

## Identifikasi Jenis dan Keanekaragaman Biota *Fouling* di Perairan Pelabuhan Kamal sebagai Ekosistem Laut

### *Identification and Diversity of Biofouling Organisms in Kamal Port Waters within Marine Ecosystems*

Kartika Dewi<sup>\*1</sup>, Tessa Rhaima Jane<sup>1</sup>, Novi Indriyawati<sup>1</sup>, M. Zaini Ramadhan<sup>1</sup>, Alvyn Ditya Ramadhani<sup>1</sup>,  
Salman Al Farisi<sup>1</sup>, Fitria Hersiana Afifa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan

Jurusan Kelautan dan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunodjoyo Madura,  
Jl. Raya Telang, Kamal, Bangkalan, Jawa Timur,

Corresponding authors: [kartika.dewi@trunojoyo.ac.id](mailto:kartika.dewi@trunojoyo.ac.id)

*Diserahkan: 29 Januari 2026; Direvisi: 17 Februari 2026; Diterima: 30 April 2026*

### ABSTRAK

*Biofouling* merupakan proses penempelan organisme hidup pada permukaan struktur yang berada di dalam atau dekat badan perairan laut. Penempelan ini dapat terjadi pada berbagai substrat seperti kapal, tiang pancang, kayu, beton, dan material padat lainnya. Keberadaan *biota fouling* tersebut dapat menyebabkan kerusakan fisik pada permukaan substrat. Pelabuhan merupakan salah satu bangunan perairan yang rentan terhadap dampak *biofouling* karena tingginya intensitas aktivitas manusia di kawasan tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui jenis *macrofouling*, komposisi jenis, indeks biologi, kepadatan *biofouling*, laju penempelan, dan mengukur parameter kualitas air. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 September hingga 30 September 2025 di Perairan Pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan. Penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* pada satu stasiun pengamatan dengan empat jenis substrat penempelan alami *biota fouling*, yaitu kayu, batu, fiber, dan beton. Pengamatan dilakukan sekali seminggu selama dua minggu pada surut terendah untuk menganalisis jenis, komposisi dan kepadatan *biota fouling*, serta laju *biofouling* pada masing-masing substrat. Identifikasi *biota fouling* dilakukan mengacu pada referensi literatur dari berbagai jurnal. Hasil pengamatan didapatkan jenis *macrofouling* yaitu teritip, bivalvia, dan gastropoda. Indeks keanekaragaman dan Indeks dominansi untuk ketiga kelompok tersebut memiliki nilai yang rendah dengan nilai indeks ( $H'$ ) <1,0 dan ( $C$ ) <0,5. Substrat beton merupakan substrat dengan kepadatan *biofouling* dan laju penempelan tertinggi yaitu mencapai 660 Ind/m<sup>2</sup> dan laju penempelan sebesar 31,42 Ind/m<sup>2</sup>/minggu, sedangkan substrat kayu memiliki nilai kepadatan dan laju penempelan terendah yaitu sebesar 119,04 Ind/m<sup>2</sup>, dan laju penempelan sebesar 5,66 Ind/m<sup>2</sup>/minggu. Hasil pengukuran kualitas air yang dilakukan di lokasi penelitian didapatkan suhu 26,5 °C – 33,8 °C; salinitas 28 ppt – 31 ppt; pH 7,71 – 7,80, DO 6,32–8,03 mg/L; dan arus 0,18–0,93 m/s.

**Kata Kunci:** keanekaragaman; komposisi jenis; laju penempelan; *macrofouling*.

### ABSTRACT

*Biofouling* refers to the attachment and accumulation of living organisms on surfaces of structures situated in or adjacent to marine environments. *foulingfoulingfouling* This attachment occurs on various substrates, such as ships, piles, wood, concrete, and other solid materials, potentially causing physical deterioration of the substrate surfaces. Ports are particularly susceptible to *biofouling* due to the high intensity of human activities in these areas. This study aimed to determine *macrofouling* species, species composition, biological indices, *biofouling* density, attachment rate, and water quality parameters. The study was conducted from 16 to 30 September 2025 in the waters of Kamal Port, Bangkalan Regency. A purposive sampling method was applied at a single observation station using four natural attachment substrates, namely wood, rock, fiberglass, and concrete. Observations were conducted weekly for two weeks during the lowest tide to assess species composition, density of *fouling* organisms, and *biofouling* rate on each substrate. Identification of *fouling* organisms was carried out using the Gastropod Identification Guide (2026). The results identified *macrofouling* organisms consisting of barnacles, bivalves, and gastropods. The diversity index and dominance index for these three groups were categorized as low, with index values of ( $H'$ ) <1.0 and ( $C$ ) <0.5, respectively. Concrete substrate exhibited the highest *biofouling* density and attachment rate, reaching 660 ind/m<sup>2</sup> and an attachment rate of 31.42 ind/m<sup>2</sup>/week. In contrast, the wood substrate showed the lowest density and attachment rate, with values of 119.04 ind/m<sup>2</sup> and 5.66 ind/m<sup>2</sup>/week, respectively. Measured water quality parameters included temperatures ranging from 26.5–33.8 °C, salinity of 28–31 ppt, pH between 7.71–7.80, dissolved oxygen levels of 6.32–8.03 mg/L, and current velocities of 0.18–0.93 m/s.

**Keywords:** attachment rate; diversity; *macrofouling*; species composition

## PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan fasilitas yang digunakan untuk mendukung kegiatan transportasi laut, perdagangan, dan logistik, yang berfungsi sebagai tempat bersandarnya kapal, bongkar muat barang, serta naik turunnya penumpang. Pelabuhan juga menjadi simpul utama dalam rantai distribusi yang menghubungkan suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Aktivitas di pelabuhan sangat beragam, mulai dari perikanan, industri, hingga ekspor-impor, sehingga pelabuhan memiliki peranan strategis dalam pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Tingginya aktivitas di pelabuhan juga berdampak pada kualitas perairan akibat peningkatan limbah, pencemaran, serta perubahan ekosistem laut di sekitarnya (Arianti dan Fadilah, 2023).

Sejalan dengan kondisi tersebut, perairan laut sebagai media utama aktivitas pelabuhan memiliki karakteristik yang kompleks dan dinamis. Laut mengandung berbagai sumber daya hayati yang berperan dalam penyusunan struktur biota di suatu ekosistem. Laut juga merupakan campuran kompleks dari zat organik, anorganik, serta elemen biologis yang dapat memengaruhi stabilitas lingkungan. Terdapat berbagai biota yang hidup menempel pada substrat alami seperti beton, batu, dan kayu di sekitar perairan. Penempelan dan pertumbuhan biota tersebut menimbulkan fenomena pengotoran biologis yang dikenal sebagai *fouling*. Pembentukan komunitas *biofouling* terjadi melalui proses kolonisasi permukaan baru, yang diawali dengan pembentukan lapisan *film* biokimia, dilanjutkan dengan tahap *microfouling* (*biofilm* yang terdiri dari bakteri dan mikroalga), dan diakhiri dengan *macrofouling* berupa organisme multiseluler yang dapat terlihat secara langsung, seperti teritip (Fitroh *et al.*, 2025).

*Biofouling* didefinisikan sebagai proses penempelan organisme pada permukaan benda atau struktur yang terendam air, yang berpotensi merusak struktur tersebut. Organisme yang terlibat meliputi alga, teritip, serta berbagai mikroorganisme yang hidup pada permukaan di dalam maupun di sekitar badan air (Nur dan Rahmawati, 2019). Penempelan ini dapat terjadi pada berbagai substrat seperti kapal, tiang pancang, kayu, beton, dan material padat lainnya. Keberadaan *biofouling* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan perairan, seperti suhu, salinitas, ketersediaan nutrisi, intensitas cahaya, dan arus air yang menentukan laju pertumbuhan serta kolonisasi organisme. Dampak dari *biofouling* tidak hanya merugikan secara ekologis, tetapi juga secara ekonomis, karena dapat menurunkan efisiensi operasional, mempercepat kerusakan struktur, serta meningkatkan biaya pemeliharaan fasilitas pelabuhan dan kapal. *Biofouling* juga dapat mengganggu kinerja sistem kelautan seperti sensor bawah air, saluran pipa, serta peralatan penelitian oseanografi (Fitroh *et al.*, 2025).

Tingginya intensitas aktivitas manusia seperti Pelabuhan menyebabkan fenomena *biofouling* cenderung terjadi lebih cepat dan masif. Tingginya tingkat penempelan *microfouling* dan *macrofouling* dapat memberikan dampak signifikan terhadap lingkungan maupun struktur buatan manusia. Kondisi perairan yang kaya nutrisi akibat limbah organik dan aktivitas industri mempercepat proses kolonisasi organisme. *Microfouling* umumnya berkembang lebih cepat pada perairan yang relatif tenang, membentuk *biofilm* yang dapat memicu korosi serta menjadi dasar bagi pertumbuhan komunitas *biofouling* yang lebih kompleks. Organisme *macrofouling* akan menempel lebih kuat pada substrat dan dapat menyebabkan kerusakan fisik berupa terbentuknya pori-pori kecil pada permukaan material. Kerusakan ini memungkinkan masuknya air laut ke dalam lapisan pelindung substrat, sehingga menurunkan daya tahan material dan menyebabkan degradasi struktur secara bertahap (Rombe *et al.*, 2023).

Berkaitan dengan hal tersebut, Perairan Pelabuhan Kamal merupakan salah satu kawasan perairan strategis yang terletak di Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan, Madura. Kawasan ini berfungsi sebagai pintu gerbang utama penghubung Pulau Madura dengan Pulau Jawa melalui jalur laut sebelum adanya Jembatan Suramadu. Aktivitas di perairan ini tergolong padat, meliputi transportasi kapal feri, kegiatan perikanan nelayan lokal, serta aktivitas masyarakat pesisir. Selain itu, kondisi perairan juga dipengaruhi oleh dinamika pasang surut Selat Madura yang membawa sedimen, limbah organik, dan bahan pencemar dari daratan, sehingga menyebabkan tingkat kekeruhan yang cukup tinggi. Tingginya aktivitas antropogenik, seperti pembuangan limbah domestik, sampah plastik, serta residu bahan bakar kapal, memberikan tekanan terhadap kualitas perairan dan memengaruhi ekosistem biota laut, termasuk meningkatkan pertumbuhan organisme *biofouling*.

Penelitian mengenai *biofouling* di wilayah Bangkalan telah dilakukan oleh Fitroh *et al.* (2025) di Perairan Desa Socah, Kecamatan Socah, Kabupaten Bangkalan. Penelitian tersebut dilakukan pada 2 stasiun dimana setiap stasiun terdapat 4 substrat buatan dan 1 substrat alami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunitas *biofouling* didominasi oleh kelompok Arthropoda, khususnya teritip (*Amphibalanus amphitrite*), dengan nilai komposisi jenis mencapai lebih dari 98%. Tingkat keanekaragaman *biofouling* tergolong rendah ( $H' < 1$ ), yang mengindikasikan adanya dominasi spesies tertentu pada substrat yang terendam di perairan tersebut. Kondisi kualitas perairan yang masih mendukung pertumbuhan organisme penempel juga menyebabkan *biofouling* berkembang dengan baik di kawasan pesisir Bangkalan.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai *biofouling* pada berbagai substrat alami di perairan Pelabuhan yang rentan akan tekanan antropogenik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jenis *macrofouling*, komposisi jenis, indeks biologi, kepadatan *biofouling*, laju penempelan, dan mengukur parameter kualitas air *fouling* yang memengaruhi pertumbuhan organisme tersebut di Perairan Pelabuhan Kamal.

