

Community Structure and Dispersion Patterns of Macrophytes and Macrozoobenthos in the Intertidal Ecosystem of the Eastern Pananjung Nature Reserve

Muhamad Agung Triyudha Agustiana^{1*}, Nadya Aulia Safira¹, Najmy Svahira Noor¹,
Muhammad Noor Fitriansyah¹

¹Departemen Biologi, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia;

Article History

Received : December 10th, 2025

Revised : December 20th, 2025

Accepted : December 31th, 2025

*Corresponding Author:

Muhamad Agung Triyudha Agustiana, Departemen Biologi,
Universitas Padjadjaran,
Sumedang, Indonesia;
Email:

agung.agustiana@unpad.ac.id

Abstract: The intertidal ecosystem of the Pananjung Nature Reserve plays a vital role yet remains vulnerable to environmental pressures and anthropogenic activities. This study aims to analyze the community structure and distribution patterns of macrophytes, as well as their association with macrozoobenthos, on the eastern side of the Pananjung Nature Reserve. The research was conducted using a purposive sampling method employing line transects and quadrat plots. Inventory results recorded low macrophyte diversity (6 species), significantly dominated by the seagrass *Enhalus acoroides* and the macroalgae *Padina australis*. Conversely, the macrozoobenthos community exhibited high diversity with 26 species identified, wherein *Charonia tritonis* (Gastropoda) was the most dominant species. Distribution pattern analysis indicated that the majority of macrophytes were clumped, except for *E. acoroides*, which exhibited a uniform distribution pattern. This study concludes that *E. acoroides* functions as an ecosystem engineer; although the vegetation habitat is classified as simple (Margalef Index 0.53), the morphology and distributional stability of this species create complex microhabitats that support high macrozoobenthos diversity (Margalef Index 5.34). These findings emphasize the urgency of protecting key vegetation species to maintain the trophic balance of coastal ecosystems.

Keywords: *Enhalus acoroides*; *Ecosystem engineer*; Macrophytes; Macrozoobenthos, Pananjung Nature Reserve.

Pendahuluan

Ekosistem intertidal adalah suatu zona transisi yang terbentuk di antara lingkungan daratan dan perairan. Keberadaannya secara dominan dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut, suhu ekstrem, salinitas, dan periode paparan udara (Ghatpande, 2025). Meskipun menjadi habitat yang esensial bagi beragam biota akuatik, ekosistem ini sangat rentan terhadap tekanan yang berasal dari aktivitas manusia (Bijleveld et al., 2025). Tekanan antropogenik yang berkelanjutan ini seringkali mengakibatkan penurunan fungsi layanan ekosistem alami (Zheng & Jia, 2025). Secara global, area intertidal telah diidentifikasi

sebagai salah satu ekosistem pesisir yang paling berisiko mengalami dampak buruk dari perubahan iklim yang diperburuk oleh pembangunan yang tidak strategis (He & Silliman, 2019).

Makrohidrofit memainkan peran penting sebagai produsen primer utama dalam ekosistem intertidal. Kelompok biota ini berkontribusi signifikan pada fiksasi karbon dan siklus nutrisi di perairan (Gilson et al., 2023). Morfologi makrohidrofit yang kompleks berfungsi menciptakan mikrohabitat (Burns, Twist & Martone, 2025). Fitur tersebut menyediakan layanan ekosistem vital berupa zona perlindungan dan area asuhan bagi biota lainnya. Sementara itu, makrozoobenthos

Kawasan Cagar Alam Pananjung memiliki luasan laut yang sangat terkait dengan kualitas kesehatan ekosistem intertidal di dalamnya (Susanto, Faida & Sunarto, 2019). Tingginya intensitas aktivitas wisata dan pesisir setempat menjadikan kesehatan ekosistem intertidal di Pananjung sangat rentan. Untuk memantau kondisi kesehatan ekosistem, analisis pola dispersi dari makrohidrofita dan makrozoobenthos dapat memberikan wawasan mengenai strategi bertahan hidup biota (Boutoumit et al., 2021). Penelitian ini juga memberikan gambaran bagaimana kedua biota ini memanfaatkan sumber daya di ekosistem tersebut. Meskipun demikian, studi di area Cagar Alam Pananjung masih terbatas pada inventarisasi keanekaragaman (Indra, Sahidin & Andriani, 2019). Belum ada pembahasan terperinci mengenai interaksi atau pola dispersi makrozoobenthos dan makrohidrofita di kawasan ini.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada bulan

Pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan meletakkan transek garis dengan plot kuadrat berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$. Jumlah transek garis sebanyak 8 yang diletakkan setiap 80 m. Metode plot kuadrat digunakan untuk mendapatkan sampel pada suatu petak contoh yang dimana kombinasi transek garis dan plot umum digunakan di area intertidal (Mulyati et al., 2025). Sampel makrohirofita diamati dengan mencatat nilai presentasi tutupan masing-masing spesies dan jumlah individu/ m^2 . Untuk sampel makrozoobenthos dicatat kepadatan individu/ m^2 . Faktor lingkungan yang diamati terdiri dari *Dissolved Oxygen* (DO), Suhu, Kedalaman dan pH.

