

# **The Impact of Illegal Gold Mining to Water Quality of the Batang Masumai River Seen from Diversity Phytoplankton and Macrozoobenthos**

Nurhaviza Dwi Ananda <sup>\*1)</sup>, Refia Febri Zawarni <sup>\*2)</sup>, Zuli Rodhiyah <sup>3)</sup>, Freddy Ilfan <sup>4)</sup>

ORCHID IDs: <https://orcid.org/0009-0004-9508-1807>

<sup>1,2,3,4)</sup> *Environmental Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Jambi University*

email: <sup>1</sup>[vizadwanda@gmail.com](mailto:vizadwanda@gmail.com), <sup>2</sup>[rfebrizawarni@gmail.com](mailto:rfebrizawarni@gmail.com)

## **Abstract**

*Illegal gold mining carried out by the community in the Batang Masumai River is increasingly disturbing. As a result of the dredging carried out by miners, the river flow looks murky and the water quality decreases. This research aims to determine the water quality of the Batang Masumai River using biological, physical and chemical parameters. Sampling was carried out using a purposive random sampling method at 3 research location points. For the results of measurements of physico-chemical parameters at the three locations, namely average temperature 30°C, average pH 8, turbidity ranging from 252.18-577.33 NTU, brightness ranging from 6-8 cm, DO ranging from 0.3-0.4 mg/L, BOD ranges from 9-13 mg/L. The results of phytoplankton research show that the phytoplankton composition obtained is 3 (three) classes, namely Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae. The phytoplankton diversity index (H') at the three locations ranges from 0.4505-1.0251 and the phytoplankton dominance index (D) ranges from 0.4650-1. Meanwhile, the results of this research show that the macrozoobenthos composition obtained is 8 families, including 7 families from the Insecta class and 1 family from the Gastropoda class. The macrozoobenthos diversity index (H') at the three locations ranged from 0.451 to 1.992. The uniformity index (E) of macrozoobenthos ranges between 0.650-0.968 and the dominance index (D) of macrozoobenthos ranges from 0.148-0.722. Based on measurements of physical and chemical and biological parameters using phytoplankton and macrozoobenthos as bioindicators, the results show that the Batang Masumai River water is classified as heavily polluted.*

**Keywords:** Batang Masumai River, Diversity, Phytoplankton, Macrozoobenthos

# **Dampak Penambangan Emas Tanpa Izin Terhadap Kualitas Air Sungai Batang Masumai Dilihat Dari Keanekaragaman Fitoplankton dan Makrozoobentos**

Nurhaviza Dwi Ananda <sup>\*1)</sup>, Refia Febri Zawarni <sup>\*2)</sup>, Zuli Rodhiyah <sup>3)</sup>, Freddy Ilfan <sup>4)</sup>

ORCHID IDs: <https://orcid.org/0009-0004-9508-1807>

<sup>1,2,3,4)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

email: <sup>1</sup>[vizadwanda@gmail.com](mailto:vizadwanda@gmail.com), <sup>2</sup>[rfebrizawarni@gmail.com](mailto:rfebrizawarni@gmail.com)

## **Abstrak**

Penambangan emas tanpa izin (PETI) yang dilakukan oleh masyarakat di Sungai Batang Masumai kian meresahkan. Akibat dari pengerukan yang dilakukan oleh penambang membuat aliran sungai terlihat keruh dan mengalami penurunan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air Sungai Batang Masumai menggunakan parameter biologi, fisika, dan kimia. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive random sampling* pada 3 titik lokasi penelitian. Pengukuran parameter fisika-kimia pada ketiga lokasi menunjukkan hasil suhu rata-rata 30°C, pH rata-rata 8, kekeruhan berkisar 252,18-577,33 NTU, kecerahan berkisar 6-8 cm, DO berkisar 0,3-0,4 mg/L, BOD berkisar 9-13 mg/L. Hasil penelitian menggunakan bioindikator menunjukkan bahwa fitoplankton yang didapat yaitu 3 (tiga) kelas yaitu *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) fitoplankton pada ketiga lokasi berkisar 0,4505-1,0251 dan indeks dominansi ( $D$ ) fitoplankton berkisar 0,4650-1. Sedangkan komposisi makrozoobentos diantaranya 7 famili dari kelas *Insekta* dan 1 famili dari kelas *Gastropoda*. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) makrozoobentos pada ketiga lokasi berkisar 0,451-1,992. Indeks keseragaman ( $E$ ) makrozoobentos berkisar antara 0,650-0,968 dan indeks dominansi ( $D$ ) makrozoobentos berkisar antara 0,148-0,722. Berdasarkan pengukuran parameter fisika dan kimia, dan biologi dengan fitoplankton dan makrozoobentos sebagai bioindikator menunjukkan hasil air Sungai Batang Masumai tergolong ke dalam pencemaran berat.

**Kata Kunci:** Sungai Batang Masumai, Keanekaragaman, Fitoplankton, Makrozoobentos

## 1. Pendahuluan

Sungai merupakan suatu bentuk ekosistem perairan yang mempunyai peran penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air sungai (*water catchment area*) bagi daerah sekitarnya (Suwondo dkk, 2004). Sungai Batang Masumai merupakan sungai kecil yang bermuara di persimpangan sungai Merangin. Masyarakat sekitar sungai Batang Masumai masih menggunakan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari untuk mandi, cuci dan kakus. Air sungai dapat meningkatkan mata pencarian dengan cara menambang emas, pasir, dan koral oleh masyarakat setempat (Sari dkk, 2020).

Penambangan emas yang dilakukan oleh masyarakat di Sungai Batang Masumai kian meresahkan karena kegiatan tersebut dilakukan tanpa adanya izin, penambangan emas tanpa izin (PETI) ini terjadi di daerah dekat hulu-hulu sungai. Padahal aliran sungai ini merupakan sumber air baku air minum masyarakat. Selain itu air sungai dijadikan sebagai air irigasi untuk sawah-sawah yang ada di sekitar aliran sungai (Oktarindo, 2017).

Metode monitoring kualitas perairan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu secara kimiawi, secara fisika dan biologi. Monitoring yang dilakukan secara biologi, dapat dilakukan dengan memanfaatkan bioindikator. Indikator biologi dapat memantau secara kontinu dan merupakan petunjuk yang mudah untuk memantau terjadinya pencemaran. Keberadaan organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator terhadap pencemaran air selain indikator kimia dan fisika. Salah satu organisme yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran yaitu fitoplankton dan makrozoobentos (Anggraini dkk, 2016).