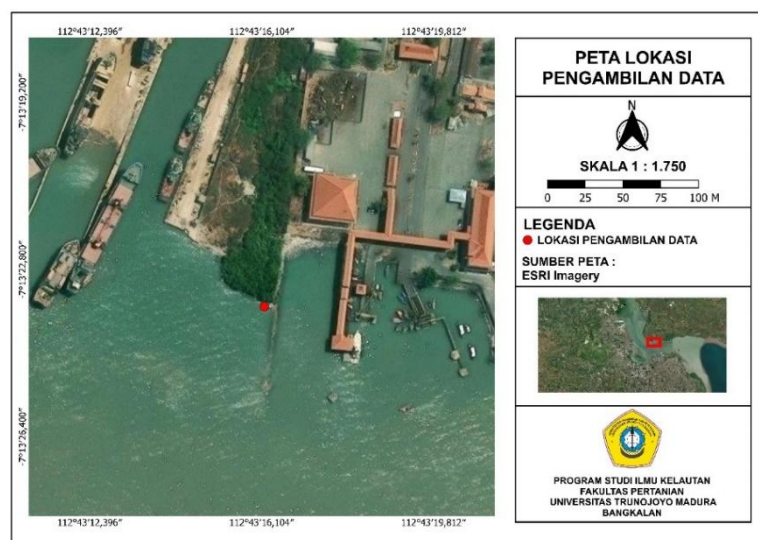
## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 16 September hingga 30 September 2025 di Perairan Pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan, Madura dengan titik koordinat 7°10'28"S dan 112°43'12"E (Gambar 1). Lokasi ini merupakan kawasan perairan pesisir yang terletak di sisi barat Pulau Madura, berhadapan langsung dengan Selat Madura. Kondisi perairan di sekitar pelabuhan relatif tenang karena terlindung dari ombak besar dan memiliki arus yang tidak terlalu kuat, sehingga mendukung proses penempelan organisme *fouling*. Aktivitas di sekitar pelabuhan didominasi oleh kegiatan transportasi laut, tambat kapal, serta aktivitas nelayan, yang dapat mempengaruhi komposisi dan kelimpahan mikroorganisme *fouling* di area tersebut. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali untuk mendata jenis *fouling* yang menempel pada substrat dan untuk mengukur kualitas air. Substrat yang digunakan terdiri atas substrat alami yang berada di lokasi penelitian berupa beton, kayu, batu, dan fiber.

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi refraktometer, pH meter, DO meter, *secchi disk*, cawan petri, *vortex*, mikroskop, kaca preparat, tabung reaksi, bunsen, dan spreader. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain aquadest, air laut, aluminium foil, kapas, dan tisu.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Identifikasi Jenis *Macrofouling*

Identifikasi jenis *macrofouling* ini menggunakan metode pengamatan visual dengan menggunakan bantuan buku identifikasi. Karakteristik utama identifikasi yaitu dengan mengamati secara langsung cangkang biota penempel meliputi bentuk, warna, pola cangkang serta jumlah dan bentuk pilinan (*whorl*). Biota yang menempel pada substrat diamati lalu diidentifikasi jenisnya. Substrat yang digunakan meliputi beton pada area *breakwater*, kayu dan batu yang berada di sekitar beton *breakwater*, dan fiber. Kayu dan fiber merupakan limbah yang terendam dan selalu ada pada lokasi tersebut. Limbah tersebut tetap berada ditempat yang sama sehingga dipilih sebagai substrat pengamatan. Luasan pengamatan untuk substrat beton dilakukan menggunakan metode transek ukuran 50x50, yaitu dengan menempatkan garis transek pada area yang telah ditentukan untuk memudahkan perhitungan jumlah dan jenis organisme yang menempel. Sedangkan untuk substrat kayu, batu, dan fiber, luasan substrat diukur menggunakan meteran jahit guna mengetahui area penempelan secara akurat. Pengamatan dan perhitungan jumlah individu biota penempel dilakukan langsung pada substrat.

### Komposisi Jenis

Komposisi jenis merupakan perbandingan antara jumlah individu suatu jenis terhadap jumlah individu secara keseluruhan. Perhitungan komposisi jenis *biofouling* dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Odum, 1993; Sarifa & Kasim, 2018):

$$K_i = \frac{N_i}{N} \times 100\%$$

Dimana,  $K_i$ : Komposisi jenis Ke- $i$  (%);  $N_i$ : Jumlah individu setiap jenis yang teramati;  $N$ : Jumlah total individu.

### Kepadatan *Biofouling*

Perhitungan jumlah atau kepadatan *biofouling* dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Brower & Zar, 1977; Sarifa & Kasim, 2018):

$$D = \sum \frac{N_i}{A}$$

Dimana,  $D$ : Kepadatan *biofouling* (ind/m<sup>2</sup>);  $N_i$ : Jumlah spesies ke- $i$  (ind);  $A$ : Luas cakupan area (m<sup>2</sup>).

**Laju Penempelan**

Perhitungan laju penempelan *biofouling* menggunakan rumus sebagai berikut (Fitroh *et al.*, 2025) :

$$LP = \frac{Kn - K(n-1)}{t}$$

Dimana, LP: Laju penempelan *macrofouling* (ind/m<sup>2</sup>/minggu); Kn: Kepadatan ke-n (ind/m<sup>2</sup>); K(n-1): Kepadatan ke – (n-1) (ind/m<sup>2</sup>); t: Waktu pengamatan.

**Indeks Biologi**

*Indeks Keanekaragaman*

Perhitungan indeks keanekaragaman dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Samson *et al.*, 2020):

$$H' = \sum \left( \frac{Ni}{N} \right) \ln \left( \frac{Ni}{N} \right)$$

Dimana, H': Indeks keanekaragaman Shannon Winner; Ni: Jumlah spesies ke-I (ind); N: Jumlah total individu semua jenis. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener terdiri dari 3 kategori yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Kategori Indeks Keanekaragaman

| Indeks Keanekaragaman (H') | Kategori |
|----------------------------|----------|
| H' < 1,0                   | Rendah   |
| 1,0 < H' < 3,322           | Sedang   |
| H' > 3,322                 | Tinggi   |

*Indeks Keseragaman*

Perhitungan indeks keseragaman dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Samson *et al.*, 2020):

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Dimana, E: Indeks keseragaman jenis; H': Nilai indeks keanekaragaman; S: Jumlah semua spesies. Indeks keseragaman terdiri dari 3 kategori nilai yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Kategori Indeks Keseragaman krebs

| Indeks Keanekaragaman (E') | Kategori |
|----------------------------|----------|
| E < 0,4                    | Rendah   |
| 0,4 ≤ E ≤ 0,6              | Sedang   |
| E > 0,6                    | Tinggi   |

*Indeks Dominansi*

Perhitungan indeks dominansi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Samson *et al.*, 2020):

$$C = \sum_{i=1}^s pi^2$$

Dimana, C: Indeks dominansi; pi: ni/N.