Analisis struktur komunitas dari makrohidrofita dan makrozoobenthos dilakukan dengan mengkuantifikasi skor Indeks Nilai Penting dengan melakukan perhitungan Kerapatan Relatif (KR), Frenkuensi Relatif (FR) dan Dominansi Relatif (DR). Sebagai catatan makrozoobenthos tidak melewati perhitungan Kerapatan Realtif dikarenakan data yang terkait pada biota ini yang terbatas pada jumlah individu per meter persegi. Adapun rumusnya mengikuti (Rawana, Wijayani & Masrur, 2023) sebagai

berikut:

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Total Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Total frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi Relatif (FR)} = \frac{\text{Jumlah dominansi suatu jenis}}{\text{Total dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Pola Dispersi (Indeks Morisita)

Pola dispersi dapat dikuantifikasikan dengan melakukan perhitungan indeks morisita (I_d) yang dapat menentukan pola penyebaran dari suatu spesies yang dihitung dengan rumus:

$$I_d = n \frac{\sum x_i^2 - N}{N(N-1)}$$

Keterangan :

n : Jumlah plot

N : Jumlah total individu yang terhitung dalam semua plot

$\sum x_i^2$: Jumlah nilai kuadrat individu per plot

Nilai indeks morisita dikategorikan sebagai berikut :

$I_d < 1$, pola sebaran acak

$I_d = 1$, pola sebaran merata

$I_d > 1$, pola sebaran mengelompok

Kekayaan Jenis (Indeks Margalef)

Indeks kekayaan jenis dikuantifikasikan dengan melakukan perhitungan indeks margalef (D_{Mg}) yang menunjukkan struktur dan kestabilan ekosistem. Indeks dihitung menggunakan rumus berikut (Anjani, Umam & Anhar, 2022):

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dimana :

N : Total individu dari seluruh spesies yang tercatat

S : Banyaknya spesies

Nilai indeks margalef dikategorikan sebagai berikut :

$D_{Mg} < 3.5$, kekayaan jenis rendah

$3.5 < D_{Mg} < 5$, kekayaan jenis sedang

$D_{Mg} > 5$, kekayaan jenis tinggi

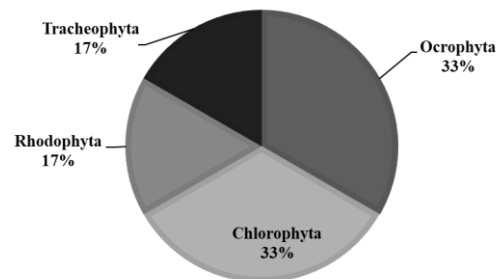
Hasil dan Pembahasan

Kondisi Lingkungan dan Komposisi Makrohidrofita dan Makrozoobenthos Ekosistem Intertidal Cagar Alam Pananjung

Penelitian ini telah ditemukan 6 spesies makrohidrofita (Tabel 1) yang didominasi dari filum Ocrophyta dan Chlorophyta (Gambar 2). Tutupan makrohidrofita pada ekosistem intertidal Cagar Alam Pananjung berada di angka 75% yang didominasi oleh tutupan dari spesies *Enhalus acoroides* dengan tutupan 62% yang ditemukan pada 6 dari 8 transek yang telah disebar pada areal penelitian.

Tabel 1. Spesies makrohidrofita Cagar Alam Pananjung Pangandaran

Spesies	Kelas	Family
<i>Gracilaria salicornia</i>	Florideophyceae	Gracilariaceae
<i>Halimeda opuntia</i>		Halimedaceae
<i>Caulerpa serrulata</i>		Caulerpanceae
<i>Padina australis</i>	Ulvophyceae	Dictyotaceae
<i>Sargassum granuliferum</i>	Phaeophyceae	Sargassaceae
<i>Enhalus acoroides</i>		Hydrocharitaceae



Gambar 2. Komposisi filum makrohidrofita

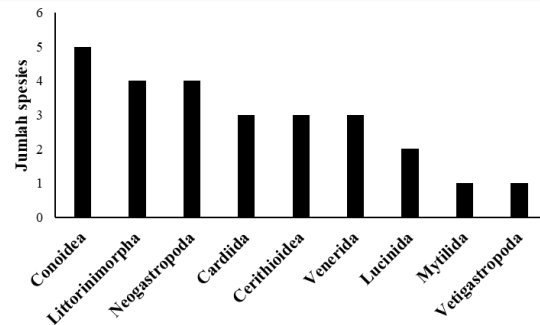
Spesies makrozoobenthos yang ditemukan pada penelitian ini terdiri dari subfilum gastropoda dan bivalvia dimana total spesies yang ditemukan adalah sejumlah 26 spesies (Tabel 2). Kepadatan rata-rata pada wilayah intertidal Cagar Alam Pananjung berada di nilai 13.75 ind/m² dengan spesies *Charonia tritonis* sebagai spesies dengan kepadatan tertinggi. Ordo Neogastropoda mendominasi dengan jumlah spesiesnya sebanyak 7 spesies (Gambar 3). Parameter lingkungan yang diuji di Ekosistem Intertidal Cagar Alam Pananjung tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan parameter perairan dimana hasil pengukuran parameter lingkungan menunjukkan kondisi perairan yang relatif mendukung, di mana Oksigen Terlarut (DO) yang

