

Macroalgae Distribution and Composition in Relation to Habitat Conditions at Tanjung Aan, Lombok

Qur'a Ta'yuni, Nurliah Buhari, Rhojim Wahyudi*, Ibadur Rahman

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : August 13th, 2026

Revised : September 26th, 2026

Accepted : October 05th, 2026

*Corresponding Author: **Rhojim**

Wahyudi, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

rhojim07009@unram.ac.id

Abstract: Macroalgae are important components of coastal ecosystems, with their composition and distribution associated with habitat characteristics and environmental conditions. This study aimed to determine macroalgae composition and distribution and to analyze their association with physicochemical water characteristics at Tanjung Aan Beach, Central Lombok, Indonesia. A field survey was conducted in June 2025 at two stations representing different substrate types using the line transect method. Three transects were established at each station, with 11 quadrats placed along each transect, resulting in 66 quadrats. Species composition was determined from the relative proportion of each species, distribution patterns were analyzed using Morisita's Index, and associations between macroalgae composition and environmental variables were evaluated using Canonical Correspondence Analysis (CCA). A total of 20 species belonging to 15 genera and 8 orders were recorded. Station 1 had higher species richness (12 species) than Station 2 (9 species). *Padina australis* was dominant at Station 1 (36.88%), whereas *Halimeda opuntia* predominated at Station 2 (43.58%). Morisita's Index indicated clustered distribution patterns across all transects, with values ranging from 1.84 to 4.52. CCA indicated that differences in macroalgae composition were associated with substrate characteristics and physicochemical parameters. Station 1 was associated with rock and rubble substrates and temperature, whereas Station 2 was associated with muddy, sandy-mud, and muddy-sand substrates, salinity, pH, and dissolved oxygen.

Keywords: Distribution; Macroalgae; Physicochemical parameters; Species composition; Tanjung Aan.

Pendahuluan

Makroalga merupakan tumbuhan bertalus yang tidak memiliki diferensiasi akar, batang, dan daun. Makroalga mengandung klorofil sehingga mampu melakukan fotosintesis dan berperan sebagai produsen primer di ekosistem pesisir. Selain berfungsi sebagai penyedia habitat, tempat berlindung, dan tempat berkembang biak bagi berbagai biota laut, makroalga juga memiliki nilai ekonomi sebagai bahan baku pangan, kosmetik, obat-obatan, dan sumber energi baru terbarukan (Asrina and Aba, 2023; Handayani, 2019; Kawaroe *et al.*, 2017; Nurgayah, 2020).

Komposisi dan persentase tutupan makroalga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan, terutama karakteristik substrat serta parameter fisik-kimia seperti arus, suhu, salinitas, pH, total suspended solid (TSS),

phosfat dan nitrat (Wahyudi *et al.*, 2024). Substrat berfungsi sebagai tempat melekatnya talus sehingga menentukan keberhasilan pertumbuhan makroalga (Sandy *et al.*, 2021). Substrat yang stabil seperti batu, karang, dan rubble umumnya mendukung pertumbuhan makroalga yang lebih beragam dibandingkan substrat yang tidak stabil, seperti pasir dan lumpur. Perbedaan karakteristik substrat tersebut menyebabkan variasi distribusi dan komposisi makroalga pada setiap habitat (Maharani *et al.*, 2021; Mornaten, 2019; Pradana *et al.*, 2020; Sandy *et al.*, 2021). Maharani *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa kawasan substrat berbatu memiliki keanekaragaman makroalga yang lebih tinggi dibandingkan kawasan substrat berpasir.

Potensi sumber daya dan keanekaragaman makroalga di Pulau Lombok cukup tinggi. Sekitar 80 spesies yang berasal dari tiga kelompok makroalga, yaitu Chlorophyta,

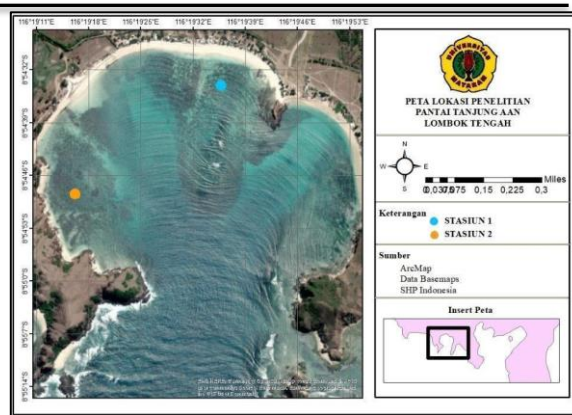
Phaeophyta, dan Rhodophyta. (Arianti *et al.*, 2024; Ghazali *et al.*, 2018, 2025). Arianti *et al.*, (2024) melaporkan keberadaan 15 spesies makroalga di Pantai Sire, Lombok Utara, dengan nilai keanekaragaman tergolong sedang, mengindikasikan bahwa kondisi perairan di lokasi tersebut masih mendukung pertumbuhan makroalga. Destikawati *et al.*, (2024) menemukan 13 spesies makroalga di Pantai Pandanan dari Ordo Bryopsidales yang tergolong dalam 3 famili dan 4 genus yaitu *Caulerpa*, *Codium*, *Halimeda*, dan *Udotea*. Spesies tersebut ditemukan pada berbagai tipe substrat meliputi, pasir, lempung, batu, karang hidup, karang mati, dan pecahan karang. Penelitian tersebut masih terbatas dan berfokus pada aspek keanekaragaman, karakteristik habitat, dan morfologi makroalga. Studi vegetasi bentik pesisir lain di Lombok juga menunjukkan bahwa pola distribusi organisme produsen bentik berkaitan dengan tipe habitat dan kondisi lingkungan setempat (Utami *et al.*, 2025; Cahyani *et al.*, 2025).

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian mengenai distribusi dan komposisi jenis makroalga berdasarkan karakteristik substrat serta keterkaitannya dengan kondisi fisik-kimia perairan, khususnya Perairan Tanjung Aan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi dan komposisi jenis makroalga serta menganalisis keterkaitannya dengan kondisi fisik-kimia di Perairan Tanjung Aan, Lombok Tengah. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi dasar mengenai keanekaragaman dan distribusi makroalga serta mendukung upaya pengelolaan dan perlindungan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2025 di Perairan Tanjung Aan, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. Pengambilan data pada 2 (dua) stasiun pengamatan yang dipilih untuk mewakili dua karakteristik substrat yang berbeda. Stasiun 1 memiliki substrat batu dan *rubble*, sedangkan stasiun 2 memiliki substrat pasir berlumpur dan lumpur berpasir (Gambar 1). Pemilihan kedua stasiun dilakukan untuk membandingkan komposisi makroalga pada dua tipe habitat dengan karakteristik substrat yang berbeda.