**Tabel 3.** Kategori Indeks Dominansi *Simpson*

| Indeks Dominansi (C') | Kategori |
|-----------------------|----------|
| C < 0,5               | Rendah   |
| 0,5 ≤ C ≤ 0,75        | Sedang   |
| 0,75 < C ≤ 1          | Tinggi   |

**Kualitas Air**

Pengukuran kualitas perairan meliputi pengukuran suhu menggunakan termometer, salinitas menggunakan *refractometer*, dan pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter. Pengukuran kecerahan menggunakan secchi disk, dan pengukuran arus dilakukan menggunakan metode pelampung atau *float method*, yaitu dengan melepaskan pelampung berupa bola pada permukaan perairan dan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tertentu menggunakan *stopwatch*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Identifikasi Jenis *Macrofouling***

Hasil identifikasi sampel *biofouling* di perairan Pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan, pada substrat kayu, beton, fiber, dan batu menunjukkan adanya empat jenis *macrofouling* yang tergolong dalam tiga kelompok, yaitu teritip, bivalvia, dan gastropoda. Kelompok teritip diwakili oleh satu jenis, yaitu *Amphibalanus sp.* Kelompok bivalvia juga terdiri atas satu

jenis, yaitu *Crassostrea* sp. . Sementara itu, kelompok gastropoda ditemukan sebanyak dua jenis, yaitu *Planaxis* sp dan *Nerita* sp Identifikasi jenis biota *macrofouling* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil identifikasi jenis *macrofouling*

| No | Jenis Individu          | Media Penempel |       |      |       |
|----|-------------------------|----------------|-------|------|-------|
|    |                         | Kayu           | Beton | Batu | Fiber |
| 1. | <i>Amphibalanus</i> sp. | +              | +     | +    | +     |
| 2. | <i>Phrontis</i> sp.     | -              | +     | -    | -     |
| 3. | <i>Nassarius</i> sp.    | -              | +     | -    | -     |
| 4. | <i>Crassostrea</i> sp.  | +              | +     | +    | +     |

Keterangan: (+) spesies ditemukan pada jenis media penempel tersebut  
 (-) spesies tidak ditemukan pada jenis media penempel tersebut

**Komposisi Jenis**

Komposisi jenis merupakan persentase jumlah individu suatu jenis terhadap jumlah individu secara keseluruhan (Wicaksono *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil identifikasi *biofouling* pada media penempel kayu, beton, batu, dan fiber yang digunakan dalam penelitian ini, ditemukan tiga kelompok organisme *fouling*, yaitu gastropoda, teritip, dan bivalvia.

**Tabel 5.** Hasil Komposisi Jenis

| No | Kelompok <i>fouling</i> | Media Penempel |       |      |       | Jumlah Individu | Total Individu | Komposisi Jenis (%) |
|----|-------------------------|----------------|-------|------|-------|-----------------|----------------|---------------------|
|    |                         | Kayu           | Beton | Batu | Fiber |                 |                |                     |
| 1. | Gastropoda              | 0              | 106   | 0    | 0     | 106             | 39,40          |                     |
| 2. | Teritip                 | 2              | 26    | 2    | 32    | 62              | 23,00          |                     |
| 3. | Bivalvia                | 8              | 33    | 39   | 21    | 101             | 37,54          |                     |

**Kepadatan Biofouling**

Nilai kepadatan *fouling* diperoleh dari perhitungan jumlah individu pada masing-masing substrat dibagi dengan luas substrat. Hasil perhitungan kepadatan *fouling* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Kepadatan *Fouling*

| Stasiun | Sustrat | Jumlah Individu | Luas Substrat (m <sup>2</sup> ) | Kepadatan (Ind/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1       | Kayu    | 10              | 0,084                           | 119,04                          |
|         | Batu    | 41              | 0,070                           | 585,71                          |
|         | Fiber   | 53              | 0,25                            | 252                             |
|         | Beton   | 165             | 0,25                            | 660                             |

**Laju Penempelan**

Laju penempelan dapat ukur dengan menghitung pertumbuhan *biofouling* per satuan waktu yaitu dalam penelitian ini dilakukan per minggu. Nilai laju penempelan *fouling* pada Perairan Pelabuhan Kamal, Bangkalan dapat dilihat pada Tabel 7

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan Laju Penempelan (/Minggu)

| Stasiun | Substrat | Laju Penempelan (Ind/m <sup>2</sup> /minggu) |
|---------|----------|--|
| 1       | Kayu     | 5,66   |
|         | Batu     | 27,89  |
|         | Fiber    | 12   |
|         | Beton    | 31,42  |

**Indeks Biologi**

Nilai perhitungan indeks biologi yang meliputi indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks biologi dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Perhitungan Indeks Biologi

| Stasiun | Jenis      | Keanekaragaman (H') | Keseragaman (E)        | Dominansi (C)                |
|---------|------------|---------------------|------------------------|------------------------------|
| 1       | Gastropoda | 0,3669 (Rendah)     | 0,2315 (Tidak Seragam) | 0,1553 (Tidak Ada Dominansi) |
|         | Teritip    | 0,3382 (Rendah)     | 0,2134(Tidak Seragam)  | 0,0531 (Tidak Ada Dominansi) |

|          |                 |                        |                              |
|----------|-----------------|------------------------|------------------------------|
| Bivalvia | 0,3678 (Rendah) | 0,2320 (Tidak Seragam) | 0,1410 (Tidak Ada Dominansi) |
|----------|-----------------|------------------------|------------------------------|

**Kualitas Air**

Kualitas air sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan dan keanekaragaman *biofouling*. Kualitas air yang stabil dan memiliki parameter fisikokimia dalam rentang tertentu akan mempengaruhi komposisi jenis, kepadatan, dan indeks biologis dari *biofouling* yang menempel pada substrat dalam perairan tersebut. Organisme pembentuk *biofouling*, seperti bakteri, mikroalga, dan organisme multiseluler (*macrofouling*) seperti teritip, memiliki kebutuhan kondisi lingkungan spesifik yang dipengaruhi oleh suhu, kadar garam (salinitas), dan keasaman (pH) air. Laju pertumbuhan *biofouling* dan keanekaragamannya mencerminkan kondisi kualitas air yang ada di lokasi pengamatan, di mana faktor-faktor lingkungan itu mengendalikan jenis organisme yang dapat menempel dan tumbuh di permukaan substrat dalam air (Fitroh *et al.*, 2025).