mengindikasikan ketersediaan oksigen yang memadai untuk kehidupan biota akuatik di area intertidal tersebut. Nilai pH perairan tergolong netral cenderung sedikit basa dan masih berada dalam kisaran toleransi yang baik bagi organisme penghuni ekosistem. Sementara itu, suhu perairan yang terukur sebesar sebagai karakteristik suhu perairan tropis yang mempengaruhi proses biokimia dan metabolisme biota. Terakhir, kedalaman perairan yang sesuai dengan lingkungan intertidal yang dangkal dan dipengaruhi oleh siklus pasang surut.

Tabel 2. Spesies makrozoobenthos Cagar Alam Pananjung Pangandaran

Spesies	Ordo	Family
<i>Acrosterigma magnum</i>		
<i>Dinocardium robustum</i>	Cardiida	Cardiidae
<i>Vasticardium elongatum</i>		
<i>Cerithium vulgatum</i>		
<i>Rhinoclavis diadema</i>	Cerithioidea	Cerithiidae
<i>Batillaria attramentaria</i>		Batillariidae
<i>Conus marmoreus</i>		
<i>Conus textile</i>		
<i>Conus miliaris</i>	Conoidea	Conidae
<i>Conus tessulatus</i>		
<i>Conus miles</i>		
<i>Charonia tritonis</i>		Charoniidae
<i>Canarium mutabile</i>	Littorinimorpha	Strombidae
<i>Strombus thersites</i>		
<i>Cypraea annulus</i>		Cypraeidae
<i>Codakia punctata</i>	Lucinida	Lucinidae
<i>Codakia tigerina</i>		
<i>Modiolus auriculatus</i>	Mytilida	Mytilidae
<i>Tritia reticulata</i>		
<i>Nassarius spp.</i>		Nassariidae
<i>Morula granulata</i>	Neogastropoda	Muricidae
<i>Oliva caerulea</i>		Olividae
<i>Donax faba</i>		Donacidae
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Venerida	Veneridae
<i>Periglypta reticulata</i>		
<i>Trochus maculatus</i>	Vetigastropoda	Trochidae



Gambar 2. Komposisi ordo makrozoobenthos

Tabel 3. Parameter lingkungan pada penelitian

Parameter	Satuan	Nilai
DO	mg/L	7.3
pH	-	8
Suhu	°C	27.875
Kedalaman	cm	91.75

Struktur Komunitas Makrohidrofita

Kepadatan makrohidrofita yang ditemukan pada penelitian ini berada di angka 1.265 individu/m² yang mayoritasnya disumbang dari spesies *Enhalus acoroides* dan disusul oleh *Sargassum granuliferum*. Lewat analisis Indeks Nilai Penting memperlihatkan bahwasannya meskipun *Sargassum granuliferum* menempati posisi ke-2 dari segi kepadatan individu, spesies *Padina australis* menempati posisi ke-2 dari urutan Indeks Nilai Penting dibawah *Enhalus acoroides* (Tabel 4).

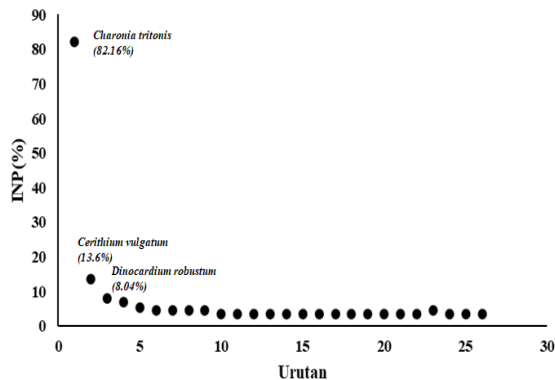
Tingginya nilai INP dari *Enhalus acoroides* menunjukkan bahwasannya spesies ini menutupi Sebagian besar area penelitian dan *Padina australis* yang meskipun dari segi tutupan tidak sebesar *Enhalus acoroides* namun spesies ini hamper selalu ditemukan pada plot kuadrat. Namun dari Indeks Kekayaan Jenis Margalef makrohidrofita di Cagar Alam Pananjung Pangandaran berada pada nilai yang sangat rendah yaitu $D_{Mg} = 0.54$.

