

# Penilaian Status Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat Menggunakan Biota Benthik

Junardi<sup>1</sup>, Riyandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat; e-mail: [junardi@fmipa.untan.ac.id](mailto:junardi@fmipa.untan.ac.id)

## ABSTRAK

Sungai Kapuas Kecil merupakan percabangan Sungai Kapuas di bagian hilir yang mengalami berbagai tekanan lingkungan akibat aktivitas di daratan sehingga dapat mengubah kualitas airnya. Kualitas air sungai ini lebih banyak ditentukan dengan menggunakan parameter fisika dan kimia, sementara itu parameter biota benthik masih jarang digunakan. Tujuan penelitian ini untuk menentukan status kualitas air sungai Kapuas Kecil menggunakan biota benthik makrozoobentos dan perifiton. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan menetapkan stasiun sampling berdasarkan rona lingkungan dan kondisi riparian. Data struktur komunitas biota dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian berdasarkan indeks komunitas makrozoobentos dan perifiton menunjukkan kualitas air Sungai Kapuas Kecil memiliki status cemar ringan sampai sedang dengan kandungan fosfat tinggi.

**Kata kunci:** Diatom, Kapuas, Kualitas air, Makrozoobentos, Perifiton

## ABSTRACT

The Kapuas Kecil River is a tributary of the Kapuas River in the downstream area, facing various environmental pressures due to land activities that can impact water quality. Currently, the water quality of this river is primarily assessed using physical and chemical parameters, with benthic biota parameters rarely taken into account. Therefore, the objective of this study was to assess the water quality status of the Kapuas Kecil River by analyzing Macrozoobenthos and Periphyton. The study employed a survey method, with sampling stations selected based on the environmental and riparian conditions. The data collected were then analyzed descriptively to understand the community structure of the biota. Based on the Periphyton community index and the Macrozoobenthos diversity index, the results indicated that the water quality of the Kapuas Kecil River was found to be slight to moderately polluted, with notably high phosphate content.

**Keywords:** Diatom, Kapuas Kecil, Macrozoobenthos, Perifiton, Water quality

**Citation:** Junardi dan Riyandi. (2024). Penilaian Status Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat Menggunakan Biota Benthik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1): 184-192, doi:10.14710/jil.22.1.184-192

## 1. Latar Belakang

Aktivitas-aktivitas manusia di lingkungan dapat menyebabkan perubahan dan penurunan kualitas lingkungan terutama pada tipe perairan mengalir (lotik) seperti sungai. Tipe perairan ini sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan riparian dan darat yang dapat mencerminkan semua bentuk aktivitas yang ada di sekitarnya (Zhang *et al.*, 2020; Johnson *et al.*, 2021). Hasil aktivitas seperti limbah dan sampah yang masuk ke dalam sungai akan mengakibatkan perubahan faktor fisika dan kimia air (Arum *et al.*, 2019) serta biota yang ada di dalamnya (Schürings *et al.*, 2022).

Sungai Kapuas Kecil merupakan anak Sungai Kapuas Besar bagian hilir yang dipisahkan oleh delta yang telah membentuk pulau Panjang. Sungai ini bersama-sama dengan Sungai Kapuas Besar

membentuk suatu sistem estuari Kapuas. Sungai ini juga dimanfaatkan oleh penduduk kota Pontianak sebagai sarana transportasi, sumber air minum, industri, pertanian, perkebunan, dan tempat pembuangan limbah domestik serta sampah. Aktivitas yang banyak di sungai ini dapat berakibat pada penurunan kualitas airnya. Menurut Purnaini *et al.*, (2019), Sungai Kapuas Kecil diduga telah mengalami pencemaran yang diindikasikan dengan tingginya nilai kebutuhan oksigen biologis atau *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan berdasarkan parameter fisika-kimia tercemar ringan (Purnaini *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini perlu dikonfirmasi menggunakan parameter biologi yang sampai saat ini datanya belum tersedia.

Rencana pembangunan jalan dan jembatan penghubung yang melintas di atas Sungai Kapuas

Kecil secara langsung dan tidak langsung juga dapat menyebabkan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem riparian sungai ini. Pada tahap konstruksi akan terjadi penurunan kualitas air secara fisika seperti kekeruhan dan *Total Dissolved Solid* (TDS) (Szatten *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2014). Perubahan parameter kimia seperti berkurangnya oksigen terlarut dalam air karena berkurangnya cahaya matahari yang dapat masuk ke air akan berdampak pada parameter biologi seperti kematian biota benthik dalam rentang waktu tertentu. Selain itu, dengan adanya jalur jalan lintas baru juga akan terbentuk pemukiman baru dengan membuka lahan yang ada, sehingga juga akan menambah beban ekologis Sungai Kapuas Kecil.

Biota sungai memiliki respon yang berbeda terhadap perubahan lingkungan yang dapat diketahui dengan perubahan komposisi dan diversitas sehingga memiliki validitas tinggi dan dapat digunakan bersama-sama dengan parameter lainnya untuk penentuan kualitas air (Gupta *et al.*, 2017). Pada tahap selanjutnya, karena perbedaan toleransi masing-masing biota terhadap perubahan lingkungan, akan ada biota yang mampu dan tidak mampu beradaptasi. Biota yang bersifat menetap (benthik) di dalam perairan seperti makrozoobentos dan perifiton umum digunakan untuk penilaian status kualitas air sungai (Febrianti, *et al.*, 2023; Chazanah *et al.*, 2020) karena akan terpapar polutan atau dinamika kualitas air secara terus menerus dalam waktu lama (Bezmaternykh, 2018; Pandey, 2020) dengan demikian, penggunaan biota benthik akan mencerminkan kondisi perairan sesungguhnya. Tujuan penelitian ini untuk menilai kualitas air Sungai Kapuas Kecil menggunakan makrozoobentos dan perifiton. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk merumuskan rencana pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Kapuas Kecil dan perencanaan pembangunan di sekitarnya.

## 2. Metode

Penelitian ini telah dilaksanakan bulan Maret-Agustus 2022. Sampel biota diambil dari Sungai Kapuas Kecil, Kalimantan Barat. Stasiun pengambilan sampel ditentukan berdasarkan metode *purposive sampling* berdasarkan kondisi rona lingkungan dan ditetapkan sebanyak 3 stasiun dan pada masing-masing stasiun diambil sebanyak 3 titik sampling (T1-T3), total 27 titik sampling pada setiap bulan sampling. Pada masing-masing stasiun dilakukan pengambilan sampel biota, air, dan sedimen.

