–287. DOI: 10.3354/meps09225.
- Hejnowicz, A. P., H. Kennedy, M. A. Rudd & M. R. Huxham. 2015. Harnessing the climate mitigation, conservation and poverty alleviation potential of seagrasses: prospects for developing blue carbon initiatives and payment for ecosystem service programmes. *Frontier in Marine Science*. 2: 32. DOI: 10.3389/fmars.2015.00032.
- Hemminga, M. A. & C. M. Duarte. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press. Australia.
- Hendriks, I. E., T. Sintes, T. J. Bouma & C. M. Duarte. 2008. Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*. 356: 163–173. DOI: 10.3354/meps07316.
- Hossain, M. B., D. J. Marshall & S. Venkatramanan. 2014. Sediment granulometry and organic matter content in the intertidal zone of the Sungai Brunai estuarine system, northwest coast Borneo. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 9(2): 231–239.
- Kim, J.-H., S. H. Kim, Y. K. Kim, J.-I. Park & K.-S. Lee. 2016. Growth dynamics of the seagrass *Zostera japonica* at its upper and lower distributional limits in the intertidal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 175: 1–9. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.03.023.
- Kiswara, W. 1999. Struktur komunitas padang lamun di perairan Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Kelautan Regional Sumatera Kedua, Padang*. pp. 154–166.
- Koch, E. W. 2001. Beyond light: physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries*. 24: 1–17. DOI: 10.2307/1352808.
- Lefaan, P. T. 2008. Kajian komunitas lamun di perairan peisir Manokwari. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 81 hlm.
- Lefaan, P. T. 2011. Zonasi dan adaptasi morfologi lamun di perairan pesisir Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 7(2): 119–130.
- Lefaan, P. T., D. Setiadi & D. Djokosetiyanto. 2013. Struktur komunitas lamun di perairan pesisir Manokwari. *Maspuri Journal*. 5(2): 69–81.
- Manangkalangi, E., L. Sembel, S. Tebaiy, A. Manuputty, M. R. Rumayomi, P. Musyeri, D. Sawaki, D. Orissu, A. W. Manumpil & Y. Kaber. 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*. 23(10): 5165–5174. DOI: DOI10.13057/biodiv/d231024.

- Manning, A. J., W. J. Langston & P. J. C. Jonas. 2010. A review of sediment dynamics in the Severn Estuary: influence of flocculation. *Marine Pollution Bulletin*. 61(1-3), 37–51. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.12.012.
- Nordlund, L. M., E. W. Koch, E. B. Barbier & J. C. Creed. 2016. Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE*. (12(1): e0169942. DOI:10.1371/journal.pone.0163091.
- Philips, C. R. & E. G. Meñez. 1988. *Seagrass*. Smithsonian Institutions Press. Washington D.C. 104 p.
- Ralston, D. K., W. R. Geyer, P. A. Traykovski & N. J. Nidzieko. 2013. Effects of estuarine and fluvial processes on sediment transport over deltaic tidal flats. *Continental Shelf Research*. 60: S40–S57. DOI: 10.1016/j.csr.2012.02.004.
- Ramili, Y., D. G. Bengen, H. H. Madduppa & M. Kawaroe. 2018. Morphometric characteristics of two seagrass species (*Enhalus acoroides* and *Cymodocea rotundata*) in four small islands in North Maluku, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(6): 2035–2043. DOI: 10.13057/biodiv/d190608.
- Riniatsih, I. 2016. Distribusi jenis lamun dihubungkan dengan sebaran nutrisi perairan di padang lamun Teluk Awur Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 19(2): 101–107. DOI: 10.14710/jkt.v19i2.824.
- Riniatsih, I. & H. Endrawati. 2013. Pertumbuhan lamun hasil transplantasi jenis *Cymodocea rotundata* di padang lamun Teluk Awur Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*. 2(1): 34–40. DOI: 10.14710/buloma.v2i1.6924.
- Sembel, L., D. Setijawati, D. Yona & Y. Risjani. 2022. Spatio-temporal of heavy metal Pb (Lead) in seawater, sediment, and different organs of *Cymodocea rotundata* in Doreri Gulf, Manokwari, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(5): 2482–2492. DOI: 10.13057/biodiv/d230528.
- Sermatang, J. H. 2022. Morfometrik lamun *Cymodocea rotundata* di pesisir pantai Tanjung Tiram, Poka, Teluk Amnon Dalam. *Prosiding Seminar Nasional DPD Himpunan Alumni IPB Maluku, Ambon*. pp. 41–49.
- Short, F. T. & C. M. Duarte. 2001. Methods for the measurement of seagrass growth and production. *In*: Short, F. T., & Coles, R. G. (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. pp. 155–182.
- Swabra, L., P. T. Lefaan, F. R. D. N. Sianipar, A. C. Maturbongs, M. J. Sadsoeitoeboen, H. J. Budirianto & J. P. Kilmaskossu. 2022. Komunitas lamun di perairan Pantai Reff Teluk Saubeba Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA*. pp. 35–43.
- Tanaka, Y. & M. Nakaoka. 2004. Emergence stress and morphological constraints affect the species distribution and growth of subtropical intertidal seagrasses. *Marine Ecology Progress Series*. 284: 117–131. DOI: 10.3354/meps284117.
- Unsworth, R. K. F., L. M. Nordlund & L. C. Cullen-Unsworth. 2019. Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*. 12: e12566. DOI: 10.1111/conl.12566.
- van der Heide, T., T. J. Bouma, E. H. van Nes, J. van de Koppel, M. Scheffer, J. G. M. Roelofs, M. M. van Katwijk & A. J. P. Smolders. 2010. Spatial self-organized patterning in seagrasses along a depth gradient of an intertidal ecosystem. *Ecology*. 91(2): 362–369. DOI: 10.1890/08-1567.1.

- Widdows, J., N. D. Pope, M. D. Brinsley, H. Asmus & R. M. Asmus. 2008. Effects of seagrass beds (*Zostera noltii* and *Z. marina*) on near-bed hydrodynamics and sediment resuspension. Marine Ecology Progress Series. 358: 125–136. DOI: 10.3354/meps07338.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey.