

## Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos pada Perakaran Mangrove Berbeda di Teluk Benoa, Bali

Rani Ariza Sinaga\*, Ni Made Ernawati, Ni Luh Gede Rai Ayu Saraswati

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana  
Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali, Indonesia. 80361 Indonesia  
Corresponding author, e-mail: ranisinaga784@gmail.com

**ABSTRAK:** Mangrove memiliki sistem perakaran yang khas yang dimanfaatkan oleh biota laut sebagai daerah perlindungan dan mencari makan. Mangrove berperan sebagai penyedia makanan bagi biota makrozoobentos dan sebaliknya makrozoobentos berkontribusi dalam proses dekomposisi bahan organik untuk membantu mangrove dalam memperoleh nutrien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos pada tipe perakaran mangrove berbeda di kawasan mangrove Teluk Benoa, Bali serta korelasinya dengan parameter lingkungan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024 hingga Februari 2025 di ekosistem mangrove Teluk Benoa, Bali. Metode yang digunakan adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Sampel makrozoobentos diambil pada bagian akar/batang dan sedimen hingga kedalaman 20 cm. Analisis data menggunakan software Microsoft Excel. Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan 25 spesies makrozoobentos dari 13 famili. Kelimpahan makrozoobentos tertinggi ditemukan pada tipe akar napas yaitu sebesar 29 ind/m<sup>2</sup> dan terendah pada tipe akar lutut sebesar 18,78 ind/m<sup>2</sup>. Nilai indeks keanekaragaman pada ketiga tipe perakaran yang berbeda tergolong sedang dengan nilai berkisar antara 2,231-2,596. Nilai parameter lingkungan yang diperoleh masih sesuai untuk kehidupan makrozoobentos. Korelasi pH tanah dan kelimpahan makrozoobentos tergolong kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,557. Korelasi salinitas dengan kelimpahan makrozoobentos tergolong sangat kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,932. Korelasi pH tanah dengan keanekaragaman makrozoobentos tergolong sangat kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,944. Korelasi antara salinitas dan keanekaragaman makrozoobentos tergolong cukup dengan koefisien korelasi sebesar 0,321.

**Kata kunci:** Kelimpahan; keanekaragaman; makrozoobentos; mangrove

**Abundance and Diversity of Macrozoobenthos in Different Mangrove Roots in Benoa Bay, Bali**

**ABSTRACT:** Mangroves have a distinctive root system that is utilized by marine biota as a refuge and foraging area. Mangroves act as food providers for macrozoobenthos biota and vice versa macrozoobenthos contribute to the process of decomposition of organic matter to help mangroves in obtaining nutrients. The purpose of this study was to determine the abundance and diversity of macrozoobenthos in different mangrove rooting types in the mangrove area of Benoa Bay, Bali and its correlation with environmental parameters. This research was conducted from December 2024 to February 2025 in the mangrove ecosystem of Benoa Bay, Bali. The method used was descriptive with a quantitative approach. Macrozoobenthos samples were taken at the root/stem and sediment to a depth of 20 cm. Data analysis using Microsoft Excel software. Based on the observation, 25 species of macrozoobenthos from 13 families were found. The highest abundance of macrozoobenthos was found in the breath root type which amounted to 29 ind/m<sup>2</sup> and the lowest in the knee root type at 18.78 ind/m<sup>2</sup>. Diversity index values in the three different root types were classified as moderate with values ranging from 2.231-2.596. Environmental parameter values obtained are still suitable for macrozoobenthos life. Correlation of soil pH and macrozoobenthos abundance is strong with a correlation coefficient of 0.557. Correlation of salinity with macrozoobenthos abundance is very strong with a correlation coefficient of 0.932. Correlation of soil pH with macrozoobenthos diversity is very strong with a correlation coefficient of 0.944. The correlation between salinity and macrozoobenthos diversity is moderate with a correlation coefficient of 0.321.

**Keywords:** Abundance; diversity; macrozoobenthos; mangrove

## PENDAHULUAN

Teluk Benoa merupakan kawasan pariwisata yang memiliki keanekaragaman ekosistem yang kompleks, salah satunya ekosistem mangrove. Keberadaan ekosistem mangrove dapat menunjang perekonomian, sosial, dan budaya masyarakat di sekitar Teluk Benoa (Sutrisnawati *et al.*, 2023). Mangrove di Teluk Benoa tergolong beragam. Berdasarkan penelitian Andika *et al.* (2019) ditemukan 12 jenis mangrove utama yaitu, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina*, *Avicennia lanata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum*, *Aegiceras corniculatum*, *Lumnitzera racemosa*, dan *Ceriops tagal*.

Ekosistem mangrove adalah salah satu ekosistem penting yang memiliki fungsi secara ekologis dan ekonomi. Mangrove berperan sebagai habitat, daerah asuhan (*nursery ground*), dan daerah memijah (*spawning ground*) bagi berbagai biota laut (Jalaludin *et al.*, 2020). Pentingnya fungsi ekologis mangrove juga dapat dilihat dari perannya dalam rantai makanan di perairan. Mangrove menyediakan sumber makanan bagi biota laut yang hidup di dalamnya, seperti ikan, udang, dan moluska. Mangrove memiliki sistem perakaran yang khas sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Sistem perakaran yang unik tersebut dimanfaatkan biota laut sebagai daerah perlindungan dan mencari makan karena tersedianya suplai makanan dan terhindar dari predator (Karimah, 2017).