Stasiun I (ST1) (0°01'LU-109°10'BT) berada di bagian hilir pada muara Sungai Kapuas Kecil yang merupakan titik pertemuan antara muara Sungai Kapuas dengan Laut Cina Selatan. Stasiun ini berada tepat di ujung Pulau Panjang dan destinasi Wisata Mangrove Telok Bediri, Desa Sungai Kupah. Stasiun II (ST2) (0°01'LU-109°12'BT) berada di tengah lokasi sampling disekitar area pemukiman warga, tambak,

dan lokasi pemancingan. Stasiun III (ST3) (0°01'LU-109°13'BT) berada tepat di lokasi pembangunan Jembatan Kapuas III yang saat ini telah memasuki tahap pembebasan lahan. Peta lokasi dan letak stasiun sampling disajikan pada Gambar 1.

Pada masing-masing stasiun ditetapkan juga tiga titik pengambilan sampel, yaitu di bagian kiri, tengah, dan kanan sungai untuk makrozoobentos. Titik pengambilan sampel di bagian kiri dan kanan sungai diambil untuk mendapatkan data tentang kondisi lingkungan atau pengaruh dari daratan terhadap badan sungai.

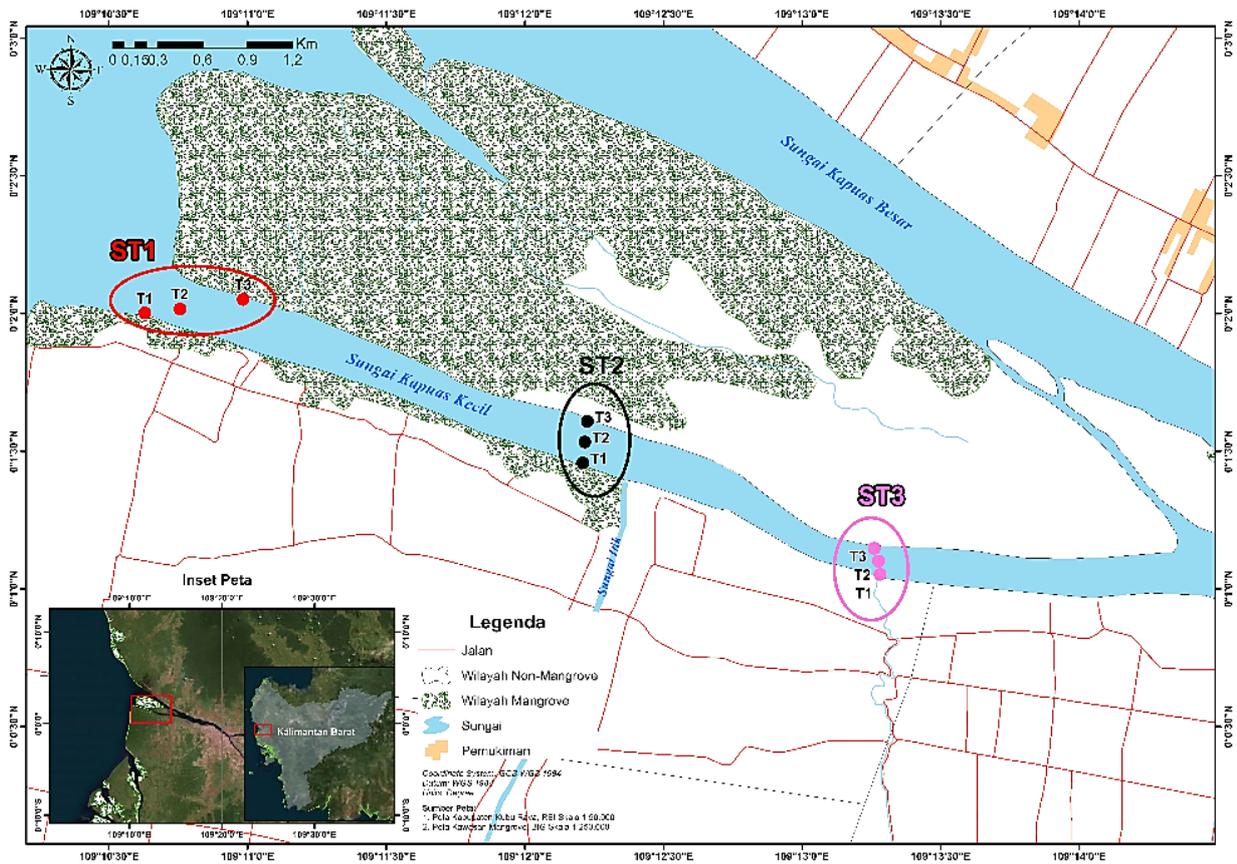
Pengukuran parameter lingkungan dan pengambilan sampel air dilakukan di tempat yang sama dengan sampel biota. Biota yang diambil meliputi makrozoobentos dan perifiton. Sampel makrozoobentos diambil dengan menggunakan *Petite ponar grab* dengan ukuran luas area 232 cm<sup>2</sup> sebanyak satu kali dari setiap titik pengambilan sampel. Sampel makrozoobentos diambil bersamaan dengan sampel sedimen. Sampel dimasukkan dalam larutan formalin 10% dan selanjutnya di laboratorium sampel diawetkan dan disimpan dalam larutan alkohol 80% untuk identifikasi.

Sampel perifiton diambil dari permukaan pelepah tumbuhan nipah yang ditemukan tumbuh dominan di sepanjang riparian sungai di semua stasiun sampling, masing-masing rumpun diambil sebanyak 5 sampel. Perifiton diambil menggunakan bingkai berbahan plastik berukuran 5 x 5 cm yang diletakkan di atas permukaan pelepah nipah yang terendam air, kemudian diusap perlahan menggunakan kuas kecil. Sampel dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi formalin 5% sebanyak 5 tetes (Arsad *et al.*, 2019).

Proses identifikasi makrozoobentos sampai tingkat genus dengan buku identifikasi Brinkhurst & Jamieson (1971) untuk Annelida, Mollusca berdasarkan Dharma (2005), Insecta mengacu pada Yule & Sen (2004), dan Crustacea (Decapoda) mengacu pada Wowor *et al.*, (2004) dan Amphipoda mengacu pada Bernard & Karaman, (1991). Perifiton juga diidentifikasi sampai tingkat genus dengan buku identifikasi dari McLaughlin (2020), Seckbach & Kocielek (2015), dan Prescott (1954).

Kelimpahan makrozoobentos dihitung dengan formula:  $K = 10000a / b$  dengan **K** adalah kelimpahan jumlah individu (ind./cm<sup>2</sup>), **a** untuk jumlah individu dalam *Petite Ponar grab*, **b** untuk luas bukaan *Petite Ponar grab* (232 cm<sup>2</sup>), dan 10000 adalah angka konversi dari cm<sup>2</sup> menjadi m<sup>2</sup>.

