

## Ecological Index and Distribution of Sponges (Porifera) in the Waters of Labuan Beropa Village, South Konawe

Putri Pebrina Sipayung<sup>1</sup>, La Ode Alirman Afu<sup>1\*</sup>, Rahmadani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia;

### Article History

Received : July 06<sup>th</sup>, 2025

Revised : July 14<sup>th</sup>, 2025

Accepted : July 20<sup>th</sup>, 2025

\*Corresponding Author: **La Ode Alirman Afu**, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia;  
Email: [alirmanotsudari@uho.ac.id](mailto:alirmanotsudari@uho.ac.id)

**Abstract:** Tropical coastal ecosystems possess high biodiversity and play a vital role in maintaining ecological functions, supported in part by the presence of sponges (*Porifera*) as filter feeders. This study aimed to identify species diversity, calculate ecological indices, and analyze the distribution patterns of sponges in the coastal waters of Labuan Beropa, South Konawe. Field surveys were conducted through sponge sampling at several observation sites, followed by taxonomic identification, calculation of Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), evenness ( $E$ ), dominance ( $C$ ), and distribution pattern analysis using the Morisita index. Seven benthic sponge species were recorded: *Aaptos pernucleata*, *Aaptos suberitoides*, *Clathria (thalsias)*, *Haliclona cymaeformis*, *Hyrctios erectus*, *Mycale sp.*, and *Xestospongia muta*. The highest density occurred in areas with stable rocky substrates, calm currents, and low anthropogenic disturbance, while the lowest density was observed in areas with intense human activities.  $H'$  values were low (0.632–0.735),  $E$  values were high (0.748–0.869), and  $C$  values were low (<0.3). Distribution patterns were predominantly clumped, with some species exhibiting uniform or random patterns. These findings indicate that habitat physical quality and the degree of anthropogenic pressure are key determinants of sponge community structure. The baseline data generated can be used to support sustainable management and conservation of tropical coastal ecosystems.

**Keywords:** Distribution, Ecological indices, Labuan Beropa, *Porifera*.

### Pendahuluan

Ekosistem pesisir tropis memiliki tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Kawasan ini berperan penting dalam menjaga fungsi ekologis dan menyediakan jasa ekosistem yang esensial bagi keberlanjutan laut. Spons (*Porifera*) merupakan komponen utama ekosistem bentik yang berfungsi sebagai *filter feeder* yang menyaring partikel organik dan anorganik melalui sistem saluran tubuh yang kompleks (Folkers & Rombouts, 2019; Mircheska, 2025). Kemampuan filtrasi memungkinkan spons memompa dan menyaring volume air besar secara efisien. Spons mengonsumsi partikel kecil seperti bakteri dan fitoplankton, sehingga meningkatkan kualitas air

dan menjaga keseimbangan nutrisi ekosistem. Struktur saluran inhalasi dan ekshalasi membantu mengurangi nutrisi limbah serta partikel tersuspensi (Hadi, 2018), sedangkan mikroba simbiosis meningkatkan efisiensi siklus nutrisi (Setiadewi *et al.*, 2023).

Spons memiliki nilai ekonomis yang tinggi, selain perannya dalam ekosistem. Organisme ini menghasilkan metabolit sekunder bioaktif dengan potensi strategis di bidang bioteknologi dan farmasi, seperti senyawa antimikroba, antivirus, dan antitumor. Sebagai contoh, *Haliclona sp.* menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli* (Ode *et al.*, 2019). Potensi bioaktif spons telah banyak diteliti, namun kajian ekologi yang

membahas struktur komunitas dan distribusinya masih terbatas di Indonesia (Fidayat *et al.*, 2021). Padahal, wilayah tropis Indonesia merupakan pusat biodiversitas global yang berpotensi menyimpan keragaman spons yang tinggi. Ketiadaan data ekologi yang komprehensif menjadi hambatan dalam perencanaan konservasi.

Distribusi dan kepadatan spons dipengaruhi oleh faktor oseanografi seperti arus, salinitas, dan suhu, serta ketersediaan substrat keras untuk penempelan larva (Nasrawati *et al.*, 2020). Penelitian menunjukkan substrat buatan juga dapat meningkatkan pertumbuhan spons (Ngurah *et al.*, 2024). Sebaliknya, tekanan antropogenik seperti pariwisata, polusi, dan sedimentasi dapat mengganggu filtrasi spons, menurunkan kesehatan terumbu karang, dan mengurangi produktivitas primer (González - Aravena *et al.*, 2019; Marzuki *et al.*, 2022; Windt *et al.*, 2020). Sensitivitas spons terhadap perubahan kualitas perairan menjadikannya indikator biologis yang andal untuk memantau kesehatan ekosistem (Marzuki *et al.*, 2022). Pendekatan berbasis ekologi meliputi identifikasi spesies, pengukuran parameter lingkungan, dan pemetaan distribusi spasial telah terbukti efektif dalam menjaga keberlanjutan populasi spons. Indeks ekologi seperti Shannon-Wiener ( $H'$ ), keseragaman ( $E$ ), dominansi ( $C$ ), dan Morisita digunakan untuk mengevaluasi stabilitas ekosistem dan mendeteksi degradasi habitat (Musak *et al.*, 2023).

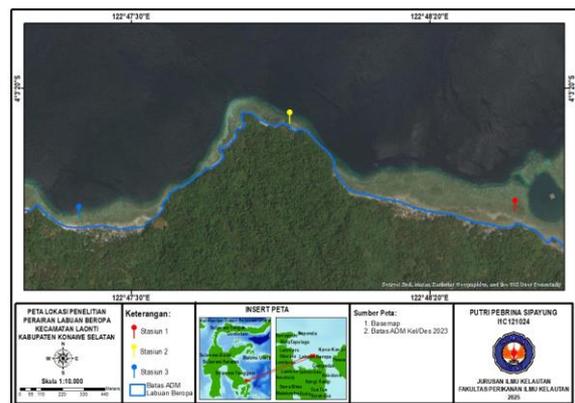
Namun, kajian integratif yang menggabungkan analisis indeks ekologi dan distribusi spasial spons di satu lokasi masih jarang dilakukan di Indonesia. Desa Labuan Beropa, Kabupaten Konawe Selatan, merupakan wilayah pesisir tropis dengan potensi biodiversitas spons tinggi tetapi belum memiliki data baseline ekologi. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi keragaman spesies spons di perairan Desa Labuan Beropa, (2) menghitung indeks ekologi komunitas, dan (3) menganalisis pola distribusi spasialnya. Kebaruan studi ini terletak pada integrasi kajian biodiversitas, indeks ekologi, dan distribusi spasial spons di lokasi yang belum pernah diteliti sebelumnya. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar ilmiah bagi upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem pesisir tropis secara berkelanjutan.