Makrozoobentos merupakan biota yang hidup di dalam ataupun di dasar perairan, berukuran relatif besar dan memiliki pergerakan yang terbatas (Bai'un *et al.*, 2021). Pada ekosistem mangrove, makrozoobentos hidup pada substrat lumpur, berpasir dan juga keras. Umumnya makrozoobentos yang ditemukan pada ekosistem mangrove terdiri atas kelas Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, dan Crustacea (Bayudana *et al.*, 2022). Mangrove berperan sebagai penyedia makanan bagi makrozoobentos yaitu berupa serasah daun. Sebaliknya makrozoobentos berkontribusi penting pada proses dekomposisi bahan organik untuk membantu mangrove dalam memperoleh nutrien (Ulfah *et al.*, 2012). Keberadaan makrozoobentos pada ekosistem mangrove di Teluk Benoa sudah pernah diteliti sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Faiqoh *et al.* (2016), Ulfa *et al.* (2018), Sobari *et al.* (2020), Girsang *et al.* (2023), dan Sutrisnawati *et al.* (2023). Namun, informasi mengenai kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos berdasarkan tipe perakaran mangrove yang berbeda masih terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah penelitian untuk mengetahui bagaimana kondisi kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos pada tipe perakaran mangrove berbeda khususnya di kawasan Teluk Benoa, Bali.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024 hingga Februari 2025 dan berlokasi di ekosistem mangrove Teluk Benoa, Bali (Gambar 1). Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penentuan stasiun penelitian menggunakan metode purposive sampling dengan mempertimbangkan tipe perakaran yang berbeda serta aksesibilitas. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 tipe perakaran berbeda dari 3 jenis mangrove dominan yakni *Rhizophora* sp., *Sonneratia* sp., dan *Bruguiera* sp. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: GPS, transek kuadran (1m x 1m), pH meter soil, refraktometer, sekop, ayakan, plastik klip ziplock, kertas label, kertas new top, ATK, lup, nampan, Hp, buku identifikasi makrozoobentos. Sementara bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, sampel makrozoobentos, air aquades dan alkohol 70% untuk mengawetkan sampel.

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan pada saat kondisi surut. Sampel diambil pada bagian akar/batang dan pada sedimen. Pada bagian akar/batang, sampel diambil secara langsung. Pada sedimen, sampel diambil mulai dari permukaan sampai kedalaman 20 cm (Munandar *et al.*, 2016). Sampel makrozoobentos yang diperoleh dimasukkan ke dalam plastik klip ziplock serta diberikan label sesuai dengan titik dan stasiun pengamatan. Sampel dibersihkan kemudian diberikan alkohol 70% (Girsang *et al.*, 2023). Selanjutnya, sampel diidentifikasi

menggunakan buku identifikasi di Laboratorium Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana. Pengambilan data parameter lingkungan dilakukan pada saat surut. Tipe substrat diamati secara langsung dengan mengambil sampel substrat dan mengamatinya secara visual kemudian dicatat sesuai titik penelitian. Kelimpahan makrozoobentos merupakan jumlah makrozoobentos per satuan meter persegi ( $\text{m}^2$ ) (Ulfa *et al.*, 2018). Kelimpahan dihitung menggunakan persamaan:

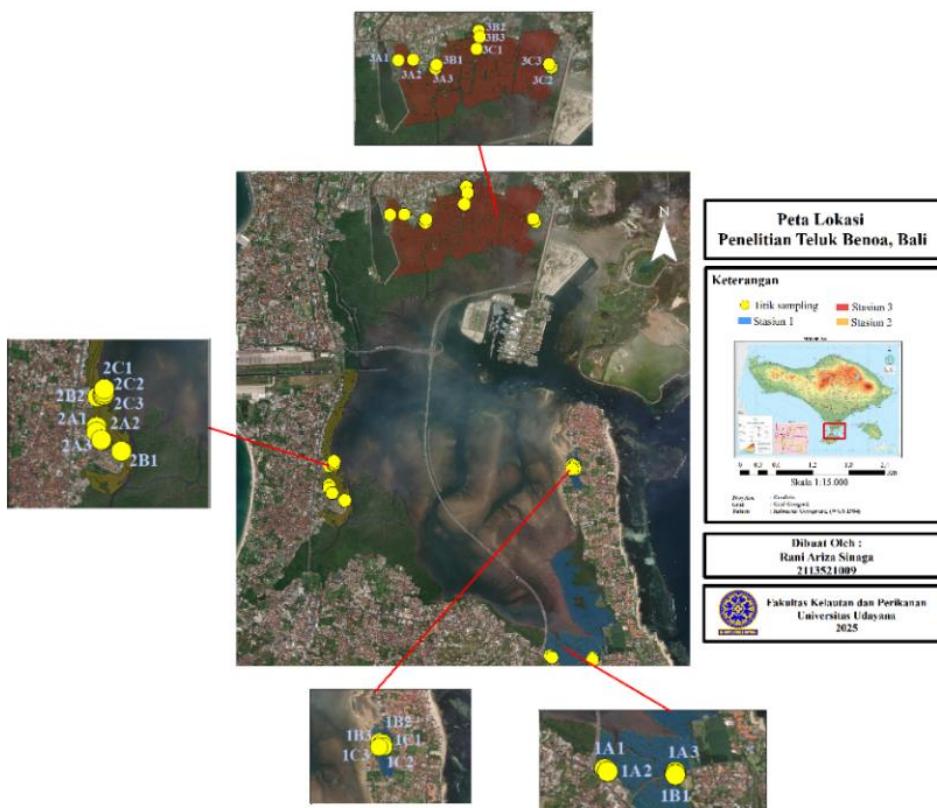
$$Di = \frac{ni}{A}$$

Dimana,  $Di$  = kelimpahan individu jenis ke- $i$  ( $\text{ind}/\text{m}^2$ );  $ni$  = jumlah individu ke- $i$  ( $\text{ind}$ );  $A$  = luas area pengambilan sampel ( $\text{m}^2$ ).

