

# KEPADATAN DAN KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTHOS DI DANAU SABUAH KECAMATAN KAHAYAN TENGAH KABUPATEN PULANG PISAU

*Density and Diversity of Macrozoobenthos in Sabuah Lake  
Kahayan Tengah District Pulang Pisau Regency*

**Esra Wanti Malau<sup>1</sup>, Linda Wulandari<sup>2\*</sup>, Yuli Ruthena<sup>2</sup>, dan Rosana Elvince<sup>2</sup>**

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Faperta Universitas Palangka Raya

\*e-korespondensi: [lindawulandari@fish.upr.ac.id](mailto:lindawulandari@fish.upr.ac.id)

(Diterima/Received :15 Januari 2025, Disetujui/Accepted:25 Februari 2025)

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos, kondisi kualitas air berdasarkan parameter fisika dan kimia serta perbedaan kepadatan, keanekaragaman dan kondisi kualitas air antara stasiun di Danau Sabuah. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, pengambilan sampel dengan metode *purposive sampling* dimana lokasi penelitian dibagi menjadi 3 stasiun yakni *inlet*, pertengahan dan *outlet*. Pengambilan sampel makrozoobenthos dilakukan di 3 stasiun dimana setiap stasiun ditetapkan 3 titik pengambilan sampel selama 3 kali ulangan dengan interval waktu 7 hari. Pengukuran dan pengambilan sampel kualitas air meliputi suhu, kedalaman, kekeruhan, tipe sedimen, pH, DO dan amoniak dilakukan pada stasiun yang sama dengan stasiun pengambilan sampel makrozoobenthos. Berdasarkan hasil penelitian jenis makrozoobenthos yang ditemukan di Danau Sabuah sebanyak 8 spesies yang termasuk dalam filum Annelida, Uniramia dan Nematoda. Komposisi jenis makrozoobenthos yang paling banyak ditemukan dari filum Uniramia. Nilai kepadatan makrozoobenthos rata-rata berkisar antara 133 – 6.133 ind/m<sup>2</sup>. Nilai rata-rata indeks keanekaragaman makrozoobenthos pada masing-masing stasiun menunjukkan keanekaragaman jenis makrozoobenthos tergolong rendah. Kondisi parameter kualitas air pada lokasi penelitian menunjukkan nilai parameter suhu, pH, amoniak masih sesuai untuk kehidupan organisme akuatik. Sementara itu, nilai parameter DO menunjukkan nilai yang relatif rendah di semua stasiun. Hasil uji anova menunjukkan tidak ada perbedaan kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos serta nilai suhu, kekeruhan, pH, DO dan amoniak antara stasiun. Sedangkan untuk parameter kedalaman menunjukkan adanya perbedaan nilai antara stasiun pengamatan.

*Kata kunci: Danau Sabuah, Makrozoobenthos, Parameter Fisika-Kimia*

## ABSTRACT

*This study was conducted to determine the density and diversity of macrozoobenthos, water quality conditions based on physical and chemical parameters and differences in density, diversity and water quality conditions between stations in Sabuah Lake. This research is a quantitative study with purposive sampling method where the research location was divided into 3 stations namely inlet, middle and outlet. Macrozoobenthos sampling was carried out at 3 stations where each station was assigned 3 sampling points for 3 replicates with a time interval of 7 days. Measurement and sampling of water quality including temperature, depth, turbidity, sediment type, pH, DO and ammonia were carried out at the same station as the macrozoobenthos sampling station. Based on the results of the study of macrozoobenthos species found in Sabuah Lake as many as 8 species are included in the phylum Annelida, Uniramia and Nematoda. The composition of macrozoobenthos species most commonly found from the phylum Uniramia. The average macrozoobenthos density value ranged from 133 - 6,133 ind/m<sup>2</sup>. The average value of the macrozoobenthos diversity index at each station shows the diversity of macrozoobenthos species is low. The condition of water quality parameters at the study site shows the value of temperature, pH and ammonia parameters are still suitable for the life of aquatic organisms. Meanwhile, the value of the DO parameter shows a relatively low value at all stations. The ANOVA test showed no difference in macrozoobenthos density and diversity, and temperature, turbidity, pH, DO and ammonia between stations. While the depth showed a difference in values between stations.*

*Keywords: Lake Sabuah, Macrozoobenthos, Physical-Chemical Parameter.*

## PENDAHULUAN

Danau merupakan suatu bentuk ekosistem akuatik yang berperan dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi daerah di sekitarnya (Tulandi, 2022), pengembangannya menjadi objek wisata dapat meningkatkan pembangunan struktur ekonomi bagi masyarakat maupun devisa negara (Pardiana & Nugroho, 2016). Danau di Kalimantan Tengah terdapat 3 tipe yang umumnya terjadi akibat dinamika hidrologi air sungai utama, yaitu danau yang terjadi akibat penutupan alamiah sungai, danau yang terjadi akibat terisinya cekungan di belakang sungai dan danau oxbow (Ardianor, 2003). Danau Sabuah merupakan danau oxbow yang terhubung dengan Sungai Kahayan. Danau ini juga terhubung dengan Danau Tehang melalui saluran buatan manusia. Selama musim kemarau, danau ini terisolasi dari danau lainnya dan Sungai Kahayan. Danau ini memiliki setidaknya 4 aliran masuk dari hutan (Ishikawa *et al.*, 2005).

Beberapa organisme yang telah diidentifikasi di Danau Sabuah mencakup 48 jenis ikan (Torang & Buchar 2000 dalam Haryono & Tjakrawidjaja, 2000), epiphytik makrovertebrata 52 jenis (Welsiana *et al.* 2005) dan 33 jenis (Situmorang, 2024) serta 2 jenis fitoplankton dan 2 jenis zooplankton (Elvince *et al.*, 2006). Selain itu, ditemukan juga 6 spesies tumbuhan air yang tumbuh di sekitar Danau Sabuah (Elvince *et al.*, 2023).

Danau Sabuah menjadi sumber penghasilan bagi warga sekitar yang bekerja sebagai nelayan dan dimanfaatkan juga sebagai objek wisata. Adanya objek wisata, kegiatan nelayan serta aktivitas masyarakat memungkinkan adanya buangan limbah domestik secara langsung maupun tidak langsung ke Danau Sabuah sehingga dapat mempengaruhi kondisi kualitas air danau tersebut. Berdasarkan penelitian Elvince & Evnaweri (2021) menjelaskan bahwa Danau Sabuah memiliki tingkat kesuburan sedang dengan kualitas air yang memenuhi Baku Mutu Air untuk kelas III. Kualitas air yang baik sangat penting untuk mendukung kelangsungan hidup organisme perairan (Undap *et al.*, 2018).

Organisme akuatik bisa hidup dengan baik jika faktor yang mempengaruhinya seperti kondisi fisika kimia perairan berada pada batas toleransi yang tepat (Hasby *et al.*, 2014). Organisme yang sensitif terhadap perubahan kualitas air akan menyebabkan populasi menurun, bahkan bisa punah atau hilang dari lingkungan perairan tersebut. Perubahan kualitas air juga akan berdampak pada keanekaragaman organisme pada perairan tersebut termasuk benthos (Undap *et al.*, 2018). Benthos memiliki distribusi yang luas, dan

respon yang cepat dibandingkan organisme tingkat tinggi lainnya sehingga dapat digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan (Pratami *et al.*, 2018).