**Tabel 9.** Hasil Pengamatan Kualitas Air

| Minggu Ke-  | Parameter lingkungan |                 |      |           |                |                      |
|-------------|----------------------|-----------------|------|-----------|----------------|----------------------|
|             | Suhu (°C)            | Salinitas (ppt) | pH   | DO (mg/L) | Kecerahan (cm) | Kecepatan arus (m/s) |
| Pertama (1) | 33,8                 | 28              | 7,71 | 6,32      | 16             | 0,93                 |
| Kedua (2)   | 26,5                 | 31              | 7,80 | 7,19      | 22             | 0,26                 |

**Jenis *Macrofouling***

*Amphibalanus* sp. merupakan organisme *fouling* yang menempel langsung pada permukaan substrat dan tergolong dalam famili Balanidae. *Amphibalanus* sp. (Gambar 2) merupakan teritip berukuran kecil hingga sedang dengan bentuk tubuh menyerupai kerucut pendek yang tersusun dari pelat-pelat kapur yang keras. Cangkangnya terdiri atas enam pelat utama, yaitu rostrum, carina, dua pelat lateral, dan dua pelat carinolateral yang saling menyatu membentuk dinding luar. Warna dasar cangkang umumnya putih keabu-abuan dengan garis-garis vertikal berwarna ungu atau cokelat yang menjadi ciri khas spesies ini. Permukaannya tampak kasar dengan rusuk-rusuk radial yang jelas terlihat. Kemampuan melekat kuat menjadikannya spesies yang sukses bertahan di berbagai kondisi perairan, baik alami maupun buatan (Wibawa *et al.*, 2022).



**Gambar 2a.** Hasil pengamatan penelitian **Gambar 2b.** *Ambhibalanus* sp. (Wijayanti *et al.*, 2020)

*Macrofouling* yang juga ditemukan pada penelitian ini yaitu *Phrontis* sp. (Gambar 3) merupakan Gastropoda laut yang termasuk dalam famili Nassariidae, dan dikenal luas sebagai siput lumpur. Ciri morfologi seperti ornamentasi pada cangkang, adanya pola segi atau tonjolan, variasi warna antara abu-abu, cokelat atau agak krem, dan bibir mulut cangkang yang kadang menebal bisa digunakan untuk membedakan *Phrontis* sp. dari spesies sejenis. Perubahan musim, suhu air, atau kondisi lingkungan lokal dapat memengaruhi ukuran tubuh, kepadatan populasi, dan distribusinya. Keberadaan *Phrontis* sp. juga sering dijumpai di ekosistem mangrove, terutama pada area yang masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Daulima *et al.*, 2021).



**Gambar 3a.** Hasil pengamatan penelitian **Gambar 3b.** *Phrontis* sp. (Octavina *et al.*, 2023).

Gastropoda lainnya yang ditemukan pada penelitian ini adalah *Nassarius* sp. (Gambar 4) yang merupakan salah satu jenis gastropoda dari famili Nassariidae yang dikenal memiliki cangkang berbentuk oval dengan permukaan halus. Warna cangkang bervariasi dari coklat, olive, sampai maroon atau kehitaman, kadang disertai pita pangkal berwarna lebih terang

atau spiral kedua yang pucat. Mulut cangkang berbentuk oval, tebal pada tepian luar, dengan sisi dalam mempunyai striae melintang yang jelas, dan poros pusat cangkang memiliki bentuk yang halus. *Nassarius* sp. memiliki siphon yang cukup panjang, yang memungkinkan hewan ini tetap berada terbenam di dalam substrat sementara hanya bagian siphon yang menonjol ke luar. Hal ini ditunjang perilaku menggali atau membenamkan diri ke dalam pasir atau lumpur, baik di zona pasang-surut maupun subtidal (Mashar *et al.*, 2021).



**Gambar 4a.** Hasil pengamatan penelitian **Gambar 4b.** *Nassarius* sp. (Sunarti *et al.*, 2021).

*Macrofouling* dari kelompok tiram yang ditemukan pada penelitian ini yaitu *Crassostrea* sp. (Gambar 5). Tiram tersebut termasuk kedalam famili *Ostreidae* yang banyak ditemukan di perairan tropis dan subtropis, termasuk wilayah pesisir Indonesia. Spesies ini dikenal sebagai tiram batu karena umumnya menempel kuat pada substrat keras seperti batu, karang, maupun struktur buatan yang selalu terendam air laut. Cangkangnya tebal, tidak beraturan, dan sering kali berlekuk-lekuk mengikuti permukaan tempat melekatnya. Warna cangkang bervariasi dari keabu-abuan hingga kecokelatan dengan bagian dalam yang berwarna putih mengkilap. *Crassostrea* sp. memiliki cangkang keras dan memiliki ukuran yang bervariasi dengan ukuran 5-12 cm (Zainura *et al.*, 2016).

*Crassostrea* sp. memiliki peranan penting sebagai organisme *filter feeder*, yaitu menyaring plankton dan partikel organik dari air untuk dijadikan makanan, sehingga turut menjaga kejernihan dan kualitas perairan. Kehidupannya yang berkoloni padat juga berfungsi sebagai habitat tambahan bagi berbagai organisme laut kecil. Spesies ini umumnya ditemukan di zona intertidal hingga subtidal dangkal, dengan kemampuan toleransi yang tinggi terhadap perubahan salinitas dan suhu, menjadikannya salah satu tiram yang paling adaptif di lingkungan pesisir (Emersida, 2021).



**Gambar 5a.** Hasil pengamatan penelitian **Gambar 5b.** *Crassostrea* sp. (Zainura *et al.*, 2016).

### Komposisi dan Kepadatan Jenis

Jumlah total individu yang ditemukan pada penelitian ini sebanyak 269 individu (Tabel 5) dengan komposisi jenis yang berbeda-beda pada tiap media penempel. Kelompok gastropoda memiliki jumlah individu tertinggi yaitu 106 individu (39,40%). Saat pengamatan, kelompok gastropoda lebih banyak ditemukan pada media beton, namun gastropoda termasuk penempel sementara (*temporary fouler*) karena mampu berpindah menggunakan kaki perutnya untuk mencari makan atau tempat yang lebih sesuai, sehingga tidak menetap secara permanen pada satu substrat. Gastropoda yang ditemukan dalam penelitian ini meliputi *Phrontis* sp. dan *Nassarius* sp. Kelompok bivalvia lebih menyebar pada seluruh media, dengan dominansi pada batu dan beton. Sementara itu, kelompok teritip merupakan kelompok yang menempel (*permanently fouler*) pada media dengan permukaan keras seperti beton dan fiber. Hal ini menunjukkan bahwa jenis substrat memiliki peranan terhadap jumlah dan jenis organisme *fouling* yang menempel.

Media atau substrat yang selalu terendam air memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan kelimpahan organisme *biofouling*. Kondisi terendam secara terus-menerus menciptakan lingkungan yang stabil dengan kelembapan, suhu, dan kadar oksigen yang relatif konstan, sehingga meminimalkan stres fisiologis bagi organisme penempel. Substrat seperti fiber yang selalu terendam memungkinkan larva organisme *fouling*, seperti teritip dan bivalvia, untuk lebih mudah menempel dan berkembang tanpa terganggu oleh paparan udara atau fluktuasi pasang surut. Sebaliknya, substrat yang hanya sebagian waktu terendam, seperti batu di zona intertidal, mengalami pengeringan saat surut, yang dapat menghambat penempelan.