Indeks keanekaragaman menunjukkan kondisi populasi dari organisme dengan menghitung jumlah individu setiap jenisnya (Sutrisnawati *et al.*, 2023). Adapun persamaan yang digunakan yaitu persamaan dari Shannon-Winner (Krebs, 1994):

$$H' = - \sum \left( \frac{ni}{N} \right) x \ln \left( \frac{ni}{N} \right)$$

Dimana,  $H'$  = indeks keanekaragaman;  $ni$  = jumlah individu setiap jenis; dan  $N$  = jumlah individu seluruh spesies. Berikut adalah kriteria indeks keanekaragaman:  $H' < 1$  = Menunjukkan keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap jenis rendah, kestabilan komunitas rendah dan kondisi perairan telah tercemar berat.  $1 < H' < 3$  = Menunjukkan keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang, kestabilan komunitas sedang dan kondisi perairan tercemar sedang.  $H' > 3$  = Menunjukkan keanekaragaman sangat tinggi, penyebaran jumlah individu tiap jenis tinggi, kestabilan komunitas tinggi dan kondisi perairan belum tercemar.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Korelasi antara pH tanah dan salinitas dengan kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos menggunakan persamaan dalam Prihatin *et al.* (2023):

$$Y = a + bX$$

Dimana, Y = kelimpahan/keanekaragaman makrozoobentos; X = pH tanah/salinitas; a = konstanta; dan b = koefisien regresi (kemiringan). Nilai persamaan regresi menunjukkan pengaruh pH tanah dan salinitas terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos. Nilai (+) positif menunjukkan tipe korelasi searah, sedangkan tanda (-) negatif menunjukkan korelasi yang berlawanan arah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis makrozoobentos yang ditemukan di Teluk Benoa Bali sebanyak 25 jenis dari 13 famili diantaranya, Potamididae (5 spesies, yaitu *Terebralia sulcata*, *Terebralia palustris*, *Cerithidea obtusa*, *Cerithidea cingulata*, *Telescopium telescopium*), Littorinidae (2 spesies, yaitu *Littorina scabra*, *Littorina carinifera*), Neritidae (3 spesies, yaitu *Nerita undata*, *Nerita exuvia*, *Neritina turrita*), Muricidae (1 spesies, yaitu *Chicoreus capucinus*), Cypraeidae (1 spesies, yaitu, *Cypraea erosa*), Melampidae (2 spesies, yaitu *Cassidula aurisfelis*, *Cassidula nucleus*), Nassariidae (1 spesies, yaitu *Nassarius optimus*), Ocypodidae (3 spesies, yaitu *Uca vomeris*, *Uca triangularis*, *Uca bellator*), Macrophthalmidae (2 spesies, yaitu *Macrophthalmus erato*, *Macrophthalmus brevis*), Sesarmidae (2 spesies, yaitu *Parasesarma leptosoma*, *Neosarmatium bidentatum*), Portunidae (1 spesies, yaitu *Thalamita crenata*), Menippidae (1 spesies, yaitu *Myomenippe fornasinii*), dan Semelidae (1 spesies, yaitu *Semele cordiformis*).

Kelimpahan tertinggi diperoleh oleh spesies *Terebralia sulcata* dengan nilai 12,11 ind/m<sup>2</sup>, sedangkan kelimpahan terendah senilai 0,11 didapatkan oleh spesies *Cypraea erosa*, *Nassarius optimus*, dan *Thalamita crenata* (Tabel 1). Hal ini dikarenakan *Terebralia sulcata* termasuk ke dalam famili Potamididae, yang merupakan famili paling dominan di ekosistem mangrove. Abubakar *et al.* (2018), menyatakan bahwa famili Potamididae adalah penghuni asli hutan mangrove yang mendominasi komunitas mangrove dan dapat bertahan di lingkungan mangrove dengan adaptasi khusus. *Terebralia sulcata* juga merupakan jenis dari kelas gastropoda, yang dimana adalah jenis makrozoobentos yang paling umum dan dominan ditemukan di ekosistem mangrove. Artiningrum dan Anggraini (2019), menyatakan bahwa gastropoda adalah jenis moluska yang memiliki tingkat adaptasi paling tinggi dengan berbagai kondisi habitat baik substrat keras, pasir maupun berlumpur.

Berdasarkan tipe perakarannya, kelimpahan tertinggi terdapat pada tipe akar napas yang memiliki nilai sebesar 29 ind/m<sup>2</sup> sedangkan kelimpahan terendah diperoleh pada tipe akar lutut dengan nilai 18,78 ind/m<sup>2</sup> (Tabel 1). Variasi kelimpahan makrozoobentos antara jenis perakaran tidak hanya diakibatkan oleh bentuk akar itu sendiri, tetapi juga oleh letak zonasi ekologis dari setiap jenis mangrove. Di ekosistem mangrove Teluk Benoa, *Sonneratia sp.* biasanya mendominasi zona terluar, yang sering terpapar oleh air laut dan mengalami perubahan akibat pasang surut harian. Wilayah ini biasanya memiliki ketersediaan nutrisi dan bahan organik yang lebih banyak karena aktivitas pasang surut, serta memberikan akses yang lebih baik bagi larva dan organisme bentos dari lautan terbuka. Sebaliknya, *Bruguiera sp.* umumnya berkembang di daerah yang paling dekat dengan daratan, yang mengalami genangan yang lebih jarang dan penumpukan bahan organik yang lebih lambat. Sehingga, selain dari pada struktur fisik akarnya, variasi jumlah makrozoobentos antara akar napas dan akar lutut kemungkinan besar juga mencerminkan perbedaan keadaan lingkungan zonasi seperti kadar salinitas, frekuensi pasang surut, dan ketersediaan makanan.