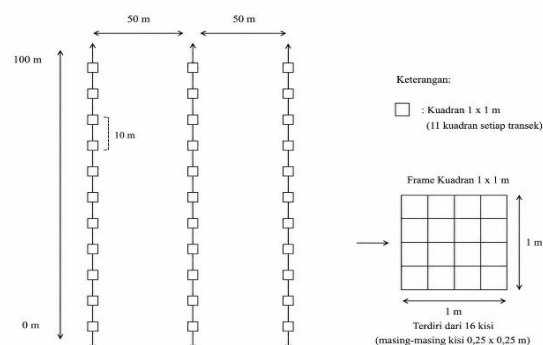
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuadran 1 x 1 m, roll meter, kamera, *ziplock*, *sediment corer*, GPS, *sieve net*, *water quality checker*, *refraktometer*, *dissolved oxygen meter*. Adapun Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga (ganggang laut), alkohol, buku identifikasi.

Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan metode *line transect* dengan tiga transek sepanjang 100 m pada setiap stasiun pengamatan. Pada setiap stasiun digunakan 33 kuadran (66 kuadran secara keseluruhan); masing-masing transek garis terdiri atas 11 kuadran berukuran 1 x 1 m dengan jarak antar kuadran 10 m dan jarak antar transek 50 m. Kuadran ditempatkan di atas garis transek pada titik pengamatan yang telah ditentukan (Gambar 2). Pengambilan data dilakukan satu kali pada bulan Juni 2025 saat kondisi surut.



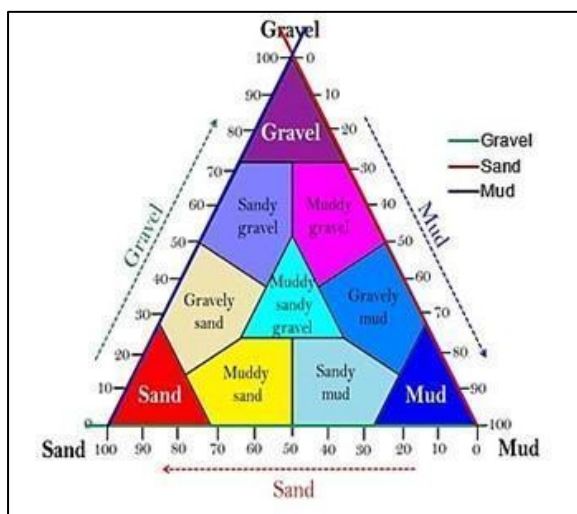
Gambar 2. Rancangan Desain Penelitian (Achmad *et al.*, 2021; Meriam *et al.*, 2016)

Seluruh jenis makroalga yang terdapat di dalam kuadran dicatat jumlahnya, kemudian diambil perwakilan jenis sebagai sampel dan dimasukkan ke dalam *ziplock* yang telah diberi label serta alkohol air laut untuk mencegah

kerusakan sampel sebelum proses identifikasi. Identifikasi spesies dilakukan dengan mengacu pada buku identifikasi FAO (1998) (Baldwin, 2003), dan pendekatan morfologi melalui <https://www.algaebase.org> (Guiry, 2010; Guiry *et al.*, 2014),

Sampel substrat diambil pada setiap stasiun penelitian pada titik 0 m dan 100 m menggunakan sediment corer sebagai representasi karakteristik substrat pada masing-masing transek. Sampel substrat dari masing-masing transek dimasukkan ke dalam *ziplock* yang telah diberi label, kemudian dianalisis di Laboratorium Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram menggunakan metode pengayakan bertingkat (*sieve analysis*) untuk menentukan tekstur substrat berdasarkan ukuran butir sedimen (Saputra *et al.*, 2023), dan hasilnya diklasifikasikan menggunakan segitiga *Shepard* (Gambar 3).

Pengambilan sampel substrat pada dua titik tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi substrat pada titik awal dan titik akhir transek, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan heterogenitas substrat sepanjang transek 100 m. Karakteristik substrat ditentukan berdasarkan pengamatan visual kondisi dasar perairan dan didukung oleh hasil analisis fraksi sedimen. Keterbatasan ini menjadi pertimbangan dalam interpretasi hubungan antara substrat dan makroalga. Parameter fisik-kimia perairan meliputi suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO) diukur secara langsung di lokasi penelitian pada setiap stasiun menggunakan *termometer*, *refraktometer*, pH meter, dan DO meter.



Gambar 3. Segitiga *Shepard* (Sumber: Prayoga *et al.*, (2023))

Analisis Data

Pola Distribusi Makroalga

Pola distribusi setiap jenis makroalga dianalisis berdasarkan persamaan distribusi *Morisita (Id)*. Perhitungan *Id* dilakukan secara terpisah untuk setiap jenis pada masing-masing transek berdasarkan jumlah individu yang ditemukan pada setiap kuadran pengamatan. Jumlah individu setiap jenis dari seluruh kuadran dalam satu transek digunakan dalam perhitungan *Id* untuk mengetahui pola distribusinya. Hasil analisis disajikan pada setiap stasiun pengamatan dalam bentuk tabel. Berikut persamaan pola sebaran *Morisita (Id)* menurut Brower dan Zar, (1979) sebagai berikut:

$$Id = n \frac{x^2 - N}{N(N - 1)}$$

Keterangan :

Id = Indeks dispersi morisita

n = Jumlah plot pengambilan contoh

N = Jumlah individu total dalam plot

*X*² = Jumlah Individu pada setiap plot ke-*i*

Dengan kriteria pengujian :

Id = 1,0 pola penyebaran individu acak

Id < 1,0 pola penyebaran individu merata

Id > 1,0 pola penyebaran individu mengelompok

Komposisi Jenis Makroalga

Komposisi jenis makroalga dihitung menggunakan persamaan menurut Odum, (1996) sebagai berikut:

$$Pi = \frac{ni}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

Pi = Persentase tiap jenis (%),

ni = Jumlah individu spesies ke-*I*,

N = Jumlah Total individu

Uji Statistika

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan perangkat lunak PAST (*Paleontological Statistics*) versi 4.03. Analisis *One-Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA)* digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter fisika-kimia perairan, yaitu suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO) antara stasiun 1 dan stasiun 2 dengan transek sebagai ulangan.

Keterkaitan antara komposisi jenis makroalga dengan kondisi fisika-kimia perairan dianalisis menggunakan *Canonical Correspondence Analysis (CCA)* pada perangkat lunak PAST. Analisis CCA digunakan sebagai

ordinasi eksploratif untuk menggambarkan pola keterkaitan antara komposisi jenis makroalga dengan karakteristik substrat dan parameter perairan (suhu, salinitas, pH, dan DO) pada unit pengamatan. Hasil analisis CCA disajikan dalam bentuk diagram ordinasi (biplot) untuk menggambarkan pola keterkaitan antara komposisi jenis dengan kondisi fisik-kimia perairan di setiap lokasi penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Jenis Makroalga

Berdasarkan Tabel 1., di perairan Tanjung Aan ditemukan 20 spesies makroalga. Stasiun 1 memiliki 12 spesies, yaitu *S. muticum*, *V. aegagropila*, *P. australis*, *D. cavernosa*, *T. decurrens*, *P. pavonica*, *B. composita*, *Colpomenia* sp., *T. fragilis*, *H. macroloba*, *S. aquifolium*, dan *T. conoides*. Sementara itu, stasiun 2 memiliki 9 spesies, yaitu *H. opuntia*, *D. cervicornis*, *N. annulata*, *H. tuna*, *Avrainvillea*

sp., *C. sertularioides*, *Amphiroa* sp., *Codium* sp., dan *H. macroloba*.