## Bahan dan Metode

### Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga Mei 2025 di perairan Desa Labuan Beropa, Kecamatan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. Penentuan lokasi penelitian dibagi ke dalam tiga stasiun berdasarkan tingkat kepadatan penduduk dan karakteristik lingkungan perairan. Koordinat dan deskripsi setiap stasiun adalah sebagai berikut:

- Stasiun I (Dusun Beropa):  $4^{\circ}3'39.67''S$ ;  $122^{\circ}48'34.92''E$ , daerah dengan kepadatan penduduk tinggi.
- Stasiun II (Tanjung):  $4^{\circ}3'24.97''S$ ;  $122^{\circ}47'59.15''E$ , wilayah tidak berpenghuni.
- Stasiun III (Dusun Baho):  $4^{\circ}3'40.57''S$ ;  $122^{\circ}47'18.65''E$ , wilayah dengan jumlah penduduk rendah.



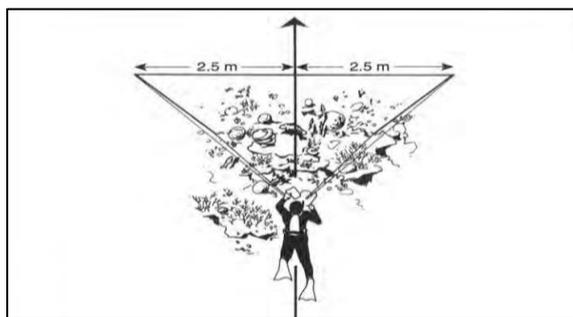
**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Sumber: *Google Earth*)

Bahan penelitian ini meliputi peralatan dasar selam seperti masker, *snorkel*, *fins*, serta peralatan keselamatan penyelaman. Untuk mendokumentasikan spesies spons yang ditemukan digunakan kamera bawah air beresolusi tinggi. Identifikasi spesies dilakukan dengan menggunakan buku panduan taksonomi spons dan referensi gambar yang telah divalidasi secara ilmiah. Selain itu, digunakan transek garis dan kuadrat berukuran  $1 \times 1$  m untuk menghitung kepadatan dan distribusi spons. Alat ukur lingkungan seperti termometer digital, refraktometer untuk salinitas, pH meter, dan *curent meter* untuk mengukur kecepatan arus juga digunakan. Pengambilan sampel bahan organik menggunakan botol sampel steril untuk kemudian dianalisis di laboratorium.

### Pengumpulan data

Pengambilan data keanekaragaman spons dilakukan pada tiga stasiun menggunakan metode transek sabuk (*belt transect*) yang dimodifikasi dari English et al. (1994). Pada setiap stasiun, transek sabuk sepanjang 50 m dibentangkan sejajar garis pantai dengan lebar pengamatan 2,5 m ke kiri dan 2,5 m ke kanan, sehingga luas area pengamatan pada setiap transek adalah 250 m<sup>2</sup>. Pengamatan dilakukan dengan dua kali ulangan pada masing-masing stasiun untuk meningkatkan akurasi data.

Jumlah individu setiap spesies spons yang ditemukan dalam transek dihitung dan diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi dengan mengacu pada buku identifikasi spons. Dokumentasi foto dilakukan sebagai bahan pendukung dalam proses identifikasi. Pengamatan dilakukan secara langsung (*in situ*) dengan penglihatan mata telanjang (*makroskopis*). Selain itu, metode koleksi bebas juga diterapkan untuk melengkapi data biodiversitas dengan merekam jenis spons yang ditemukan di luar jalur transek.



**Gambar 2.** Sketsa Pengambilan Data Penelitian (Sumber: English et al., 1994).

### Analisis data

Analisis data bertujuan untuk menginterpretasikan struktur komunitas spons di perairan Desa Mattirowalie berdasarkan parameter ekologis yang mencakup kepadatan jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, indeks dominansi, dan pola sebaran. Setiap parameter dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif dengan formula dan kriteria yang telah terstandardisasi dalam kajian ekologi perairan.

#### Kepadatan jenis spons

Kepadatan individu tiap jenis spons dihitung menggunakan persamaan 1 (Odum,

1971):

$$D_i = \frac{N_i}{A} \quad (1)$$

dengan:

- $D_i$  = Kepadatan individu spesies jenis ke-*i* (ind/m<sup>2</sup>)
- $N_i$  = Jumlah total individu jenis ke-*i* (ind)
- $A$  = Luas area total pengambilan sampel

#### Indeks Keanekaragaman Jenis (*Shannon-Wiener Index*)

Keanekaragaman jenis spons dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Odum, 1971), dengan persamaan 2.

$$H' = -\sum [p_i \times \log_{10} p_i], \text{ dimana } p_i = \left(\frac{n_i}{N}\right) \quad (2)$$

dengan:

- $H'$  = Indeks keanekaragaman jenis
- $p_i$  = Proporsi jumlah individu spons jenis ke-*i* dengan jumlah total individu seluruh spesies
- $N$  = Jumlah total individu seluruh jenis
- $n_i$  = Jumlah jenis ke-*i*
- $\log_{10}$  = Logaritma

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shhannon-wiener ( $H'$ )

- $H' \leq 1$  = Keanekaragaman rendah
- $1 > H' > 3$  = Keanekaragaman sedang
- $H' \geq 3$  = Keanekaragaman tinggi

#### Indeks Keseragaman (*Evenness Index*)

Indeks keseragaman dihitung untuk mengukur tingkat pemerataan individu antarjenis dalam komunitas (Odum, 1971), menggunakan persamaan 3.

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

- $E$  : Indeks keseragaman
- $H'$  : Indeks keanekaragaman
- $H_{\max}$  : Jumlah spesies

Kriteria indeks keseragaman (Odum, 1971):

- $E > 0.4$  = Keseragaman populasi kecil
- $0.4 > E > 0.6$  = Keseragaman populasi sedang

$E < 0.6$  = Keseragaman populasi tinggi

*Indeks Dominansi (Simpson's Dominance Index)*

Indeks dominansi dihitung untuk mengetahui tingkat dominasi spesies tertentu dalam komunitas. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus Simpson pada persamaan 4.

$$C = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

- C : Indeks dominansi Simson
- $n_i$  : Jumlah individu tiap jenis
- N : Jumlah total individu

Kriteria indeks dominansi (Odum, 1971):

- Mendekati 0 = Tidak ada jenis yang mendominasi ( $C < 0.5$ )
- $0.5 < C \leq 0.75$  = Dominansi jenis sedang
- C mendekati 1 = Ada jenis yang mendominasi ( $C > 0.5$ )

*Pola Sebaran (Morisita Index)*

Pola sebaran spons dianalisis menggunakan indeks Morisita (Krebs, 2014), dengan persamaan 5.

$$I_p = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

- $I_p$  = Indeks persebaran morisita
- N = Jumlah pengambilan sampel
- $\sum x$  = Jumlah individu dalam setiap titik kuadran
- $\sum x^2$  = Jumlah individu dikuadratkan di setiap titik kuadran

Setelah dianalisis, didapatkan keterangan sebagaimana dijelaskan di bawah ini:

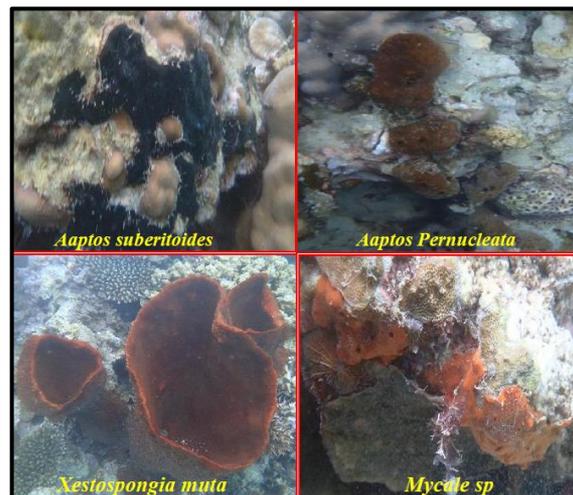
- $I_p = 0$  = Maka penyebarannya adalah random /acak
- $I_p < 0$  = Maka penyebarannya adalah seragam
- $I_p > 0$  = Maka penyebarannya adalah mengelompok

**Hasil dan Pembahasan**

**Kepadatan Spons di Perairan Labuan Beropa**

Pengamatan di perairan Desa Labuan Beropa mengidentifikasi tujuh spesies spons

bentuk yang berperan penting dalam ekosistem, yaitu *Aaptos pernucleata*, *Aaptos suberitoides*, *Clathria (Thalysias)*, *Haliclona cymaeformis*, *Hyrrios erectus*, *Mycale sp.*, dan *Xestospongia muta*.



**Gambar 3.** Dominan spesies spons yang ditemukan pada lokasi pengamatan

Gambar 3 menampilkan spesies dominan yang mewakili karakteristik utama komunitas bentik di lokasi pengamatan, di mana dominasi ini kerap dijadikan indikator kestabilan ekosistem pesisir. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian di Pulau Layang dan Pulau Cukus yang juga mencatat keberadaan *Haliclona cymaeformis* dan *Aaptos suberitoides* sebagai bagian struktur komunitas spons di habitat laut Indonesia (Siska *et al.*, 2018).

Spesies yang ditemukan menunjukkan adaptasi tinggi terhadap kondisi oseanografi lokal seperti variasi arus, jenis substrat, dan tingkat kekeruhan. Spesies dominan cenderung lebih toleran terhadap perubahan lingkungan dan dapat bertahan di kondisi suboptimal (Marzuki, 2018). Peran ekologis spons meliputi fungsi sebagai penyaring air, habitat bagi organisme lain, serta penyedia nutrisi dalam jaring makanan laut (Varijakzhan *et al.*, 2021). Kemampuan beradaptasi ini juga menjadi indikator respons terhadap perubahan iklim yang dapat memengaruhi distribusi spesies (Kang *et al.*, 2018).

Beberapa spesies memiliki nilai bioaktif dan manfaat ekologis tinggi. *Clathria (Thalysias)* mengandung senyawa antibakteri dan antiinflamasi yang efektif menghambat enzim

terkait peradangan (Francis & Chakraborty, 2022). *Xestospongia muta* berfungsi sebagai penyedia habitat penting bagi biota laut (Abbas & Mahmoud, 2022). *Hyrtios erectus* dan *Mycale* sp. memiliki simbiosis dengan bakteri pengurai polutan seperti hidrokarbon, mendukung proses biodegradasi di laut (Marzuki *et al.*, 2021). Sementara itu, *Haliclona cymaeformis* mengandung senyawa antimikroba yang berpotensi sebagai agen biokontrol untuk pengobatan infeksi (García *et al.*, 2018).

Keberadaan beragam spesies spons ini mencerminkan kekayaan bentik dan tingginya keanekaragaman hayati perairan Labuan Beropa. Pelestarian ekosistem laut menjadi krusial untuk menjaga keseimbangan habitat dan keberlanjutan spesies, mengingat ancaman dari aktivitas

manusia (Muricy *et al.*, 2024). Upaya perlindungan juga memberikan manfaat langsung bagi masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya laut (Varijakzhan *et al.*, 2021).

Kepadatan spons bervariasi antarstasiun, dengan nilai tertinggi pada Stasiun III (0,286 ind/m<sup>2</sup>), diikuti Stasiun II (0,186 ind/m<sup>2</sup>), dan terendah pada Stasiun I (0,084 ind/m<sup>2</sup>). Pada tingkat spesies, *Aptos suberitoides* menunjukkan kepadatan rata-rata tertinggi (0,051 ind/m<sup>2</sup>), sedangkan *Clathria (thalysias)* memiliki kepadatan terendah (0,013 ind/m<sup>2</sup>). Tabel 1 menyajikan data kepadatan setiap spesies di masing-masing stasiun, yang menggambarkan variasi distribusi komunitas spons di lokasi penelitian.

**Tabel 1.** Kepadatan spons di perairan Labuan Beropa

No.	Jenis Spons	Kepadatan Spons (ind/m <sup>2</sup> )			
		Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Rata-rata
1	<i>Aptos pernucleata</i>	0.018	0.046	0.03	0.031
2	<i>Aptos suberitoides</i>	0.014	0.054	0.084	0.051
3	<i>Clathria (thalysias)</i>	0	0.028	0.012	0.013
4	<i>Haliclona cymaeformis</i>	0	0.008	0.008	0.005
5	<i>Hyrtios erectus</i>	0.004	0	0.07	0.025
6	<i>Mycale</i> sp.	0.032	0.036	0.062	0.043
7	<i>Xestospongia muta</i>	0.016	0.014	0.02	0.017

Variasi kepadatan spons di perairan Desa Labuan Beropa menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antarstasiun penelitian. Data hasil pengamatan memperlihatkan bahwa Stasiun III memiliki kepadatan tertinggi, diikuti oleh Stasiun II, dan terendah di Stasiun I. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan, kondisi substrat, dan tingkat tekanan antropogenik memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi dan kelimpahan spons di wilayah ini.

Stasiun III menunjukkan kondisi habitat yang relatif optimal bagi pertumbuhan spons. Arus perairan yang tenang, sekitar 0,05 m/s, memungkinkan partikel organik tersuspensi tetap tersedia di kolom air, namun tidak mengganggu proses penempelan larva. Substrat batuan yang stabil di lokasi ini menyediakan permukaan ideal untuk perlekatan, yang menjadi faktor penting bagi organisme bentik dengan mobilitas larva terbatas seperti spons.

Kondisi di Stasiun III menunjukkan lingkungan yang mendukung kesehatan populasi

spons. Rendahnya gangguan antropogenik seperti penangkapan ikan destruktif, lalu lintas perahu, dan pembangunan pesisir mengurangi risiko kerusakan substrat serta gangguan mekanis pada koloni spons. Keberadaan substrat yang stabil menjadi faktor kunci yang memfasilitasi pertumbuhan dan kolonisasi, Gan *et al.* (2024) menyatakan bahwa keberhasilan kolonisasi spons sangat bergantung pada kestabilan substrat dan minimnya gangguan fisik. Stabilitas ini memungkinkan spons menempel dengan kuat dan tumbuh tanpa terancam oleh faktor eksternal yang merugikan.