Keberadaan serasah daun yang terurai menjadi bahan organik yang berfungsi sebagai makanan bagi makrozoobentos juga dapat mempengaruhi keberadaan makrozoobentos. Isman *et al.* (2018), menyatakan bahwa keberadaan bahan organik sangat penting untuk sumber makanan bagi makrozoobentos. Hasil kelimpahan makrozoobentos pada penelitian ini berkaitan dengan hasil penelitian Ampun *et al.* (2020) yang menemukan bahwa serasah *Sonneratia alba* lebih cepat terdekomposisi dibanding *Bruguiera gymnorhiza*. Sehingga bahan organik yang menjadi sumber

makanan makrozoobentos pun lebih banyak pada jenis mangrove *Sonneratia* sp. Hal tersebut pada gilirannya juga menyebabkan kelimpahan makrozoobentos pada tipe perakaran napas yang diwakili oleh *Sonneratia* sp. lebih tinggi.

**Tabel 1.** Jenis dan Kelimpahan Makrozoobentos pada Tipe Perakaran Mangrove Berbeda di Teluk Benoa, Bali

Famili/Spesies	Tipe Perakaran			Total	Kelimpahan (ind/m <sup>2</sup> )
	Akar tunjang	Akar napas	Akar lutut		
<b>Potamididae</b>					
<i>T. sulcata</i>	8,89	1,11	2,11	109	12,11
<i>T. palustris</i>	1,56	3	0,89	49	5,44
<i>C. obtusa</i>	4,11	5,44	0,22	88	9,78
<i>C. cingulata</i>	0,56	4,56	1,44	59	6,56
<i>T. telescopium</i>	0,78	1,44	0,78	27	3
<b>Littorinidae</b>					
<i>L. scabra</i>	4,44	5,11	0,78	93	10,33
<i>L. carinifera</i>	0,33	1,89	0	20	2,22
<b>Neritidae</b>					
<i>N. undata</i>	0,56	0,56	1,33	22	2,44
<i>N. exuvia</i>	1,11	0	0	10	1,11
<i>N. turrita</i>	0	0,33	3	30	3,33
<b>Muricidae</b>					
<i>C. capucinus</i>	2,33	0,22	0,22	25	2,78
<b>Cypraeidae</b>					
<i>C. erosa</i>	0,11	0	0	1	0,11
<b>Melampidae</b>					
<i>C. aurisfelis</i>	0	1	2	27	3
<i>C. nucleus</i>	1	0	1,89	26	2,89
<b>Nassariidae</b>					
<i>N. optimus</i>	0	0,11	0	1	0,11
<b>Ocypodidae</b>					
<i>U. vomeris</i>	0,44	1,33	0,78	23	2,56
<i>U. triangularis</i>	0,78	1,33	1,56	33	3,67
<i>U. bellator</i>	0,44	0	0	4	0,44
<b>Macrophthalmidae</b>					
<i>M. erato</i>	0	0	0,56	5	0,56
<i>M. brevis</i>	0,33	0,89	0	11	1,22
<b>Sesarmidae</b>					
<i>P. leptosoma</i>	0,33	0	0,33	6	0,67
<i>N. bidentatum</i>	0	0,44	0,56	9	1
<b>Portunidae</b>					
<i>T. crenata</i>	0	0,11	0	1	0,11
<b>Menippidae</b>					
<i>M. fornasinii</i>	0	0	0,33	3	0,33
<b>Semelidae</b>					
<i>S. cordiformis</i>	0,11	0,11	0	2	0,22
Total Individu	254	261	169	684	
Jumlah Spesies	18	18	17	25	
Kelimpahan Total (ind/m <sup>2</sup> )	28,22	29	18,78		

Berdasarkan tipe perakarannya, indeks keanekaragaman pada ketiga tipe perakaran yang berbeda tergolong sedang (Tabel 2). Nilai keanekaragaman tertinggi terdapat pada tipe perakaran lutut dengan nilai 2,596 dan terendah diperoleh pada tipe perakaran tunjang sebesar 2,231. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang, kestabilan komunitas sedang dan kondisi perairan tercemar sedang. Tingkat keanekaragaman makrozoobentos yang sedang diduga karena adanya tekanan, baik secara alami maupun antropogenik. Berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian, aktivitas manusia seperti pembuangan limbah rumah tangga ke dalam kawasan mangrove masih kerap terjadi. Sehingga, hal tersebut mungkin menjadi faktor yang mempengaruhi kondisi habitat dan komunitas biota di dalamnya. Namun, tanpa adanya data parameter kualitas air, interpretasi kondisi pencemaran tersebut bersifat inferensial. Oleh karena itu, nilai keanekaragaman makrozoobentos dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai gambaran kondisi ekologi saat ini yang dipengaruhi oleh berbagai faktor baik faktor lingkungan alami maupun tekanan antropogenik.

Menurut Laraswati *et al.* (2020), apabila suatu komunitas memiliki nilai keanekaragaman yang tergolong sedang, maka diperkirakan akan terjadi interaksi antar spesies yang menyebabkan kompetisi, produktivitas yang cukup, kondisi ekosistem yang relatif seimbang, serta tekanan ekologis yang sedang. Tingkat keanekaragaman dapat dipengaruhi oleh jenis substrat yang ada serta kandungan organik di dalamnya. Selain itu, kondisi lingkungan perairan juga turut berperan dalam menunjang keberadaan setiap spesies yang mendiami lokasi tersebut. Jenis substrat memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi makrozoobentos. Hal tersebut dikarenakan tekstur substrat dasar berfungsi sebagai lokasi untuk menempel, merayap dan berjalan (Adelia *et al.*, 2021). Menurut Sinulingga *et al.*, (2017) substrat dasar juga berperan sebagai penyokong ketersediaan unsur hara bagi kelangsungan hidup makrozoobentos, serta sebagai habitat yang mendukung siklus hidupnya. Di sisi lain, bahan organik berfungsi sebagai sumber pangan bagi makrozoobentos.