Tabel 4. Indeks Nilai Penting Makrohidrofita

Spesies	INP (%)	Peringkat
<i>Enhalus acoroides</i>	181.49	1
<i>Padina australis</i>	62.69	2
<i>Sargassum granuliferum</i>	20.48	3
<i>Halimeda opuntia</i>	14.93	4
<i>Caulerpa serrulata</i>	5.64	5
<i>Gracilaria salicornia</i>	4.77	6

Struktur Komunitas Makrozoobenthos

Charonia tritonis menjadi spesies dengan nilai INP tertinggi dimana spesies ini menyumbangkan lebih dari separuh INP total dikarenakan spesies ini ditemukan di semua plot. Pada urutan selanjutnya diikuti *Cerithium vulgatum*, *Dinocardium robustum* dan 16 spesies lain dengan nilai INP yang rendah dikarenakan hanya ditemukan di 1-2 plot saja (Gambar 3).



Gambar 3. Indeks Nilai Penting dari Makrozoobenthos

Berkebalikan dengan makrohidrofita, makrozoobenthos memiliki indeks kekayaan jenis Margalef yang sangat tinggi yaitu di angka $D_{Mg} = 5.34$ yang didukung oleh berlimpahnya spesies yang ditemukan dan Jumlah individu pada setiap spesiesnya.

Pola Sebaran Makrohidrofita dan Makrozoobenthos

Seluruh spesies makrohidrofita menunjukkan pola sebaran mengelompok dengan nilai $I_d > 1$. Genus *Gracilaria* dan *Caulerpa* menunjukkan pengelompokan yang sangat kuat yang menunjukkan densitas tinggi pada suatu plot. Kemudian untuk spesies *Enhalus acoroides* memiliki pola sebaran terendah yang dinilai wajar dikarenakan spesies ini stabil ditemukan di hampir seluruh plot dibandingkan makroalga. Selaras dengan makrohidrofita, pola sebaran makrozoobenthos didominasi kategori mengelompok dengan spesies *Cerithium vulgatum* dan *Batullaria attamentaria* sebagai dua spesies dengan indeks morisita tertinggi dibanding spesies makrozoobenthos lainnya (Tabel 5).

Tabel 5. Pola sebaran pada makrohidrofita dan makrozoobenthos berdasarkan nilai Indeks Morisita

Spesies	Indeks Morisita (I_d)	Interpretasi ($I_d > 1$)
Makrohidrofita		
<i>Padina australis</i>	3.24	Mengelompok Kuat
<i>Halimeda opuntia</i>	3.49	Mengelompok Kuat
<i>Gracilaria salicornia</i>	8	Mengelompok Sangat Kuat
<i>Caulerpa serrulata</i>	8	Mengelompok Sangat Kuat
<i>Sargassum granulerum</i>	4.1	Mengelompok Kuat
<i>Enhalus acoroides</i>	1.61	Mengelompok (Cenderung Acak)
Makrozoobenthos		
<i>Cerithium vulgatum</i>	5.33	Mengelompok Kuat
<i>Charonia tritonis</i>	2.51	Mengelompok
<i>Batillaria attramentaria</i>	8	Mengelompok Sangat Kuat
<i>Dinocardium robustum</i>	2.67	Mengelompok
<i>Vasticardium elongatum</i>	4	Mengelompok
<i>Modiolus auriculatus</i>	4	Mengelompok
<i>Periglypta reticulata</i>	4	Mengelompok
<i>Conus tessulatus</i>	4	Mengelompok
<i>Tritia reticulata</i>	4	Mengelompok

Pembahasan

Keberadaan makrohidrofita dan makrozoobenthos menjadi salah satu aspek penting bagi kesehatan ekosistem intertidal, telah ditemukan sejumlah 6 spesies makrohidrofita di sisi timur Cagar Alam Pananjung Pangandaran yang terdiri

dari 5 spesies makroalga dan 1 spesies lamun. Jumlah ini terbilang rendah dibandingkan penelitian di sisi barat Cagar Alam Pananjung yang dilakukan oleh Irpan *et al.*, (2024) yang menemukan 21 spesies makroalga dan pada penelitian oleh Rossiana *et al.*, (2020) pada lokasi yang sama sebanyak 5 spesies makroalga. Rendahnya jumlah

spesies makrohidrofita di area penelitian diduga disebabkan oleh tingginya intensitas debur ombak yang menyebabkan tingginya kekeruhan yang menyebabkan gangguan terhadap makrohidrofita (Akasaka *et al.*, 2010; Agidie, Wondie & Beneberu, 2024).

Dilihat dari penyusun spesies, filum Ocrophyta dan Chlorophyta menjadi filum yang dominan. Telah banyak penelitian yang menunjukkan hasil yang sama utamanya yang dilakukan di area zona intertidal berbatu (Arianti *et al.*, 2024; Ganepola *et al.*, 2022; Pratama *et al.*, 2015). Pada area intertidal yang sebagian besar kaya akan cahaya menjadikan suatu habitat yang sesuai bagi keberadaan spesies seperti *Sargassum* dan *Ulva*. Diketahui spesies-spesies ini memiliki karakteristik yang tahan ombak dikarenakan kemampuannya yang kuat dalam melekat terhadap substrat yang keras dan memiliki pigmen yang efisien dalam memanfaatkan cahaya (Al *et al.*, 2020; Chaudhury, Sanghvi & Jain, 2018;).