Berdasarkan indeks kesamaan Jaccard, nilai kesamaan komposisi jenis antara stasiun 1 dan stasiun 2 sebesar 0,05 (5%), sedangkan ketidakmiripan (dissimilarity) sebesar 0,95 (95%). Nilai tersebut menunjukkan bahwa komposisi jenis makroalga pada kedua stasiun memiliki tingkat kesamaan yang rendah, sesuai dengan hanya ditemukannya *H. macroloba* pada kedua stasiun. Keberadaan *H. macroloba* pada kedua stasiun sejalan dengan (Pongparadon *et al.*, 2017) yang melaporkan bahwa *H. macroloba* merupakan salah satu jenis dari genus *Halimeda* yang umum dan memiliki sebaran luas di wilayah Indo-pasifik. Penelitian tersebut juga menemukan *H. macroloba* pada berbagai kondisi habitat di perairan Thailand. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan *H. macroloba* pada kedua stasiun dalam penelitian ini sejalan dengan kemampuannya untuk ditemukan pada berbagai habitat (Djalil *et al.*, 2021).

Tabel 1. Jenis Makroalga yang ditemukan di Perairan Tanjung Aan.

Kelas	Ordo	Famili	Genus	Spesies
Phaeophyceae	Ectocarpales	Scytosiphonaceae	<i>Colpomenia</i>	<i>Colpomenia</i> sp. <i>Dictyota</i>
	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	<i>cervicornis</i>
	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	<i>Padina pavonica</i>
	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	<i>P. australis</i>
	Fucales	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	<i>Sargassum</i>
		Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	<i>aquifolium</i>
	Fucales	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>S. muticum</i>
		Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>Turbinaria</i>
	Bryopsidales	Dichotomosiphonaceae	<i>Avrainvillea</i>	<i>decurrens</i>
		Boodleaceae	<i>Boodlea</i>	<i>T. conoides</i>
Ulvophyceae	Bryopsidales	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>Avrainvillea</i> sp.
	Bryopsidales	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	<i>Boodlea composita</i>
				<i>Codium</i> sp.
				<i>Caulerpa</i>
	Cladophorales	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>sertularioides</i>
	Bryopsidales	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	<i>Dictyosphaeria</i>
	Bryopsidales	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	<i>cavernosa</i>
	Bryopsidales	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	<i>Halimeda tuna</i>
	Bryopsidales	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	<i>H. macroloba</i>
	Dasycladales	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>H. opuntia</i>
Florideophyceae	Cladophorales	Valoniaceae	<i>Valonia</i>	<i>Neomeris annulata</i>
	Corallinales	Corallinaceae	<i>Amphiroa</i>	<i>Valonia</i>
	Nemaliales	Galaxauraceae	<i>Tricleocarpa</i>	<i>aegagropila</i>

Tabel 2. Kelimpahan Makroalga pada Masing-Masing Transek di Perairan Tanjung Aan

No	Spesies	ST1.1	ST1.2	ST1.3	ST2.1	ST2.2	ST2.3
1	<i>S. muticum</i>	50	10	24	0	0	0
2	<i>V. aegagropila</i>	8	0	0	0	0	0
3	<i>P. australis</i>	55	57	30	0	0	0
4	<i>D. cavernosa</i>	11	0	0	0	0	0
5	<i>T. decurrens</i>	10	4	0	0	0	0
6	<i>P. pavonica</i>	21	0	18	0	0	0
7	<i>B. composita</i>	10	0	0	0	0	0
8	<i>Colpomenia</i> sp.	5	2	0	0	0	0
9	<i>T. fragilis</i>	5	0	0	0	0	0
10	<i>H. macroloba</i>	5	3	0	8	8	5
11	<i>S. aquifolium</i>	10	12	21	0	0	0
12	<i>T. conoides</i>	5	4	5	0	0	0
13	<i>H. opuntia</i>	0	0	0	80	30	19
14	<i>D. cervicornis</i>	0	0	0	10	10	0
15	<i>N. annulata</i>	0	0	0	6	6	0
16	<i>H. tuna</i>	0	0	0	23	25	0
17	<i>Avrainvillea</i> sp.	0	0	0	3	0	5
18	<i>C. sertularioides</i>	0	0	0	15	5	10
19	<i>Ampiroa</i> sp.	0	0	0	5	3	0
20	<i>Codium</i> sp.	0	0	0	0	10	10

Pola Distribusi Makroalga

Analisis Indeks *Morisita* (*Id*) dilakukan untuk mengetahui pola agregasi kelimpahan komunitas makroalga pada setiap transek di kedua stasiun penelitian. Hasil analisis dapat dilihat pada (Tabel 3). Berdasarkan nilai *Indeks Morisita*, pola agregasi kelimpahan komunitas makroalga pada seluruh transek di kedua stasiun menunjukkan pola mengelompok, dengan nilai berkisar antara 1.84-4.52. Hasil tersebut menunjukkan bahwa individu makroalga cenderung terkonsentrasi pada area tertentu sehingga penyebarannya tidak berlangsung secara merata.

Tabel 3. Pola Distribusi Makroalga

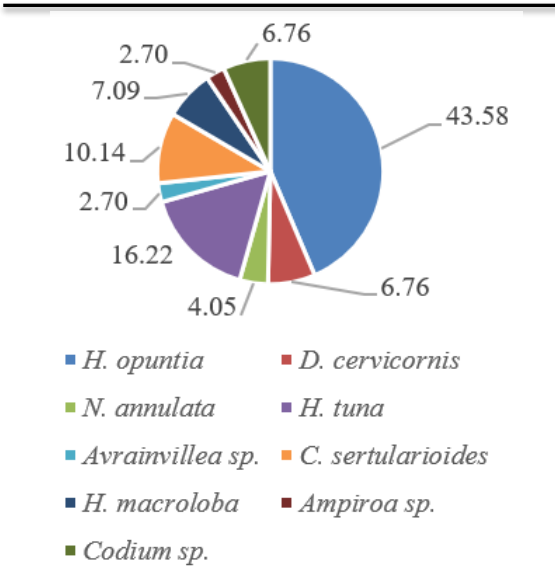
Stasiun	Transek	Hasil (<i>Id</i>)	Kriteria Pengujian
ST.1	T.1	1.84	Mengelompok
	T.2	4.52	Mengelompok
	T.3	2.5	Mengelompok
ST.2	T.1	3.56	Mengelompok
	T.2	2.08	Mengelompok
	T.3	2.62	Mengelompok