Ekosistem mangrove Teluk Benoa, Bali memiliki nilai parameter lingkungan yang bervariasi. Rata-rata hasil pengukuran pH tanah pada ketiga tipe perakaran yang berbeda berkisar antara 6,13-6,27 (Tabel 3). Nilai pH tanah yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan Putra *et al.* (2022), dalam penelitiannya yang memperoleh pH tanah dengan kisaran 6-6,6. Berdasarkan hal tersebut, seluruh pH tanah yang diperoleh pada penelitian ini termasuk dalam kategori asam. Hal tersebut diduga karena kondisi cuaca pada saat pengambilan data dalam penelitian ini yang berada pada musim hujan. Nilai derajat keasaman (pH) yang rendah akan menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut, yang berakibat pada peningkatan aktivitas respirasi organisme. Sebaliknya pH yang tinggi mengakibatkan peningkatan kandungan oksigen terlarut, sehingga

**Tabel 2.** Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos pada Tipe Perakaran Mangrove Berbeda di Teluk Benoa

Tipe Perakaran/Jenis Mangrove	Keanekaragaman (H')	
	Nilai	Kategori
Akar Tunjang ( <i>Rhizophora</i> sp.)	2,231 ± 0,099	Sedang
Akar Napas ( <i>Sonneratia</i> sp.)	2,396 ± 0,098	Sedang
Akar Lutut ( <i>Bruguiera</i> sp.)	2,596 ± 0,074	Sedang

**Tabel 3.** Nilai Rata-rata Kondisi Lingkungan pada Tipe Perakaran Mangrove Berbeda di Teluk Benoa

Tipe Perakaran/ Jenis Mangrove	Parameter Lingkungan		
	pH Tanah	Salinitas (ppt)	Tipe Substrat
Akar Tunjang ( <i>Rhizophora</i> sp.)	6,27 ± 0,44	19,56 ± 5,48	Lumpur dan Pasir berlumpur
Akar Napas ( <i>Sonneratia</i> sp.)	6,27 ± 0,31	18,67 ± 4,58	Lumpur dan Pasir berlumpur
Akar Lutut ( <i>Bruguiera</i> sp.)	6,13 ± 0,10	15,44 ± 7,45	Lumpur dan Pasir berlumpur

menyebabkan penurunan aktivitas respirasi organisme (Artiningrum dan Anggraini, 2019). Berdasarkan Marpaung *et al.* (2014), tanah dengan pH antara 6,0-7,0 sering kali dianggap cukup netral walaupun secara teknis masih tergolong asam, namun kondisi ini masih dapat ditoleransi dan dianggap cukup baik untuk kehidupan makrozoobentos.

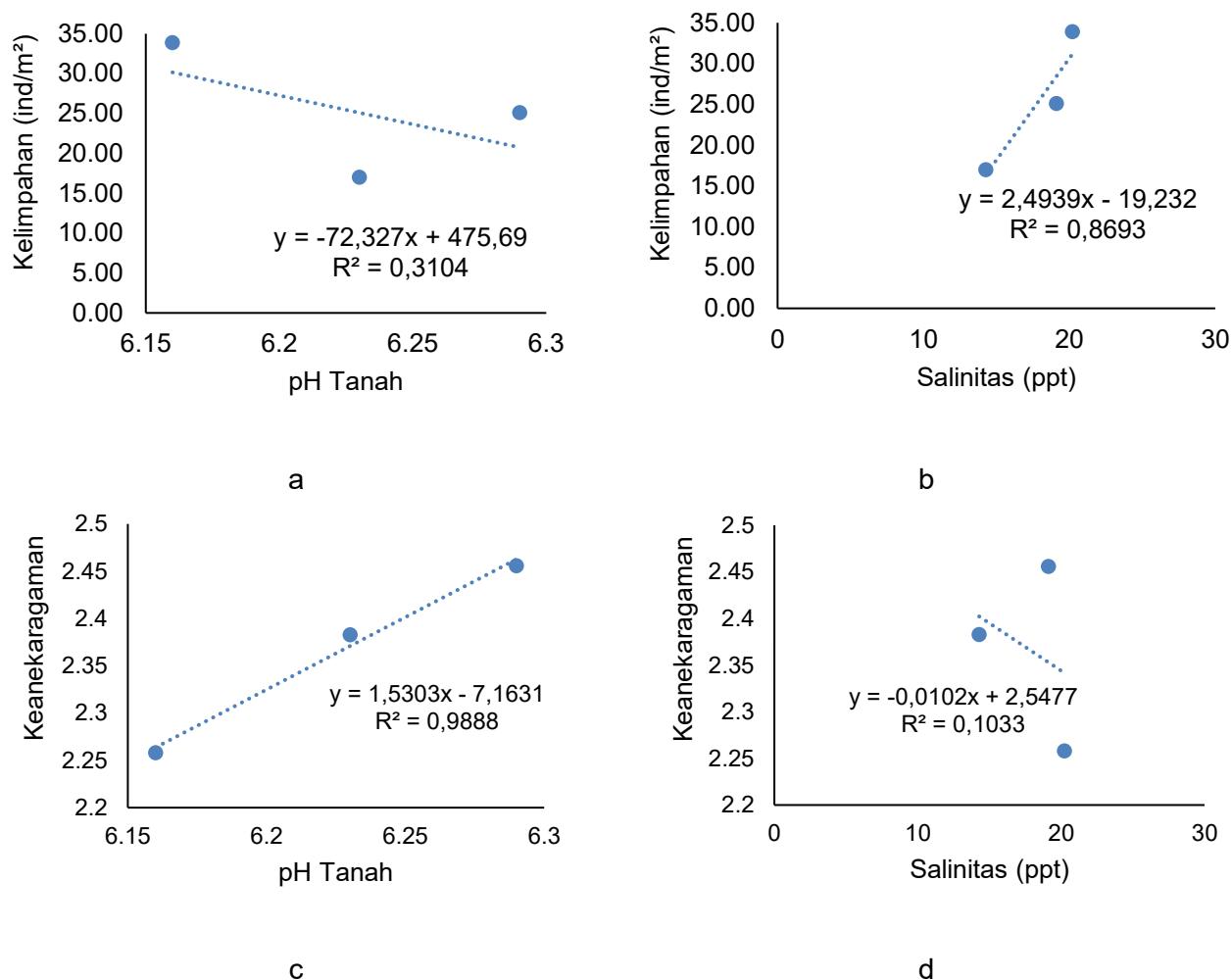
Rerata hasil pengukuran salinitas air yang diperoleh pada ketiga tipe perakaran berkisar antara 15,44 ppt - 19,56 ppt (Tabel 3). Hal tersebut dikarenakan penelitian dilakukan pada saat musim hujan dan pengambilan data dilakukan pada saat kondisi surut. Menurut Amin *et al.* (2023), tinggi dan rendahnya nilai salinitas dapat dipengaruhi oleh fenomena pasang surut yang terjadi di daerah pesisir. Semakin besar jumlah curah hujan di suatu wilayah perairan laut maka salinitasnya akan semakin rendah, sebaliknya semakin sedikit jumlah curah hujan maka salinitas akan semakin tinggi (Prihatin *et al.*, 2023). Nilai salinitas yang diperoleh pada penelitian ini masih dalam batas toleransi dan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang baku mutu air laut untuk biota laut yakni 0-35‰. Menurut Yanti *et al.* (2022), tinggi dan rendahnya tingkat salinitas mempengaruhi jenis makrozoobentos yang dapat berkembang pada kadar salinitas tertentu.