Perbedaan jumlah individu antar media menunjukkan bahwa faktor jenis substrat berperan penting dalam menentukan komposisi komunitas *biofouling*. Substrat keras seperti batu dan beton memberikan tempat penempelan yang

lebih ideal dibandingkan substrat yang relatif halus seperti fiber. Temuan ini sejalan dengan penelitian Fitroh *et al.*, (2025), yang menyatakan bahwa substrat padat dan kasar memungkinkan organisme *fouling* untuk menempel lebih kuat serta mengurangi kemungkinan lepas akibat arus dan gelombang.

Hasil perhitungan kepadatan (Tabel 6) menunjukkan bahwa substrat kayu memiliki jumlah individu *fouling* paling sedikit, yaitu 10 individu dengan luas permukaan 0,084 m<sup>2</sup>. Nilai kepadatan yang dihasilkan sebesar 119,04 Ind/m<sup>2</sup>, menandakan bahwa kayu bukan media yang paling disukai oleh organisme *fouling* di lokasi tersebut. Substrat fiber menunjukkan jumlah individu *fouling* sebanyak 53 dengan luas permukaan 0,25 m<sup>2</sup>, menghasilkan kepadatan 252 Ind/m<sup>2</sup>. Meskipun jumlah individunya lebih banyak dibandingkan kayu, nilai kepadatannya relatif rendah karena luas permukaan yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun fiber dapat menjadi media penempelan, karakteristik permukaannya yang relatif halus dan tidak berpori cenderung membatasi jumlah organisme yang dapat menempel per satuan luas.

Substrat batu dan beton menunjukkan kepadatan organisme *fouling* yang paling tinggi dibandingkan jenis substrat lainnya. Pada substrat batu tercatat sebanyak 41 individu dengan luas permukaan 0,07 m<sup>2</sup>, menghasilkan kepadatan sebesar 585,71 Ind/m<sup>2</sup>, sedangkan pada substrat beton ditemukan 165 individu dengan luas 0,25 m<sup>2</sup> dan kepadatan tertinggi mencapai 660 Ind/m<sup>2</sup>. Kedua substrat ini memiliki karakteristik fisik yang keras, kasar, dan stabil, sehingga sangat mendukung proses penempelan larva organisme *fouling*. Permukaan yang berpori dan tidak rata pada batu menyediakan banyak ruang perlindungan bagi larva untuk melekat, sedangkan beton yang memiliki tekstur serupa serta kestabilan kimia yang tinggi memungkinkan terjadinya kolonisasi secara lebih permanen. Kondisi tersebut menjadikan batu dan beton sebagai media ideal bagi organisme seperti teritip, tiram, serta alga untuk tumbuh dan berkembang, karena mampu memberikan daya cengkeram yang kuat serta ketahanan terhadap arus dan perubahan lingkungan di perairan pesisir.

Berdasarkan penelitian Zain *et al.* (2023), hasil analisis varian kepadatan *biofouling* tertinggi pada substrat genteng yaitu 53 ind/m<sup>2</sup> dan terendah pada substrat pipa dan bambu yaitu 1 ind/m<sup>2</sup>. Tingginya kepadatan pada substrat genteng dikarenakan genteng memiliki tekstur yang keras dan kasar sehingga individu *fouling* lebih banyak menempel pada genteng. Kondisi ini juga terlihat pada hasil penelitian saat ini, di mana substrat batu dan beton menunjukkan kepadatan *fouling* tertinggi dibandingkan substrat lainnya. Kedua substrat tersebut memiliki sifat fisik yang serupa dengan genteng, yaitu keras, kasar, dan stabil secara kimia, yang membuatnya lebih disukai oleh organisme *fouling* seperti teritip, tiram, dan alga perintis. Sebaliknya, substrat dengan tekstur lebih halus atau mudah terdegradasi seperti kayu dan fiber memiliki kepadatan lebih rendah.

### Laju Penempelan dan Indeks Biologi

Laju penempelan *biofouling* tertinggi terdapat pada substrat beton yaitu sebesar hampir 6 kali lipat laju penempelan pada substrat kayu, kemudian diikuti oleh substrat batu sebesar hampir 5 kali lipat laju penempelan substrat kayu (Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa substrat keras seperti beton dan batu memiliki daya tarik yang lebih besar bagi organisme *fouling*. Permukaan yang kasar, keras, dan stabil memberikan area menempel yang kuat bagi larva maupun spora, sehingga mempercepat proses kolonisasi. Sebaliknya, substrat kayu dan fiber yang lebih halus serta mudah terdegradasi membuat proses penempelan menjadi lebih lambat.

Tingginya tingkat penempelan pada dermaga berbahan beton diduga berkaitan dengan kondisi arus perairan yang relatif lemah. Kecepatan arus dibagi menjadi tiga kategori yaitu arus lemah berkisar antara 0-4 m/s, arus sedang berkisar 4-8 m/s, dan arus kuat yaitu 8-12 m/s (Daruwedho *et al.*, 2016). Pada penelitian ini didapatkan nilai kecepatan arus (Tabel 9) sebesar 0,93 m/s pada minggu pertama dan 0,26 m/s pada minggu kedua yang dikategorikan sebagai arus lemah. Arus berperan sebagai faktor pembatas dalam distribusi organisme *fouling*. Kecepatan arus yang rendah memberikan kesempatan bagi larva untuk menetap dan melekat pada permukaan substrat, sehingga memungkinkan terbentuknya koloni. Sebaliknya, arus yang terlalu kuat dapat menghambat proses penempelan karena larva berpotensi terlepas sebelum berhasil melekat secara permanen (Rombe *et al.*, 2023).