Kelimpahan perifiton dapat dihitung dengan menggunakan rumus modifikasi *Lackey Drop Microtransecting Method* (American Public Health Association, 2017) sebagai berikut:  $N = \frac{1}{A} \times \frac{B}{C} \times n$ , **N** adalah Kelimpahan (ind./cm<sup>2</sup>), **A**: Luasan substrat yang diambil (cm<sup>2</sup>), **B**: Volume konsentrat pada botol contoh (ml), **C**: Volume pada gelas objek (ml) dan **n**: Jumlah perifiton yang tercacah (ind).



Gambar 1. Letak stasiun sampling di Sungai Kapuas Kecil (ST: Stasiun, T: titik Sampling)

Data biota baik makrozoobentos maupun perifiton juga dianalisis struktur komunitasnya menggunakan indeks diversitas Shannon ( $H'$ ) (Krebs, 2014):  $H' = -\sum_{i=1}^S (ni/N) \ln(ni/N)$ , di mana  $N$ : jumlah total individu semua genus yang ditemukan dalam satu stasiun,  $ni$ : jumlah individu genus,  $S$ : jumlah genus. Kriteria yang digunakan untuk menentukan nilai diversitas disajikan pada Tabel 1. Indeks Evenness (kemerataan) Shannon ( $J$ ) juga digunakan untuk melengkapi indeks diversitas dengan formula (Brower *et al.*, 1990):  $J = H' / \ln S$ , di mana  $S$  adalah jumlah genera, nilai  $J$  berkisar antara 0-1 (Tabel 1).

Indeks Dominansi juga digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi satu genus dalam komunitas menggunakan Indeks Dominansi Simpson ( $C$ ) (Krebs, 2014) dengan formula:  $C = \sum_{i=1}^S (ni/N)^2$  di mana  $ni$ : jumlah individu genus ke- $i$  dan  $N$  adalah jumlah total individu yang ditemukan (Brower, Zar, & vonEnde, 1990). Genera perifiton yang ditemukan juga dibandingkan dengan daftar genus indikator bahan organik berdasarkan indeks pencemaran Palmer (Palmer, 1969). Nilai dan kriteria indeks-indeks yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Indeks saprobik perifiton juga digunakan dalam menilai kualitas sungai-sungai di wilayah studi. Indeks ini digunakan untuk menduga banyaknya bahan organik dalam perairan menggunakan taksa

tingkat kelas dan filum atau divisio. Indeks saprobik yang dipilih adalah indeks Dresscher dan Mark (X) (Dresscher & Mark, 1976):

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D}$$

$X$  adalah indeks saprobik,  $A$ : jumlah genus Divisi Siliata  $B$ : jumlah genus Divisi Euglenozoa,  $C$ : jumlah Kelas Chlorococcales dan Diatom (Bacillariophyceae),  $D$ : jumlah genus Divisi Peridineae, Chrysophyceae dan alga hijau *Conjugate*. Hubungan antara nilai indeks saprobik (Dresscher & Mark, 1976) ( $X$ ) (Tabel 2).

Tabel 1. Kriteria Indeks Diversitas, Kemerataan, Dominansi

Indeks	Nilai	Kriteria
Diversitas ( $H'$ ) <sup>a</sup>	0,0 < $H'$ ≤ 1,0	rendah (tercemar berat)
	1,0 < $H'$ ≤ 2,0	sedang (tercemar sedang)
	2,0 < $H'$ ≤ 3,0	tinggi (tercemar ringan)
	3,0 < $H'$ ≤ 4,5	sangat tinggi (tercemar sangat ringan)
Kemerataan ( $J$ ) <sup>b</sup>	$J$ < 0,4	rendah
	0,4 < $J$ ≤ 0,6	sedang
	$J$ > 0,6	tinggi
Dominansi ( $C$ ) <sup>b</sup>	$C$ ≤ 0,5	rendah
	0,5 < $C$ ≤ 0,75	sedang
	0,75 < $C$ ≤ 1	Tinggi
Palmer <sup>c</sup>	< 15	terpolusi bahan organik rendah
	15-19	tercemar bahan organik sedang
	> 20	tercemar bahan organik tinggi

Sumber: <sup>a</sup>(Hairani *et al.*, 2023), <sup>a</sup>(Albueajee *et al.*, 2020), <sup>b</sup>(Ibrahim *et al.*, 2021), <sup>c</sup>(Palmer, 1969).

**Tabel 2.** Nilai indeks saprobik dan kriteria kualitas perairan secara biologis

Bahan pencemar	Tingkat cemaran	Fase saprobik	Indeks saprobik
Banyak senyawa organik	Sangat tinggi	Polisaprobik	(-3,0)--(-2,0)
	Agak tinggi	Poli/ $\alpha$ -mesosaprobik	(-2,0)--(-1,5)
Senyawa organik & anorganik		Sedang	$\alpha$ -meso/poli saprobik
	$\alpha$ -meso saprobik		(-1,0)--(-0,5)
	$\alpha/\beta$ -meso saprobik	(-0,5)--(0)	
Sedikit Senyawa organik & anorganik	Ringan	$\beta/\alpha$ -meso saprobik	(0)--(+0,5)
		$\beta$ -meso saprobik	(+0,5)--(+1,0)
	Sangat ringan	$\beta$ -meso/oligo saprobik	(+1,0)--(+1,5)
		Oligo/ $\beta$ -meso-saprobik	(+1,5)--(+2,0)
		Oligosaprobik	(+2,0)--(+3,0)

Sumber: Dresscher & Mark (1976).

Indeks Diatom juga digunakan untuk menambah data perifiton yang didapatkan. Indeks ini telah banyak digunakan untuk perairan mengalir terutama di pulau Jawa. Indeks ini dihitung dengan menggunakan formula  $(ID) = \frac{\text{jumlah diatom sentrik}}{\text{jumlah diatom pennate}}$ . Indeks-indeks diversitas, kekayaan spesies, keseragaman, dan dominansi dianalisis menggunakan program statistika *PAleontological STatistics* (PAST) versi 4.12 (PAST v4.12) (Hammer, 2022).

Kualitas air dianalisis secara deskriptif dengan cara membandingkan data hasil pengukuran dengan standar baku mutu air golongan III sesuai dengan PP No 22 Tahun 2021. Standar baku mutu ini digunakan sebagai acuan untuk parameter yang ditetapkan untuk kehidupan biota air. Nilai-nilai yang melebihi baku mutu kemudian dideskripsikan. Parameter-parameter fisika dan kimia air yang diukur adalah suhu air dan sedimen, pH air dan pH sedimen, Daya Hantar Listrik/DHL, Oksigen terlarut, fosfat, nitrat, karbon organik total dalam sedimen, tekstur substrat, kecepatan arus, kecerahan, salinitas, dan CO<sub>2</sub> bebas.