Selain substrat, kualitas air di Stasiun III terjaga dengan baik. Kandungan partikel organik yang memadai menyediakan sumber nutrisi yang diperlukan bagi pertumbuhan spons. Hal ini sejalan dengan temuan Fidayat *et al.* (2021), yang menjelaskan bahwa suplai bahan organik dan kestabilan parameter fisika-kimia perairan berperan penting dalam produktivitas spons.

Berbeda dengan Stasiun III, Stasiun I menunjukkan kepadatan spons yang terendah.

Lokasi ini terpapar tekanan antropogenik lebih tinggi, seperti intensitas penangkapan ikan, lalu lintas perahu, dan aktivitas pesisir yang meningkatkan kekeruhan air. Peningkatan kekeruhan dapat menghambat penetrasi cahaya, mempengaruhi kualitas fotosintesis simbiosis, serta menutupi pori-pori spons yang digunakan untuk filtrasi.

Kondisi arus di Stasiun I relatif lebih kuat dibandingkan dua stasiun lainnya, menjadi faktor penting dalam proses penempelan larva spons pada substrat. Kecepatan arus yang terlalu tinggi dapat menghambat keberhasilan penempelan dan bahkan melepaskan koloni spons muda yang belum memiliki ikatan kuat dengan substrat. Li et al., (2021) menyatakan bahwa kuatnya arus juga dapat berdampak negatif pada keberadaan beberapa spesies bakteri, termasuk Bacteroidetes, yang berperan dalam proses penyelesaian larva spons.

Analisis tingkat spesies menunjukkan bahwa *Aaptos suberitoides* memiliki toleransi lingkungan yang sangat tinggi, memungkinkannya beradaptasi dengan variasi arus dan jenis substrat yang beragam. Fleksibilitas fisiologis dan morfologis yang dimiliki genus *Aaptos*, termasuk *A. suberitoides*, membuatnya mampu bertahan di lingkungan dengan heterogenitas tinggi (Shiau et al., 2022). Ditemukannya spesies ini di seluruh stasiun dengan kepadatan relatif tinggi mengindikasikan kemampuannya mengoptimalkan sumber daya dan berinteraksi secara efisien dengan komunitas lainnya, yang menjadi penanda keberhasilan adaptasinya.

Keberhasilan ini tidak hanya terkait dengan karakter morfologis, tetapi juga kemampuan berinteraksi dengan mikrobiota simbiotik. Kombinasi bakteri yang hidup di dalam tubuh *A. suberitoides* mendukung metabolisme spons dan memungkinkan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi (Alsaadi et al., 2022). Kehadiran spesies mikroba yang konsisten pada komunitas *Aaptos* memberikan kontribusi signifikan terhadap toleransi lingkungan, termasuk dalam menghadapi stres ekologi.

Sebaliknya, *Clathria (thalysias)* menunjukkan distribusi terbatas dan tidak ditemukan di Stasiun I. Ketidakhadirannya di lokasi dengan tekanan antropogenik tinggi mengindikasikan bahwa spesies ini memiliki

toleransi lingkungan yang rendah dan cenderung memerlukan kondisi habitat yang stabil. Sensitivitas ini menjadikan *Clathria (thalysias)* sebagai kandidat indikator biologis yang potensial untuk memantau perubahan lingkungan pesisir.

Spesies *Mycale* sp. memperlihatkan kepadatan relatif seragam di semua stasiun. Hal ini mengindikasikan kapasitas adaptasi yang sebanding dengan *Aaptos suberitoides*, meskipun faktor-faktor yang memengaruhi distribusi *Mycale* sp. kemungkinan lebih dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan kondisi substrat daripada oleh tingkat gangguan antropogenik.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan konsistensi hasil. Putra et al. (2024) melaporkan kepadatan spons di Kepulauan Spermonde rata-rata 0,2–0,3 ind/m<sup>2</sup> pada ekosistem pesisir dengan substrat keras dan minim gangguan. Habitat dengan substrat keras yang luas dan stabil mendukung kepadatan spons yang tinggi. Substrat keras memberikan permukaan, stabilitas, dan perlindungan yang mendukung pertumbuhan, adaptasi, serta kelangsungan hidup spons, sekaligus meningkatkan keanekaragaman dan kepadatan populasi (Hawkes et al., 2019; Onsri et al., 2024).

Secara ekologis, kepadatan spons yang tinggi memiliki implikasi penting. Spons dengan populasi melimpah berkontribusi signifikan terhadap kapasitas filtrasi air, mempercepat sirkulasi nutrisi, dan mempertahankan kejernihan perairan. Efek ini berdampak pada produktivitas ekosistem secara keseluruhan, termasuk mendukung kelimpahan fitoplankton dan organisme tingkat trofik lainnya.

*Selain* itu, keberadaan spons dalam jumlah besar juga berperan dalam menjaga stabilitas jangka panjang ekosistem pesisir. Spons dapat menjadi penyangga terhadap perubahan lingkungan, karena kemampuan filtrasi dan interaksi simbiotiknya membantu mengatur siklus biogeokimia. Peran ini semakin krusial pada ekosistem tropis yang rentan terhadap perubahan iklim dan tekanan manusia.

### **Indeks Ekologi Spons di Perairan Labuan Beropa**

Indeks ekologi digunakan untuk mengevaluasi struktur komunitas spons, mencakup tiga parameter utama, yaitu keanekaragaman ( $H'$ ), keseragaman  $C$ , dan

dominansi ©. Hasil analisis menunjukkan variasi nilai antarstasiun dengan kecenderungan pola yang konsisten. Nilai keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) berada pada kategori rendah di semua stasiun, dengan nilai tertinggi pada Stasiun III (0,735), diikuti Stasiun II (0,711), dan

terendah pada Stasiun I (0,632). Nilai keseragaman © tergolong tinggi (0,748–0,869), sementara nilai dominansi © rendah (<0,3). Rincian nilai ketiga parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Indeks Ekologi Spons di Perairan Labuan Beropa

Stasiun	$H'$ (Keanekaragaman)	E (Keseragaman)	C (Dominansi)
I	0.632 (Rendah)	0.748 (Tinggi)	0.257 (Rendah)
II	0.711 (Rendah)	0.842 (Tinggi)	0.213 (Rendah)
III	0.735 (Rendah)	0.869 (Tinggi)	0.212 (Rendah)

Nilai keanekaragaman yang rendah di seluruh stasiun menunjukkan keterbatasan spesies yang mampu beradaptasi dengan kondisi habitat, mengindikasikan adanya tekanan lingkungan tinggi. Faktor seperti homogenitas substrat, tekanan antropogenik, dan keterbatasan ruang hidup berkontribusi terhadap rendahnya keragaman (Nasrawati et al., 2020). Homogenitas substrat akibat sedimentasi atau ketidakstabilan geomorfologi membatasi spesies yang bergantung pada jenis substrat tertentu, sementara spesies dengan toleransi lingkungan luas cenderung mendominasi (Sofiyani et al., 2021).