Tipe substrat yang diperoleh pada penelitian ini adalah lumpur dan pasir berlumpur (Tabel 3). Tipe substrat yang halus umumnya memiliki kandungan oksigen yang lebih rendah, tetapi kaya akan unsur hara (bahan organik). Kemudian substrat lumpur berpasir dan pasir berlumpur merupakan jenis substrat yang sesuai untuk keberlangsungan hidup, pertumbuhan, dan perkembangan makrozoobentos, seperti kelas gastropoda. Hal ini disebabkan tipe substrat tersebut mempermudah biota untuk bergerak dan berpindah ke lokasi lain (Santya *et al.*, 2023). Menurut Sutrisnawati *et al.* (2023), kondisi substrat tempat hidupnya akan mempengaruhi ketersediaan makanan bagi makrozoobentos.). Tipe substrat pada ekosistem mangrove Teluk Benoa, Bali termasuk sesuai untuk mendukung kehidupan berbagai jenis makrozoobentos.

Hasil perhitungan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui korelasi antara pH tanah dengan kelimpahan makrozoobentos di ekosistem mangrove Teluk Benoa (Gambar 2) menunjukkan bahwa setiap kenaikan terhadap pH tanah akan mengakibatkan penurunan terhadap kelimpahan makrozoobentos. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan dari analisis regresi yaitu 0,3104 artinya terdapat pengaruh pH tanah terhadap kelimpahan makrozoobentos di ekosistem mangrove Teluk Benoa, Bali sebesar 31%. Nilai *Multiple R* yang diperoleh sebesar 0,557 yang berarti korelasi pH tanah dan kelimpahan makrozoobentos tergolong kuat. Hasil korelasi tersebut sejalan dengan hasil penelitian Syahrial *et al.* (2020) yang memperoleh persamaan negatif, di mana semakin tingginya nilai pH menyebabkan semakin menurunnya kepadatan makrozoobentos. Menurut Yanti *et al.* (2022), derajat keasaman (pH) adalah faktor ekologis yang signifikan dalam mengatur aktivitas serta distribusi flora dan fauna yang hidup di dalam suatu perairan. Selain itu pH juga berpengaruh terhadap proses respirasi, sistem enzim, komposisi nutrisi, serta produktivitas ekosistem tersebut.

Hasil regresi antara salinitas dengan kelimpahan makrozoobentos (Gambar 2) menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu satuan dalam salinitas maka kelimpahan makrozoobentos akan mengalami peningkatan sebesar 2,4939 ind/m<sup>2</sup>. Nilai *Multiple R* sebesar 0,932 yang berarti korelasi antara salinitas dengan kelimpahan makrozoobentos tergolong sangat kuat. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh dari analisis regresi antara salinitas dan kelimpahan makrozoobentos adalah sebesar 0,8693. Hasil ini menunjukkan bahwa sebesar 86% kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh salinitas dan 14% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai koefisien determinasi dan *Multiple R* yang diperoleh dari regresi antara salinitas dan kelimpahan makrozoobentos pada penelitian ini tidak berbeda nyata dengan hasil yang diperoleh Syahrial *et al.* (2020), yaitu dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,883 dan *Multiple R* sebesar 0,940. Menurut Artiningrum dan Anggraini (2019), salinitas memiliki potensi untuk memengaruhi penyebaran organisme bentos baik secara vertikal maupun horizontal.