Fitoplankton memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem karena merupakan salah satu komponen dalam rantai makanan di perairan. Sebagai indikator biologi komposisi dan kelimpahan fitoplankton dapat memberikan petunjuk untuk memantau terjadinya pencemaran dengan menggunakan indeks saprobitas, yang digunakan untuk melihat tingkat saprobitas perairan (Zhang at al., 2020). Keberadaan makrozoobentos dapat dilihat dari substrat dasar perairan. Hewan bentos mempunyai peranan penting dalam ekosistem 2 perairan yaitu sebagai komponen dalam rantai makanan yakni sebagai konsumen pertama dan kedua, atau sebagai sumber makanan dari level trofik yang lebih tinggi seperti ikan (Izmiarti, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, aktivitas PETI telah mengakibatkan penurunan kualitas air di Sungai Batang Masumai yang ditandai dengan kondisi sungai yang terlihat sangat keruh.

Maka dari itu, perlu adanya informasi mengenai keberadaan plankton sebagai bioindikator kualitas air Sungai Batang Masumai dikarenakan belum ada penelitian yang mengkaji tentang hal ini sebelumnya. Sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu informasi landasan mengenai kualitas air Sungai Batang Masumai berdasarkan kelimpahan fitoplankton dan makrozoobentos.

## 2. Metode Penelitian

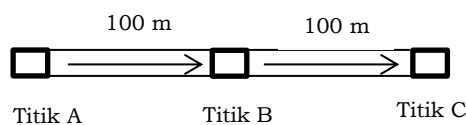
### Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan pengambilan sampel dan hasil pengujian dilakukan selama tiga bulan yaitu dari bulan Februari 2023 hingga Mei 2023. Penelitian ini dilakukan di Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Sungai Batang Masumai, Kecamatan Batang Masumai, Kabupaten Merangin Provinsi Jambi ( $2^{\circ}3'28.98''$  Lintang Selatan dan  $102^{\circ}13'30.15''$  Bujur Timur). Pengujian kualitas sampel air dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.

### Prosedur Penelitian

#### 2.1.1. Penentuan titik sampel

Titik pengambilan sampel air Sungai Batang Masumai berjumlah tiga titik stasiun. Penentuan lokasi diambil menggunakan metode *survey*, yaitu hulu air (inlet), tengah air (middlelet), dan hilir air (outlet). Ilustrasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Ilustrasi Titik Pengambilan Sampel Air Sungai Batang Masumai

1. Titik stasiun A yaitu air masuk (inlet) yang merupakan bagian hulu dari sungai. Pada titik ini merupakan lokasi sebelum adanya sumber pencemar. Dengan titik koordinat  $2^{\circ}3'42.58''$  Lintang Selatan dan  $102^{\circ}13'19.64''$  Bujur Timur.
2. Titik stasiun B berada pada bagian tengah atau pusat permukiman masyarakat Desa Nibung yang terletak dipinggir sungai. Pada titik ini juga terdapat adanya aktivitas penambangan emas tanpa izin (PETI) dengan titik koordinat  $2^{\circ}3'28.98''$  Lintang Selatan dan  $102^{\circ}13'30.15''$  Bujur Timur.

3. Titik stasiun C merupakan aliran air setelah adanya aktivitas sumber pencemar yaitu PETI dengan titik koordinat 2°3'37.67" Lintang Selatan dan 102°13'43.19" Bujur Timur.

#### **2.1.2. Pengambilan sampel plankton.**

Menurut *American Public Health Association* (1995) pengambilan sampel air Pengambilan sampel air sungai dilakukan pada pukul 13.00 WIB. Adapun langkah pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

1. Sampel air diambil menggunakan ember. Pengambilan sampel air dilakukan secara horizontal sepanjang 2 (dua) meter dan vertical dengan kedalaman 1 (satu) meter.
2. Sampel air sebanyak 50 liter dikumpulkan dan disaring melalui jaring plankton berukuran 40 µm untuk fitoplankton dan 150 µm untuk zooplankton. Beri label dan simpan setiap titik pengambilan sampel dalam botol kaca.
3. Setelah semua pengambilan sampel selesai kemudian sampel dikirim ke Laboratorium Biologi Universitas Jambi untuk dilakukannya identifikasi plankton pada masing-masing sampel tersebut.
4. Sampel air yang dikirim disarankan untuk diberi pengawet dan dilapisi dengan plastik hitam pekat kemudian dimasukkan kedalam cool box hal ini bertujuan agar plankton tidak berkembang biak karena terkena paparan atau sinar matahari saat dalam perjalanan.

#### **2.1.3. Pengambilan sampel makrozoobentos**

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel makrozoobentos adalah Eckman grab saringan dengan mesh size 0,5 mm, plastik klip berukuran 20 x 15 cm, formalin 4% dan rose bengale. Pengambilan contoh biota makrozoobentos diambil dengan menggunakan alat Eckman grab dengan ukuran bukaan mulut katup 15 x 15 cm. Pengambilan substrat sebanyak tiga ulangan.

1. *Eckman grab* diturunkan ke dasar perairan dengan mulut katup yang dibiarkan terbuka.
2. Setelah menyentuh dasar kemudian pemberat dilepaskan sehingga mulut katup *eckman grab* tertutup rapat dan substrat dasar telah terperangkap di dalam rongga eckman grab dan tidak akan terlepas lagi.

3. Setelah substrat dasar terambil kemudian *eckman grab* ditarik dengan menggunakan tali tambang ke atas perahu.
4. Selanjutnya katup mulut *Eckman grab* dibuka untuk diambil substratnya, dimasukkan ke dalam plastik klip berukuran 20 x 12 cm.
5. Sampel substrat dasar yang telah diambil diayak secara kasar dengan saringan 0,5 mm kemudian biota makrozoobentos dimasukkan ke dalam plastik klip ditambahkan larutan formalin 4%
6. Sampel kemudian diberi label yang telah dilengkapi dengan nama titik pengambilan sampel dan waktu pengambilan sampel makrozoobentos.
7. Tahapan selanjutnya adalah sampel makrozoobentos disortir di laboratorium dengan menempatkan sampel di atas baki dengan ukuran 20 x 15 cm kemudian diberi larutan rose bengale dengan tujuan memudahkan proses penyortiran biota dari material lain.
8. Sampel makrozoobentos yang ditemukan dimasukkan ke dalam botol film berlabel titik pengambilan sampel dan waktu pengambilan sampel kemudian diawetkan dengan larutan formalin 4%.