Tekanan antropogenik seperti penangkapan ikan destruktif dan pembangunan pesisir juga mengurangi jumlah spesies, termasuk spons dan organisme benthik lainnya (Rusianti et al., 2022). Tingginya dominasi spesies toleran sering kali menjadi indikator kerusakan habitat. Rendahnya keanekaragaman membuat ekosistem lebih rentan terhadap gangguan, termasuk hilangnya spesies pengatur yang dapat mengubah dinamika ekosistem secara keseluruhan.

Kualitas habitat yang menurun akibat aktivitas manusia dapat mengubah keseimbangan biogeokimia dan memengaruhi biomassa karbon vegetasi, berdampak pada komunitas spons di sekitarnya (Kepel et al., 2021). Untuk mengatasi hal ini, strategi konservasi seperti rehabilitasi mangrove dan pemulihan habitat pesisir direkomendasikan guna memperkuat ketahanan ekosistem (Sayori et al., 2022).

Keanekaragaman spesies dalam ekosistem dapat berfluktuasi akibat faktor seperti kompetisi antarspesies dan ketersediaan sumber daya. Meskipun tingkat keanekaragaman mungkin

rendah, keseragaman yang tinggi menunjukkan distribusi individu yang relatif merata, menandakan tidak adanya dominasi satu spesies atas spesies lain. Kondisi ini mengindikasikan adanya keseimbangan dalam perebutan ruang dan sumber daya. Ousterhout et al. (2019) menyatakan bahwa keseragaman tinggi merupakan indikator penting stabilitas ekosistem dalam menghadapi tekanan kompetisi.

Keseragaman tinggi juga berdampak positif terhadap ketahanan ekosistem. Dengan distribusi yang seimbang, fungsi ekologis komunitas dapat tetap berjalan meskipun terjadi penurunan populasi pada salah satu spesies. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan fungsi ekosistem dalam menghadapi perubahan lingkungan yang tidak terduga.

Nilai dominansi yang rendah (<0,3) pada seluruh stasiun menunjukkan bahwa tidak ada spesies tunggal yang mendominasi komunitas secara signifikan. Komunitas dengan dominansi rendah cenderung memiliki keragaman fungsi biologis yang lebih luas, yang membuatnya lebih tahan terhadap gangguan eksternal (Musak et al., 2023).

Kondisi di Stasiun III yang memiliki nilai keanekaragaman dan keseragaman tertinggi, serta dominansi terendah, menggambarkan habitat yang paling optimal bagi pertumbuhan spons. Kombinasi substrat stabil, arus sedang, dan gangguan antropogenik yang rendah menciptakan lingkungan yang mendukung komunitas spons yang seimbang dan fungsional.

Sebaliknya, Stasiun I dengan nilai keanekaragaman terendah dan dominansi tertinggi menunjukkan indikasi habitat yang terdegradasi. Aktivitas manusia yang intens, seperti penangkapan ikan dan lalu lintas perahu, meningkatkan tekanan ekologis yang dapat

membatasi pertumbuhan spesies yang lebih sensitif terhadap gangguan lingkungan.

Indeks ekologi spons yang menunjukkan distribusi individu merata dan dominansi rendah berperan penting bagi keberlangsungan fungsi ekosistem pesisir. Sebagai *filter feeder*, spons menyaring partikel organik, mendaur ulang nutrisi, dan menjaga kualitas air, sehingga tidak hanya berfungsi dalam rantai makanan, tetapi juga mendukung siklus biogeokimia yang menjaga kesehatan ekosistem laut. Kahn et al. (2018) menegaskan bahwa kemampuan spons dalam menyaring air meningkatkan transparansi perairan dan mengurangi konsentrasi bahan pencemar, yang penting bagi kelangsungan hidup spesies lain.

Namun demikian, rendahnya keanekaragaman spesies tetap menjadi tanda peringatan terhadap potensi kerentanan ekosistem dalam jangka panjang. Ekosistem dengan keanekaragaman rendah cenderung memiliki kapasitas adaptasi yang terbatas terhadap perubahan lingkungan ekstrem, seperti kenaikan suhu atau peningkatan sedimentasi (Nasrawati et al., 2020). Oleh karena itu, upaya pengelolaan yang diarahkan untuk mengurangi tekanan antropogenik dapat berkontribusi dalam meningkatkan keanekaragaman dan menjaga stabilitas ekosistem spons di Labuan Beropa.

Nilai keanekaragaman ( $H'$ ) yang rendah di perairan Labuan Beropa memiliki kesamaan pola dengan hasil penelitian di wilayah pesisir yang mengalami tekanan antropogenik sedang hingga tinggi. Misalnya, studi Musak et al. (2023) di perairan Teluk Ambon melaporkan nilai  $H' < 1$  pada lokasi dengan aktivitas perikanan intensif dan substrat yang homogen. Kondisi serupa juga ditemukan oleh Fidayat et al. (2021) di perairan Karimunjawa, di mana keanekaragaman rendah terjadi pada area dengan sedimentasi tinggi akibat aktivitas pariwisata dan pembangunan pesisir.

Sebaliknya, penelitian Putra et al. (2024) di Kepulauan Spermonde mencatat nilai  $H' > 1,5$  pada habitat dengan substrat keras yang luas, kualitas air baik, dan minim gangguan manusia. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan kondisi lingkungan dan tekanan antropogenik menjadi faktor penentu utama variasi nilai keanekaragaman spons antarwilayah.

Di Labuan Beropa, indeks keseragaman (E) yang tinggi, berkisar antara 0,748–0,869,

menunjukkan distribusi individu spons yang merata di antara berbagai spesies. Kondisi ini selaras dengan temuan Setyaningsih et al., (2024) bahwa komunitas spons berperan penting dalam stabilitas ekosistem pesisir melalui interaksi dalam struktur yang kompleks. Nilai keseragaman yang tinggi juga mengindikasikan tidak adanya dominasi berlebihan oleh satu spesies, sehingga tercipta keseimbangan kompetisi antarspesies.

Nilai dominansi (C) yang rendah, kurang dari 0,3, di Labuan Beropa menunjukkan bahwa komunitas spons memiliki diversifikasi fungsi biologis yang luas. Kondisi ini sejalan dengan Fidayat et al. (2021) yang menekankan pentingnya keanekaragaman dalam menjaga fungsi ekosistem spons. Diversifikasi ini menjadi faktor kunci bagi ketahanan ekosistem pesisir, terutama saat menghadapi gangguan mendadak seperti badai atau perubahan kualitas air.

Namun, jika dibandingkan dengan studi di Wakatobi oleh Windt et al. (2020), komunitas spons di Labuan Beropa memiliki tantangan tersendiri. Meskipun nilai keseragaman dan dominansi menunjukkan stabilitas komunitas, nilai keanekaragaman yang rendah menunjukkan keterbatasan kapasitas adaptasi jangka panjang. Hal ini menjadi indikasi bahwa pengelolaan ekosistem di Labuan Beropa perlu diarahkan tidak hanya pada menjaga keseragaman, tetapi juga meningkatkan jumlah spesies melalui perbaikan kualitas habitat.