Tingginya tutupan makrohidrofita yang didominasi oleh lamun *Enhalus acoroides* menjadikan area intertidal bagian timur Cagar Alam Pananjung bernilai secara ekologis karena dapat menjadi produsen primer dominan (Menge *et al.*, 2020). Kontribusi tinggi terhadap tutupan makrohidrofita disumbang oleh spesies *Enhalus acoroides* yang dimana spesies ini memiliki strategi reproduksi yang kuat dan tangguh pada area dengan tekanan antropogenik yang tinggi (Dierick *et al.*, 2021). Dari morfologinya spesies ini memiliki ukuran daun yang besar dan sistem perakaran yang kuat sehingga unggul dalam menyerap nutrisi dan sedimen (Tasabaramo, Kawaroe & Rappe, 2015).

Biota selanjutnya yaitu makrozoobenthos, jumlah spesies yang ditemukan pada penelitian ini tidak jauh berbeda dari jumlah makrozoobenthos yang ditemukan di muara sungai Cijulang sebanyak 27 spesies pada penelitian oleh Indra, Sahidin & Andriani (2019) dan lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditemukan oleh Nurfajrin and Rosada (2018) pada ekosistem Mangrove di Bulaksetra dan Batukaras yang hanya sebanyak 6 jenis spesies.

Littorinimorpha menjadi ordo makrozoobenthos dengan kepadatan yang tinggi dimana ordo memang diketahui berlimpah di area intertidal berbatu tropis dikarenakan tahan terhadap fluktuasi suhu, salinitas dan kekeringan sehingga mampu mendominasi. Umumnya spesies dari ordo ini berperan sebagai herbivor pada area hamparan

makroalga (Cornelius & Buschbaum, 2020; Rosenfeld *et al.*, 2022).

Enhalus acoroides dan *Padina australis* memiliki nilai INP yang tinggi dibandingkan spesies makrohidrofita lainnya yang menunjukkan tingginya peran spesies-spesies ini di dalam komunitas intertidal (Ihwani, Idrus & Mertha, 2023). Pada beberapa lokasi *Enhalus acoroides* menjadi spesies lamun yang dominan bersandingan dengan spesies *Thalassia hemprichii* (Tebaiy *et al.*, 2021). Sedangkan *Padina australis* memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi lingkungan sub-optimal (Aprilia *et al.*, 2023).

Makrohidrofita pada penelitian ini tergolong sebagai habitat yang sederhana dengan nilai indeks kekayaan jenis margalefnya yang hanya berada pada angka 0.53. Kondisi ini mencerminkan adanya degradasi pada kualitas lingkungan dan rendahnya konektivitas hidrologis dikarenakan luasan zona intertidal sisi timur Cagar Alam tergolong rendah (Bolpagni *et al.*, 2020). Kondisi ini memungkinkan adanya spesies yang mendominasi utamanya pada spesies yang memiliki kemampuan pemanfaatan cahaya yang tinggi dan tutupan tajuk yang lebar (Fares *et al.*, 2020).

INP yang tinggi pada makrozoobenthos didapuk oleh spesies *Charonia tritonis* diikuti oleh *Cerithium vulgatum* dan *Dinocardium robustum* yang dimana hal ini sejalan dengan studi di berbagai perairan Indonesia yang menunjukkan komunitas makrozoobenthos sering didominasi oleh gastropoda dan bivalvia (Aulia *et al.*, 2024; Hasibuan *et al.*, 2021). Sebagaimana yang telah dijelaskan, meskipun kekayaan jenis makrohidrofita terbilang rendah, namun dominansi *Enhalus acoroides* yang memiliki morfologi daun yang besar menjadikannya area berlindung bagi makrozoobenthos ditunjukkan dengan tingginya Indeks Kekayaan Jenis Margalef sebesar 5,34.

Pada aspek pola sebaran makrohidrofita di penelitian ini 5 dari 6 spesies pada kategori mengelompok kuat dan sangat kuat. Hanya *Enhalus acoroides* yang notabene sebagai lamun memiliki sebaran yang merata. Hal ini umum terjadi dikarenakan kemampuannya yang mampu menyebar secara stabil pada suatu area dan hal ini menunjukkan bahwasannya substrat di area penelitian mendukung keberadaannya (Moningka, Kasim & Nursinar, 2020). Meratanya persebaran tidak serta merta membuat persebaran makrozoobenthos di area ini menjadi merata pula, dikarenakan umumnya makrozoobenthos akan

mengelompok dan terkonsentrasi pada area dengan serasah, bahan organik yang tinggi (Bayudana et al., 2022).