#### **2.1.4. Pengambilan sampel air**

Pengambilan sampel air yang akan digunakan untuk beberapa parameter pendukung yaitu derajat keasaman (pH) oksigen terlarut (DO), BOD nitrat, nitrit, kecerahan, suhu dan kekeruhan. Adapun pengambilan sampel untuk beberapa parameter pendukung sebagai berikut:

1. Cara mengukur derajat keasaman (pH) dilakukan dengan prosedur berdasarkan Badan Standarisasi Nasional tahun 2004.
  - a. Menyediakan pH meter berbentuk digital
  - b. Menekan tombol on/off pada bagian kiri pH meter digital.
  - c. Memasukkan kedalam air ujung pH meter digital tersebut sampai mendapatkan hasil yang konstan.
  - d. Menulis hasil yang ditunjukkan pada pH meter digital tersebut
2. Oksigen terlarut (DO) untuk DO pengukuran dilakukan secara eksitu sampel air diambil menggunakan botol kemudian di masukkan kedalam cool box untuk dibawa ke Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Merangin.

3. Pengukuran BOD dilakukan secara eksitu dan dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Merangin.
4. Kecerahan, untuk kecerahan yaitu menggunakan Secchi disk dengan pengukuran secara insitu diukur langsung di lapangan sehingga tidak perlu mengambil sampel air.
5. Pengukuran suhu akan dilakukan menggunakan termometer batang dengan cara kerja sebagai berikut Menurut Badan Standarisasi Nasional (2005) sebagai berikut.
  - a. Menyediakan alat termometer batang
  - b. Mengambil dan memasukkan alat termometer batang kedalam air selama,3-5 menit sampai termometer batang menunjukkan angka stabil
  - c. Menulis hasil yang ditunjukkan oleh alat termometer batang yang ditunjukkan oleh air raksa yang terdapat didalamnya
6. Pengukuran kekeruhan menggunakan turbidimeter dengan pengukuran secara insitu diukur langsung di lapangan sehingga tidak perlu mengambil sampel air.

### **Teknik Pengolahan Data**

#### **2.1.5. Menghitung kelimpahan plankton.**

Menurut Welch (1952) kelimpahan plankton dihitung dengan tujuan untuk mengetahui jumlah dari individu plankton persatuan volume (Liter).

$$N = n \frac{1 \times V_t \times O_t}{V_d \times V_{cg} \times O_g}$$

Keterangan:

- N : Kelimpahan (sel/liter)
- n : Jumlah sel yang tercacah
- Vd : Volume contoh air yang tersaring (L)
- Vt : Volume air yang tersaring (mL)
- Vcg : Volume cover glass
- Ot : Luas penutup (mm<sup>2</sup>)
- Op : Luasan observasi/pengamatan (mm<sup>2</sup>)

Kriteria Suryono 2011:

0-2000 sel/liter rendah unsur hara

2000-15000 sel/liter unsur produktivitas sedang

>15000 sel/liter kaya unsur hara

### 2.3.2. Saprobik Indeks (SI)

Indeks saprobik mencakup indeks yang digunakan untuk menghitung jumlah status spesies pencemar organik per kategori di lingkungan perairan dan indeks saprobik total mencakup status kelompok pencemar anorganik di lingkungan perairan. Untuk melakukan penghitungan Saprobik Indeks (SI) menggunakan persamaan berikut:

$$SI = \frac{1C + 3D + 1B - 3A}{1A + 1B + 1C + 1D}$$

Keterangan :

SI : Saprobik indeks

A : Jumlah spesies organisme polysaprobik

B : Spesies organisme  $\alpha$ -mesosaprobik

C : Jumlah spesies organisme  $\beta$ -mesosaprobik

D : Jumlah spesies organisme oligosaprobik

### 2.1.3. Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi Fitoplankton dan Makrozoobentos

Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) menggambarkan keadaan populasi organisme secara matematis agar mempermudah dalam menganalisis informasi jumlah individu masing-masing jenis pada suatu komunitas. Untuk itu dilakukan perhitungan keanekaragaman plankton dengan menggunakan persamaan dari Shannon-Wiener (Krebs 1989).

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Keterangan :

H : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

N : Jumlah total individu

$n_i$  : Jumlah individu spesies ke- $i$



**Tabel 1.** Indeks Diversitas *Shannon-Wiener*

H'	Tingkat Diversitas	Tingkat Cemarkan Perairan
$H' < 1,0$	Tingkat diversitas rendah	Tercemar berat
$1,0 < H' < 3,0$	Tingkat diversitas sedang	Tercemar sedang
$H' > 3,0$	Tingkat diversitas tinggi	Tidak tercemar

(Sumber: Wardhana, 2006)

Keseragaman yaitu komposisi jumlah individu dalam setiap genus yang terdapat dalam setiap genus yang ada di dalam komunitas. Keseragaman rendah menunjukkan keberadaan setiap jenis tidak merata.

$$E = \frac{H'}{H_{maks}} \text{ atau } \frac{H'}{\ln(s)}$$

Keterangan :

E = Indeks keseragaman

H' = Indeks keanekaragaman

H maks = Indeks keanekaragaman spesies maksimum

Nilai keseragaman suatu populasi dengan kisaran antar 0-1 dengan kategori :

**Tabel 2.** Indeks Keseragaman Shannon-Wiener

Indeks Keseragaman	Tingkatan Keseragaman
$E > 0,6$	Keseragaman tinggi
$0,4 < E < 0,6$	Keseragaman Sedang
$E < 0,4$	Keseragaman rendah

Indeks dominansi dapat diketahui menggunakan indeks dominansi Simpson dengan persamaan :

$$D = \sum (n_i / N)^2$$

Keterangan:

Ni : nilai kepentingan untuk setiap jenis (jumlah individu tiap spesies)

N : nilai kepentingan total (jumlah semua individu tiap spesies)

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

Indeks Dominansi (C)	Kategori
$0,60 < C \leq 1,00$	Dominasi Tinggi
$0,30 < C \leq 0,60$	Dominasi Sedang
$00,0 < C \leq 0,30$	Dominasi Rendah

(Sumber : Fachrul, 2007)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampling untuk parameter fisik dan kimia perairan di Sungai Batang Masumai, berikut adalah hasil dari penelitian tersebut.