Indeks ekologi spons di Labuan Beropa menunjukkan keseragaman tinggi dan dominansi rendah ( $C < 0,3$ ), mencerminkan fungsi ekologis yang seimbang dalam komunitas spons. Sebagai filter feeder, spons menyaring partikel organik, mendaur ulang nutrisi, dan menjaga kejernihan air tanpa ketergantungan pada satu spesies tertentu, sehingga lebih tahan terhadap gangguan lingkungan. Kondisi ini mencegah persaingan merugikan antarspesies dan mendukung ketahanan ekosistem terhadap tekanan eksternal seperti polusi atau perubahan kualitas air mendadak.

Secara ilmiah, kondisi ini memberikan peluang untuk mempertahankan stabilitas fungsi ekosistem melalui pengelolaan berbasis keseragaman komunitas. Namun, nilai keanekaragaman yang rendah mengindikasikan potensi kerentanan terhadap perubahan lingkungan ekstrem, seperti kenaikan suhu laut

atau peningkatan sedimentasi (Nasrawati et al., 2020).

### Pola Sebaran Spons di Perairan Labuan Beropa

Analisis menggunakan indeks Morisita menunjukkan bahwa sebagian besar spesies spons di perairan Labuan Beropa memiliki pola distribusi mengelompok pada ketiga stasiun pengamatan, meskipun beberapa spesies memperlihatkan pola seragam atau acak (Tabel 3). Pola mengelompok terlihat dominan pada *Aaptos pernucleata*, *Aaptos suberitoides*, *Clathria (thalysias)*, *Haliclona cymaeformis*, *Mycale sp.*, dan *Xestospongia muta*, khususnya di Stasiun III yang memiliki substrat batuan luas. Sementara itu, pola seragam ditemukan pada *Aaptos suberitoides* di Stasiun I, *Clathria*

(*thalysias*) di Stasiun II, dan *Mycale sp.* di Stasiun I, yang mengindikasikan adanya distribusi individu yang relatif merata. Pola acak ditemukan pada beberapa spesies seperti *Aaptos pernucleata* dan *Hyrtios erectus* di Stasiun I, mencerminkan ketidakpastian persebaran yang kemungkinan terkait dengan gangguan habitat.

Pola mengelompok pada komunitas spons sering dipengaruhi oleh keterbatasan mobilitas larva, yang hanya memiliki fase renang singkat sebelum menetap di substrat. Nava et al. (2018) menunjukkan bahwa larva spons cenderung menetap dekat dengan induknya, sehingga meningkatkan peluang terbentuknya agregasi di area tertentu. Distribusi substrat keras yang tidak merata di pesisir juga memperkuat fenomena ini, karena larva lebih banyak menetap di lokasi dengan kondisi ideal untuk penempelan.

**Tabel 3.** Pola Sebaran Spons di Perairan Labuan Beropa

Jenis Spons	Pola Sebaran Spons		
	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
<i>Aaptos pernucleata</i>	0 (Acak)	0,010 (Mengelompok)	0,015 (Mengelompok)
<i>Aaptos suberitoides</i>	-0,003 (Seragam)	0,011 (Mengelompok)	0,010 (Mengelompok)
<i>Clathria (thalysias)</i>	0,56 (Mengelompok)	-0,002 (Seragam)	0,018 (Mengelompok)
<i>Haliclona cymaeformis</i>	0 (Acak)	0,010 (Mengelompok)	0,025 (Mengelompok)
<i>Hyrtios erectus</i>	0 (Acak)	-0,002 (Seragam)	0,011 (Mengelompok)
<i>Mycale sp.</i>	-0,005 (Seragam)	0,010 (Mengelompok)	0,023 (Mengelompok)
<i>Xestospongia muta</i>	0,001 (Mengelompok)	-0,001 (Seragam)	0,017 (Mengelompok)

Komunitas spons di habitat substrat keras cenderung membentuk pola mengelompok, yang menurut Nasrawati et al. (2020) kemungkinan besar disebabkan oleh terbatasnya penyebaran larva. Larva spons umumnya menetap dekat koloni induknya, sehingga meningkatkan peluang terbentuknya agregasi di sekitar habitat tersebut. Pola distribusi *Aaptos suberitoides* dan *Mycale sp.* menunjukkan kecenderungan seragam, yang dapat menjadi strategi ekologis untuk mengurangi kompetisi ruang dan memastikan akses sumber daya yang merata. Dalam ekosistem dengan tekanan kompetisi tinggi, spons sering mengadopsi pola ini untuk menghindari konfrontasi langsung dengan organisme lain yang berebut ruang dan nutrisi (Evans & Montagnes, 2019).

Pola distribusi seragam tidak hanya mendukung efisiensi pemanfaatan sumber daya, tetapi juga berkontribusi pada stabilitas ekosistem secara keseluruhan. Sementara itu, pola acak yang ditemukan di beberapa lokasi

memiliki kemiripan dengan hasil penelitian Musak et al. (2023) yang mengaitkan fenomena ini dengan gangguan fisik, seperti aktivitas penangkapan ikan atau lalu lintas perahu, yang dapat memecah koloni spons dan memindahkan individu secara acak.

Pola distribusi memiliki implikasi penting bagi keberlanjutan populasi spons dan fungsi ekologis ekosistem pesisir. Pola mengelompok dapat meningkatkan peluang fertilisasi eksternal karena jarak antarindividu yang dekat memudahkan pertemuan gamet (Hanif et al., 2019). Namun, pola ini juga meningkatkan kerentanan terhadap gangguan lokal, di mana kerusakan pada satu area dapat mengakibatkan hilangnya sejumlah besar individu sekaligus. Sebaliknya, distribusi seragam cenderung memberikan stabilitas jangka panjang dengan mengurangi kompetisi internal, sedangkan distribusi acak sering menjadi indikator habitat yang tidak stabil atau tertekan.

Analisis hubungan antara faktor lingkungan dan struktur komunitas spons di perairan Labuan Beropa menunjukkan bahwa parameter oseanografi seperti kecepatan arus, suhu, salinitas, dan jenis substrat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepadatan, keanekaragaman, dan pola distribusi spons. Stasiun III yang memiliki kecepatan arus rendah (0,05 m/s), suhu relatif stabil (28–29 °C), salinitas optimum (33–34 ‰), dan substrat batuan luas mendukung kepadatan serta keanekaragaman spons tertinggi. Sebaliknya, Stasiun I dengan arus lebih kuat (>0,1 m/s), substrat pasir kasar bercampur kerikil, dan tingkat kekeruhan lebih tinggi menunjukkan kepadatan dan keanekaragaman spons terendah.

Jenis substrat menjadi salah satu faktor dominan yang memengaruhi penempelan larva spons. Substrat keras seperti batuan dan karang mati di Stasiun III menyediakan permukaan stabil bagi larva untuk melekat dan tumbuh. Sebaliknya, substrat lepas seperti pasir dan kerikil di Stasiun I tidak mendukung penempelan yang efektif, bahkan meningkatkan risiko lepasnya larva akibat arus kuat.