Enhalus acoroides di area intertidal timur Cagar Alam Pananjung menjadi *ecosystem engineer* dengan persebarannya yang merata yang memungkinkan teregulasinya sifat fisik dan kimia perairan yang membuat makrozoobenthos bergantung pada struktur lamun yang ada (Artika et al., 2020). Pada penelitian Darma, vegetasi makrohidrofita yang homogen memungkinkan keberagaman makrozoobenthos. Fenomena ini menunjukkan bahwa satu jenis makrohidrofita dapat menopang fauna perairan dan menjadi penyedia habitat sekaligus sumber pakan yang menjaga keseimbangan zona intertidal (Angellica et al., 2024). Morfologi *Enhalus acoroides* dengan daun yang panjang dan lebar menghadirkan permukaan bagi habitat epifauna dan kanopinya memungkinkan terjadinya pengurangan kecepatan arus yang dapat memperkaya kekayaan jenis makroinvertebrata (Angellica et al., 2024; Wolters et al., 2017).

Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwasannya Ekosistem Intertidal bagian timur Cagar Alam Pananjung Pangandaran dicirikan oleh rendahnya kehati dari makrohidrofita dikarenakan tekanan fisik lingkungan. Namun kondisi tersebut tetap dapat menopang keanekaragaman fauna makrozoobenthos yang dipengaruhi oleh dominansi *Enhalus acoroides* dan makroalga *Padina australis* yang memiliki daya adaptasi yang tinggi. Secara khusus, *Enhalus acoroides* berperan krusial sebagai *ecosystem engineer* dimana meskipun habitat vegetasi sederhana namun morfologi dan pola sebaran merata dari spesies ini mampu menciptakan struktur habitat yang stabil bagi diversitas makrozoobenthos di kawasan ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

Agidie, A., Wondie, A., & Beneberu, G. (2024).

Wetland disturbance level and macrophyte composition in natural wetlands and paddy fields in the eastern part of Lake Tana, Ethiopia. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40701>

Akasaka, M., Takamura, N., Mitsushashi, H., & Kadono, Y. (2010). Effects of land use on aquatic macrophyte diversity and water quality of ponds. *Freshwater Biology*, 55, 909–922. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02334.x>

Al, M., Akhtar, A., Rahman, M. F., Kamal, A., Karim, N., & Hassan, M. L. (2020). Habitat structure and diversity patterns of seaweeds in the coastal waters of Saint Martin's Island, Bay of Bengal, Bangladesh. *Regional Studies in Marine Science*, 33, 100959. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100959>

Angellica, A., Septiya, C. A., Klarisa, F. T., Mulyaningsih, L., Reza, M. H., Safinatunnaja, N., Nuraulia, R., Putri, V. K., Agustina, A. D., Rasyid, F. M., Razan, H. F., & Kelana, S. A. (2024). Interspecific Association Of Seagrass *Enhalus Acoroides* With Macrozoobenthos In Seagrass Meadow Ecosystems In The Eastern Part Of Pramuka Island. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. <https://doi.org/10.21107/jk.v17i2.25096>

Anjani, W., Umam, A. H., & Anhar, A. (2022). Keanekaragaman Kemerataan dan Kekayaan Vegetasi Hutan pada Tahura Lae Kombih Kota Subulussalam. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 770–778. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.20136>

Aprilia, D. H., Santanumurti, M. B., T. Jamal, M., Dewi Masithah, E., & Suciyo, S. (2023). Diversity, Abundance, and Distribution of Macroalgae in Coastal Ecotourism Areas — A Case Study at Baluran National Park, Situbondo, Indonesia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(1), 197–212. <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.1.11>

Arianti, A., Pazila, B. D. A. P., Ramdhiani, A., Kurniawan, A., Kholidah, B. M., Royani, B. N., Pratiwi, B. D. S., Candri, D., &