#### 3.1. Faktor Fisik

Parameter fisika yang di ukur selama penelitian adalah pengukuran suhu, kekeruhan dan kecerahan. Dimana pengukuran suhu menggunakan termometer, kekeruhan menggunakan turbidimeter dan kecerahan menggunakan *secchi disk* perairan ini dilakukan langsung di tempat (*insitu*) pada tiap titik sampling perairan Sungai Batang Masumai. Hasil uji laboraturium dari penelitian dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4.** Faktor fisik yang mempengaruhi perairan

No	Parameter	Titik A		Titik B		Titik C		Baku Mutu
		1	2	1	2	1	2	
1.	Suhu (°C)	30	30	30	30	30	30	20-30
2.	Kekeruhan (NTU)	252,18	270,2	325,1	415,7	549,23	577,33	25
3.	Kecerahan (cm)	8	8	7,5	7	6	6	50

(Sumber : Data Primer, 2023)

#### 3.1.1. Suhu Air

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap suhu perairan di Sungai Batang Masumai diperoleh suhu air pada semua titik adalah sama yaitu 30°C. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan pada area pengukuran suhu relatif konstan atau sama, baik itu area masuknya air (titik A), menuju area lokasi penambangan (titik B) maupun area keluarnya air Sungai Batang Masumai (titik C). Kisaran suhu yang optimum bagi pertumbuhan

plankton, baik itu fitoplankton maupun zooplankton di perairan adalah 20-30°C (Effendi, 2003). Berarti dapat dikatakan bahwa secara umum suhu perairan di Sungai Batang Masumai dalam kategori baik bagi kehidupan plankton.

### 3.1.2. Kekeruhan

Nilai kekeruhan yang didapat berkisar antara 252,18 – 549,23 NTU. Pada titik A,1 merupakan kekeruhan terendah yaitu 252,18 NTU, titik B memiliki nilai kekeruhan 325,06 - 415,7 NTU dan pada titik C,3 merupakan nilai kekeruhan tertinggi 577,33 NTU. Nilai kekeruhan perairan sungai Sungai Batang Masumai berdasarkan hasil pengukuran ternyata telah melewati ambang batas (MAB) yang sudah pasti dapat mengganggu kehidupan dan pertumbuhan organisme perairan seperti plankton. Kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya sistem daya lihat organisme aquatik dan menghambat penetrasi cahaya masuk ke dalam air.

### 3.1.3. Kecerahan

Hasil pengukuran kecerahan pada masing-masing stasiun selama penelitian di perairan sungai Batang Masumai berkisar antara 6,0 – 8,0 cm. Kecerahan yang tertinggi terdapat pada titik A adalah 8,0 cm, kecerahan terendah terdapat pada titik C yaitu 6,0 cm. Nilai kecerahan perairan sungai Batang Masumai kurang mendukung kehidupan dan pertumbuhan organisme perairan terutama plankton.

## 3.2. Faktor Kimia

Parameter kimia yang diukur secara langsung (insitu) adalah pengukuran pH menggunakan pH meter dan DO dengan menggunakan DO meter yang dilakukan pada setiap titik sampling di perairan. Hasil uji laboratorium dari penelitian dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 5.** Faktor kimiawi yang mempengaruhi perairan

No	Parameter	Titik A		Titik B		Titik C		Baku Mutu
		1	2	1	2	1	2	
1.	DO (mg/L)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	4
2.	BOD (mg/L)	9	9	13	13	13	13	4
3.	pH	8,6	8,6	8,6	8,7	8,7	8,7	6-9

Sumber : Data Primer, 2023

### **3.2.1. Dissolved Oxygen (DO)**

Pada penelitian yang telah dilakukan terhadap pengukuran DO atau oksigen terlarut di Sungai Batang Masumai didapatkan hasil yang berkisaran di angka dibawah 1 yaitu pada titik A diperoleh nilai DO 0,4 mg/L, titik B dan C diperoleh nilai 0,3 mg/L. Pada tabel 3 dapat dilihat hasil pengukuran nilai DO (Dissolved Oxygen) aliran sungai Batang Masumai di desa Nibung masing-masing lokasi titik dibawah 4 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tersebut kurang memenuhi angka baku mutu yang ditetapkan, dimana berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 batas nilai minimum DO adalah 4 mg/L (Nandang, 2008) dan sesuai yang diungkapkan Salmin (2005) angka DO <4 mg/L dikatakan bahwa perairan tersebut berada pada tingkat pencemaran yang tinggi.

### **3.2.2. BOD**

Nilai BOD tertinggi pada Sungai Batang Masumai berada pada titik II dan titik III yaitu sebesar 13 mg/L yang berada pada kawasan penambangan emas sedangkan nilai terendah berada pada titik I sebesar 9 mg/L. Tingginya nilai parameter BOD dan adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi BOD dari hulu ke hilir sungai membuktikan bahwa masukan limbah organik dari aktivitas antropogenik di sepanjang sungai. Tingginya nilai BOD pada bagian tengah dan hilir Sungai diakibatkan oleh tingginya kandungan bahan organik di perairan yang diprediksi berasal dari limbah rumah tangga dan aktivitas penambangan emas tanpa izin (PETI). Semakin tinggi konsentrasi BOD di suatu perairan mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah tercemar.

### **3.2.3. pH**

Pada penelitian yang telah dilakukan untuk pengukuran pH perairan Sungai Batang Masumai diperoleh hasil 8,6-8,7. pH pada setiap titik berbeda-beda. Pada titik A diperoleh hasil nilai pH 8,6, pada titik B dan C diperoleh nilai pH 8,7. Batas toleransi organisme terhadap pH bervariasi tergantung pada suhu, oksigen terlarut, dan kandungan garam-garam ionik suatu perairan. Kebanyakan perairan alami memiliki pH berkisar antara 6-9. Sebagian besar biota perairan seperti plankton sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5 (Effendi, 2003). Pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik (Daniaty, 2021), artinya pH perairan Sungai Batang Masumai berada pada kondisi tidak normal karena memiliki hasil pengukuran pH sebesar 8,6-8,7.