Makrozoobenthos merupakan salah satu bioindikator yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam fungsi ekosistem perairan (Vyas & Bhawsar, 2013) dan penilaian kualitas lingkungan perairan (Setiawan, 2008; Fadilla *et al.*, 2021) serta menempati posisi penting dalam rantai makanan (Azzahra, 2023). Bioindikator merupakan komunitas organisme yang keberadaannya atau perilakunya di alam berhubungan dengan kondisi lingkungan, apabila terjadi perubahan kualitas air maka akan berpengaruh terhadap keberadaan dan perilaku organisme tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan (Rahardjanto, 2019). Analisis biologi khususnya analisis struktur komunitas hewan benthos dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi perairan (Ridwan *et al.*, 2016).

Makrozoobenthos dapat dijadikan sebagai bioindikator perairan karena termasuk organisme akuatik yang menetap di dasar perairan (*sesile*), bergerak relatif lambat, hidup relatif lama, sangat peka terhadap lingkungan dan cepat responnya, daur hidup kompleks sepanjang tahun dan tidak mudah bermigrasi (Desmawati, 2019 ; Muhammad, 2019). Gultom *et al.* (2018) menjelaskan bahwa makrozoobenthos dapat mengakumulasi bahan pencemar di dalam tubuhnya melalui proses pemecahan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Makrozoobenthos semakin dikenal sebagai bioindikator karena kemampuannya dalam menghubungkan adanya keterkaitan antara faktor biotik dan abiotik suatu lingkungan. Keanekaragaman makrozoobenthos dipandang penting karena mampu memberikan indikasi mengenai tingkat pencemaran kualitas air (Nangin *et al.*, 2015). Makrozoobenthos dapat bersifat toleran maupun bersifat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Organisme yang memiliki kisaran toleransi yang luas akan memiliki penyebaran yang luas juga. Sebaliknya organisme yang kisaran toleransinya sempit (sensitif) maka penyebarannya juga sempit (Ridwan *et al.*, 2016).

Penelitian Welsiana *et al.*, 2005 tentang epiphytic makrovertebrata yang bersimbiosis dengan eceng gondok di Danau Sabuah merupakan penelitian dengan organisme penyusun yang hampir mirip dengan organisme penyusun makrozoobenthos. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian terbaru yang secara langsung membahas tentang makrozoobenthos di Danau Sabuah. Kurangnya penelitian terkini mengenai keberadaan makrozoobenthos di Danau Sabuah menjadi dasar pertimbangan untuk melakukan

penelitian lanjutan guna mengetahui kepadatan dan keanekaragamannya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Danau Sabuah, Desa Tuwung, Kecamatan Kahayan Tengah, Kabupaten Pulang Pisau. Penanganan dan identifikasi sampel makrozoobenthos dilaksanakan di Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya. Pengambilan sampel dilaksanakan selama 1 bulan yaitu bulan Maret - April 2024.

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah termometer, *depth sounder Hondex PS-7*, *kemmerer water sampler*, pH meter, DO meter Lutron-5510, ekman grab, benthos net, oven, timbangan, saringan bertingkat, mikroskop, plastik sampel benthos dan sedimen, nampan plastik, petri disk, larutan formalin 10% dan buku identifikasi.

### Prosedur Penelitian

#### Metode Pengambilan Sampel Fisika-Kimia dan Makrozoobenthos

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel kualitas air parameter fisika dan kimia perairan serta makrozoobenthos adalah dengan metode "*purposive sampling*" yaitu pengambilan sampel pada setiap stasiun dilakukan pada lokasi yang dianggap penting dan dapat mewakili kondisi perairan di Danau Sabuah.

#### Penentuan Stasiun

Lokasi penelitian dibagi menjadi 3 stasiun yang ditentukan berdasarkan aliran air Danau Sabuah yaitu Stasiun I yang terletak pada titik koordinat 113°94'147"E dan 2°3'893"S, merupakan bagian masuknya air (*inlet*) Danau Sabuah. Stasiun II yang terletak pada titik koordinat 113°94'2.488"E dan 2°5'671"S, merupakan bagian pertengahan Danau Sabuah dan merupakan wilayah pemukiman Masyarakat. Stasiun III yang terletak pada titik koordinat 113°93'1.193"E dan 2°5'8.316"S, merupakan bagian tempat keluarnya air (*outlet*) Danau Sabuah

#### Pengukuran Sampel Kualitas Air

Pengukuran sampel parameter fisika dan kimia yang dilakukan dalam penelitian meliputi suhu, kedalaman, kekeruhan, tipe substrat, derajat keasaman (pH), *Dissolved Oxygen* (DO) dan amoniak. Pengambilan dan pengukuran sampel parameter fisika dan kimia dilakukan pada 3

stasiun selama 3 kali ulangan dengan interval waktu 7 hari (1 minggu).

#### Pengambilan Sampel Makrozoobenthos

Sampel makrozoobenthos diambil dengan metode tangkap segera menggunakan alat ekman grab. Pengambilan sampel makrozoobenthos akan dilakukan pada 3 stasiun dimana pada setiap stasiun ditetapkan 3 titik pengambilan sampel selama 3 kali ulangan dengan interval waktu 7 hari (1 minggu).

#### Penanganan dan Identifikasi Sampel Makrozoobenthos

Penanganan dan identifikasi sampel makrozoobenthos yang telah diambil dari setiap stasiun akan dilakukan di Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya. Penanganan sampel dilakukan dengan cara sedimen/substrat dimasukkan ke dalam benthos net dan dicuci dengan air mengalir. Sampel makrozoobenthos yang telah dicuci bersih dimasukkan ke dalam nampan yang diberi air, sedikit demi sedikit sampel dimasukkan ke dalam petridish dan diamati di bawah mikroskop.

Organisme benthos yang ditemukan diambil dengan menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi keterangan dan larutan formalin 10%. Proses sortir dilakukan di bawah mikroskop sampai semua sampel dalam nampan plastik selesai diamati. Kemudian identifikasi organisme makrozoobenthos pada botol sampel satu persatu dengan menggunakan buku identifikasi yang relevan seperti *The Freshwater Invertebrates of the United States* (Pennak, 1989), *An Introduction to the Aquatic Insect of North America* (Merritt & Cummins, 1995), *Guide to the Freshwater Oligochaetes of North America* (Katman & Brinkhurst, 1999) dan *Record of Ten Freshwater Oligochaetes Spesies (Annelida, Clitellata) from Sumatera, Java and Kalimantan Indonesia* (Ohtaka et al., 2006).

#### Analisis Data

##### Kepadatan (N)

Kepadatan makrozoobenthos dihitung dengan menggunakan rumus menurut Odum (1998) sebagai berikut:

$$N = \frac{n \times 10.000}{A}$$

Keterangan:

- N = Kepadatan benthos (ind/m<sup>2</sup>)  
n = Jumlah individu benthos yang ditemukan

$$A = \text{Luas bukaan mulut ekman grab} \\ (\text{cm}^2)$$

### Indeks Keanekaragaman

Keanekaragaman makrozoobenthos dihitung dengan menggunakan rumus menurut Shannon-wiener dalam Krebs (1989) adalah sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\text{Log}_2 p_i)$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman

S = Jumlah jenis/spesies

p<sub>i</sub> = ni/N (jumlah total individu ke-i / jumlah total individu)

Menurut Krebs (1989), kriteria nilai indeks keanekaragaman adalah sebagai berikut:

H' < 1 = Keanekaragaman rendah

1 < H' < 3 = Keanekaragaman sedang

H' > 3 = Keanekaragaman tinggi

### Analysis of Variance (ANOVA)

Untuk melihat perbedaan kepadatan dan keanekaragaman serta parameter kualitas air antara stasiun pengamatan dilakukan dengan uji Anova dengan menggunakan program SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Jenis Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil penelitian di Danau Sabuah ditemukan 8 jenis makrozoobenthos yang masuk dalam 3 filum yaitu Annelida, Uniramia dan Nematoda.