Temuan ini sejalan dengan studi Nasrawati et al. (2020) yang menunjukkan bahwa keberhasilan kolonisasi spons sangat dipengaruhi oleh kestabilan substrat dan kualitas fisik perairan. Substrat keras memungkinkan pembentukan koloni yang tahan terhadap gangguan fisik, sementara substrat lepas rentan terhadap erosi dan sedimentasi. Baharudin et al. (2022) menyatakan bahwa habitat dengan substrat batuan luas dan arus sedang memiliki kepadatan spons lebih tinggi dibandingkan habitat berarus kuat dan substrat tidak stabil. Temuan ini konsisten dengan berbagai penelitian lain yang menegaskan pengaruh arus terhadap kelangsungan hidup dan distribusi spons.

Arus laut memegang peran penting dalam menentukan distribusi spons di ekosistem maritim. Arus yang terlalu kuat dapat menghambat penempelan larva, menurunkan keberhasilan rekrutmen, dan merusak individu dewasa (Baharudin et al., 2022). Variasi kekuatan arus di perairan Lalowaru memengaruhi keanekaragaman dan kepadatan spons, yang berperan sebagai *filter feeder* penting bagi komunitas bentik laut (Setyanto, 2020). Hubungan antara faktor lingkungan dan struktur komunitas spons di Labuan Beropa

memperkuat pemahaman bahwa keberhasilan populasi spons tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan habitat, tetapi juga oleh stabilitas kondisi oseanografi.

## Kesimpulan

Penelitian ini mencatat tujuh spesies spons bentik di perairan Desa Labuan Beropa, dengan kepadatan tertinggi pada area yang memiliki substrat batuan stabil, arus tenang, dan gangguan antropogenik rendah. Indeks ekologi menunjukkan keanekaragaman rendah, keseragaman tinggi, dan dominansi rendah, sementara pola distribusi didominasi mengelompok. Kondisi fisik habitat dan tekanan antropogenik terbukti memengaruhi struktur komunitas spons. Disarankan pengelolaan berbasis konservasi habitat inti dan rehabilitasi wilayah terdegradasi untuk menjaga keberlanjutan fungsi ekologis ekosistem pesisir.

## Referensi

- Abbas, S., & Mahmoud, H. (2022). Identification of Sponge-Associated Bacteria From the Coast of Kuwait and Their Potential Biotechnological Applications. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.896718>
- Alsaadi, A., Ganesen, S. S. K., Amelia, T. S. M., Moanis, R., Peeters, E., Vigneswari, S., & Bhubalan, K. (2022). Polyhydroxyalkanoate (PHA) Biopolymer Synthesis by Marine Bacteria of the Malaysian Coral Triangle Region and Mining for PHA Synthase Genes. *Microorganisms*, 10(10), 2057. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10102057>
- Baharudin, A., Tangke, U., & Titaheluw, S. S. (2022). Distribusi Parameter Oseanografi Dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Kecil Untuk Pemetaan Distribusi Daerah Potensial Penangkapan Di Perairan Teluk Weda. *Jurnal Biosainstek*, 4(1). <https://doi.org/10.52046/biosainstek.v4i1.719>
- English S, Wilkinson C, Baker V. (1994). *Survei Manual For Tropical Marine Resources*.

- ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources.
- Evans, K. L., & Montagnes, D. J. S. (2019). Freshwater Sponge (Porifera: Spongillidae) Distribution Across a Landscape: Environmental Tolerances, Habitats, and Morphological Variation. *Invertebrate Biology*, 138(3). <https://doi.org/10.1111/ivb.12258>
- Fidayat, F., Lestari, F., & Nugraha, A. H. (2021). Keanekaragaman Spons pada Ekosistem Padang Lamun di Perairan Malang Rapat, Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 4(2), 71–83. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v4i2.2469>
- Folkers, M., & Rombouts, T. (2019). *Sponges Revealed: A Synthesis of Their Overlooked Ecological Functions Within Aquatic Ecosystems*. 181–193. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4_9)
- Francis, P., & Chakraborty, K. (2022). Undescribed Anti-Inflammatory Thalysiaketides From Marine Sponge *Clathria* (*Thalysias*) *vulpina* (Lamarck, 1814). *Chemistry & Biodiversity*, 19(3). <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100838>
- Gan, B. C., Wang, K., Zhang, B., Jia, C., Lin, X., Zhao, J., & Ding, S. (2024). Dynamic Microbiome Diversity Shaping the Adaptation of Sponge Holobionts in Coastal Waters. *Microbiology Spectrum*, 12(11). <https://doi.org/10.1128/spectrum.01448-24>
- García, P. A., Martín, E. V, Díez, D., & Castro, M. Á. (2018). Marine Alkylpurines: A Promising Group of Bioactive Marine Natural Products. *Marine Drugs*, 16(1), 6. <https://doi.org/10.3390/md16010006>
- González-Aravena, M., Kenny, N. J., Osorio, M., Font, A., Riesgo, A., & Cárdenas, C. A. (2019). Warm Temperatures, Cool Sponges: The Effect of Increased Temperatures on the Antarctic Sponge *Isodictya* sp. *Peerj*, 7, e8088. <https://doi.org/10.7717/peerj.8088>
- Hadi, T. A. (2018). Peranan Ekologis Spons Pada Ekosistem Terumbu Karang. *Oseana*. <https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.1.15>
- Hawkes, N., Korabik, M., Beazley, L., Rapp, H. T., Xavier, J. R., & Kenchington, E. (2019). Glass Sponge Grounds on the Scotian Shelf and Their Associated Biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*, 614, 91–109. <https://doi.org/10.3354/meps12903>
- Kahn, A., Chu, J. W. F., & Leys, S. P. (2018). Trophic Ecology of Glass Sponge Reefs in the Strait of Georgia, British Columbia. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19107-x>
- Kang, H. K., Choi, M., Seo, C., & Park, Y. (2018). Therapeutic Properties and Biological Benefits of Marine-Derived Anticancer Peptides. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 919. <https://doi.org/10.3390/ijms19030919>
- Kepel, T. L., Mbay, L. O. N., Nugraha, R., Jayawiguna, M. H., Sudirman, N., & Mangindaan, P. (2021). Tekanan Ekologi Dan Nilai Moneter Karbon Biru Ekosistem Mangrove Muara Gembong, Teluk Jakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(2), 135. <https://doi.org/10.15578/jkn.v16i2.9917>
- Krebs, C. J. (2014). Ecology Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. In *BioScience* (Sixth Edit, Vol. 23, Issue 4). Pearson Education Limited. <https://doi.org/10.2307/1296598>
- Li, M., Wang, K., Jia, C., Liu, T., Yang, S., Ou, H., & Zhao, J. (2021). Bacteroidetes Bacteria, Important Players in the Marine Sponge Larval Development Process. *Iscience*, 24(6), 102662. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102662>
- Marzuki, I. (2018). *Skrining Spons Potensial Sebagai Biodegradator Hidrokarbon Berdasarkan Data Morfologi*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/m5dws>
- Marzuki, I., Asaf, R., Paena, M., Athirah, A., Nisaa, K., Ahmad, R., & Kamaruddin, M. (2021). Anthracene and Pyrene Biodegradation Performance of Marine Sponge Symbiont Bacteria Consortium. *Molecules*, 26(22), 6851. <https://doi.org/10.3390/molecules26226851>
- Marzuki, I., Septiningsih, E., Kaseng, E. S.,