Setyawan *et al.*, (2015), menyatakan bahwa pola sebaran mengelompok merupakan pola yang umum dijumpai pada makroalga. Kondisi tersebut terjadi karena makroalga cenderung berkembang pada lokasi yang memiliki kesesuaian habitat, sehingga individu lebih banyak terkonsentrasi pada area tertentu dibandingkan tersebar secara merata maupun

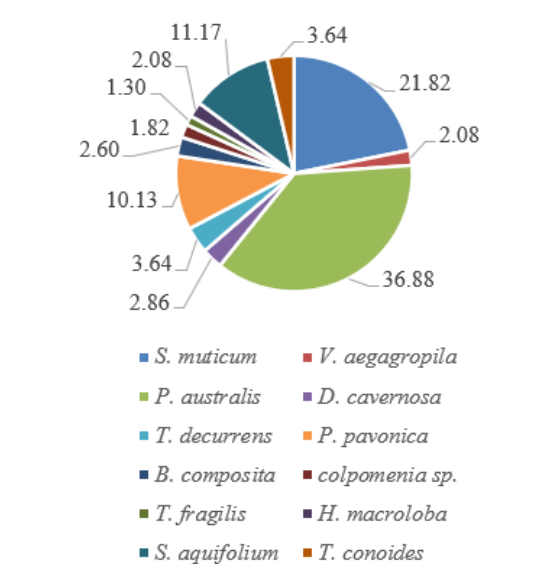
acak. Pada penelitian ini, pola tersebut diduga berkaitan dengan variasi karakteristik substrat dan kondisi lingkungan di setiap transek sehingga makroalga lebih banyak ditemukan pada lokasi yang menyediakan tempat melekat dan kondisi perairan yang sesuai. Hasil penelitian ini sejalan dengan Kadi, (2017) menyatakan bahwa makroalga di zona pasang surut memiliki pola distribusi mengelompok sebagai respons terhadap kesesuaian habitat.

Komposisi Jenis Makroalga

Komposisi jenis makroalga yang ditemukan di Perairan Tanjung Aan. Komposisi jenis makroalga di stasiun 1 didominasi oleh kelas alga coklat (Phaeophyceae), *P. australis* memiliki nilai komposisi tertinggi sebesar 36.88%, diikuti *S. muticum* sebesar 21.82%, *S. aquifolium* sebesar 11.17%, dan *P. pavonica* sebesar 10.13%. Sementara itu, *D. cavernosa*, *T. decurrens*, *V. aegagropila*, *H. macroloba*, *B. composita*, *Colpomenia* sp., *T. fragilis*, dan *T. conoides* memiliki nilai komposisi relatif rendah (>5%). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa komposisi komunitas makroalga di stasiun 1 memiliki kontribusi yang berbeda antar spesies, dengan nilai komposisi tertinggi terdapat pada *P. australis*. Pola dominansi genus *Padina* dan *Sargassum* tersebut merupakan karakteristik yang umum dijumpai pada kelompok makroalga di perairan tropis (Wahyuni *et al.*, 2026).



Gambar 5. Komposisi Jenis Makroalga Stasiun 2



Gambar 4. Komposisi Jenis Makroalga Stasiun 1

Komposisi jenis makroalga di stasiun 2 didominasi oleh kelas alga hijau (Ulvophyceae), dengan *H. opuntia* sebagai spesies yang memiliki nilai komposisi tertinggi sebesar (43.58%), diikuti *H. tuna* sebesar (16.22%), dan *C. sertularioides* sebesar (10.14%). Selain itu, *H. macroloba*, *D. cavernosa*, dan *Codium sp.* memiliki nilai komposisi berkisar (6.76-7.09%), sedangkan *N. annulata*, *Avrainvillea sp.*, dan *Ampiroa sp.* menunjukkan nilai komposisi yang lebih rendah. Meskipun *H. opuntia* spesies yang paling dominan, kontribusi beberapa spesies lainnya menunjukkan bahwa komposisi jenis di stasiun 2 relatif lebih seimbang dibandingkan stasiun 1. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kelompok makroalga di stasiun 2 tidak hanya disusun oleh satu spesies dominan, tetapi

juga oleh beberapa spesies lain yang berkontribusi terhadap struktur kelompok sehingga ingkat pemerataannya lebih baik (Tell et al., 2024).

Substrat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik substrat pada kedua stasiun penelitian berbeda. Stasiun 1 didominasi oleh substrat batu dan rubble, sedangkan stasiun 2 didominasi oleh substrat lumpur, lumpur berpasir, dan pasir berlumpur (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Substrat Pada Masing-Masing Stasiun

Stasiun Transek	Titik Sampling	Substrat
ST1.1	0m	Batu
ST1.1	100m	Batu
ST1.2	0m	Batu
ST1.2	100m	Rubble dengan sedimen lumpur
ST1.3	0m	Rubble dengan sedimen lumpur
ST1.3	100m	Rubble dengan sedimen lumpur
ST2.1	0m	Lumpur Berpasir
ST2.1	100m	Lumpur
ST2.2	0m	Lumpur
ST2.2	100m	Pasir Berlumpur
ST2.3	0m	Lumpur
ST2.3	100m	Lumpur

Stasiun 1 didominasi substrat batu dan rubble dengan sedimen lumpur pada bagian perairan ditemukan beberapa spesies yang umumnya hidup pada substrat keras, seperti *S. muticum*, *S. aquifolium*, *T. decurrens*, *P. australis*, *P. pavonica*, *Colpomenia sp.*, *V. aegagropila*, *D. cavernosa*, *B. composita*, dan *T. fragilis*. Genus *Sargassum* dan *Turbinaria* memiliki holdfast berbentuk haptera yang kuat sehingga mampu mencengkeram batu dan pecahan karang dengan baik (Henggu, 2024; Xu et al., 2016). Genus *Padina*, *Colpomenia*, dan *T. fragilis* memiliki discoid holdfast yang berfungsi sebagai alat perlekatan pada permukaan substrat (Wang et al., 2021). Genus *V. aegagropila*, *D. cavernosa*, dan *B. composita* memiliki filamen rizoidal yang memudahkan talus melekat pada celah-celah batu. Kondisi tersebut menjelaskan tingginya jumlah spesies pada stasiun 1 yang didominasi substrat keras (Lobban and Harrison, 1994).