Jenis makrozoobenthos yang selalu ditemukan pada setiap stasiun adalah *Chironomus* sp., *Nygolaimus* sp. dan *Diplogaster* sp. Kehadiran *Chironomus* sp. di setiap stasiun diduga disebabkan oleh tingkat toleransi yang tinggi terhadap perubahan kualitas air. Hal ini sejalan dengan pernyataan Wulandari *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa *Chironomus* sp. merupakan organisme dasar yang dominan, memiliki rentang toleransi yang luas terhadap perubahan kondisi lingkungan dan dapat ditemukan di berbagai tipe ekosistem perairan. Di sisi lain, keberadaan *Nygolaimus* sp dan *Diplogaster* sp filum nematoda selalu ditemukan di setiap stasiun diduga karena Nematoda juga memiliki tingkat toleransi yang tinggi dan dapat hidup di berbagai jenis habitat. Hal ini sejalan pernyataan Marhaeni (1999), bahwa Nematoda memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi sedimen yang miskin oksigen.

Jumlah maupun jenis organisme makrozoobenthos yang ditemukan di Danau

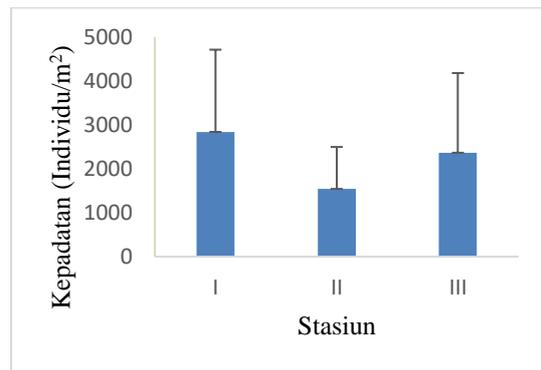
Sabuah cenderung tidak merata antar stasiun. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya satu spesies dari suatu stasiun yang tidak ditemukan pada stasiun lainnya dalam keseluruhan pengambilan sampel selama masa pengamatan yaitu jenis *Saldula* sp., *Ephydriidae* sp. dan *Criconema* sp.

Hasil penelitian di Danau Sabuah menunjukkan bahwa komposisi jenis makrozoobenthos dari filum Uniramia lebih banyak dibandingkan dengan Annelida dan Nematoda. Filum Uniramia memiliki persentase komposisi terbesar, yaitu sebesar 50% dari total jenis makrozoobenthos yang ditemukan sedangkan sisanya terdiri dari filum Nematoda dengan persentase 38% dan filum Annelida sebesar 12%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi jenis makrozoobenthos pada suatu filum di Danau Sabuah memiliki kesamaan dengan yang ditemukan di beberapa tipe perairan tawar Kalimantan Tengah (Wulandari *et al.*, 2013), di Danau Panganen (Wulandari *et al.*, 2014) dan di Danau Hanjalutung (Simbolon, 2023), di mana persentase filum Uniramia (kelompok Insekta) menempati posisi jumlah jenis tertinggi. Sementara itu, pada beberapa danau lainnya di Kalimantan Tengah seperti Danau Bunter (Lingga, 2023), Danau Tehang (Simanjuntak, 2023) dan Danau Lutan (Aritonang, 2022) filum Annelida menjadi filum dengan komposisi jumlah jenis tertinggi yang ditemukan.

### Kepadatan Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil penelitian di Danau Sabuah diperoleh nilai kepadatan makrozoobenthos berkisar antara 133–6.133 ind/m<sup>2</sup> dengan kepadatan rata-rata 2.249 ind/m<sup>2</sup>. Nilai kepadatan jenis makrozoobenthos di setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Nilai Rata-Rata Kepadatan Makrozoobthos di Danau Sabuah

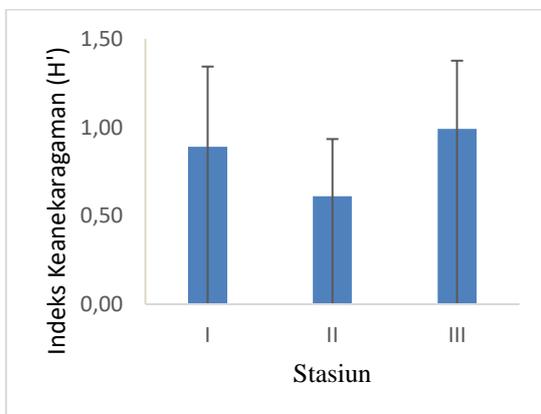
Nilai Kepadatan rata-rata makrozoobenthos tertinggi terdapat pada stasiun I dengan nilai kepadatan rata-rata sebesar 2.839 ind/m<sup>2</sup> dan terendah terdapat pada stasiun II dengan nilai rata rata 1.542 ind/m<sup>2</sup>. Relatif

tingginya kepadatan makrozoobenthos pada stasiun I diduga karena dipengaruhi kekeruhan dan oksigen terlarut perairan, dimana stasiun I memiliki nilai kekeruhan yang lebih rendah dan nilai oksigen terlarut yang paling tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Menurut Allan (1995), kekeruhan yang lebih rendah memungkinkan lebih banyak cahaya menembus permukaan air yang dapat meningkatkan produktivitas primer dan menyediakan lebih banyak makanan bagi makrozoobenthos. Sebaliknya kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernafasan dan daya lihat organisme akuatik (Khaeksi & Muskananfolo, 2015). Wetzel (2001) menyatakan bahwa oksigen terlarut yang tinggi penting bagi respirasi organisme air dan kadar oksigen yang rendah dapat menyebabkan stres atau bahkan kematian bagi makrozoobenthos.

Relatif rendahnya kepadatan makrozoobenthos pada stasiun II diduga dipengaruhi oleh kedalaman perairan, di mana stasiun II memiliki kedalaman rata-rata mencapai 7,8 meter. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Sulistiyarto, 2008) bahwa kedalaman air yang semakin bertambah berhubungan dengan berkurangnya kelimpahan makrozoobenthos.