- Ghazali, M. (2024). Diversity of Macroalgae in Sire Beach, North Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8140>
- Artika, S., Ambo-Rappe, R., Teichberg, M., Moreira-Saporiti, A., & Viana, I. (2020). *Morphological and Physiological Responses of Enhalus acoroides Seedlings Under Varying Temperature and Nutrient Treatment*. 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00325>
- Aulia, E. D., Park, J., Lee, S.-K., & Khim, J. (2024). Revealing macrozoobenthos diversity of Java coral reefs, Indonesia: a review on research trends and species assemblages. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.13879> 84
- Bayudana, B. C., Riyantini, I., Sunarto, S., & Zallesa, S. (2022). Asosiasi dan Korelasi Makrozoobentos dengan Kondisi Ekosistem Mangrove di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Buletin Oseanografi Marina*. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i3.40786>
- Bijleveld, A., De La Barra, P., Danielson-Owczynsky, H., Brunner, L., Dekinga, A., Holthuijsen, S., Horn, J. Ten, De Jong, A., Schaars, L. K., Kooij, A., Koolhaas, A., Kressin, H., Van Leersum, F., Miguel, S., De Monte, L., Mosk, D., Niamir, A., Luttikhuis, D. O., Peck, M., ... Bom, R. (2025). SIBES: Long-term and large-scale monitoring of intertidal macrozoobenthos and sediment in the Dutch Wadden Sea. *Scientific Data*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04540-9>
- Bolpagni, R., Laini, A., Buldrini, F., Ziccardi, G., Soana, E., Pezzi, G., Chiarucci, A., Lipreti, E., Armiraglio, S., & Nascimbene, J. (2020). Habitat morphology and connectivity better predict hydrophyte and wetland plant richness than land-use intensity in overexploited watersheds: evidence from the Po plain (northern Italy). *Landscape Ecology*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01060-2>
- Boutoumit, S., Bououarour, O., Kamcha, R. El, Pouzet, P., Zourarah, B., Benhoussa, A., Maanan, M., & Bazairi, H. (2021). Spatial Patterns of Macrozoobenthos Assemblages in a Sentinel Coastal Lagoon: Biodiversity and Environmental Drivers. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 461. <https://doi.org/10.3390/jmse9050461>
- Burns, R., Twist, B., & Martone, P. (2025). Recruitment of intertidal kelps *Hedophyllum sessile* and *Alaria marginata* (Laminariales) to articulated and crustose coralline algal species. *Journal of Phycology*, 61, 699–707. <https://doi.org/10.1111/jpy.70024>
- Chaudhury, N., Sanghvi, D., & Jain, B. (2018). Macroalgae Species as Zonal Indicators of Coral Reef: A Case Study from Bet Shankhodhar Reef, India. *Wetlands Management - Assessing Risk and Sustainable Solutions*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81640>
- Cornelius, A., & Buschbaum, C. (2020). Introduced marine ecosystem engineers change native biotic habitats but not necessarily associated species interactions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106936>
- Dewenter, J., Yong, J., Schupp, P., Löhms, K., Kröncke, I., Moorthi, S., Pieck, D., Kuczynski, L., & Rohde, S. (2023). Abundance, biomass and species richness of macrozoobenthos along an intertidal elevation gradient. *Ecology and Evolution*, 13. <https://doi.org/10.1002/ece3.10815>
- Dierick, J., Phan, T., Luong, Q., & Triest, L. (2021). Persistent Clones and Local Seed Recruitment Contribute to the Resilience of *Enhalus acoroides* Populations Under Disturbance. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.658213>
- Fares, A., Calvão, L., Torres, N., Gurgel, E., & Michelin, T. (2020). Environmental factors affect macrophyte diversity on Amazonian aquatic ecosystems inserted in an anthropogenic landscape. *Ecological Indicators*, 113, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106231>
- Francescangeli, F., Francescangeli, F., Quijada, M., Châtelet, E., Frontalini, F., Trentesaux,

- A., Billon, G., & Bouchet, V. (2020). Multidisciplinary study to monitor consequences of pollution on intertidal benthic ecosystems (Hauts de France, English Channel, France): Comparison with natural areas. *Marine Environmental Research*, 160, 105034. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105034>
- G.A.P.R., G., K.R.V., B., & P.M., M. (2022). Diversity and Distribution of Marine Macro Algae at Dickwella, Bathigama Algal Bed in Southern Sri Lanka. *Proceedings of International Forestry and Environment Symposium*. <https://doi.org/10.31357/fesympo.v26.5787>
- Ghatpande, A. (2025). Tide Patterns and Bioforms of the Intertidal Zone: An In-depth Overview. *International Journal on Science and Technology*. <https://doi.org/10.71097/ijst.v16.i1.1472>
- Gilson, A., White, L., Burrows, M., Smale, D., & O'Connor, N. (2023). Seasonal and spatial variability in rates of primary production and detritus release by intertidal stands of *Laminaria digitata* and *Saccharina latissima* on wave-exposed shores in the northeast Atlantic. *Ecology and Evolution*, 13. <https://doi.org/10.1002/ece3.10146>
- Gräfnings, M., Govers, L., Heusinkveld, J., Silliman, B., Smeele, Q., Valdez, S., & Van Der Heide, T. (2023). Macrozoobenthos as an indicator of habitat suitability for intertidal seagrass. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109948>
- Hasibuan, I. M., Amelia, R., Bimantara, Y., Susetya, I., Susilowati, A., & Basyuni, M. (2021). Vegetation and macrozoobenthos diversity in the Percut Sei Tuan mangrove forest, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221245>
- He, Q., & Silliman, B. (2019). Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene. *Current Biology*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.042>
- Ihwani, S., Idrus, A., & Mertha, I. (2023). Conditions of Seagrass Ecosystems in Gili Sulat Waters, Sambelia District, East Lombok Regency in 2022. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4785>
- Indra, I., Sahidin, A., & Andriani, Z. D. Y. (2019). Macrozoobenthos Community Structure in Cijulang River Pangandaran District, West Java Province, Indonesia. 128, 182–196. <https://worldscientificnews.com/macrozoobenthos-community-structure-in-cijulang-river-pangandaran-district-west-java-province-indonesia/>
- Irpan, A. M., Kurniasih, S., Sutjihati, S., Lathifah, S., Anugrah, R., Aqila, S., & Alfieansyah, M. (2024). Analysis of Macroalgae Diversity in the West Coastal of Pananjung Beach, Pangandaran. *KnE Life Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kl.v8i1.15502>
- Menge, B., Close, S., Hacker, S., Nielsen, K., & Chan, F. (2020). Biogeography of macrophyte productivity: Effects of oceanic and climatic regimes across spatiotemporal scales. *Limnology and Oceanography*, 66. <https://doi.org/10.1002/lno.11635>
- Moningka, R., Kasim, F., & Nursinar, S. (2020). Komposisi dan Pola Sebaran Lamun di Desa Garapia | Composition and distribution of seagrass in Garapia Village. 6. <https://doi.org/10.37905/v6i2.5225>
- Mulyati, M., Kamal, S., Agustina, E., Hanim, N., & Ahadi, R. (2025). Keanekaragaman Gastropoda Di Zona Litoral Pantai Seurudong Kabupaten Aceh Selatan. *Kenanga : Journal of Biological Sciences and Applied Biology*. <https://doi.org/10.22373/kenanga.v5i1.7475>
- Nurfajrin, A. R., & Rosada, K. (2018). Biodiversity of macrozoobenthos in the Bulaksetra and Batukaras mangrove area, Pangandaran, West Java. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 4, 248–253. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m040226>
- Pratama, W., Dewi, S. C., Sari, I. Z. R., Hardiyati, A., & Wajong, A. E. (2015). Distribution and Abundance of Macroalgae in Intertidal Zone of Drini