Korelasi antara pH tanah dengan keanekaragaman makrozoobentos yang diperoleh tergolong sangat kuat dengan nilai sebesar 0,944. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang diperoleh sebesar 0,988 (Gambar 2) yang berarti 98% variasi keanekaragaman makrozoobentos secara statistik dapat dijelaskan oleh perubahan pH tanah. Akan tetapi, rentang nilai pH tanah yang diperoleh relatif sempit dan termasuk ke dalam kategori asam lemah. Sehingga dalam hal ini, pH



**Gambar 2.** Korelasi antara Parameter Lingkungan (pH Tanah dan Salinitas) dengan Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos

tanah bukan sebagai faktor tunggal yang secara langsung menentukan keanekaragaman makrozoobentos, melainkan sebagai indikator dari kondisi biogeokimia sedimen seperti ketersediaan bahan organik. Hal ini didukung Syahrial *et al.* (2020), bahwa pH memiliki hubungan erat dengan keanekaragaman biota di suatu perairan. Nilai pH yang tinggi mencerminkan rendahnya kandungan bahan organik, sehingga makrozoobentos yang dapat ditemukan di perairan tersebut hanya berupa spesies-spesies tertentu. Namun, karena data kandungan bahan organik tidak tersedia dalam penelitian ini, hubungan antara pH dan keanekaragaman tidak dapat diklaim sebagai hubungan sebab-akibat langsung. Sehingga, hasil ini lebih tepat diinterpretasikan sebagai cerminan adanya keterkaitan erat antara kondisi kimia sedimen (pH tanah) dan keanekaragaman makrozoobentos.

Hasil regresi antara salinitas dengan keanekaragaman makrozoobentos (Gambar 2) tergolong cukup dengan koefisien korelasi sebesar 0,321 dan koefisien determinasi 0,1033, yang berarti salinitas hanya menjelaskan sekitar 10% variasi keanekaragaman makrozoobentos di Teluk Benoa. Hal tersebut menjelaskan bahwa salinitas bukan faktor utama yang mempengaruhi keanekaragaman makrozoobentos. Akan tetapi, salinitas tetap memainkan peran dalam menentukan keberadaan biota akuatik (Purba *et al.* 2025). Dalam penelitian ini, faktor lain seperti kualitas substrat, ketersediaan bahan organik dan tekanan antropogenik diduga berpengaruh pula terhadap keanekaragaman makrozoobentos.

## KESIMPULAN

Ditemukan 25 spesies makrozoobentos dari 13 famili pada tiga tipe perakaran mangrove berbeda di Teluk Benoa, Bali. Kelimpahan makrozoobentos pada ketiga tipe perakaran berbeda berkisar antara 18,78-29 ind/m<sup>2</sup>. Kelimpahan tertinggi diperoleh pada tipe akar napas sebesar 29 ind/m<sup>2</sup> dan kelimpahan terendah pada tipe akar lutut sebesar 18,78 ind/m<sup>2</sup>. Indeks keanekaragaman makrozoobentos pada ketiga tipe perakaran yang berbeda tergolong sedang dengan nilai berkisar antara 2,231-2,596. Keanekaragaman tertinggi terdapat pada tipe perakaran lutut dan terendah pada tipe perakaran tunjang. Rerata nilai pH tanah berkisar antara 6,13 - 6,27 sementara salinitas berkisar antara 15,44 ppt - 19,56 ppt. Tipe substrat yang diperoleh adalah lumpur dan pasir berlumpur. Nilai parameter lingkungan yang didapatkan masih sesuai untuk kehidupan organisme makrozoobentos. Korelasi pH tanah dengan kelimpahan makrozoobentos tergolong kuat dengan koefisien korelasi 0,557. Korelasi antara salinitas dan kelimpahan makrozoobentos tergolong sangat kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,932. Korelasi pH tanah dan keanekaragaman makrozoobentos tergolong sangat kuat dengan koefisien korelasi senilai 0,944. Korelasi antara salinitas dan keanekaragaman makrozoobentos tergolong cukup dengan koefisien korelasi sebesar 0,321.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, S., Kadir, M.A., Akbar, N., & Tahir, I. 2018. Asosiasi dan Relung Mikrohabitat Gastropoda pada Ekosistem Mangrove di Pulau Sibu Kecamatan Oba Utara Kota Tidore Kepulauan Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Enggano*, 3(1):22-38. DOI:10.31186 /jenggano.3.1.22-28
- Adelia, R., Rahman, M., & Arifin, P. 2021. Keanekaragaman Makrozoobenthos Kawasan Mangrove di Desa Tanjung Samalantakan. *AQUATIC Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 4(1):80-88. DOI:10.20527/aquatic.v4i2.1416
- Amin, Y.Y., Jamaluddin, J., & Kaseng, E.S. 2023. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Air di Hutan Mangrove Pantai Kuri Caddi di Kabupaten Maros. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(10):359-369. DOI:10.5281/zenodo.7985114
- Ampun, A.C.R.A., Karang, I.W.G.A., & Suteja, Y. 2020. Laju Dekomposisi Serasah Daun Mangrove *Bruguiera gymnorhiza* dan *Sonneratia alba* di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Tanjung Benoa. Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1):100-105. DOI:10.24843/jmas.2020.v.06.i01.p12
- Andika, I.B.M.B., Kusmana, C., & Nurjaya, I.W. 2019. Dampak Pembangunan Jalan Tol Bali Mandara Terhadap Ekosistem Mangrove di Teluk Benoa Bali. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3):641-657. DOI:10.29244/jpsl.9.3.641-657
- Artiningrum, N.T., & Anggraini, D.P. 2019. Keanekaragaman Moluska Ekosistem Mangrove Pantai Cemare, Teluk Lembar Lombok Barat. *BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 5(3):112-118. DOI:10.29303/biowall.v5i3.19
- Bai'un, N.H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan di Ekosistem Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2):227-238. DOI:10.21776/ub.fjmr.2021.005.02.7
- Bayudana, B.C., Riyantini, I., Sunarto, S., & Zallesa, S. 2022. Asosiasi dan Korelasi Makrozoobentos dengan Kondisi Ekosistem Mangrove di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(3):271-281. DOI:10.14710/buloma.v11i3.40786
- Faiqoh, E., Hayati, H., & Yudiastuti, K. 2016. Studi Komunitas Makrozoobenthos di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Tanjung Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 2(1):23-28. DOI:10.24843/jmas.2016.v2.i01.23-28
- Girsang, L.M., Pertami, N.D., & Ernawati, N.M. 2023. Epifauna pada Ekosistem Mangrove di Kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8(2):99-109. DOI:10.24002/biota.v8i2.6333