- Herlinah, H., Sahrijanna, A., Sahabuddin, S., Asaf, R., Athirah, A., Isnawan, B. H., Samidjo, G. S., Rumagia, F., Hamidah, E., Santi, I. S., & Nisaa, K. (2022). Investigation of Global Trends of Pollutants in Marine Ecosystems Around Barrang Caddi Island, Spermonde Archipelago Cluster: An Ecological Approach. *Toxics*, 10(6), 301. <https://doi.org/10.3390/toxics10060301>
- Mircheska, S. T. (2025). *Some of the Many Roles That Sponges Play in Marine Ecosystems* & #160; <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-9372>
- Muricy, G., Lage, A., SANDES, J., Klautau, M., Pinheiro, U., Laport, M. S., Oliveira, B. F. R. de, Pequeno, C. B., & Lopes, M. V. (2024). Sponge Communities of Submarine Caves and Tunnels on the Fernando De Noronha Archipelago, Northeast Brazil. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(4), 657. <https://doi.org/10.3390/jmse12040657>
- Musak, P., Sumilat, D. A., Schaduw, J. N. W., Rumengan, A. P., Angkouw, E. D., & Undap, S. L. (2023). Keanekaragaman Spons Di Kawasan Pantai Kinamang Kecamatan Malalayang Kota Manado. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 11(1), 102–111. <https://doi.org/10.35800/jpl.11.1.2023.53334>
- Nasrawati, . I., & Asmadin, A. (2020). Kepadatan Spons Pada Ekosistem Lamun Kaitannya Dengan Parameter Oseanografi Di Perairan Desa Kaswari Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, 5(4), 357. <https://doi.org/10.33772/jsl.v5i4.15499>
- Nava, H., García-Madrigal, C. A. E., & Carballo, J. L. (2018). Relationships Between Boring Sponge Assemblages and the Availability of Dead Coral Substrate on Mexican Pacific Coral Reefs. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(4), 795–805. <https://doi.org/10.1017/s0025315418000899>
- Ngurah, A., Kristyawan, I. P. A., & Bagus, S. D. I. G. (2024). Pertumbuhan Crustose Coralline Algae (CCA) Pada Substrat Keramik Dengan Komposisi Dan Jenis Material Penyusun Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 80–87. <https://doi.org/10.55981/jtl.2024.2009>
- Ode, M. F., Ramli, M. D. C., & Sahidin, S. (2019). Kajian Bioaktivitas Antibakteri dan Senyawa Metabolit Sekunder Spons Laut Haliclona Sp., dari Perairan Tanjung Tiram Moramo Utara, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, 4(1), 13. <https://doi.org/10.33772/jsl.v4i1.6803>
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology* Third Edition. In *W. B. Saunders Company* (p. 593).
- Onsri, N., Sivaipram, I., Boonsanit, P., Sagulsawasdipan, K., & Saramul, S. (2024). Larval Dispersal Modelling of the Blue Swimming Crab *Portunus Pelagicus* (Linnaeus, 1758) From the Crab Banks Along the Coast of Trang Province, Southern Thailand. *Water*, 16(2), 349. <https://doi.org/10.3390/w16020349>
- Ousterhout, B. H., Serrano, M., Bried, J. T., & Siepielski, A. M. (2019). A Framework for Linking Competitor Ecological Differences to Coexistence. *Journal of Animal Ecology*, 88(10), 1534–1548. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13048>
- Putra, S. A., Ambo-Rappe, R., Jompa, J., & Voogd, N. J. d. (2024). Preliminary Study of Marine Sponges (Porifera) in the Littoral of Spermonde Archipelago, Indonesia. *Zookeys*, 1208, 275–313. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1208.113603>
- Rusianti, C. R., Saleh, F. I. E., Talakua, S., Mangando, S., Demena, Y. E., Manalu, E., Eldiester, F. C., Rumbino, F. N. Y., Alianto, A., & Raharjo, S. (2022). Struktur Komunitas Bivalvia Di Padang Lamun Pulau Meosmangguandi, Kepulauan Padaido, Biak Numfor. *Igya Ser Hanjop Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 4(1), 11–19. <https://doi.org/10.47039/ish.4.2022.11-19>
- Sayori, N., Tururaja, T. S., & Kolibongso, D. (2022). Komunitas Spons (Porifera) Pada Ekosistem Terumbu Karang Di Manokwari, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14098>

- Setiadewi, N., Henny, C., Rohaningsih, D., Waluyo, A., & Soewondo, P. (2023). Kelimpahan Mikroplastik Pada Air Limbah Domestik Dan Penyisihannya Di IPAL Bojongsoang, Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 401–407. <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.401-407>
- Setyaningsih, W. A., Bengen, D. G., Madduppa, H., Ismet, M. S., Taqiyuddin, M. W., & Salsabila, A. (2024). Komposisi Jenis Dan Kepadatan Spons (Porifera: Demospongiae) Di Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, Dki Jakarta. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 16(2), 239–252. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v16i2.56300>
- Setyanto, A. (2020). Komposisi Spesies Larva Lobster Yang Berkumpul Pada Atraktor Lampu Bawah Ai. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 281–288. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.02.12>
- Shiau, J., Lee, M.-Y., Tang, J., Huang, H., Lin, Z., Su, J., Hou, M., Cheng, Y., & Chang, H. (2022). Marine Sponge Aaptos Suberitoides Extract Improves Antiproliferation and Apoptosis of Breast Cancer Cells Without Cytotoxicity to Normal Cells in Vitro. *Pharmaceuticals*, 15(12), 1575. <https://doi.org/10.3390/ph15121575>
- Siska, S., Puspita, L., & Sari, N. P. (2018). Struktur Komunitas Porifera (Spons) Di Perairan Pulau Layang Dan Pulau Cukus Kelurahansekanakraya Kota Batam Kepulauan Riau. *Simbiosis*, 7(2), 109. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v7i2.1503>
- Sofiyani, R. G., Muskananfolo, M. R., & Sulardiono, B. (2021). Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan. *Life Science*, 10(2), 150161. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54446>
- Varijakzhan, D., Loh, J., Yap, W.-S., Yusoff, K., Seboussi, R., Lim, S. E., Lai, K., & Chong, C. M. (2021). Bioactive Compounds From Marine Sponges: Fundamentals and Applications. *Marine Drugs*, 19(5), 246. <https://doi.org/10.3390/md19050246>
- Windt, N. v. d., Ent, E. v. d., Ambo-Rappe, R., & Voogd, N. J. d. (2020). Presence and Genetic Identity of Symbiodiniaceae in the Bioeroding Sponge Genera Cliona and Spheciospongia (Clonidae) in the Spermonde Archipelago (SW Sulawesi), Indonesia. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.595452>