#### Keanekaragaman Makrozoobenthos

Berdasarkan hasil penelitian di Danau Sabuah diperoleh nilai indeks keanekaragaman makrozoobenthos berkisar antara 0,106–1,653 dengan keanekaragaman rata-rata 0,833. Nilai indeks keanekaragaman rata-rata pada stasiun I yaitu 0,894 pada stasiun II yaitu 0,613 dan pada stasiun III yaitu 0,991 yang menunjukkan nilai indeks keanekaragaman di Danau Sabuah tergolong rendah. Nilai keanekaragaman jenis makrozoobenthos di setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Indeks Keanekaragaman Jenis Makrozoobenthos di Danau Sabuah

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa indeks keanekaragaman makrozoobenthos tertinggi terdapat pada stasiun III dengan nilai rata-rata 0,991 sedangkan yang terendah pada stasiun II dengan nilai rata-rata 0,613. Tingginya nilai indeks keanekaragaman makrozoobenthos di stasiun III diduga berkaitan dengan jumlah jenis yang ditemukan lebih banyak dibandingkan stasiun lainnya. Keanekaragaman yang tinggi jika ditemukan banyak jenis dengan kepadatan yang sama atau hampir sama (Pealeu *et al.*, 2018). Meningkatnya jumlah spesies akan meningkatkan nilai indeks keanekaragaman (Barus *et al.*, 2019) dan semakin baik kualitas perairan semakin tinggi keanekaragaman jenis makrozoobenthos (Sahidin *et al.*, 2018).

Tingginya keanekaragaman di Stasiun III juga diduga karena kedalaman di stasiun tersebut lebih dangkal dibandingkan stasiun lainnya. Sebaliknya, rendahnya nilai keanekaragaman di stasiun II diduga dipengaruhi oleh jumlah jenis yang ditemukan lebih sedikit dan juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan, di mana stasiun II memiliki kedalaman rata-rata paling tinggi dibandingkan dengan Stasiun I dan III. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa apabila hanya terdapat satu jenis atau beberapa jenis makrozoobenthos saja dengan jumlah individu yang tidak berimbang maka keanekaragamannya rendah (Suraida *et al.*, 2021). Terkait kedalaman perairan Setiobudiandi (1997) menyatakan bahwa jumlah jenis, individu, dan biomassa makrozoobenthos dipengaruhi oleh kedalaman perairan. Hal ini juga sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa semakin dalam dasar suatu perairan, semakin sedikit jumlah jenis makrozoobenthos yang ditemukan (Odum, 1998 ; Astrini *et al.*, 2014 ; Hanfiah *et al.*, 2022).

#### Kondisi Kualitas Air di Danau Sabuah

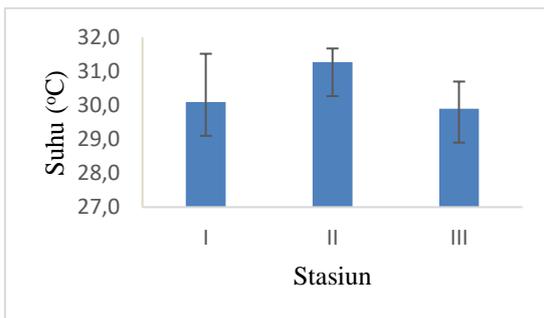
Kondisi kualitas air di Danau Sabuah ditinjau dari parameter fisika dan kimia perairan meliputi suhu, kedalaman, kekeruhan, tipe sedimen/substrat, pH, DO dan amoniak adalah sebagai berikut:

##### Suhu

Hasil pengukuran suhu perairan pada setiap stasiun di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 28,5- 31,5°C dengan nilai suhu rata-rata 30,4°C. Nilai rata-rata suhu pada setiap stasiun di Danau Sabuah dapat dilihat pada Gambar 5. Rata-rata nilai suhu air tertinggi terdapat pada stasiun II yaitu sebesar 31,3°C dan rata-rata nilai suhu terendah terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 29,9°C.

Tingginya nilai suhu pada stasiun II diduga karena faktor cuaca dan waktu pengukuran.

Pengukuran suhu pada stasiun II dilakukan setelah stasiun I dan III sehingga saat pengukuran di stasiun II, sudah memasuki waktu siang hari dimana sinar matahari berada pada intensitas yang tinggi dan menyebabkan peningkatan suhu air. Hal ini didukung oleh literatur yang menyatakan bahwa semakin siang waktu pengukuran, suhu air akan semakin naik karena perairan semakin panas pada waktu siang hari. Penyerapan cahaya oleh air menyebabkan terbentuknya lapisan-lapisan air dengan suhu yang berbeda-beda (Atmanisa *et al.*, 2020).



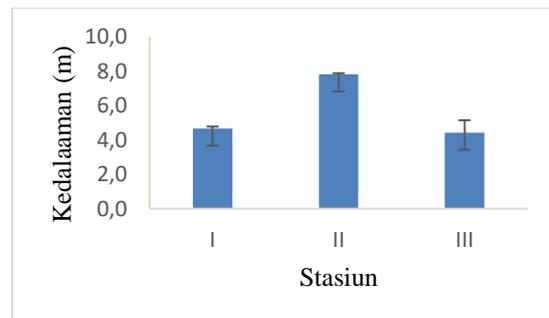
Gambar 3. Nilai Suhu pada Setiap Stasiun Penelitian

Suhu dapat membatasi persebaran makrozoobentos yang dipengaruhi oleh faktor-faktor yang saling berhubungan termasuk kadar oksigen terlarut (Safitri *et al.*, 2021). Selain itu, suhu juga mempengaruhi laju pertumbuhan dan mortalitas organisme benthos (Maula, 2018). Toleransi hewan benthos terhadap suhu tergantung pada jenisnya (Susanti, 2021). Peningkatan suhu akan meningkatkan aktivitas metabolisme dan kelarutan oksigen di perairan (Oli & Paramata, 2019). Berdasarkan data pengukuran tersebut, diketahui bahwa nilai suhu perairan pada masing-masing stasiun di Danau Sabuah masih tergolong cukup baik untuk kehidupan makrozoobentos. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa suhu yang baik untuk kehidupan makrozoobentos adalah berkisar antara 25-31°C (Aulia *et al.*, 2020). Sementara itu, suhu yang lebih dari 35°C akan berbahaya bagi makrozoobentos (Marpaung, 2013).

### Kedalaman

Hasil pengukuran kedalaman pada setiap stasiun di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 3,6-7,9 m dengan kedalaman rata-rata 5,6 m. Dibandingkan dengan data dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Welsiana *et al.* (2005), di mana kedalaman air pada saat tertinggi bisa mencapai sekitar 14 m, perbedaan kedalaman ini menunjukkan bahwa di Danau Sabuah terjadi pendangkalan. Pendangkalan ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk

proses sedimentasi yang terus menerus (Rosyadewi & Hidayah, 2020), perubahan iklim yang mempengaruhi pola curah hujan (Aris, 2018) serta berbagai aktivitas manusia di sekitar danau seperti pembangunan, pertanian, dan budidaya (Haryani, 2013). Nilai kedalaman rata-rata di Danau Sabuah pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 4.



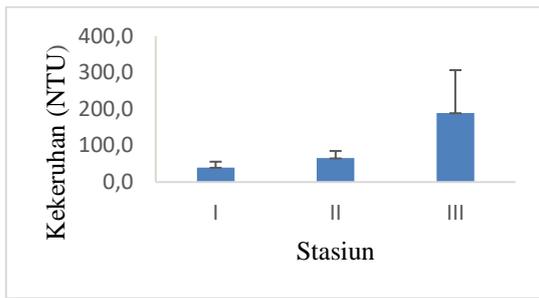
Gambar 4. Nilai Kedalaman pada Setiap Stasiun Penelitian

Rata-rata nilai kedalaman tertinggi terdapat pada stasiun II yaitu 7,8 m dan rata-rata nilai kedalaman terendah terdapat pada stasiun III yaitu 4,3 m. Menurut Cunningham & Cunningham, (2020) danau oxbow sering menunjukkan kedalaman yang lebih besar di bagian tengahnya karena pola aliran sungai dan pengendapan sedimen yang historis. Selain itu, juga diduga karena di pengaruhi oleh permukaan dasar danau yang tidak rata. William *et al.* (2003) menjelaskan bahwa variasi tinggi rendahnya kedalaman suatu danau dipengaruhi oleh akumulasi sedimen selama periode waktu yang panjang, yang dihasilkan dari sedimentasi partikel yang dibawa oleh aliran sungai ke dalam badan danau dan karena batimetri dasar danau yang tidak sama.