Hasil analisis keanekaragaman (tabel 8) menunjukkan bahwa keanekaragaman stasiun 1 tergolong rendah. Menurut Umardi *et al.*, (2023) menyatakan bahwa, faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya indeks keanekaragaman dari *fouling* yaitu faktor dari komposisi fisika kimia suatu perairan. Faktor kimia fisika perairan yang dimaksud yaitu kondisi suhu, salinitas, pH pada suatu perairan. Biota *fouling* memiliki batas toleransi yang berbeda-beda terhadap kondisi kualitas air. Indeks keseragaman dapat digunakan untuk menilai kondisi ekosistem, jika keseragaman pada suatu ekosistem mendekati nilai satu maka ekosistem tersebut tergolong baik karena menggambarkan kestabilan suatu komunitas (Rombe *et al.*, 2023). Pada penelitian ini indeks keseragaman jenis (E) biota *fouling* dikelompokkan dalam keseragaman yang rendah (Tabel 8). Begitu juga dengan nilai indeks dominansi (C) yang diperoleh (Tabel 8) seluruh nilai berada pada rentang  $0 < C < 0,5$ . Hal ini menunjukkan bahwa ketiga kelompok tersebut tidak mengalami dominansi spesies, sehingga tidak terdapat satu spesies yang mendominasi secara signifikan dalam masing-masing kelompok. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa struktur komunitas cenderung seimbang, meskipun dapat juga disebabkan oleh jumlah jenis yang ditemukan relatif terbatas.

Nilai indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi yang semuanya dikategorikan rendah pada suatu stasiun merupakan kondisi yang secara ekologis dapat terjadi. Nilai indeks keanekaragaman yang rendah menunjukkan bahwa jumlah jenis biota dalam komunitas relatif terbatas, serta dalam kriteria Indeks Shannon-Wiener, nilai yang rendah

mencerminkan kondisi lingkungan yang labil. Nilai indeks keseragaman yang juga rendah dalam suatu komunitas mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan yang labil atau tidak seimbang sehingga memberikan tekanan pada komunitas (Supriadi *et al.*, 2015). Rendahnya indeks dominansi menunjukkan tidak adanya satu spesies yang mendominasi secara signifikan. Kondisi ekologi dengan komunitas seperti ini dapat terjadi karena kondisi lingkungan yang kurang mendukung atau labil, sehingga terjadi tekanan ekologi (Sirait *et al.*, 2018). Hal ini sesuai dengan lokasi penelitian yang berada di pelabuhan, dimana aktivitas pelabuhan memiliki karakteristik yang kompleks dan dinamis.

### Kualitas Air

Kualitas air seperti suhu, salinitas, pH, dan DO sangat berdampak pada laju pertumbuhan *biofouling* serta keanekaragaman organisme *biofouling* di wilayah tersebut. Studi jurnal Arianti dan Fadilah (2023) menunjukkan bahwa suhu melebihi 20°C dan salinitas stabil di kisaran 32-35 ppt merupakan kondisi ideal yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan organisme *biofouling* makro, dengan pH netral hingga sedikit basa yang mendukung kelangsungan hidup biota laut.

Kelompok bivalvia yaitu dari jenis tiram pada penelitian ini memiliki komposisi sebanyak 37,54%, kelimpahannya dipengaruhi oleh kondisi suhu dan salinitas yang relatif stabil, yaitu berkisar 26,5–33,8°C dan 28–31 ppt. Nilai tersebut berada dalam kisaran optimum bagi tiram untuk melakukan filtrasi dan menempel pada media alami. Selain itu, nilai pH 7,71–7,80 dan DO 6,32–7,19 mg/L (Tabel 9) juga mendukung proses respirasi dan pembentukan cangkang kalsium karbonat. Kecepatan arus yang tergolong rendah (0,26–0,93 m/s) memberikan kesempatan bagi tiram untuk menempel dengan stabil di substrat kayu, batu, atau fiber, sehingga populasinya meningkat. Tiram (*Crassostrea* sp.) dapat tumbuh baik pada perairan dengan suhu berkisar antara 15–33°C, salinitas berkisar antara 15–35 ppt, oksigen terlarut (DO) berkisar antara 3–6 ppm dan pH berkisar antara 6–8 (Utojo *et al.*, 2005). Sementara itu, gastropoda mendominasi komunitas *fouling* dengan komposisi 39,40% karena menyukai kondisi dengan oksigen terlarut tinggi dan substrat keras seperti beton yang stabil. Nilai DO tertinggi tercatat pada minggu kedua yaitu yaitu 7,19 mg/L (Tabel 9) yang masih ideal untuk aktivitas metabolik gastropoda DO berkisar antara 6,78 mg/l – 7,21 mg/l, merupakan nilai yang tergolong baik bagi mendukung kehidupan gastropoda (Jana *et al.*, 2024). Kondisi pH yang netral hingga sedikit basa juga mendukung pertumbuhan gastropoda. Kisaran pH perairan yang mendukung kehidupan gastropoda berada pada rentang 7,0–8,7. Nilai pH yang berada di luar rentang tersebut, baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi, dapat memberikan tekanan terhadap organisme perairan, terutama gastropoda, melalui terganggunya proses metabolisme dan respirasi (Wahyuningsih & Umam, 2022). Kecerahan perairan sebesar 16–22 cm cukup memadai bagi gastropoda yang dapat mencari makan di permukaan media tanpa sangat bergantung pada cahaya. Dominansi pada media beton menunjukkan bahwa substrat keras menjadi tempat ideal bagi mereka untuk menempel dan bergerak. Sedangkan kelompok teritip sebesar 23,04% menunjukkan komposisi yang lebih rendah dibanding dua kelompok lainnya.

Menurut Fitroh *et al.* (2025), kepadatan organisme *fouling* dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti jenis substrat, pasang surut, kecepatan arus, dan tingkat pencemaran perairan. Salah satu faktor penting yang berperan dalam menentukan kepadatan dan pertumbuhan *fouling* adalah parameter kualitas air. Hasil pengukuran kualitas air yang dilakukan di lokasi penelitian Fitroh *et al.* (2025), ditemukan suhu 29,7 °C – 33,0 °C, salinitas 21 ppt - 25 ppt dan pH sebesar 7,6 – 8. Nilai pH tersebut masih berada pada rentang toleransi kehidupan *fouling*. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini dimana parameter kualitas air seperti suhu 26,5–33,8°C, salinitas 28–31 ppt, pH 7,71–7,80, DO 6,32–7,19 mg/L, dan arus 0,26–0,93 m/s. Kategori suhu dan pH masuk dalam rentang kondisi ideal untuk mendukung pertumbuhan biota *fouling* (Arianti dan Fadilah, 2023). serta kategori DO yang berada di rentang yang mendukung kehidupan biota laut.