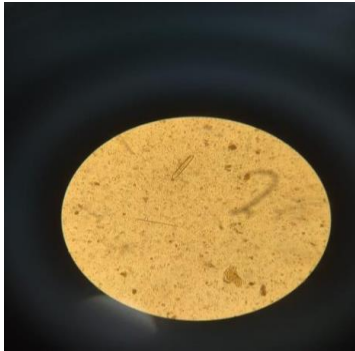

### 3.3. Jenis-jenis Fitoplankton di Sungai Batang Masumai

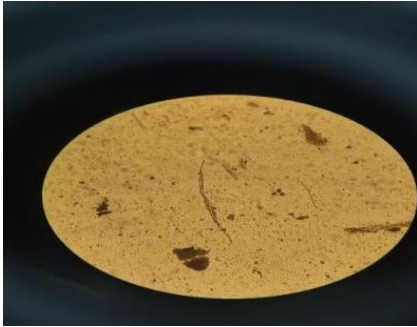

Hasil penelitian pada perairan Sungai Batang Masumai didapatkan fitoplankton yang meliputi 3 kelas dan terdiri dari 5 spesies. Adapun kelas-kelas dari fitoplankton yang teridentifikasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### Kelas *Bacillariophyceae*

Hasil identifikasi fitoplankton pada kelas *Bacillariophyceae* ini terdiri dari 4 spesies. Spesies tersebut adalah *Fragilaria sp*, *Navicula sp*, dan *Pleurosigma sp*. Adapun gambar dari 3 spesies kelas *Bacillariophyceae* dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini :

**Tabel 6.** Kelas *Bacillariophyceae*

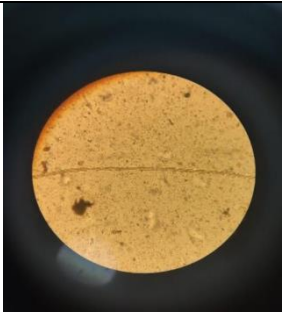
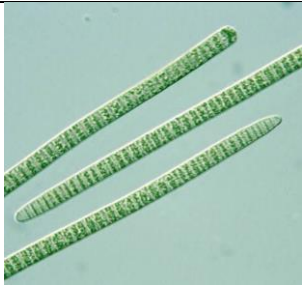
No.	Hasil	Literature
1.		 (Sulastri, 2018)
2.		 (Sulastri, 2018)

No.	Hasil	Literature
3.		
	<i>Pleurosigma, sp</i>	(Botes, 2001)

#### Kelas Cyanophyceae

Hasil identifikasi fitoplankton pada kelas *Cyanophyceae* ini terdiri dari 1 spesies. Spesies tersebut adalah *Oscillatoria sp.* Adapun gambar dari spesies kelas *Cyanophyceae* dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini :


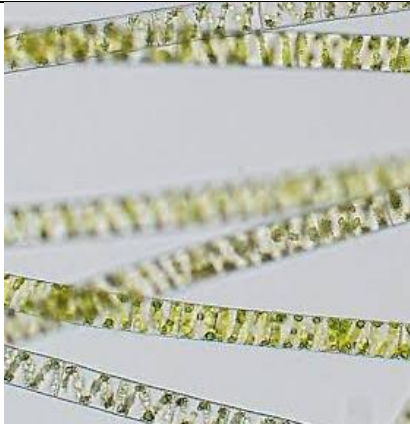
**Tabel 7.** Kelas *Cyanophyceae*

No.	Hasil	Literature
1.		
	<i>Oscillatoria, sp</i>	(Rani, 2016)

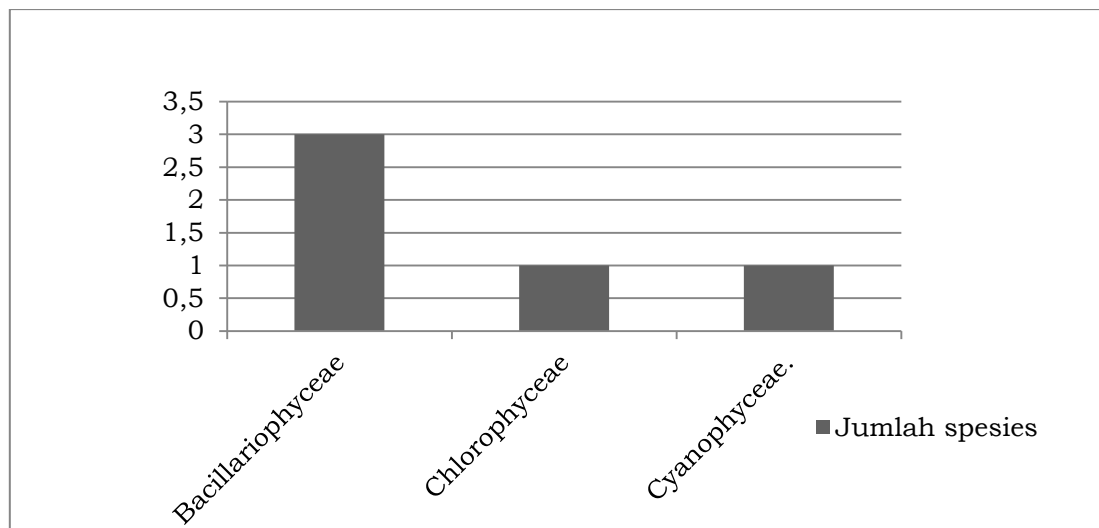
#### Kelas Chlorophyceae

Hasil identifikasi fitoplankton pada kelas *Chlorophyceae* ini terdiri dari 1 spesies. Spesies tersebut adalah *Spirogyra sp.* Adapun gambar dari spesies kelas *Chlorophyceae* dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini :

**Tabel 8.** Kelas *Chlorophyceae*

No.	Hasil	Literature
1.		
	<i>Spirogyra, sp</i>	(Ramaraj, 2015)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di Sungai Batang Masumai Kota Jambi, diperoleh tiga (3) kelas fitoplankton yang teridentifikasi yaitu Kelas *Bacillariophyceae*, Kelas *Chlorophyceae*, dan Kelas *Cyanophyceae*. Dari ketiga kelas fitoplankton tersebut dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini :



**Gambar 1.** Jenis-jenis Fitoplankton di Sungai Batang Masumai

(sumber : Data Primer, 2023)

Dari tiga (3) kelas tersebut diperoleh jumlah total spesies fitoplankton sebanyak lima (5) spesies. Pada kelas *Bacillariophyceae* diperoleh tiga (3) spesies yaitu : *Fragilaria sp*, *Navicula sp*, dan *Pleurosigma sp*. Selanjutnya untuk kelas *Chlorophyceae* ada satu (1) spesies

yang teridentifikasi yaitu: *Spirogyra sp.*. Dan selanjutnya untuk kelas Cyanophyceae ada satu (1) spesies yang teridentifikasi yaitu : *Oscillatoria sp.*

### Hasil Pengujian Plankton di Sungai Batang Masumai

Dari hasil pengujian fitoplankton pada perairan Sungai Batang Masumai diperoleh laporan yang meliputi nama-nama spesies, jumlah masing-masing spesies, jumlah taksa, nilai keanekaragaman dan nilai keseragaman fitoplankton dari tiap titik sampling. Adapun hasil pengujian dari laboratorium dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini :

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Plankton di Perairan Sungai Batang Masumai