Pada stasiun 2 yang didominasi substrat lumpur, lumpur berpasir, dan pasir berlumpur ditemukan *H. opuntia*, *H. tuna*, *H. macroloba*, *C.*

sertularioides, *Avrainvillea* sp., *N. annulata*, *Amphiroa* sp., *D. cervicornis*, dan *Codium* sp. Genus *Halimeda* memiliki *holdfast* berbentuk cakram yang disertai filamen rizoid sehingga mampu mempertahankan talus pada substrat. *C. sertularioides* memiliki stolon dengan rizoid sebagai alat perlekatan, sedangkan *Avrainvillea* sp. mempunyai massa rizoid pada bagian basal talus. Selain itu, *D. cervicornis* memiliki discoid *holdfast*, *N. annulata* memiliki *holdfast* sederhana pada bagian basal, *Amphiroa* sp. memiliki *holdfast* berkapur yang kuat, dan *Codium* sp. memiliki massa rizoid sebagai alat perlekatan. Perbedaan bentuk *holdfast* tersebut menunjukkan adanya adaptasi morfologi makroalga terhadap karakteristik substrat. Pada genus *Halimeda*, bentuk bulbous *holdfast*, massa rizoid, maupun discoid *holdfast* berkembang sebagai strategi untuk meningkatkan kestabilan talus pada substrat yang berbeda, baik substrat

keras maupun sedimen yang tidak terkonsolidasi. Selain itu, massa rizoid yang berkembang pada makroalga sifonal mampu mengikat butiran sedimen sehingga meningkatkan daya cengkeram dan mengurangi risiko terlepas akibat arus atau gelombang. Dengan demikian, variasi struktur *holdfast* merupakan salah satu bentuk adaptasi yang memungkinkan makroalga tetap tumbuh dan bertahan pada berbagai tipe substrat (Verbruggen and Kooistra, 2004; Wang *et al.*, 2021).

Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia perairan menunjukkan adanya variasi nilai suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO) antara stasiun 1 dan stasiun 2. Meskipun terdapat perbedaan nilai secara numerik, hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$).

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Fisik-Kimia Perairan

Parameter	Satuan	Stasiun 1 (n=3)	Stasiun 2 (n=3)	F (df)	p-value	η^2
Suhu	°C	27.77 ± 0.38	27.42 ± 0.41	0.387 (1.4)	0.567	0.088
Salinitas	ppt	29.83 ± 0.33	30.33 ± 0.60	0.529 (1.4)	0.507	0.117
pH	-	7.66 ± 0.03	7.66 ± 0.06	0.001 (1.4)	0.98	0.000
DO	mg/L	7.73 ± 0.31	8.78 ± 0.34	5.203 (1.4)	0.085	0.565

Keterangan : Data disajikan sebagai rata-rata (*Mean*) ± *standard error* (SE). n = jumlah transek sebagai ulangan pada setiap stasiun; F = nilai statistik *One-Way* ANOVA; df = derajat bebas; p = *p-value*; η^2 = ukuran efek.

Parameter fisika dan kimia perairan merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan dalam mendukung keberadaan dan pertumbuhan makroalga. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO) memiliki nilai yang relatif berdekatan antara stasiun 1 dan stasiun 2. Suhu berkisar 27.42-27.77 °C, salinitas 29.83-30.33 ppt, pH 7.66, sedangkan DO berkisar 7.73-8.78 mg/L. Kisaran tersebut masih menunjukkan kondisi perairan yang dapat mendukung keberadaan makroalga. Liline *et al.*, (2024); Cokrowati *et al.*, (2025) menyatakan bahwa makroalga di perairan Ambon ditemukan pada kisaran suhu 25,00-30,05 °C, pH 7,00-8,34, salinitas 29-34 ppt, dan DO 4,5-8,5 mg/L.

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa suhu, salinitas, pH, dan DO tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara stasiun 1 dan stasiun 2 ($p > 0,05$). Meskipun demikian, terdapat perbedaan nilai secara numerik pada masing-masing parameter, terutama pada DO. Hasil tersebut menunjukkan antar stasiun belum cukup besar untuk menunjukkan perbedaan yang

signifikan secara statistik berdasarkan jumlah ulangan yang digunakan.

Tidak ditemukannya perbedaan yang signifikan secara statistik tidak berarti bahwa kondisi fisika-kimia pada kedua stasiun memiliki nilai yang sama atau tidak mengalami variasi. Perbedaan nilai tetap terlihat pada hasil pengukuran, tetapi variasi tersebut belum cukup kuat untuk dibedakan secara statistik pada penelitian ini. Dengan demikian, hasil ANOVA lebih tepat diinterpretasikan sebagai belum terdeteksinya perbedaan kondisi fisika-kimia antar stasiun, bukan sebagai tidak adanya variasi lingkungan.

Kondisi fisika-kimia yang relatif berdekatan antar stasiun dapat menjadi salah satu kondisi lingkungan yang mendukung keberadaan makroalga pada kedua stasiun penelitian. Kesamaan kondisi tersebut juga dapat menjelaskan bahwa kedua stasiun berada dalam karakteristik lingkungan perairan yang relatif berdekatan selama periode pengamatan. Namun, kondisi fisika-kimia tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menjelaskan

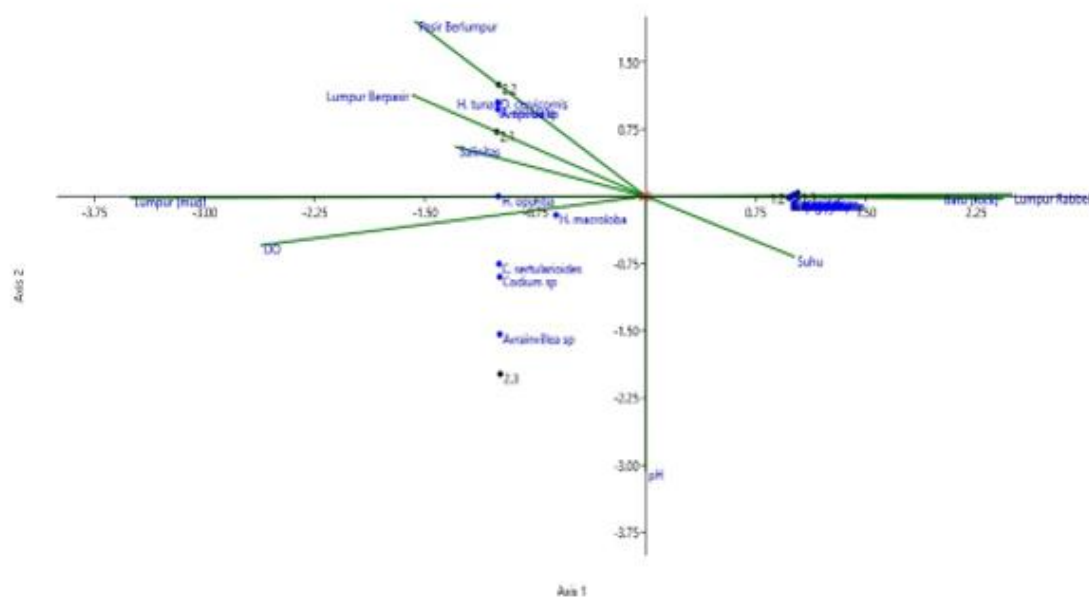
perbedaan komposisi maupun distribusi makroalga yang ditemukan pada masing-masing stasiun.