Kedalaman berpengaruh terhadap jenis maupun jumlah dari makrozoobentos, karena penetrasi cahaya yang masuk ke dasar perairan (Karuniasari, 2013). Selain itu, kedalaman dapat juga mempengaruhi pola distribusi atau penyebaran makrozoobentos. Makrozoobentos yang hidup di daerah dangkal memiliki karakteristik habitat yang lebih besar, sehingga cenderung beraneka ragam jenisnya, karena penetrasi cahaya matahari mencapai dasar pada perairan yang dangkal (Mentari *et al.*, 2015).

### Kekeruhan

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan nilai kekeruhan di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 24,3-309 NTU dengan nilai kekeruhan rata-rata 98,6 NTU. Nilai rata-rata kekeruhan di danau Sabuah pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Kekeruhan pada Setiap Stasiun Penelitian

Rata-rata nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 189,8 NTU dan rata-rata nilai terendah terdapat pada stasiun I yaitu sebesar 40,1 NTU. Lebih tingginya nilai kekeruhan pada stasiun III diduga karena adanya substrat atau sedimen dasar yang mudah tersuspensi. Fadhillah (2013) mengatakan dengan adanya zat-zat yang tersuspensi dalam perairan akan menimbulkan kekeruhan pada perairan sehingga menurunkan produktivitas organisme akuatik.

Kautsar *et al.* (2015) juga menjelaskan bahwa kekeruhan pada air yang tergenang (lentik), seperti danau lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus yang dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi organisme akuatik. Pratami *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai kekeruhan yang tinggi dapat mengganggu masuknya cahaya matahari ke perairan sehingga proses fotosintesis terganggu dan kadar DO dalam air berkurang.

**Tipe Sedimen/Substrat**

Hasil analisa menunjukkan bahwa tipe sedimen/substrat di Danau Sabuah yaitu cenderung berlumpur. Sedimen/substrat yang ditemukan pada stasiun I dan III adalah tipe sedimen lumpur berserasah sedangkan pada stasiun II memiliki tipe sedimen/substrat lumpur berserah dengan sedikit pasir. Tipe sedimen/substrat yang ada pada setiap stasiun di Danau Sabuah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tipe Sedimen/Substrat pada Setiap Stasiun Penelitian di Danau Sabuah

Stasiun	Persentase (%)			Keterangan
	Lumpur	Serasah	Pasir	
I	86,5	13,5	-	Lumpur berserasah
II	87	11,5	1,5	Lumpur berserasah dan sedikit pasir

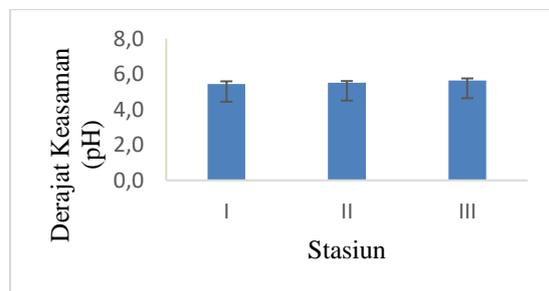
III	93,5	6,5	-	Lumpur berserasah
-----	------	-----	---	-------------------

Tipe sedimen/substrat memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap kepadatan makrozoobenthos. Menurut Makrozoobenthos memiliki keterkaitan yang kuat dengan substrat karena bahan organik yang terkandung di substrat menjadi sumber makanan bagi biota substrat dasar (Nurracmi & Marwan, 2012). Tinggi rendahnya kepadatan makrozoobenthos dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di sedimen (Sidik *et al.*, 2016 ; Kurniadi *et al.*, 2021) dan tekstur sedimen (Zulkifli & Setiawan, 2011; Choirudin *et al.*, 2014). Situmorang (2008), menjelaskan bahwa sedimen lumpur umumnya memiliki kandungan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan sedimen pasir. Kondisi substrat berpasir lumpur dan berbatu tidak begitu mendukung untuk kehidupan Annelida di perairan tawar (Dharmawibawa, 2019). Sedangkan substrat yang didominasi oleh lumpur mengindikasikan bahwa substrat tersebut kurang mendukung keberadaan organisme dalam jumlah besar (Ulfah *et al.*, 2012).

Ghufron (2012) menyatakan bahwa serasah, daun dan ranting yang jatuh ke dalam air berfungsi sebagai sumber makanan bagi berbagai jenis hewan akuatik. Namun kandungan bahan organik yang tinggi pada substrat/sedimen tidak selalu menguntungkan untuk kehidupan makrozoobentos karena dapat menyumbat permukaan alat pernapasan jika terlalu banyak (Rahmadhani & Martuti, 2023).

**Derajat Keasaman (pH)**

Hasil pengukuran derajat keasaman (pH) air di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 5,3-5,7 dengan nilai pH rata-rata 5,5. Rata-rata nilai pH di Danau Sabuah pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



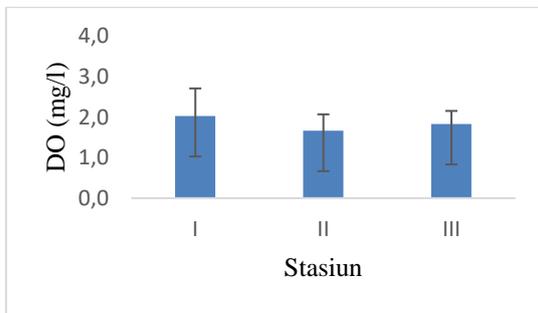
Gambar 6. Nilai pH pada Setiap Stasiun Penelitian

Nilai pH pada suatu perairan dipengaruhi oleh berbagai proses kimia dan biologi di perairan tersebut (Oktarina & Syamsudin, 2017 ; Efendi *et al.*, 2023). Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan rata-rata nilai pH pada setiap stasiun cenderung hampir sama. Secara keseluruhan nilai pH pada

masing-masing stasiun tergolong rendah (asam). Rendahnya nilai pH di Danau Sabuah disebabkan oleh ekosistem rawa gambut yang ada di sekitar danau. Oleh karena itu, nilai pH tersebut masih dianggap wajar karena masih sesuai dengan keadaan alamiahnya (PP No. 22 Tahun 2021). Selain itu, sebagian besar biota akuatik menyukai nilai pH berkisar antara 5,0-9,0 (Marpaung, 2013). Kondisi perairan yang memiliki pH netral sangat baik untuk mendukung pertumbuhan organisme akuatik termasuk makrozoobenthos (Daulay *et al.*, 2015).