No	Parameter	Fitoplankton					
		Titik A		Titik B		Titik C	
		I	2	I	2	I	2
	Bacillariophyceae						
1	<i>Fragilaria, sp</i>	134	-	51,7	-	103	-
2	<i>Navicula, sp</i>	31	51,7	-	-	-	6
3	<i>Pleurosigma, sp</i>	20,7	-	-	-	20,7	-
	Cyanophyceae						
1	<i>Oscillatoria, sp</i>	-	41,3	10,3	-	-	-
	Chlorophyceae						
1	<i>Spirogyra, sp</i>	20,7	-	-	9	-	-
	Kelimpahan (Ind/L)	206,4	93	62	9	123,7	6
	Taksa (S)	4	2	3	1	2	1
	Keanekaragaman (H')	1,025	0,450	0,796	0	0,450	0
	Dominasi (D)	0,465	0,722	0,551	1	0,722	1

### Nilai Koefisien Saprobik Fitoplankton di Perairan Sungai Batang Masumai

Indeks ini merupakan indeks untuk menentukan tingkat pencemaran disuatu perairan dengan menentukan koefisien saprobitasnya yaitu meso saprobik, poli saprobik atau oligo saprobik. Adapun rumus indeks saprobik dengan persamaan (Maresi *et al*, 2015) dan hasil perhitungannya pada tabel 9 berikut ini:



**Tabel 9.** Indeks Saprobik Fitoplankton

Kode	Kelas	Jumlah Jenis
A	Cyanophyta	1
B	Chlorophyta, Bacillariophyta	4
C	Dinophyta	0
D	Chrysophyta	0

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

$$x = \frac{0 + 3(0) - 4 - 3(1)}{1 + 4 + 0 + 0}$$

$$x = \frac{-7}{5}$$

$$x = \frac{-7}{5}$$

$$x = -1,4$$

Nilai indeks saprobitas yang diperoleh dari hasil analisis diatas berdasarkan hubungan antara koedisien saprobitas saprobitas perairan (X) dengan tingkat pencemaran perairan (Suwondo *et al*, 2004) terkait komunitas fitoplankton terklasifikasikan terjadinya pencemaran cukup berat atau  $\alpha$ -meso/polysaprobic dengan nilai saprobik = -1,4.

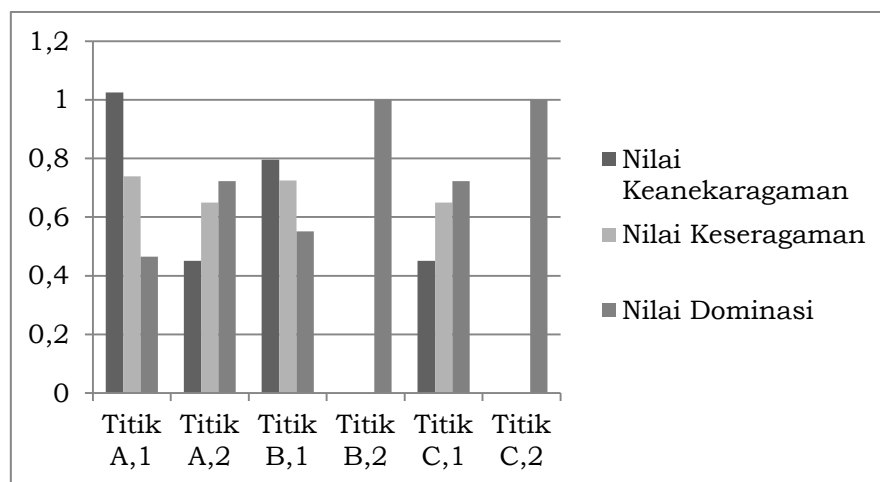
#### **Nilai Keanekaragaman, Dominasi, dan Keseragaman Plankton di Perairan Sungai Batang Masumai**

Dari hasil perhitungan pada titik A lokasi pengambilan sampel Sungai Batang Masumai diperoleh empat (4) taksa dan dua (2) taksa dengan nilai jumlah individu masing-masing jenis (ni) yang berbeda dan nilai kemelimpahan (N) sebesar 20 dan enam (6) dengan hasil akhir nilai keanekaragaman (H') sebesar 1,025094 dan 0,450561. Kemudian nilai keseragaman (E) sebesar 0,739449 dan 0,650022. Nilai dominasi (C) didapatkan hasil sebesar 0,465 dan 0,7222.

Dari hasil perhitungan pada titik B lokasi pengambilan sampel Sungai Batang Masumai diperoleh tiga (3) taksa dan satu (1) taksa dengan nilai jumlah individu masing-masing jenis (ni) yang berbeda dan nilai kemelimpahan (N) untuk plankton memiliki nilai yaitu sebesar tujuh (7) dan sembilan (9) dengan hasil akhir nilai keanekaragaman (H') sebesar 0,796312 dan 0. Kemudian nilai keseragaman (E) sebesar 0,724834 untuk fitoplankton dan

tidak didapatkan nilai keseragaman untuk titik B lokasi dua (2) karena hanya memiliki satu (1) taksa. Nilai dominasi (C) didapatkan hasil sebesar 0,55102 dan satu (1) untuk lokasi kedua.

Berdasarkan analisis data yang diperoleh di semua titik penelitian, menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominasi plankton di Sungai Batang Masumai Desa Nibung memiliki hasil yang berbeda-beda. Berikut disajikan diagram nilai keanekaragaman, keseragaman dan dominasi plankton pada masing-masing titik pada gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Nilai Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominasi Fitoplankton di Lokasi Penelitian Sungai Batang Masumai Desa Nibung

Mengacu kepada klasifikasi indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks keanekaragaman plankton di Sungai Batang Masumai Desa Nibung termasuk kedalam kategori keanekaragaman dan penyebaran jumlah individu setiap jenis plankton dalam kategori pencemaran berat. Hasil tersebut didapatkan dari analisis nilai indeks keanekaragaman fitoplankton pada masing-masing titik dimana memiliki nilai antara 0,45-1,02.

Nilai keseragaman diatas menunjukkan bahwa keseragaman populasi pada semua titik sampling seragam dengan nilai yang relatif tinggi atau lebih dari 0,6. Tingginya keseragaman pada semua titik sampling karena spesies yang merata, sehingga tidak terjadinya kecenderungan terhadap suatu spesies. Menurut Fachrul (2006), menyatakan bahwa apabila nilai E mendekati 0, maka keseragaman antara spesies rendah. Apabila nilai E mendekati 1 ( $>0,5 - 1$ ), maka keseragaman antara spesies relatif seragam.