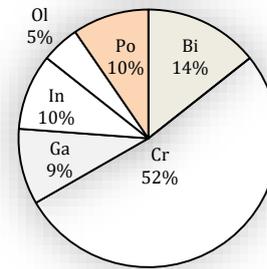
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Komunitas Makrozoobentos

Makrozoobentos yang ditemukan selama penelitian sebanyak 21 genus yang terdiri atas 6 kelas yaitu Bivalvia, Gastropoda, Crustacea, Insecta, Oligochaeta, dan Polychaeta. Crustacea (Cr) ditemukan memiliki jumlah genus lebih banyak dari kelas lainnya dengan ordo Amphipoda yang menyumbang jumlah genus paling banyak. Udang air tawar (*Caridina*) menyumbang nilai yang tinggi terhadap kelimpahan genus (Gambar 2).

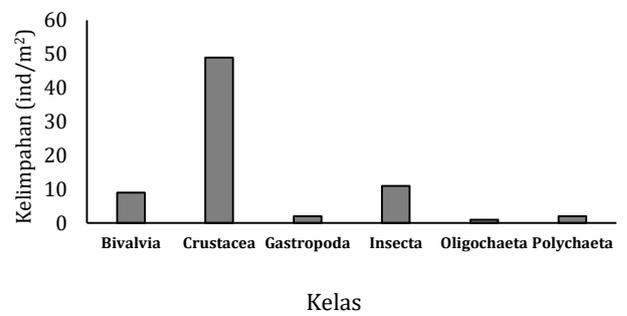
Secara umum kelimpahan makrozoobentos di Sungai Kapuas Kecil tergolong rendah (<100 ind./m<sup>2</sup>). Crustacea juga ditemukan paling banyak dengan jumlah 49 ind./m<sup>2</sup> (Gambar 3). Kelimpahan Amphipoda berkontribusi terhadap kelimpahan

Crustacea. Menurut Rodrigues & Pires-Vanin (2012), Amphipoda berkorelasi dengan ketersediaan vegetasi di riparian dan tekstur substrat yang lunak. Kelimpahan kelas lain dari kelas Insecta, Bivalvia, dan Polychaeta masing-masing sebanyak 14% dan 10%.



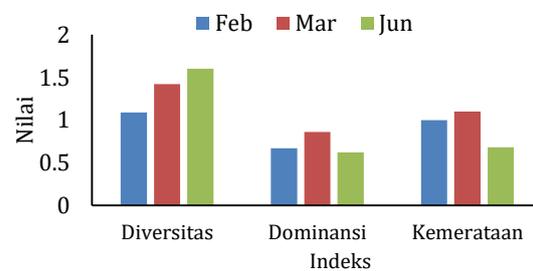
**Gambar 2.** Komposisi Genus Makrozoobentos Berdasarkan Kelas di Sungai Kapuas Kecil.

Keterangan: Bi: Bivalvia, Cr: Crustacea, Ga: Gastropoda, In: Insecta, Ol: Oligochaeta; Po: Polychaeta



**Gambar 3.** Kelimpahan Genus makrozoobentos Berdasarkan kelas di Sungai Kapuas Kecil

Indeks diversitas makrozoobentos didapatkan antara 1,09-1,60 dengan rata-rata 1,37 yang termasuk dalam kategori sedang (atau tercemar sedang). Nilai indeks dominansi 0,62-0,86 rata-rata 0,71 (dominansi sedang), sedangkan indeks pemerataan antara 0,68-1,0 dengan rata-rata 0,92 atau pemerataan genera tinggi atau genera yang ditemukan memiliki jumlah individu merata (Gambar 4).



**Gambar 4.** Indeks komunitas makrozoobentos di Sungai Kapuas Kecil

Makrozoobentos memiliki diversitas yang terus meningkat setiap bulan sampling dengan tertinggi pada bulan Juni. Sampling bulan Juni termasuk dalam

musim kemarau dengan kondisi arus dan air yang lebih sedikit sehingga kondisi sedimen lebih stabil dibandingkan dengan dua waktu sampling lainnya di musim hujan. Makrozoobentos yang didapatkan pada penelitian ini lebih banyak ditemukan dari kelas Crustacea. Kelas ini lebih banyak ditemukan pada sungai-sungai yang memiliki vegetasi riparian yang masih baik. Udang air tawar *Caridina* dapat digunakan sebagai indikator ekosistem yang stabil (Susilo *et al.*, 2020). Selain *Caridina*, genera Crustacea lain adalah *Gammarus* (Ordo Amphipoda) juga ditemukan pada penelitian ini, Genus ini telah banyak digunakan sebagai indikator sedimen yang memiliki banyak bahan organik dan tekstur yang halus atau lunak.

Kelas makrozoobentos lain yang ditemukan dalam sedimen dengan jumlah 10% adalah Insecta dari Ordo Diptera dan Trichoptera. Kedua ordo ini lebih sering digunakan dalam penilaian kualitas perairan. Kehadiran kedua ordo tersebut sangat bergantung pada kondisi dan kandungan bahan organik dalam sedimen. *Phylocentropus* dari Famili Dipseudopsidae digunakan untuk menilai sedimen dengan kondisi yang baik, namun pada bagian lain sungai ini juga telah ditemukan *Chironomus* yang merupakan indikator sedimen yang mengandung bahan organik pencemar yang berasal dari limbah domestik (Shahidi-Hakak *et al.*, 2022).

Kelas Bivalvia juga ditemukan banyak selain Crustacea dan Insecta. Kijing air tawar (*Pilsbryconcha*) lebih menyukai bagian sungai berlumpur dengan salinitas rendah, sedangkan Pensi (*Corbicula*) lebih menyukai substrat lumpur berpasir (Lukman *et al.*, 2015). Genus *Corbicula* telah umum digunakan sebagai biota indikator untuk menilai kualitas perairan terkait dengan kontaminasi oleh logam (McCloskey & Newman, 1995). Kehadiran genera makrozoobentos sebagai indikator perairan yang masih baik dan perairan terganggu, maka dapat dinyatakan bahwa Sungai Kapuas Kecil telah memiliki bahan organik di sedimen dengan kandungan sedikit sampai sedang. Kehadiran genera tersebut juga perlu dikonfirmasi dengan nilai indeks diversitas untuk menentukan tingkat polusi dalam sedimen.

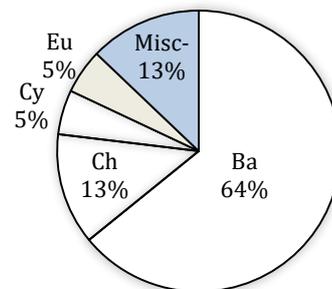
Indeks diversitas makrozoobentos yang didapatkan pada Sungai Kapuas kecil termasuk dalam kriteria sedang. Indeks tersebut jika dikaitkan dengan status kualitas air termasuk dalam air yang tercemar sedang. Kehadiran genera indikator cemaran bahan organik seperti *Chironomus*, *Gammarus*, dan *Corbicula* menjadi pendukung status kualitas air Sungai Kapuas Kecil termasuk dalam kriteria cemar bahan organik sedang.