- Beach, Gunungkidul, Diy. *KnE Life Sciences*, 2(1), 514.
<https://doi.org/10.18502/cls.v2i1.206>
- Rawana, Wijayani, S., & Masrur, M. A. (2023). Indeks Nilai Penting dan Keanekaragaman Komunitas Vegetasi Penyusun Hutan di Alas Burno SUBKPH Lumajang. *Jurnal Wana Tropika*, 12(02), 80–89.
<https://doi.org/10.55180/jwt.v12i02.215>
- Rosenfeld, S., Maturana, C., Spencer, H., Convey, P., Saucède, T., Brickle, P., Bahamonde, F., Jossart, Q., Poulin, E., & González-Wevar, C. (2022). Complete distribution of the genus *Laevitorina* (Littorinimorpha, Littorinidae) in the Southern Hemisphere: remarks and natural history. *ZooKeys*, 1127, 61–77.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.1127.91310>
- Rossiana, N., Indrawati, I., Rahayuningsih, S., Haifa, I., & Mayawatie, B. (2020). *Biodiversity Of Macroalgae Endhophytic Microorganisms and It's Potential As An Antibacteria Againts Eschericia coli On West Beach Pasir Putih Pangandaran, West Java*. <https://doi.org/10.4108/eai.11-7-2019.2297823>
- Susanto, D., Faida, L. R. W., Lubis, F. R. H., & Hanisaputra, R. (2020). *Interaksi Masyarakat Sekitar Dengan Kawasan Cagar Alam Dan Cagar Alam Laut Pangandaran*. 3, 97–104.
<https://doi.org/10.29303/jbl.v3i2.474>
- Susanto, D., Faida, L. R. W., & Sunarto, S. (2019). *Pemodelan Efektivitas Hutan Pantai di Cagar Alam Pananjung Pangandaran Sebagai Buffer Tsunami. Jurnal Ilmu Kehutanan*.
<https://doi.org/10.22146/jik.46139>
- Tasabaramo, I. A., Kwaroe, M., & Rappe, R. A. (2015). *Laju Pertumbuhan, Penutupan, dan Tingkat Kelangsungan Hidup Enhalus acoroides yang ditransplantasi secara monospesies dan multispesies*.
<https://doi.org/10.28930/jitkt.v7i2.11169>
- Tebaiy, S., Mampioper, D. C., Batto, M., Manuputty, A., Tuharea, S., & Clement, K. (2021). The Status of Seagrass Health: Supporting Sustainable Small-Scale Fisheries in Misool Marine Protected Area, Raja Ampat, Indonesia. *Indonesian Journal of Marine Sciences/Ilmu Kelautan*, 26(3).
<https://doi.org/10.14710/ik.ijms.26.3.136-146>
- Wolters, J., Verdonshot, R., Schoelynck, J., Verdonshot, P., & Meire, P. (2017). The role of macrophyte structural complexity and water flow velocity in determining the epiphytic macroinvertebrate community composition in a lowland stream. *Hydrobiologia*, 806, 157–173.
<https://doi.org/10.1007/s10750-017-3353-6>
- Zheng, Z., & Jia, R. (2025). Distribution and Structure of China–ASEAN's Intertidal Ecosystems: Insights from High-Precision, Satellite-Based Mapping. *Remote Sensing*.
<https://doi.org/10.3390/rs17010155>