Kebedaraan makroalga juga dipengaruhi oleh karakteristik habitat lainnya, seperti jenis dan kondisi substrat, arus, ketersediaan nutrient, kedalaman, serta kondisi mikrohabitat. Rifa'i (2025) menunjukkan bahwa distribusi makroalga berkaitan dengan kombinasi berbagai parameter lingkungan dan karakteristik habitat. Oleh karena itu, pola komposisi dan distribusi makroalga pada penelitian ini perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara kondisi fisika-kimia dengan karakteristik habitat pada masing-masing stasiun.

Keterkaitan komposisi jenis makroalga dengan kondisi fisika dan kimia perairan

Hasil analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) menunjukkan bahwa Axis 1 memiliki nilai eigenvaleu sebesar 0.9692 dan menjelaskan 60.35% variasi, sedangkan Axis 2 memiliki nilai eigenvalue sebesar 0.2600 dengan kontribusi sebesar 16.19%. Kedua sumbu

tersebut secara kumulatif menjelaskan 76.54% variasi, dengan total inertia sebesar 1.606. Uji permutasi menggunakan 999 pengulangan menunjukkan bahwa model CCA secara keseluruhan tidak signifikan ($p = 0.305$). Hal yang sama terlihat pada pengujian masing-masing sumbu, yaitu Axis 1 ($p = 0.492$) dan Axis 2 ($p = 0.200$), yang juga menunjukkan hasil signifikan ($p > 0.05$). Meskipun demikian, diagram ordinasi CCA (Gambar 6) memperlihatkan kecenderungan pengelompokan beberapa jenis makroalga berdasarkan karakteristik substrat dan parameter lingkungan pada masing-masing stasiun (Tabel 5). Pola tersebut dipahami sebagai kecenderungan asosiasi secara deskriptif dan belum dapat diartikan sebagai hubungan yang signifikan secara statistik. Hasil CCA dalam penelitian ini disajikan sebagai ordinasi eksploratif dan diinterpretasikan secara deskriptif, dengan mempertimbangkan jumlah unit pengamatan ($n=6$) dan variabel penjelas yang digunakan.



Gambar 6. Hasil Uji Statistik dengan Analisis CCA

Hasil *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) menunjukkan adanya pola asosiasi antara komposisi makroalga dengan karakteristik substrat dan kondisi fisik-kimia perairan yang dianalisis. Diagram ordinasi memperlihatkan kedekatan antara jenis makroalga, stasiun pengamatan, dan variabel lingkungan berdasarkan posisi masing-masing pada diagram. Pola ini menggambarkan keterkaitan komposisi

makroalga dengan kondisi lingkungan yang terukur dalam penelitian. Hasil penelitian Rasyid *et al.* (2025) pada perairan Lombok Timur menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik substrat dan kondisi lingkungan berkaitan dengan perbedaan komposisi komunitas makroalga. Berdasarkan pola ordinasi tersebut, terbentuk tiga kelompok dengan karakteristik lingkungan yang berbeda.

Tabel 5. Pengelompokan parameter fisik-kimia perairan dengan komposisi jenis makroalga

Kelompok	Stasiun	Karakteristik Spesies makroalga	Karakteristik Parameter Fisik-Kimia
Kelompok 1	2.1	<i>Halimeda tuna</i> , tinggi	Pasir berlumpur
	2.2	<i>Neomeris annulata</i> , tinggi	Lumpur berpasir
		<i>Dictyota cervicornis</i> , tinggi	Salinitas, tinggi
		<i>Amphiroa</i> sp., tinggi	
Kelompok 2	2.3	<i>Halimeda opuntia</i>	Lumpur (<i>mud</i>)
		<i>Halimeda macroloba</i>	Ph, tinggi
		<i>Caulerpa sertularioides</i> , tinggi	DO, tinggi
		<i>Codium</i> sp., tinggi	
		<i>Avrainvillea</i> sp., tinggi	
		<i>Sargassum muticum</i> , tinggi	Batu (<i>rock</i>)
Kelompok 3	1.1	<i>Sargassum muticum</i> , tinggi	
	1.2	<i>Valonia aegagropila</i> , tinggi	Lumpur rubble
	1.3	<i>Padina australis</i> , tinggi	Suhu, tinggi
		<i>Dictyosphaeria cavernosa</i> , tinggi	
		<i>Turbinaria decurrens</i> , tinggi	
		<i>Padina pavonica</i> , tinggi	
		<i>Boodlea composita</i> , tinggi	
		<i>Colpomenia</i> sp., tinggi	
		<i>Tricleocarpa fragilis</i> , tinggi	
		<i>Sargassum aquifolium</i> , tinggi	
		<i>Turbinaria conoides</i> , tinggi	

Kelompok 1 berasosiasi dengan stasiun 2.1 dan 2.2 yang dicirikan oleh substrat pasir berlumpur dan lumpur berpasir serta salinitas. Pada kelompok ini, *H. tuna*, *N. annulata*, *D. cervicornis*, dan *Amphiroa* sp. berada berdekatan dengan stasiun 2.1 dan 2.2 pada diagram CCA. Kedekatan posisi ini menunjukkan adanya asosiasi antara komposisi jenis makroalga dengan karakteristik substrat dan salinitas yang terukur pada kedua stasiun. Salinitas merupakan salah satu parameter lingkungan berkaitan dengan kondisi fisiologis makroalg, sedangkan karakteristik substrat menggambarkan kondisi dasar perairan pada lokasi penelitian. Hal ini didukung oleh Rifa'i *et al.* (2025) yang mengamati komposisi makroalga bersama salinitas, substrat, kedalaman, arus, nutrisi, dan parameter lingkungan lainnya, sehingga keberadaan jenis makroalga dapat dilihat dalam kaitannya dengan beberapa kondisi lingkungan yang diamati secara bersamaan. Namun, pola CCA dalam penelitian ini hanya menggambarkan asosiasi berdasarkan variabel yang dimasukkan ke dalam analisis. Faktor lain seperti, gelombang atau arus, ketersediaan nutrisi, herbivori, dan perubahan kondisi lingkungan dari waktu ke waktu belum termasuk dalam analisis sehingga belum dapat dijelaskan kaitannya dengan komposisi makroalga.

Kelompok 2 berasosiasi dengan Stasiun 2.3 yang didominasi substrat lumpur (*mud*) yang berasosiasi dengan pH dan oksigen terlarut (DO). Beberapa spesies, yaitu *H. opuntia*, *H.*

macroloba, *C. sertularioides*, *Codium* sp., dan *Avrainvillea* sp., memperlihatkan kecenderungan tumbuh pada kondisi tersebut. Nilai pH yang stabil mendukung proses fisiologis dan pemanfaatan karbon anorganik, sedangkan ketersediaan DO yang tinggi mencerminkan kualitas perairan yang baik untuk menunjang respirasi dan aktivitas metabolisme makroalga (Rugebregt *et al.*, 2023).