### KESIMPULAN

Penelitian mengenai *biofouling* di Perairan Pelabuhan Kamal, Bangkalan, menunjukkan adanya tiga kelompok *macrofouling*, yaitu gastropoda, bivalvia, dan teritip. Komposisi *macrofouling* didominasi oleh gastropoda sebesar 39,40%, diikuti bivalvia 37,54%, dan teritip 23,04%. Kepadatan dan laju penempelan tertinggi *fouling* didapatkan pada substrat beton dengan nilai 660 Ind/ m<sup>2</sup>, dengan laju penempelan sebesar 31,42 Ind/ m<sup>2</sup>/minggu. Pada penelitian ini didapatkan indeks keanekaragaman (*H'*) rendah, keseragaman (*E*) tidak seragam, dan dominansi (*C*) menunjukkan tidak adanya spesies yang mendominasi. Parameter kualitas air yaitu suhu 26,5–33,8°C, salinitas 28–31 ppt, pH 7,71–7,80, DO 6,32–8,03 mg/L, dan arus 0,18–0,93 m/s yang cenderung dapat memengaruhi laju pertumbuhan dan keanekaragaman organisme *fouling*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Arguelles, E. 2022. Total Phenolic Content and In Vitro Analysis of Antioxidant, Antibacterial, and Alpha-Glucosidase Inhibition Properties of *Chroococcus Minutus* (Kützinger) Nägeli (Chroococcales, Cyanobacteria). *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*. 46(1): 170-181.

- Arianti, M. P., dan K. Fadilah. 2023. Analisis Kualitas Air Laut terhadap Aktivitas Kapal di Pelabuhan Surabaya Berdasarkan Parameter Anti-Fouling. *Enviroous*. 4(1): 86-90.
- Daruwedho, H., B. Sasmito, dan F. J. Amarrohman. 2016. Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia dengan Menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010–2014. *Jurnal Geodesi Undip*. 5(2): 147–158.
- Daulima, N., F. Kasim, M. K. Kadim, dan A. R. Paramata. 2021. Struktur Komunitas dan Pola Sebaran Gastropoda pada Ekosistem Mangrove di Desa Bolihutuo, Kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 8(3): 154–159.
- Emersida, I. 2021. The Consumption Limit of Oyster (*Crassostrea Cucullata* Born) is Safe Based on the Heavy Metal Contents of Pb, Cu And Zn in the Estuary of Los Kala River, Lhokseumawe City, Aceh Province. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 8(3): 159–165.
- Fitroh, L. M., N. Indriyawati, K. Dewi, N. A. Aprilia, I. Adila, A. P. Ariyanti, dan S. Tauri. 2025. Laju Pertumbuhan dan Keanekaragaman Biofouling di Perairan Desa Socah, Kecamatan Socah, Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*. 6(1): 31–43.
- Frazier, W. C. A., and D. C. Westhoff. 1991. Fermented Milk Products. in: *Food Microbiology*, 3rd Ed (Pp. 281–382). Frazier, W. C. And Westhoff, D. C. (Eds) Mcgraw Hill Book Company.
- Jana, F. G., F. H. Afifa, H. Triajie, I. W. Abida, dan F. A. Pramithasari. 2024. Biodiversitas Gastropoda Berdasarkan Tipe Sedimen pada Kawasan Ekosistem Mangrove Kecamatan Socah, Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*. 5(4): 354–364.
- Mashar, A., A. P. N. Firdausyia, M. Krisanti, dan A. A. Hakim. 2021. Biodiversity of Macroinvertebrate in Artificial Substrate from Several Habitats at Poneo Island, Gorontalo. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 744(1): 12044.
- Octavina, C., M. Irham, and D. Z. Feriska. 2023. Structure Community of Gastropods and Bivalves in Sabang Coastal. *Jurnal Moluska Indonesia*. 7(2): 53–67.
- Rombe, K. H., D. Rosalina, Jusliana, A. Surachmat, Y. Arafat, Hawati, M. R. Najih, M. Amiluddin, A. Rahman, dan R. Hermawan. 2023. Kepadatan dan Keanekaragaman Animal Fouling pada Dermaga Beton di Pulau Harapan, Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu *Jurnal Kelautan*. 16(3): 243–250.
- Sarif, S., dan M. Kasim. 2018. Komposisi Jenis dan Kepadatan Makroalga pada Jaring Kantung Apung dengan dan tanpa Menggunakan Sintetik Anti Fouling di Perairan Pantai Lakeba Kota Bau-Bau [ Composition of Types and Density of Macroalgae on Floating Pockets Nets with and Without Anti Foul. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*. 4(2): 165–174.
- Sunarti, S., Y. Abubakar, S. Abubakar, R. Subur, R. Rina, M. A. Kadir, dan A. H. Fadel. 2021. Gastropod Communities in Seagrass Ecosystems in Tafaga Coastal Waters and Figures, Moti Island District, Ternate City. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 14(2): 504–512.
- Supriadi, S., A. Romadhon, dan A. Farid. 2015. Struktur Komunitas Mangrove di Desa Martajasah Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 8(1) 44–51.
- Utojo, A. Mansyur, A. M. Pirzan, Tarunamulia, dan B. Pantjara. 2005. Identifikasi Kelayakan Lokasi Budidaya Laut di Perairan Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Journal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11(5): 9-29.
- Wahyuningsih, E., dan K. Umam. 2022. Keanekaragaman Gastropoda Di Sungai Logawa Banyumas. *Binomial*. 5(1): 81–94.
- Wibawa, W. D. P., H. Ahyadi, I. Hadi, dan D. A. Candri. 2022. Keanekaragaman Teritip pada Tiga Ekosistem (Hutan Mangrove, Padang Lamun dan Terumbu Karang) di Perairan Sekotong. *Samota Journal of Biological Sciences*. 1(1): 27-38.
- Wicaksono, A. U., H. Hamsiah, dan K. Yusuf. 2023. Keanekaragaman Biota Penempel yang Berasosiasi dengan Ekosistem Mangrove di Pantai Puntondo Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari (Jiwall)*. 1(1): 65–75.
- Wijayanti, H., D. G. Herbowo, dan A. Darmawan. 2020. Keberadaan Hewan Pengotor Teritip di Infrastruktur Teluk Kunyit, Pantai Sariringgung dan Pantai Mutun, Lampung. *Jurnal Biologi Tropis*. 20(1): 54–58.
- Zainura, Z., R. Rusydi, dan M. Khalil. 2016. Studi Pembesaran Tiram (*Crassostrea* Sp) melalui Desain Tata Letak yang Berbeda. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 3(2): 54–61.
- Zain, Y. G., M. Junaidi, dan L. F. Mulyani. 2023. Pengaruh Substrat yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Kerang Abalon (*Haliotis squamata*). *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*. 5(2): 204-218.