- Isman, M., Mashoreng, S., Werorilangi, S., Isyriini, R., Rastina, Faizal, A., Tahir, A., & Burhanuddin, A.I. 2018. Komunitas Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove Berbeda: Hubungannya dengan Karakteristik Kimia-Fisika Sedimen. *Torani: Journal of Fisheries and Marine Science (JFMarSci)*, 1(2):40-47. DOI:10.35911/torani.v1i2.4441
- Jalaludin, M., Lestari, D., Andriani, M., Ulum, M., & Mellenia, S.N. 2020. Korelasi Antara Ekosistem Mangrove *Rhizophora stylosa* Terhadap Biota Aquatik di Pulau Pramuka Kepulauan Seribu. *Jurnal Geografi*, 9(1):38-49. DOI:10.24036/geografi/vol9-iss1/944
- Karimah, K. 2017. Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2):51-57. DOI:10.29303/jbt.v17i2.406
- Krebs, C.J. 1994. Ecology the Eksperimental Analysis of Distribution and Abundance. Third edition. Haeper and Row Publisher. New york.
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., & Setyati, W. A. 2020. Komposisi dan Kelimpahan Gastropoda pada Ekosistem Mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(1):41-48. DOI:10.14710/jmr.v9i1.26104
- Marpaung, A.A.F., Yasir, I., & Ukkas, M. 2014. Keanekaragaman Makrozoobenthos di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami di Kawasan Ekowisata Pantai Boe, Kabupaten Takalar. Sulawesi Selatan. *Bonorowo Wetlands*, 4(1):1-11. DOI:10.13057/bonorowo/w040101
- Munandar, A., Ali, M.S., & Karina, S. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(3):331-336.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Prihatin, A., Rahayu, N L., & Wahyuningsih, E. 2023. Hubungan Antara Kerapatan *Rhizophora* sp. dengan Kelimpahan Makrozoobentos di Mangrove Wisata Hutan Payau Tritih Kulon, Cilacap Jawa Tengah. *Sci.Line*, 3(1):44-54.
- Purba, S.K., Indrawan, G.S., & Suteja, Y. 2025. Kondisi Makrozoobentos Kaitannya dengan Ekosistem Mangrove di Kawasan Mangrove Estuari Perancak, Jembrana, Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(1):1-12. DOI:10.14710/buloma.v14i1.64699
- Putra, J.S.T., Kushadiwijayanto, A.A., & Nurdiansyah, S.I. 2022. Struktur Komunitas Makrozoobentos (Moluska) di Kawasan Mangrove Kuala Singkawang Kalimantan Barat. *Oseanologia*, 1(2):41-49. DOI:10.26418/jose.v1i2.52524
- Santya, A., Akhrianti, I., & Hudatwi, M. A. 2023. Kepadatan dan Keanekaragaman Makrozoobentos pada Ekosistem Mangrove di Desa Kurau Barat. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(3):913-924. DOI:10.29303/jp.v13i3.648
- Sinulingga, H.A., Muskananfola, M.R., & Rudiyanti, S. 2017. Hubungan Tekstur Sedimen dan Bahan Organik dengan Makrozoobentos di Habitat Mangrove Pantai Tirang Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6(3):247-254. DOI:10.14710/marj.v6i3.20583
- Sobari, A.I., Watiniasih, N.L., & Pebriani, D.A.A. 2020. Keanekaragaman makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 3(1):88-96.
- Sutrisnawati, E.A., Arthana, I.W., & Adnyana, I.B.W. 2023. Identifikasi Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Pantai Teluk Benoa, Badung. *Ecotrophic*, 17(2):216-232. DOI:10.24843/EJES.2023.v17.i02.p05
- Syahrial, S., Anggraini, R., Samad, A.P.A., Ikhsan, N., Saleky, D., & Hasidu, L.O.A.F. 2020. Pengaruh Karakteristik Lingkungan Terhadap Makrozoobentos di Kawasan Reboisasi Mangrove Kepulauan Seribu, Indonesia. *Jurnal Enggano*, 5(2):233-248. DOI:10.31186/jenggano.5.2.233-248
- Syahrial, S., Larasati, C.E., Saleky, D., & Isma, M.F. 2020. Komunitas Fauna Makrozoobentos di Kawasan Reboisasi Mangrove Kepulauan Seribu: Faktor Lingkungan, Distribusi, Ekologi Komunitas, Pola Sebaran dan Hubungannya. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 7(2):87-97. DOI:10.29103/aa.v7i2.2456

- 
- Ulfa, M., Julyantoro, P.G.S., & Sari, A.H.W. 2018. Keterkaitan Komunitas Makrozoobentos dengan Kualitas Air dan substrat di Ekosistem Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2):79-190.
- Ulfah, Y., Widianingsih, W., & Zainuri, M. 2012. Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Wilayah Morosari Desa Bedono Kecamatan Sayung Demak. *Journal of Marine Research*, 1(2):188-196. DOI:10.14710/jmr.v1i2.2037
- Yanti, M., Susiana, S., & Kurniawan, D. 2022. Struktur Komunitas Gastropoda dan Bivalvia di Ekosistem Mangrove Perairan Desa Pangkil Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 5(2):102-110. DOI:10.31629/akuatiklestari.v5i2.4063