Sementara itu, kelompok 3 berasosiasi dengan Stasiun 1.1, 1.2 dan 1.3 yang dicirikan oleh substrat batu dan *rubble* serta berasosiasi dengan suhu perairan. Kelompok ini didominasi oleh *S. aquifolium*, *S. muticum*, *T. conoides*, *T. decurrens*, *P. australis*, *P. pavonica*, *D. cavernosa*, *V. aegagropila*, *B. composita*, *Colpomenia* sp., dan *T. fragilis*. Keberadaan spesies tersebut menunjukkan bahwa substrat keras menyediakan media pelekatan (*holdfast*) yang stabil sehingga mampu mempertahankan talus dari pengaruh arus dan gelombang. Selain itu, suhu yang berada dalam kisaran optimum mendukung pertumbuhan dan perkembangan makroalga sehingga berkontribusi terhadap tingginya keberadaan spesies pada stasiun tersebut (Wernberg *et al.*, 2016; Yap-Dejeto *et al.*, 2022).

Kesimpulan

Distribusi makroalga menunjukkan pola mengelompok dengan nilai *Indeks Morisita (Id)* berkisar 1.84-4.52. Pada stasiun 1, nilai *Id*

tertinggi terdapat pada transek 2 (4.52) dan terendah pada transek 1 (1.84). Sedangkan pada stasiun 2 nilai tertinggi terdapat pada transek 1 (3.56) dan terendah pada transek 2 (2.08). Pada stasiun 1 jenis dengan komposisi tertinggi yaitu *P. australis* sebesar (36.88%) sedangkan jenis terendah yaitu *T. fragilis* sebesar (1.30%). Pada stasiun 2 komposisi tertinggi ditemukan pada jenis *H. opuntia* sebesar (43.58%), sedangkan jenis terendah *Avrainvillea* sp. dan *Amphiroa* sp. sebesar (2.70%).

Analisis CCA menunjukkan bahwa komposisi jenis makroalga pada dua stasiun pengamatan berasosiasi dengan karakteristik substrat dan parameter fisik-kimia perairan yang dianalisis. Komposisi makroalga pada kelompok 1 berasosiasi dengan substrat pasir berlumpur, lumpur berpasir, dan salinitas. Kelompok 2 berasosiasi dengan substrat lumpur (*mud*), pH, dan DO; sedangkan kelompok 3 berasosiasi dengan substrat batu (*rock*), lumpur rubble, dan suhu. Hasil ini menggambarkan pola asosiasi berdasarkan data yang diperoleh dari dua stasiun dengan tiga transek pada masing-masing stasiun. Interpretasi CCA bersifat eksploratif dan terbatas pada kondisi yang diamati selama satu periode pengamatan, dengan resolusi karakteristik substrat yang terbatas. Faktor lingkungan lain yang tidak diukur, seperti kedalaman, arus atau gelombang, nutrisi, dan herbivori, juga belum tercakup dalam analisis. Oleh karena itu, hasil penelitian ini hanya menggambarkan pola asosiasi komposisi makroalga dengan kondisi lingkungan pada lokasi dan periode pengamatan yang diteliti dan tidak dapat digeneralisasikan ke seluruh perairan Tanjung Aan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa angkatan 21 Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian di lapangan.

Referensi

Arianti, A., Pazila, B., Ramdhiani, A., Kurniawan, A., Kholidah, B. M., Royani, B. N., Pratiwi, B. D. S., Candri, D. A., & Ghazali, M. (2024). Diversity of Macroalgae in Sire Beach, North Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 315–326. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8140>

- Achmad, F. V., Kepel R. C., Mandagi S. V., Tilaar F. F., Tombokan . L., & Ngangi E. L. A. (2021). Struktur Komunitas Makroalga di Perairan Tanjung Merah Kota Bitung. *Jurnal Ilmiah Platax*. 9(1). 138-142.
- Asrina, J., & Aba, L. (2023). Identifikasi Jenis-Jenis Makroalga di Zona Intertidal Pantai Lagilang Kecamatan Siompu Barat Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Penelitian Biologi Dan Kependidikan*, 2(2), 65–82. <https://jurnalumbuton.ac.id/php/Penalogik>
- Baldwin, C. C. (2003). *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Pacific*.
- Cokrowati, N., Mukhlis, A., Lumbessy, S. Y., Marzuki, M., Mulyani, L. F., & Nor, A. R. B. M. (2025). Monitoring growth of *Sargassum aquifolium* in wet and dry seasons in Ekas Bay, Lombok, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(8), 130–143. <https://doi.org/10.12912/27197050/207328>
- Cahyani, N. I. C., Putri, W. P., Muhsin, L. S., Sari, R. P., Prayoga, M. D., & Utami, F. I. (2025). Morphological Characteristics and Spatial Distribution of Seagrass at Batu Kotak Beach, Central Lombok. *Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism*, 1(2), 61-66. <https://journals.widhatulfaeha.id/index.php/jbee/article/view/77>
- Destikawati, D., Jefri, E., & Buhari, N. (2024). Habitat characteristics and morphology of Chlorophyta (Order Bryopsidales) on the intertidal of Pandanan Hamlet, West Sekotong. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 294–300. <https://dx.doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6669>
- Djalil, S., Subur, R., Rina, R., Sunarti, S., Abubakar, Y., Fadel, A. A., Susanto, A. N., & Sarni, S. (2021). Study of Composition and Composition of Macro Algae Habitat in the Intertidal Zone Water of Sibu Island, Nort Oba District Tidore Islands City Nort Maluku. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(2), 403–411.
- Ghazali, M., Artiningrum, N. T., Setyaningrum, T. W., Nurhayati, N., & Murdiah, M. (2025). Diversity and Composition of Macroalgae in the Rambang Delta, East Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4b), 429–437.
- Ghazali, M., Mardiana, M., Menip, M., &