Nilai dominasi plankton di Sungai Batang Masumai pada masing-masing titik memiliki nilai  $0,5 < C < 1$  yang artinya terdapat jenis yang mendominasi pada masing-masing titik. Fitoplankton yang terdapat pada masing-masing titik didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae* dengan spesies *fragillaria*, *sp* dengan nilai dominasi 0,465-0,7222. Pada zooplankton titik II dan III memiliki nilai dominasi 1 karena hanya memiliki 1 (satu) spesies pada titik tersebut.




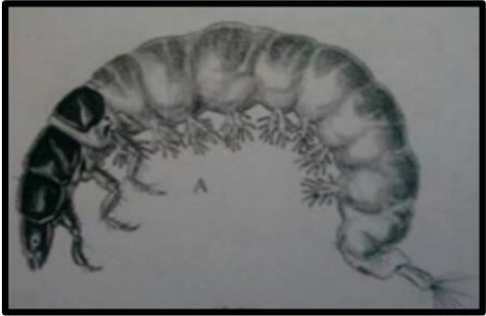

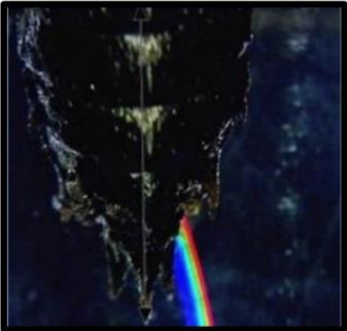
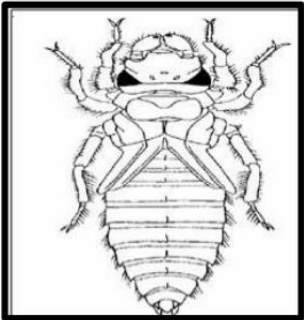
### 3.4. Makrozoobentos

Makrozoobentos yang ditemukan dan diidentifikasi pada perairan Sungai Batang Masumai Kabupaten Merangin berjumlah 8 famili dan terdiri dari 5 ordo. Makrozoobentos yang ditemukan pada masing-masing dapat digunakan untuk menggambarkan makrozoobentos yang berada pada perairan tersebut. Makrozoobentos yang ditemukan pada perairan Sungai Batang Masumai Kabupaten Merangin dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut:

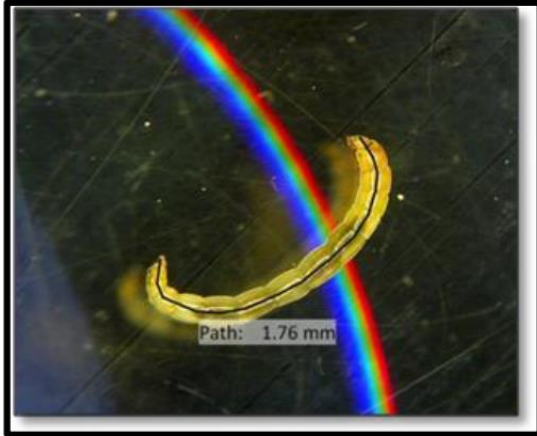
**Tabel 10.** Jumlah Famili Makrozoobentos

No.	Kelas	Ordo	Famili	Titik			Jumlah Individu
				1	2	3	
1	Insekta	Tricopetra	Philopotamidae	1	1	0	2
2			Hydropcyshidae	2	1	1	4
3		Odonata	Gomphidae	0	1	0	1
4			Chironomidae	0	2	0	2
5		Ephemeroptera	Heptagenidae	2	2	0	4
6			Caenidae	2	3	0	5
7		Lepidoptera	Pyalidae	1	2	0	3
8		Mesogastropoda	Thiaridae	1	1	5	7
Jumlah	2	5	8	9	13	6	28

Jenis Spesies makrozoobentos

Hasil Pengamatan		Hasil Literatur	
			
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)		(Sumber : Borror, 1992)	
Hasil Pengamatan		Hasil Literatur	
			
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)		(Sumber : Borror, 1992)	
Hasil Pengamatan		Hasil Litratur	
			
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)			
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)		(Sumber : Voshell, 2002)	

---

**Hasil Pengamatan**

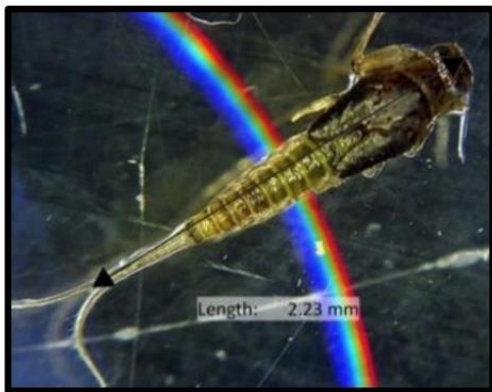
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

---

**Hasil Literatur**

(Sumber : Voshell, 2002)

---

**Hasil Pengamatan**

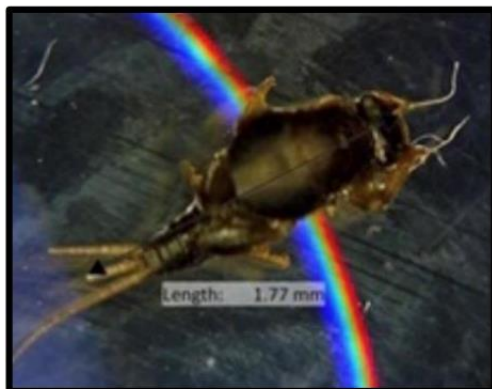
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

---

**Hasil Literatur**

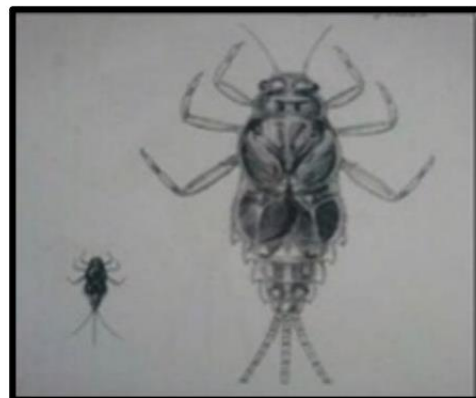
(Sumber : Voshell, 2002)

---

**Hasil Pengamatan**

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)



---



**Hasil Literatur**

(Sumber : Borror, 1992)

---



Hasil Pengamatan	Hasil Literatur
	
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)	(Sumber : Zeller, 2018)

Hasil Pengamatan	Hasil Literatur
	
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)	(Sumber : Bouchard, 2004)