**Dissolved Oxygen (DO)**

Hasil pengukuran nilai *Dissolved Oxygen* (DO) di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 1,3-2,8 mg/l dengan nilai rata-rata 1,8 mg/l. Rata-rata nilai DO di Danau Sabuah pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Nilai DO pada Setiap Stasiun Penelitian

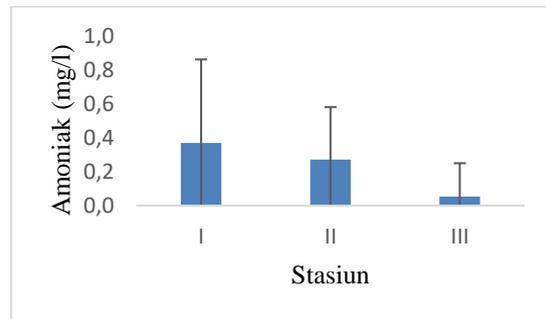
Rata-rata nilai DO tertinggi terdapat pada stasiun I yaitu sebesar 2,0 mg/l dan rata-rata nilai DO terendah terdapat pada stasiun II yaitu sebesar 1,7 mg/l. Lebih tingginya nilai DO pada stasiun I dan III diduga karena dipengaruhi oleh tumbuhan air dimana tumbuhan air pada stasiun I dan III lebih banyak dibandingkan dengan stasiun II. Hal ini didukung oleh Puspitaningrum *et al.* (2012) yang menjelaskan bahwa tumbuhan air mampu meningkatkan kadar oksigen dalam air melalui proses fotosintesis.

Lebih rendahnya nilai DO di stasiun II diduga disebabkan oleh peningkatan suhu, di mana suhu tertinggi terdapat pada stasiun II. Hal ini didukung oleh pernyataan (Wetzel, 2001) bahwa oksigen dalam air berkurang ketika suhu meningkat. Kandungan oksigen terlarut akan mempengaruhi jumlah dan jenis makrozoobenthos di perairan (Widhiandari *et al.*, 2021).

**Amoniak**

Hasil pengukuran nilai amoniak di Danau Sabuah selama masa penelitian berkisar antara 0,04-0,9 mg/l dengan nilai amoniak rata-rata 0,2 mg/l. Rata-rata nilai amoniak di Danau Sabuah

pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Nilai Amoniak pada Setiap Stasiun Penelitian

Rata-rata nilai tertinggi amoniak terdapat pada stasiun I yaitu sebesar 0,4 mg/l dan rata-rata nilai amoniak terendah terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 0,2 mg/l. Lebih tingginya nilai amoniak pada stasiun I diduga karena adanya aktivitas keramba ikan yang dilakukan oleh nelayan. Urine dan feses dari ikan yang terperangkap pada keramba meningkatkan konsentrasi amoniak pada stasiun I. Menurut Cn (2021), ikan mengeluarkan 80-90% amoniak melalui proses osmoregulasi, sedangkan feses dan urin mengeluarkan 10-20% total amoniak nitrogen. Fathurrahman & Aunurohim (2014) juga menambahkan bahwa amoniak yang berada di perairan sebagian besar merupakan hasil dari proses metabolisme organisme akuatik.

**Perbedaan Kepadatan dan Keanekaragaman serta Parameter Kualitas Air Antara Stasiun**

Berdasarkan dari hasil uji statistik dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk melihat perbedaan nilai kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos serta parameter kualitas perairan antara stasiun pengamatan diperoleh nilai signifikan seperti yang terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil uji Anova pada kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos (Tabel 2) menunjukkan nilai signifikan > 0,05 yang menjelaskan bahwa tidak ada perbedaan nilai kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos antara stasiun pengamatan.

Tabel 2. Hasil Analisis Varian (ANOVA) Kepadatan (N) dan Keanekaragaman (H') Makrozoobenthos di Danau Sabuah

No	Parameter	Signifikan
1	Kepadatan (N)	0,510
2	Keanekaragaman (H')	0,312

Tabel 3. Hasil Analisis Varian (ANOVA)  
Parameter Kualitas Air di Danau  
Sabuah

No	Parameter	Signifikan
1	Suhu	0,253
2	Kedalaman	0,000
3	Kekeruhan	0,532
4	pH	0,216
5	<i>Dissolved Oxygen</i>	0,678
6	Amoniak	0,859

Uji ANOVA pada parameter kualitas air fisika dan kimia (Tabel 3) menunjukkan nilai signifikan  $> 0,05$  yang menjelaskan tidak ada perbedaan nilai suhu, kekeruhan, pH, DO dan amoniak antara stasiun pengamatan. Namun, pada parameter kedalaman menunjukkan nilai signifikan  $< 0,05$  yang menjelaskan bahwa ada perbedaan kedalaman antara stasiun pengamatan di Danau Sabuah. Hasil uji lanjut parameter kedalaman dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Lanjut Bonferroni Parameter  
Kedalaman di Danau Sabuah

(I) Stasiun	(J) Stasiun	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
1	2	-31,66667*	3,46410	0,000
	3	2,33333	3,46410	1,000
2	1	31,66667*	3,46410	0,000
	3	34,00000*	3,46410	0,000
3	1	-2,33333	3,46410	1,000
	2	-34,00000*	3,46410	0,000

Hasil uji lanjut terhadap parameter kedalaman menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara stasiun I dan stasiun II ( $\text{sig} < 0,05$ ), serta antara stasiun II dan stasiun III ( $\text{sig} < 0,05$ ). Namun, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara stasiun I dan stasiun III ( $\text{sig} > 0,05$ ).

## KESIMPULAN

Jenis makrozoobenthos yang ditemukan sebanyak 8 jenis yang termasuk dalam filum Annelida, Uniramia dan Nematoda. Nilai kepadatan makrozoobenthos rata-rata berkisar antara 133–6.133 ind/m<sup>2</sup>. Nilai indeks keanekaragaman rata-rata 0,894 yang menunjukkan keanekaragaman jenis makrozoobenthos tergolong rendah.

Kondisi parameter kualitas air pada lokasi penelitian menunjukkan nilai parameter suhu, pH, amoniak masih sesuai untuk kehidupan organisme akuatik. Sementara itu, nilai parameter DO menunjukkan nilai parameter DO yang relatif

rendah di semua stasiun. Tipe sedimen lumpur lebih dominan dari pada substrat serasah.

Hasil uji anova menunjukkan tidak ada perbedaan kepadatan dan keanekaragaman makrozoobenthos antara stasiun pengamatan. Sedangkan untuk kualitas air hasil uji anova menunjukkan tidak terdapat perbedaan nilai suhu, kekeruhan, pH, DO dan amoniak antara stasiun. Namun, untuk parameter kedalaman menunjukkan adanya perbedaan nilai antara stasiun pengamatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allan, J. D. 1995. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall.
- Ardianor, 2003. Karakteristik Perairan Umum Kalimantan Tengah. Makalah Seminar Suaka Perikanan. Buntok.
- Aris, M., Butudoka, M. A., & Pristianto, H. 2018. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Potensi Penutupan Muara Oleh Sedimentasi.
- Aritonang A. J. 2022. Kualitas Air dan Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Danau Lutan Kota Palangka Raya. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Astrini, A.D.R., Yusuf, M., & Santoso, A. 2014. Kondisi Perairan Terhadap Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Muara Sungai Karanganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. *Journal Of Marine Research* 3(1): 27-36.
- Atmanisa, A., Mustarin, A., & Taufieq, N. A. S. 2020. Analisis Kualitas Air pada Kawasan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* di Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 6(1): 11–22.
- Aulia, P. R., Supratman, O., & Gustomi, A. 2020. Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Sungai Upang Desa Tanah Bawah Kecamatan Puding Besar Kabupaten Bangka. *Aquatic Science* 2(1): 17-29.
- Azzahra, L. 2023. Vegetasi Riparian dan Komunitas Makrozoobentos di Situ Gintung, Ciputat Timur, Tangerang Selatan. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Barus, B. S., Aryawati, R., Putri, W. A. E., Nurjuliasti, E., Diansyah, G. & Sitorus, E. 2019. Hubungan N-Total dan C-Organik Sedimen dengan Makrozoobenthos di Perairan Pulau Payung, Banyuasin,