- Bangun, B. (2018). Jenis-jenis makroalga epifit pada budidaya (*Kappaphycus alvarezii*) di perairan Teluk Gerupuk Lombok Tengah. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 208–215. <https://dx.doi.org/10.29303/jbt.v18i2.861>
- Guiry, M. D. (2010). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National university of Ireland, Galway. [Http://Www.algaebase.org/](http://www.algaebase.org/).
- Guiry, M. D., Guiry, G. M., Morrison, L., Rindi, F., Miranda, S. V., Mathieson, A. C., Parker, B. C., Langangen, A., John, D. M., & Bárbara, I. (2014). AlgaeBase: an on-line resource for algae. *Cryptogamie, Algologie*, 35(2), 105–115.
- Handayani, T. (2019). Peranan ekologi makroalga bagi ekosistem laut. *Oseana*, 44(1), 1–14.
- Kadi, A. (2017). Interaksi Makroalga dan Lingkungan Perairan Teluk Carita Pandeglang. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 34(1), 32–38. <https://10.20884/1.mib.2017.34.1.391>
- Kawaroe, M., Salundik, R. W., & Lestari, D. F. (2017). Comparison of biogas production from macroalgae *Eucheuma cottonii* in anaerobic degradation under different salinity conditions. *World Appl Sci J*, 35(3), 344–351.
- Lobban, C. S., & Harrison, P. J. (1994). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press New York.
- Liline, S., Rumahlatu, D., Zubaidah, S., Salmanu, S., & Sangur, K. (2024). Influence of physicochemical environmental factors on morphometric characteristics of macroalgae from Ambon Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(4), 1436–1453.
- Maharani, N. P. S., Watiniasih, N. L., & Dewi, A. (2021). Struktur komunitas makroalga di pantai geger dan pantai mengening kabupaten badung. *Simbiosis*, 9(1), 51. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/simbiosis>
- Meriam W. P. M., Kepel R. C., & Lumingas L. J.L. (2016). Inventarisasi Makroalga di Perairan Pesisir Pulau Mantehage Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 4(2). 84-108.
- Mornaten, B. (2019). STUDI KERAPATAN DAN KERAGAMAN JENIS MAKROALGAE PADA PERAIRAN DESA JIKUMERASA, KABUPATEN BURU. *Science Map Journal*, 1(2), 73–85.
- Nurgayah, W. (2020). Struktur Komunitas Makroalga Pada Substrat Yang Berbeda DI Perairan Wandoka, Kecamatan Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*.
- Odum, E. P. (1996). *Dasar-Dasar Ekologi. Terjemahan Samigan dan B. Srigadi*. Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- Pradana, F., Apriadi, T., & Suryanti, A. (2020). Komposisi dan Pola Sebaran Makroalga di Perairan Desa Mantang Baru, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. *Biospecies*, 13(2), 22–31.
- Pongparadon S., Zuccarello G. C., & Prathep A. (2017). *High Morpho-Anatomical Variability in Halimeda macroloba (Bryopsidales, Chlorophyta) in Thai Waters*. Japanese Society of Phycology.
- Prayoga, A., Sobarudin, D. P., & Setiadi, J. (2023). Analisis Pengolahan Accoustic Backscatter pada Data Multibeam Echosounder untuk klasifikasi jenis dasar perairan. *Indonesian Maritime Journal*, 11(4), 23.
- Rugebregt, M. J., Opier, R. D. A., Abdul, M. S., Triyulianti, I., Kesaulya, I., Widiaratih, R., Sunuddin, A., & Kalambo, Y. 2023. Changes in pH associated with temperature and salinity in the Banda Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1163(1), 12001.
- Rasyid, A., Putra, M. Y., Handayani, W, & Yasman. (2025). Macroalgal community structure and beta diversity in the coastal waters of East Lombok, Indonesia. *BIODIVERSITAS*, 26(7), 3115-3124. <https://10.13057/biodiv/d260703>
- Rifa'i, M. A., Syahdan, M., Tony, F., Kudsiah, H., & Mubarak, M. S. (2025). Diversity and spatial distribution of macroalgae in relation to environmental parameters in Teluk Tamiang Waters, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 29(5), 2553–2577.
- Sandy, A. M., Indrayani, I., & Yasidi, F. (2021). Komposisi Jenis Dan Distribusi Makroalga Berdasarkan Tipe Substrat di Perairan Pantai Kampa Desa Wawobili Kabupaten Konawe Kepulauan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 6(1), 19–36.
- Saputra, R., Zibar, Z., Raynaldo, A., Shofiyah, S. S., Marista, E., & Sugara, A. (2023). Distribusi Spasial Kualitas Perairan Pantai

- Pasir Mayang Kabupaten Kayong Utara Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 5(2), 109–117.
- Setyawan, I. B., Prihanta, W., & Purwanti, E. (2015). Identifikasi keanekaragaman dan pola penyebaran makroalga di daerah pasang surut Pantai Pidakan Kabupaten Pacitan sebagai sumber belajar biologi. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 1(1).
- Tell, Y., Kelendonu, K., Malaibana, E., & Zainudin, S. (2024). Komposisi Jenis, Kelimpahan dan Indeks Ekologi Makro Alga di Perairan Desa Bandar Kabupaten Alor. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 15(1), 8–20.
- Utami, F. I., Nuraini, W. P.P., Cahyani, N. I., Muhsin, L. S., Rufaida, Z., & Sari, R. P. (2025). Exploring the Rich Diversity of Seagrass Species in Batu Kotak Coastal Ecosystem. *Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism*, 1(2), 56–60.
<https://journals.widhatulfaeha.id/index.php/jbee/article/view/76>
- Verbruggen, H., & Kooistra, W. H. C. F. (2004). Morphological characterization of lineages within the calcified tropical seaweed genus *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*, 39(2), 213–228.
- Wahyudi, R., Yasir, I., & Samawi, M. F. (2024). COMPOSITION SPECIES AND PERCENTAGE OF MACROALGAE COVERAGE IN CORAL REEF ECOSYSTEMS ITS RELATION TO OCEANOGRAPHIC CONDITIONS OF THE WATERS AROUND LAE-LAE AND BARRANGLOMPO ISLANDS. *JP*, 14(3), 1703–1714.
<https://doi.org/10.29303/jp.v14i3.1046>
- Wahyuni, S., Nufus, H., Kusumawati, I., & Mursawal, A. (2026). Identifikasi Jenis dan Struktur Komunitas Makroalga di Perairan Pantai Desa Lamamek, Pulau Simeulue: Identification of Macroalgae Community Types and Structure in the Coastal Waters of Lamamek Village, Simeulue Island. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 10(2), 244–254.
- Wang, X., Wu, M., Wan, B., Niu, C., Zheng, W., Guan, C., Pang, K., Chen, Z., & Yuan, X. (2021). Evolution of holdfast diversity and attachment strategies of Ediacaran benthic macroalgae. *Frontiers in Earth Science*, 9, 783427.
- Wernberg, T., de Bettignies, T., Joy, B. A., & Finnegan, P. M. (2016). Physiological responses of habitat-forming seaweeds to increasing temperatures. *Limnology and Oceanography*, 61(6), 2180–2190.
- Xu, M., Sakamoto, S., & Komatsu, T. (2016). Attachment strength of the subtidal seaweed *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh varies among development stages and depths. *Journal of Applied Phycology*, 28(6), 3679–3687.
- Yap-Dejeto, L. G., Fabillo, M., & Sison-Mangus, M. (2022). Biodiversity of *Sargassum* (Fucales, Sargassaceae) from Eastern Samar (Philippines) inferred from nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) sequence data. *Applied Phycology*, 3(1), 422–434.