Makrozoobentos lain yang ditemukan dari kelas Polychaeta dan Oligochaeta. Genus *Nephtys* (Polychaeta) dan *Limnodrilus* (Oligochaeta) kedua genus juga ditemukan selama penelitian walaupun tidak melimpah, namun keduanya telah umum digunakan sebagai indikator kualitas perairan. *Nephtys* termasuk genus oportunistik yang mengindikasikan sedimen yang telah mengalami gangguan fisik. Sementara itu, *Limnodrilus* merupakan

genus yang telah banyak digunakan sebagai biota indikator perairan. Cacing *Limnodrilus* telah banyak digunakan dalam monitoring kualitas air (Vivien *et al.* 2015), karena sifatnya yang menetap (bentik) dan dapat adaptif terhadap akumulasi bahan organik (Rodriguez & Reynoldson, 2011; Ragi & Jaya, (2014); (Arimoro, Ikomi, & Chukwujindu, 2007) dan anorganik seperti logam berat (Vivien *et al.*, 2020).

### 3.2. Komunitas Perifiton

Perifiton telah banyak digunakan dalam menilai status ekologis perairan (Poikane *et al.*, 2016) dan dampak antropogenik terhadap kualitas air (Rusanov *et al.*, 2012) serta bioindikator perairan (Arsad *et al.*, 2021). Perifiton yang ditemukan selama penelitian sebanyak 39 genus yang terdiri atas kelas Bacillariophyceae (25 genus), Chlorophyceae (5 genus), Cyanophyceae dan Euglenophyceae (2 genus), dan kelas lain (misceleneous) masing-masing 1 genus (Gambar 5). Bacillariophyceae lebih banyak ditemukan mencapai 64%.

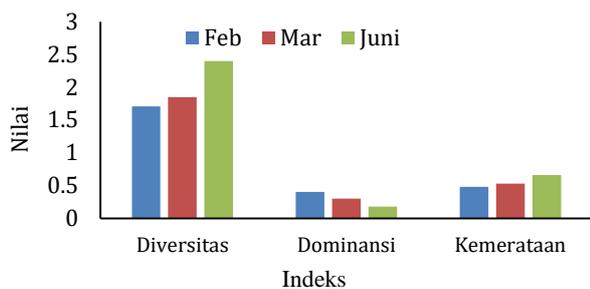


**Gambar 5.** Komposisi genus perifiton berdasarkan Kelas di Sungai Kapuas Kecil, Keterangan: Ba: Bacillariophyceae, Ch: Chlorophyceae, Eu: Euglenophyceae, Misc: Miscellaneous.

Kelimpahan perifiton pada substrat alami tumbuhan nipah di Sungai Kapuas Kecil didapatkan antara 495-781 sel/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 666 sel/cm<sup>2</sup>. Satu genus yang selalu ditemukan melimpah adalah *Pinnularia* dengan kelimpahan 211-556 sel/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 384 sel/cm<sup>2</sup> atau 57,65% dari total genera yang ditemukan.

Indeks diversitas perifiton antara 1,75-2,4 dan paling tinggi ditemukan pada bulan Juni walaupun dari jumlah genus yang ditemukan hampir sama setiap bulan. *Pinnularia* merupakan genus yang paling melimpah pada semua bulan sampling dan di semua titik sampling namun belum menunjukkan tingkat dominansinya (Gambar 6).

Nilai diversitas yang rendah pada bulan Februari dan Maret belum memberikan pengaruh besar terhadap nilai indeks dominansi, namun berpengaruh pada nilai pemerataan. Nilai indeks dominansi antara 0,18-0,40 yang menunjukkan tidak ada genus yang dominan sedangkan nilai pemerataan antara 0,48-0,66 (Gambar 6) menunjukkan masing-masing genus tidak merata jumlah individunya.



**Gambar 6.** Indeks komunitas perifiton di Sungai Kapuas Kecil

Hasil penghitungan indeks saprobik pada tiga kali sampling didapatkan antara 0,83-0,84 yang masuk dalam kriteria  $\beta$ -mesosaprobik yang menunjukkan ada tahapan proses perombakan bahan organik oleh mikroba dan termasuk air yang memiliki bahan organik dalam air rendah atau sedikit. Indeks Palmer yang didapatkan pada penelitian ini antara 14,33-17,66 yang termasuk dalam kriteria memiliki bahan organik dalam jumlah sedang. Perbandingan diatom pennate dan centrik didapatkan nilai 0,12 yang termasuk dalam kriteria oligotropik atau air yang mengandung bahan organik sedikit. Perifiton yang ditemukan pada penelitian ini lebih banyak dari kelas Bacillariophyceae atau diatom yang umumnya selalu ditemukan lebih banyak dari kelas mikroalga lainnya pada berbagai tipe ekosistem air tawar baik lotik maupun lentik (Balasubramaniam *et al.*, 2017). Jumlah genera perifiton hasil penelitian ini lebih banyak dibandingkan dengan diatom yang didapatkan pada substrat buatan di sepanjang Sungai Kapuas Kecil (Aprilliani *et al.*, 2018). Jumlah perifiton hasil penelitian ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan perifiton pada substrat alami berupa tumbuhan lainnya (Asra *et al.*, 2022).

Jumlah genus yang didapatkan dari penelitian ini lebih rendah dari perifiton yang didapatkan pada tumbuhan air lainnya (Kurniawan *et al.*, 2022). Perbedaan macam-macam substrat akan berpengaruh pada jumlah genera yang didapatkan karena perbedaan tekstur permukaan substrat untuk menempel. Diatom umumnya ditemukan lebih banyak pada semua tipe perairan karena mampu mengeluarkan mukopolisakarida untuk menempel pada substrat (Ario *et al.*, 2019) dan dapat digunakan sebagai indikator perubahan lingkungan (Dixit *et al.*, 1992).

Kelimpahan perifiton yang didapatkan selama penelitian lebih rendah dibandingkan dengan kelimpahan yang didapatkan pada substrat buatan (Arsad *et al.*, 2019). Genus *Pinnularia* selalu ditemukan melimpah pada setiap bulan sampling. Genus ini pernah ditemukan juga dominan pada kolam yang sering kering (*temporary*) dengan tekanan antropogenik (Allain *et al.*, 2020). Struktur tubuh *Pinnularia* memiliki *raphe* yang beragam pada setiap spesies dapat digunakan untuk menempel pada

substrat, sehingga lebih mudah melekat pada substrat dan tahan terhadap arus air. Genus ini juga dapat beradaptasi dengan air pada pH rendah (Silva *et al.*, 2016). Indeks diversitas tergolong sedang sampai tinggi dengan nilai dominansi rendah atau tidak ada genus dominan dan tidak merata pada setiap bulan. Diversitas perifiton lebih rendah pada bulan Februari dan Maret, nampaknya hal ini karena termasuk dalam musim hujan sehingga beberapa genera tidak dapat menempel pada substrat karena tingginya arus dan debit air. Diversitas perifiton yang tinggi pernah didapatkan pada danau alami Ranu Pakis di Jawa Timur menggunakan substrat buatan dan alami (Arsad *et al.*, 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan ekosistem Sungai Kapuas Kecil dalam kondisi stabil. Nilai diversitas perlu dibandingkan dengan indeks-indeks saprobik dan Palmer untuk menentukan status kualitas airnya.