- Sumatera Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis* 22(2): 147-156.
- Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. USU Pres. Medan.
- Choirudin, I. R., Supardjo, M. N., & Muskananfolo. M. R. 2014. Studi Hubungan Kandungan Bahan Organik Sedimen dengan Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares* 3(3): 174-175.
- Cn. 2021. Pengaruh Kepadatan Populasi Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) dan Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Selada Romaine (*Lactuca Sativa* Var. Longifolia) dengan Sistem Akuaponik. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Cunningham, W.P. & Cunningham, M.A. 2020. Environmental Science: A Global Concern. McGraw Hill Education, New York.
- Daulay, A. T., Bakti, D., & Leidonald, R. 2015. Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Siombak Kecamatan Medan Marelan Kota Medan. *Journal Aquacoastmarine* 6(1): 1-10.
- Desmawati, I., Adany, A. & Java, C. A. 2019. Studi Awal Makrozoobenthos di Kawasan Wisata Sungai Kalimas, Monumen Kapal Selam Surabaya 8(2): 19-21.
- Dharmawibawa, I. D. 2019. Struktur Komunitas Annelida Sebagai Bioindikator Pencemaran Sungai Ancar Kota Mataram. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 7(1): 42-58.
- Efendi, A.M., Subari Y. & Patang. 2023. Keanekaragaman Makrozoobenthos dan Analisis Kualitas Air di Waduk Bili-bili Kabupaten Gowa. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 9(1): 41-52.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Elvince, R., & Evnaweri, E. 2021. Analisis Kualitas Air Danau Sabuah dalam Rangka Mendukung Kegiatan Perikanan di Masa Pandemi Covid-19. *Journal of Tropical Fisheries* 16(2): 103-108.
- Elvince, R., Eskariadi., & Gumiri, S. 2006. Produktivitas Zooplankton Rotifera di Batu dan Danau Sabuah. *Journal of Tropical Fisheries* 1(1): 1-11.
- Elvince, R., Handayani, T., Maryani, M., & Rahmadia, Z. N. 2023. Identifikasi Jenis Tumbuhan Air di Danau Sabuah Pulang Pisau Kalimantan Tengah. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau* 8(2): 115-124.
- Fadhilah, N., Masrianih, S., & Sutrisnawati, H. 2013. Keanekaragaman Gastropoda Air Tawar di Berbagai Macam Habitat di Kecamatan Tanabulava Kabupaten Sigi. *Jurnal e-Jipbiol*, 2(1): 32-40.
- Fadilla, R. N., Melani, W. R., & Apriadi, T. 2021. Makrozoobenthos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Desa Pengujan Kabupaten Bintan. *Habitus Aquatica: Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management* 2(2): 83-94.
- Fathurrahman, F., & Anurohim, A. 2014. Kajian Komposisi Fitoplankton dan Hubungannya dengan Lokasi Budidaya Kerang Mutiara (*Pinctada Maxima*) di Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 3(2): 93-98.
- Gufron, M. 2012. Estimasi Perbandingan Karbondioksida dalam Batang Daun dan Akar Rhyzophora mucronata di Desa Sendayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. *Jurnal Kelautan* 5(1):83-92.
- Gultom, C.R., Muskananfolo, M.R., & Purnomo, P.W. 2018. Hubungan Kelimpahan Makrozoobenthos dengan Bahan Organik dan Tekstur Sedimen di Kawasan Mangrove di Desa Bendono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Jurnal Maquares* 7(2):172-179.
- Haryono., & Tjakrawidjaja, A. H. 2000. Dampak Penambangan Gambut Terhadap Biodiversitas Ikan di Kabupaten Bengkalis, Riau. *Berita Biologi* 5(3): 323-330.
- Hasby, M., Thamrin., & Sukendi. 2014. Keberlanjutan Biota Sungai Sail Kota Pekanbaru (Studi Kasus Distribusi dan Kelimpahan Makrozoobenthos). *Dinamika Pertanian* 29(3): 295-306.
- Ishikawa, T., Yurenfri., Ardianor., Gumiri S., & Iwakuma T. 2005. Bathymetric Survey of Oxbow lakes of Central Kalimantan. 185-191.
- Karuniasari, A. 2013. Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Pulau Panggang Kepulauan Seribu DKI Jakarta. FPIK, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, 1551-1558.
- Kathman, R. D., & Brinkhurst, R. O. 1998. Guide to the Freshwater Oligochaetes of North

- America. Collage Grove, Tennessee, Aquatic Resources Center. USA.
- Kautsar, M., Isnanto, R. R., & Widiyanto, E. D. 2015. Sistem Monitoring Digital Penggunaan dan Kualitas Kekeuruhan Air PDAM Berbasis Mikrokontroler ATMega328 Menggunakan Sensor Aliran Air dan Sensor Fotodiode. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer* 3(1): 79-86.
- Khaeksi, I. P., & Muskananfolo, M. R. 2015. Status Pencemaran Sungai Plumbon Ditinjau Dari Aspek Total Padatan Tersuspensi Dan Struktur Komunitas Makrozoobentos. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3), 1-10.
- Krebs, C. J. 1989. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Harper and Row, Publisher. New York.
- Kurniadi, B., Agamawan, L. P. I., Basran, B., & Mahyudi, I. 2021. Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Buaya Pulau Bunyu, Kalimantan Utara. *Manfish Journal* 2(1): 161-167.
- Lingga, D. 2023. Hubungan Kualitas Air dengan kepadatan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Danau Bunter Kabupaten Pulang Pisau. Skripsi. Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Marhaeni, B. 1999. Ekostuktur dan Distribusi Meiofauna di Substrat Hutan Mangrove Tritih, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.
- Marpaung, A. A. 2013. Keanekaragaman Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar.
- Maula, L. H. 2018. Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Cokro Malang. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Mentari, L., Ruswahyuni., & Muskananfolo, M.R. 2015. Distribusi Kelimpahan Makrozoobentos dan Kandungan Bahan Organik serta Tekstur Sedimen ada Muara Sungai Wakak, Kabupaten Kendal. *Management Of Aquatic Resources* 4(4): 19-23.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Ed.). 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt. Dubuque, Iowa.
- Muhammad, I. R. U. 2019. Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Sumber Taman dan Alirannya, Desa Karanguko, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Nangin, S. R., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. 2015. Makrozoobentos sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat* 4(2): 165-168.
- Nurrachmi, I. & Marwan. 2012. Kandungan Bahan Organik Sedimen dan Kelimpahan Makrozoobentos sebagai Indikator Pencemaran Perairan Pantai Tanjung Uban Kepulauan Riau. LIPI Universitas Riau. Pekanbaru.