Indeks saprobik Sungai Kapuas Kecil berada pada tahap  $\beta$ -mesosaprobik dengan status kualitas air cemar ringan sampai sedang. Tahap ini  $\beta$ -mesosaprobik adalah fase saprobik yang berlangsung pada tahap lanjut oleh kelompok *Ciliata* (Dresscher & Mark, 1976; Sagala, 2011). Kehadiran *Paramaecium* pada semua bulan dan lebih banyak Diatom dan Chlorococcales menjadi bukti yang turut mendukung pernyataan ini. Tahapan ini merupakan tahapan lanjut dari  $\alpha$ -mesosaprobik saat terjadi aktivitas perombakan bahan organik dan anorganik oleh bakteri. Kualitas air akan ditentukan pada indeks Palmer untuk menilai biota perairan pada tingkat genus.

Kualitas air Sungai Kapuas Kecil berdasarkan indeks Palmer berada pada kategori air yang memiliki bahan organik sedang. *Euglena* dan *Scenedesmus* yang ditemukan pada semua waktu sampling memberikan kontribusi besar terhadap nilai kumulatif dalam indeks Palmer. *Euglena* telah lama digunakan sebagai genus indikator keberadaan bahan organik di perairan karena kemampuannya dalam memakan dan sekaligus memecah bahan organik (Leloup *et al.*, 2013). Genus *Scenedesmus* juga termasuk mikroalga yang mampu menyerap kandungan nitrat dan fosfat yang tinggi dalam air dengan kandungan limbah organik tinggi (Patil, 1991; Fierro *et al.*, 2008).

Indeks diatom yang digunakan untuk menilai kualitas air Sungai Kapuas Kecil termasuk dalam kriteria oligotropik atau air yang mengandung bahan organik sedikit. Nilai dari indeks ini sangat ditentukan oleh rasio bentuk tubuh diatom sehingga bersifat semikuantitatif. Bentuk diatom Pennate ditemukan lebih banyak dibandingkan dengan sentrik. Berdasarkan nilai indeks ini, Sungai Kapuas Kecil masih termasuk tercemar bahan organik ringan.

### 3.3. Karakteristik Fisika-kimia Air dan Sedimen

Faktor lingkungan yang diukur selama penelitian pada masing-masing titik sampling disajikan pada Tabel 3. Parameter kualitas air tidak berbeda antar waktu sampling. Parameter kualitas air yang melebihi

baku mutu air golongan III berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 hanya fosfat total dengan nilai rata-rata 3,82 mg/L, sementara baku mutu mensyaratkan kandungan fosfat dalam air sebanyak 1 mg/L. Fosfat termasuk bagian dari senyawa fosfor merupakan salah satu unsur esensial bagi pembentukan protein, metabolisme sel organisme dan juga unsur penting bagi pertumbuhan tumbuhan tingkat tinggi dan alga.

**Tabel 3.** Hasil pengukuran parameter fisika-kimia Sungai Kapuas Kecil

Parameter (satuan)	BM3*	Waktu sampling			rerata
		Februari (n=9)	Maret (n=9)	Juni (n=9)	
Suhu (°C)	Dev 3	30,12	30,87	28,25	29,75
CO <sub>2</sub> Bebas (mg/L)	-	0,2	0,22	0,55	0,32
DO (mg/L)	3	2,6	2,77	4,14	3,17
pH Air	6-9	6,07	6,29	6,73	6,36
Kecerahan (m)	-	0,13	0,143	0,17	0,15
Kedalaman (m)	-	2,24	2,34	1,76	2,11
TDS (mg/L)	1000	0,35	0,33	0,5	0,33
Konduktivitas (µS/cm)	-	0,01	0,04	0,003	0,017
Salinitas (‰)	-	0,003	0	0,02	0,01
Arus (m/dt)	-	0,15	0,09	0,14	0,13
pH Substrat	-	6,24	6,18	6,65	6,35
C-Organik (%)	-	3,28	4,4	3,66	3,78
Pasir (%)	-	15,05	8,84	10,32	11,4
Lempung (%)	-	60,3	70,18	69,24	66,57
Liat (%)	-	22,72	20,98	20,44	21,38
Fosfat (mg/L)	1	3,94	3,82	3,7	3,82
Nitrat (mg/L)	20	1,44	2,13	2,28	1,95

\*: baku mutu air menurut PP No. 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Fosfor dapat menjadi *limiting factor* bagi perkembangan tumbuhan akuatik khususnya fitoplankton yang tumbuh dan berkembang di perairan. Sumber utama fosfat berasal dari hasil perombakan bahan organik dan pelapukan batuan dari bagian hulu sungai. Limbah rumah tangga, industri dan pupuk dari lahan pertanian juga merupakan sumber utama tingginya fosfat dalam air. Sungai Kapuas Kecil yang mengalir melalui Kota Pontianak dan lahan-lahan pertanian di wilayah kecamatan Sungai Kakap akan membawa bahan-bahan pencemar yang mengandung fosfat yang masuk ke Sungai Kapuas Kecil melalui aliran-aliran sungai kecil yang ada.

Bentuk persenyawaan fosfor dalam perairan alami maupun terpolusi adalah ortofosfat dan polifosfat serta fosfat yang terikat bahan organik. Tingginya konsentrasi senyawa fosfat dalam suatu badan air akan menyebabkan pertumbuhan alga dan mengurangi produktivitas perairan tersebut. Kandungan senyawa Fosfat yang tinggi dalam badan air juga mengindikasikan adanya kontaminan. Konsentrasi fosfat tinggi umumnya ditemukan adanya Euglenoid (Pereira & Azeiteiro, 2003). Pada penelitian ini *Euglena* ditemukan pada semua waktu sampling.

Tekstur sedimen di semua lokasi dan waktu sampling umumnya (>60%) berupa lempung/lanau. Karakteristik ini khas pada bagian hilir sungai di dataran rendah. Kondisi ini juga berperan penting

terhadap terjadinya sedimentasi di bagian hilir Sungai Kapuas dan mendukung kehidupan makrozoobentos yang ditemukan. Penelitian ini terbatas pada beberapa bulan dan identifikasi biota hanya sampai tingkat genus. Penelitian lanjutan dan kontinyu perlu dilakukan untuk mendapatkan data *time series* baik spasial maupun temporal dan biota yang digunakan sebagai indikator sampai tingkat spesies sehingga data status kualitas air Sungai Kapuas Kecil dapat lebih lengkap.