- Odum, E. P. 1998. Dasar-Dasar Ekologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ohtaka, A., Sudarso, Y., & Wulandari, L. 2006. Records of Ten Freshwater Oligochaete Species (Annelida, Clitellata) from Sumatra, Java and Kalimantan, Indonesia. *Treubia*, 34 : 37-57.
- Oktarina, A., & Syamsudin, T. S. 2017. The Community of Makrozoobenthos in Lotic Ecosystem in The Area of Institut Teknologi Bandung Campus, Jatinangor, Sumedang, West Java. In Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia 3(2): 175-182.
- Olii, A. H., & Paramata, A. R. 2019. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Danau Limboto Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan* 7(26): 175-185.
- Pardiana, I. A.Y., & Nugroho. S. (2016). Persepsi Wisatawan Domestik Terhadap Eksistensi Pekerja Fotografer di Daya Tarik Wisata Tanah Lot. *Jurnal Destinasi Pariwisata*.4(2): 49-52.
- Pealeu, G. V., Koneri, R. & Butarbutar, R. R. 2018. Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobenthos di Sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains* 18(2): 97-102.
- Pennak RW. 1989. Fresh-water Invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca, 110-127, 3rd edition., New York.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pratami, V. A. Y., Setyono, P., & Sunarto, S. 2018. Keanekaragaman, Zonasi serta Overlay Persebaran Bentos di Sungai Keyang, Ponorogo, Jawa Timur. *Depik* 7(2): 127-138.
- Puspitaningrum, M., Izzati, M., & Haryanti, S. 2012. Produksi dan Konsumsi Oksigen Terlarut oleh Beberapa Tumbuhan Air. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 20(1): 47-55.
- Rahardjanto, A. H. 2019. Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring). Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.
- Rahmadhani, G. W., & Martuti, N. K. T. 2023. Keanekaragaman Makrozoobentos di Sekitar Alat Pemecah Ombak Wilayah Pesisir Kota Semarang sebagai Data Awal Upaya Konservasi. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* 46(2): 74-82.
- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Empat Muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi* 9(1): 57-65.
- Rosyadewi, R., & Hidayah, Z. 2020. Perbandingan laju sedimentasi dan karakteristik sedimen di muara socah bangkalan dan porong sidoarjo. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(1), 75-86.
- Safitri, A., Melani, W. R., & Muzammil, W. 2021. Komunitas Makrozoobentos dan Kaitannya dengan Kualitas Air Aliran Sungai Senggarang, Kota Tanjung Pinang. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal* 8(2): 103-108.
- Sahidin, A., Zahidah., Herawati H., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & Partasasmita, R. 2018. Macrozoobenthos as Bioindicator of Ecological Status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas* 19(3): 1123-1129.
- Setiawan. D. 2008. Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiobudiandi. I. 1997. Makrozoobenthos (Definisi, Pengambilan Contoh dan Penanganannya). Laporan Penelitian. Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sidik, R. Y., Dewiyanti, I., & Octavina, C. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Beberapa Muara Sungai Kecamatan Susoh Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* 1(2): 287-296.
- Simanjuntak, S. R. U. 2023. Struktur Komunitas Jenis Makrozoobenthos di Danau Tehang Kecamatan Kahayan Tengah Kabupaten Pulang Pisau. Skripsi. Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Simbolon, S. K. 2023. Kepadatan dan keanekaragaman Makrozoobenthos di Danau Hanjalutung dan Sungai Rungan Kota Palangka Raya. Skripsi. Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.

- Situmorang, M. 2024. Kepadatan dan Keanekaragaman Perifiton di Danau Sabuah Kecamatan Kahayan tengah Kabupaten Pulang Pisau. Skripsi. Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Situmorang, S. P. 2008. Geokimia Pb, Cr, Cu, dalam Sedimen dan Ketersediaanya pada Biota Benthik di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sulistiyarto, B. 2008. Keterkaitan Antara Kelimpahan Makrozoobenthos dengan Parameter Fisika Kimia Air di Danau Hanjaluntung Palangka Raya Kalimantan Tengah. Fakultas Perikanan, Universitas Kristen Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
- Sulistiyarto, B. 2008. Keterkaitan antara Kelimpahan Makrozoobenthos dengan Parameter Fisika Kimia Air di Danau Hanjaluntung Palangka Raya Kalimantan Tengah. *Kopertis* 3(2): 140-143.
- Suraida, S., Syefrinando, B., & Alfian, A. 2021. Keanekaragaman Makrozoobenthos sebagai Bioindikator Kualitas Air di Danau Sipin Kota Jambi. *Biospecies* 14(2): 1-10.
- Susanti, I. 2021. Evaluasi Kualitas Lingkungan Perairan Berdasarkan Bio Indikator Makrozoobentos di Danau Lau Kawar Kabupaten Karo. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik* 2(2): 1-10.
- Tulandi, S. S. 2022. Analisis Kualitas Air Danau Sineleyan Tomohon Berdasarkan Kajian Struktur Keanekaragaman Makrozoobentos. *Majalah Info Sains* 3(1): 27-37.
- 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.
- Undap, S. L., Pangkey, H., & Pangemanan, N. P. 2018. Analisis Fisika-Kimia Kualitas Air Perairan Banoi Kecamatan Likupang Barat, Sulawesi Utara. *e-Journal Budidaya Perairan* 6(3): 38-44.
- Vyas, V & Bhawsar, A. 2013. Benthic Community Structure in Barna Stream Network of Narmada River Basin. *Int J Environ Biol* 3 (2): 57-63.
- Welsiana, S., Najmuddin, A., & Wulandari, L. 2005. Kelimpahan dan Keanekaragaman Epiphytic Makrovertebrata yang Bersimbiosis dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes (mart) solm*) di Danau Tundai dan Sabuah. *Fish Scientiae Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Kelautan* 4(1): 1-13.
- Wetzel R.G. 2001. *Limnology, Lake and River Ecosystems*. 3rd Ed. Academic Press, New York.
- Widhiandari, P. F. A., Watiniasih, N. L., & Pebriani, D. A. A. 2021. Bioindikator Makrozoobenthos dalam Penentuan Kualitas Perairan Di Tukad Mati Badung, Bali. *Current Trends in Aquatic Science IV* 4(1): 49-56.
- William, P., Whitfield, M., Biggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P. & Sear, D. 2003. Comparative Biodiversity of Rivers, Streams, Ditches and Ponds In An Agricultural Landscape In Southern England. *Biological Conservation* 115: 329-341.
- Wulandari, L., Elisa, E., & Buchar, T. 2021. Struktur Komunitas Jenis Makrozoobenthos di Sungai dan Beberapa Anak Sungai Kali Mangkatip Desa Dadahup Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah. *Journal Of Tropical Fisheries* 16(2): 116-124.
- Wulandari, L., Ruthena, Y., Yulintine., & Pujiantoro D. 2014. Struktur Jenis Makrozoobenthos di Danau Panganen Kalimantan Tengah. *Journal of Tropical Fisheries*. 10 (1): 737-744.
- Wulandari, L., Sherly, P. T., Yulintine., & Ruthena, Y. 2013. Kepadatan dan Keanekaragaman Makrozoobenthos pada Beberapa Tipe Perairan Tawar di Kalimantan Tengah. *Journal of Tropical Fisheries* 9 (2): 701-709.
- Zutkifli, H., & Setiawan, D. 2011. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai Instrumen Biomonitoring. *Jurnal Natur Indonesia* 14(1): 95-99.