#### 4. Kesimpulan

Nilai indeks biotik perifiton (indeks saprobik, indeks Palmer, dan indeks diatom) serta indeks diversitas makrozoobentos menunjukkan kualitas air Sungai Kapuas Kecil memiliki bahan organik dalam jumlah sedikit sampai sedang atau status cemar ringan sampai sedang. Kualitas air Sungai Kapuas Kecil memiliki kandungan fosfat yang tinggi.

#### Daftar Pustaka

- Albueajee, A., Hassan, F. M., & Douabul, A. A. (2020). Phytoplankton Species Composition and Biodiversity Indices in Auda Marsh-Southern Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 52(Special issue), 217-228.
- Allain, A. B., Voltaire, O., Wetzel, C. E., Ector, L., & Vijver, B. v. (2020). Temporal Evolution of Diatoms in a Temporary Pond Situated in the Massif du Sancy Mountains (Massif Central, France) and Description of a New Pinnularia Species. *Diversity*, 12(367), 1-19.
- American Public Health Association, A. W. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: Port Press.
- Aprilliani, R., Setyawati, T. R., & Rafdinal. (2018). Komposisi Diatom (Bacillariophyceae) Perifitik pada Substrat Kaca di Sungai Kapuas Kecil Kota Pontianak Kalimantan Barat. *Protobiont*, 7(3), 127 -134.
- Arimoro, F. O., Ikomi, R. B., & Chukwujindu, I. (2007). Ecology and Abundance of Oligochaetes as Indicators of Organic Pollution in an Urban Stream in Southern Nigeria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(3), 446-453.
- Ario, R., Riniatsih, I., Pratikto, I., & Sundari, P. M. (2019). Keanekaragaman Perifiton pada Daun Lamun *Enhalus acoroides* dan *Cymodocea serrulata* di Pulau Parang, Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2), 116-122.
- Arsad, S., Latifah, K. T., Kadim, M. K., & Musa, M. (2021). Epiphytic Microalgae Community as Aquatic Bioindicator in Brantas River, East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(7), 2961-2971.
- Arsad, S., Zsalsabil, N. A., Prasetya, F. S., Safitri, I., Saputra, D. K., & Musa, M. (2019). Komunitas Mikroalga Perifiton pada Substrat Berbeda dan Perannya Sebagai Bioindikator Perairan. *Saintek Perikanan*, 15(1), 73-79.
- Arum, S. P., Harisuseno, D., & Soemarno. (2019). Domestic Wastewater Contribution to Water Quality of Brantas River at Dinoyo Urban Village, Malang City. *J-PAL*, 10(2), 84-91.
- Asra, R., Utami, T. S., & Adriadi, A. (2022). Keanekaragaman dan Kelimpahan Perifiton pada Vegetasi

- Tumbuhan di Rawa Berto sebagai Bioindikator Kualitas Air. *Biospecies*, 15(2), 1 - 10.
- Balasubramaniam, J., Prasath, D., & Jayaraj, K. A. (2017). Microphytobenthic Biomass, Species Composition and Environmental Gradients in the Mangrove Intertidal Region of the Andaman Archipelago, India. *Environment Monitoring and Assessment*, 189(231), 1-19.
- Bere, T. (2010). Estrutura da comunidade de diatomáceas bentônicas e preferências de habitat ao longo de uma gradient de poluição urbana no Rio do Monjolinho, São Carlos, SP, Brasil. (P. d.-G. Naturais, Ed.) *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(1), 80-92. doi:10.4322 / actalb.02201011.
- Bernard, L., & Karaman, G. S. (1991). The Families and Genera of Marine Gammaridean Amphipoda (Except Marine Gammaroidea). *Records of the Australian Museum (1991) Supplement 13 (Part 2, 13(2))*, 419-866.
- Bezmaternykh, D. M. (2018). Effect of Anthropogenic Pollution on Macrozoobenthos Structure in Barnaulka River (Upper Ob Basin). *Water Resources*, 45(1), 89-97.
- Brinkhurst, R., & Jamieson, B. G. (1971). *Aquatic Oligochaeta of the World*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Brower, J., Zar, J., & vonEnde, C. (1990). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Dubuque: WCB Publishers.
- Chazanah, N., Muntalif, B. S., Rahmayani, R. A., & Sudjono, P. (2020). Macrozoobentos Distribution as a Bioindicator of Water Quality in the Upstream of the Citarum River. *Journal of Ecological Engineering*, 21(3), 10-17.
- Dharma, B. (2005). *Recent and Fossil Indonesian Shells*. Hackenheim, Germany: ConchBooks.
- Dixit, S. S., Smol, J. P., Kingston, J. C., & Charles, D. F. (1992). Diatoms: Powerful Indicators of Environmental Change. *Environmental Science and Technology*, 26(1), 23-33.
- Dresscher, T., & Mark, H. (1976). A Simplified Method for the Biological Assessment Quality of Fresh and Slightly Brackish Water. *Hydrobiologia*, 48(3), 199-201.
- Febrianti, D., Darmawan, J., Marnis, H., Syahputra, K., Tahapari, E., Larashati, S., & Syaifudin, M. (2023). Assessment of Spatial Variations in Water Quality, Plankton and Macrozoobenthos Diversity of Batanghari River, Indonesia. *AAEL Bioflux*, 2023, Volume 16, Issue 3, 16(3), 1519-1530.
- Fierro, S., Sa'ñchez-Saavedra, M. d., & Copalcu'a, C. (2008). Nitrate and Phosphate Removal by Chitosan Immobilized *Scenedesmus*. *Bioresource Technology*, 99, 1274-1279.
- Gupta, N., Pandeya, P., & Hussain, J. (2017). Article Effect of Physicochemical and Biological Parameters on the Quality of River Water of Narmada, Madhya Pradesh, India. *Water Science*, 31, 11-23.
- Hairani, B., Hadi, U. K., & Supriyono. (2023). Species Diversity and Daily Infestation Patterns of Haematophagus Flies in Cattle Farms at Tanah Bumbu District, South Kalimantan Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(5), 2995-3003.
- Hammer, Ø. (2022). *PAST: PAleontological STatistics version 4.11 Reference Manual*. Oslo: Natural History Museum University of Oslo.
- Ibrahim, A., Sudarso, J., Imroatusshoolikhah, Toruan, R. L., & Sari, L. (2021). Penggunaan Makrozoobentos dalam Penilaian Kualitas Perairan Sungai Inlet Danau Maninjau, Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 649-660.
- Johnson, R. K., Carlson, P., & McKie, B. G. (2021). Contrasting Responses of Terrestrial and Aquatic Consumers in Riparian-Stream Networks to Local and Landscape Level Drivers of Environmental Change. *Basic and Applied Ecology*, 57, 115-128.
- Krebs, C. J. (2014). *Ecological Methodology*. New York: Harper Collin Publisher.
- Kurniawan, R. R., Sofarini, D., & Dharmaji, D. (2022). Analisis Perifiton pada Tumbuhan Air Rawa "Danau Bangkau" Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. *Aquatic*, 5(1), 1-5.
- Leloup, M., Pallier, R. N., & Feuillade-Cathalifaud, G. (2013). Eutrophication Impacts on Characteristics of Natural Organic Matter: a Laboratory Approach Based on *Euglena gracilis* and *Microcystis aeruginosa* Cultivation. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 171, 187-198.
- Lukman, Setyobudiandi, I., Muchsin, I., & Hariyadi, S. (2015). Distribusi Kelimpahan Pensi (*Corbicula moltkiana*, Prime 1878) di Danau Maninjau. *LIMNOTEK*, 22(1), 12-21.
- McCloskey, J. T., & Newman, M. C. (1995). Sediment Preference in the Asiatic Clam (*Corbicula fluminea*) and Viviparid Snail (*Campeloma decisum*) as a Response to Low-Level Metal and Metalloid Contamination. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*, 28, 195-202.
- McLaughlin, R. B. (2012). An Introduction to the Microscopical Study of Diatoms. In J. G. Gill (Ed.).
- Palmer, C. (1969). A Composite Rating of Algae Tolerating Organic Pollution. *Journal of Phycology*, 5, 78-82.
- Pandey, L. K. (2020). In Situ Assessment of Metal Toxicity in Riverine Periphytic Algae as a Tool for Biomonitoring of Fluvial Ecosystems. *Environmental Technology & Innovation*, 18(100675), 1-15.
- Patil, H. S. (1991). The Role of *Ankistrodes musfalcatius* and *Scenedesmus quadricauda* in Sewage Purification. *Bioresource Technology*, 37, 121-126.
- Pereira, M. J., & Azeiteiro, U. M. (2003). Ecological Notes on the Species of *Phacus dujardin* (Euglenophyta) from the Central Region of Portugal. *Acta Oecologica*, 24, S33-S48.
- Poikane, S., Kelly, M., & Cantonati, M. (2016). Benthic Algal Assessment of Ecological Status in European Lakes and Rivers: Challenges and Opportunities. *Science of the Total Environment*, 568, 603-613.
- Prescott, G. (1954). *How To Know The Fresh-Water Algae*. Dubuque, Iowa: WM. G Brown Company.
- Purnaini, R., Sudarmadji, & Purwono, S. (2017). Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir pada Kondisi Pasang dan Surut. *Prosiding Seminar Penerapan Ilmu dan Teknologi* (pp. 1-9). Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Purnaini, R., Sudarmadji, & Purwono, S. (2019). Pemodelan Sebaran BOD Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan WASP. *Jurnal Teknosains*, 8(22), 148-157.
- Ragi, M. S., & Jaya, D. S. (2014). Distribution and Diversity of Oligochaetes in Selected Ponds of Thiruvananthapuram District, Kerala, South India. *Advances in Ecology*, 1-9.
- Rodrigues, C. W., & Pires-Vanin, A. M. (2012). Spatio-Temporal and Functional Structure of the Amphipod Community off Santos, Southwestern,

- Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography*, 60(3), 421-439.
- Rusanov, A. G., Stanislavskaya, E. V., & Ács, É. (2012). Periphytic Algal Assemblages along Environmental Gradients in the Rivers of the Lake Ladoga Basin, Northwestern Russia: Implication for the Water Quality Assessment. *Hydrobiologia*, 695, 305–327.
- Sagala, E. P. (2011). Indeks Saprobik Komunitas dalam menentukan Tingkat Pencemaran di Perairan Laut antara Muara Sungai Benu dan Pulau Betet, Kabupaten Banyuasin, Propinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 02, 11-18.
- Schürings, C., Feld, C. K., Kail, J., & Hering, D. (2022). Effects of Agricultural Land Use on River Biota: a Meta-analysis. *Environmental Sciences Europe*, 34(124), 1-13.
- Seckbach, J., & Kociolek, J. P. (2015). Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. In *The Diatom World* (Vol. 19). London, New York: Springer. doi:10.1007/978-94-007-1327-7.
- Shahidi-Hakak, F., Amid-Motlagh, M. H., & Khosravani, M. (2022). A Quick Review of the Family Chironomidae (Order Diptera) with Effect on the Environment. *Trends in Medical Sciences*, 2(2:e129263), 1-5.
- Silva, W. J., Ruwer, D., Nogueira, I., & Dunck, B. (2016). The Genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britania, Goia's, Brazil. *Biota Neotropica*, 16(1: e20150028), 1-26.
- Susilo, V. E., Suratno, Fadilla, N., Narulita, E., & Wowor, D. (2020). Diversity of Freshwater Shrimp (Decapoda) from Bandalit Rivers Meru Betiri National Park, East Java, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1465 (J012009), 1-9.
- Szatten, D., Habel, M., Babiński, Z., & Obodovskyi, O. (2019). The Impact of Bridges on the Process of Water Turbidity on the Example of Large Lowland Rivers. *Journal of Ecological Engineering*, 20(10), 155–164.
- Vivien, R., Carmen, C.-M., Lafont, M., & Ferrari, B. J. (2020). Effect Thresholds of Metals in Stream Sediments Based on In Situ Oligochaete Communities. *Environments*, 7(31), 1-15.
- Vivien, R., Wyler, S., Lafont, M., & Pawlowski, J. (2015). Molecular Barcoding of Aquatic Oligochaetes: Implications for Biomonitoring. *PLoS ONE*, 1-15.
- Wowor, D., Cai, Y., & Ng, P. K. (2004). Crustace:Decapoda, Caridea. In C. Yule, & Y. H. Sen, *Freshwater Invertebrates of the Malaysia Region* (pp. 337-357). Kuala Lumpur: Akademi Sains Malaysia.
- Yule, C. M., & Sen, Y. H. (2004). *Freshwater Invertebrates of the Malaysia Region*. Kuala Lumpur: Akademi Sains Malaysia.
- Zhang, J., Lia, S., & Jiang, C. (2020). Effects of land use on water quality in a River Basin (Daning) of the Three Gorges Reservoir Area, China: Watershed versus riparian zone. *Ecological Indicators*, 113(106226), 1-11.
- Zhu, B., Smith, D., Benaquista, A., Kadapuram, B., & Yu, M. L. (2014). Investigating Effects of Bridge Construction on Water Quality Using Physical, Chemical, and Biological Analyses. (PS 60-25). Sacramento: ESA.