Nilai Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ), Indeks Keseragaman (E) dan Indeks Dominansi (D) Makrozoobentos Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ), indeks keseragaman (E) dan indeks dominansi (D) makrozoobentos secara keseluruhan dari semua titik pengamatan dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

**Tabel 11.** Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) Makrozoobentos

Titik	Indeks Keanekaragaman ( $H'$ )	Kriteria	Tingkat Cemar
I	1,735	Keanekaragaman Sedang	Tercemar Sedang
II	1,992	Keanekaragaman Sedang	Tercemar Sedang
III	0,451	Keanekaragaman Rendah	Tercemar Berat

(Sumber : Data Olahan, 2023)

Berdasarkan tabel 11 dapat diketahui nilai  $H'$  makrozoobentos di Sungai Batang Masumai. Apabila diurutkan dari tinggi ke rendah berturut-turut adalah Titik II (1,992), kemudian Titik I (1,735) dan terendah di Titik III (0,451). Indeks keanekaragaman tertinggi ditemukan di Titik I dan Titik II dimana daerah pada titik I berada sebelum sumber pencemar

(Aktivitas PETI) dan titik II berada pada daerah yang digunakan sebagai lokasi dari penambangan emas ilegal. Sedangkan yang terendah ditemukan pada Titik III dimana pada lokasi tersebut berada setelah aktivitas PETI dilakukan.

#### **Nilai Indeks Keseragaman (E) Makrozoobentos**

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos disajikan pada tabel 12 di bawah ini.

**Tabel 12.** Indeks Keseragaman (E) Makrozoobentos

Titik	Indeks Keseragaman (E)	Kriteria
I	0,968	Keseragaman Tinggi
II	0,958	Keseragaman Tinggi
III	0,65	Keseragaman Tinggi

(Sumber : Data Olahan, 2023)

Berdasarkan tabel 12 dapat diketahui nilai keseragaman makrozoobentos di Sungai Batang Masumai tidak terdapat perbedaan yang signifikan di tiap titik. Apabila diurutkan dari tinggi ke rendah berturut-turut adalah Titik I (0,968), kemudian Titik II (0,958) dan terendah di Titik III (0,650). Pada tiap titik dapat dikatakan bahwa keseragaman makrozoobentos berada pada kriteria sedang. Indeks keseragaman yang tinggi menunjukkan persebaran spesies makrozoobenthos merata dan tidak ada dominansi oleh satu spesies. Faktor fisik kimiawi yang relatif homogen menjadi penyebab tingginya pemerataan bentos (Yolanda et al.,2015). Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran populasi makrozoobenthos pada perairan Sungai Batang Masumai cukup baik. Banyaknya jenis spesies makrozoobenthos yang ditemukan pada setiap stasiun meskipun terdapat spesies tertentu yang mendominasi. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan keadaan perairan yang kondisi habitatnya bervariasi (Irmawan, 2010).

#### **Nilai Indeks Dominansi (D)**

Makrozoobentos Hasil perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos disajikan pada tabel 13 di bawah ini.

**Tabel 13.** Indeks Dominansi (D) Makrozoobentos

Titik	Indeks Dominansi (D)	Kriteria
I	0,185	Dominansi Rendah
II	0,148	Dominansi Rendah
III	0,148	Dominansi Tinggi

Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui nilai indeks dominansi makrozoobentos di Sungai Batang Masumai terdapat perbedaan. Apabila diurutkan dari tinggi ke rendah berturut-turut adalah Titik III (0,722), kemudian Titik I (0,185) dan terendah di Titik II (0,148). Indeks keanekaragaman tertinggi ditemukan di Titik III dimana pada lokasi tersebut berada setelah aktivitas PETI dilakukan. Titik I berada sebelum sumber pencemar (Aktivitas PETI) dan titik II berada pada daerah yang digunakan sebagai lokasi dari penambangan emas ilegal.

Indeks dominansi pada titik I dan titik II termasuk kategori dominansi rendah, atau tidak ada spesies yang mendominasi. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas pada titik I dan titik II dalam keadaan stabil, belum terjadi tekanan ekologi yang mengakibatkan perubahan lingkungan. Purnama et al. (2001) mengatakan bahwa adanya dominansi menunjukkan tempat tersebut memiliki kekayaan jenis yang rendah dengan sebaran yang tidak merata, berarti di dalam komunitas yang diamati dijumpai jenis yang mendominasi. Dengan demikian, kondisi tersebut mencerminkan struktur komunitas dalam keadaan labil. Sedangkan pada titik III termasuk kategori tinggi dimana hanya ada 1 jenis makrozoobentos yang mendominasi pada daerah tersebut. Menurut Sudarja (1987) bila indeks dominansi yang diperoleh mendekati satu, maka populasi tersebut didominasi oleh spesies tertentu.

#### **4. Kesimpulan**

Pengukuran parameter fisika-kimia pada ketiga lokasi menunjukkan hasil suhu rata-rata 30°C, pH rata-rata 8, kekeruhan berkisar 252,18-577,33 NTU, kecerahan berkisar 6-8 cm, DO berkisar 0,3-0,4 mg/L, BOD berkisar 9-13 mg/L. Hasil penelitian menggunakan bioindikator menunjukkan bahwa fitoplankton yang didapat yaitu 3 (tiga) kelas yaitu Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) fitoplankton pada ketiga lokasi berkisar 0,4505-1,0251 dan indeks dominansi ( $D$ ) fitoplankton berkisar 0,4650-1. Nilai indeks saprobitas yang diperoleh dari hasil analisis diatas berdasarkan hubungan antara koedisien saprobitas saprobitas perairan ( $X$ ) dengan tingkat pencemaran perairan (Suwondo et al, 2004) terkait komunitas fitoplankton terklasifikasikan terjadinya pencemaran cukup berat atau  $\alpha$ -meso/polysaprobic dengan nilai saprobik = -1,4. Sedangkan komposisi makrozoobentos diantaranya 7 famili dari kelas Insekta dan 1 famili dari kelas Gastropoda. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) makrozoobentos pada ketiga lokasi berkisar 0,451-1,992. Indeks keseragaman ( $E$ ) makrozoobentos berkisar antara 0,650-0,968 dan indeks dominansi ( $D$ )



makrozoobentos berkisar antara 0,148-0,722. Berdasarkan pengukuran parameter fisika dan kimia, dan biologi dengan fitoplankton dan makrozoobentos sebagai bioindikator menunjukkan hasil air Sungai Batang Masumai tergolong ke dalam pencemaran berat.

## References

- [1]. Anggraini, A., Sudarsono, S., & Sukiya, S. (2016). Kelimpahan dan tingkat kesuburan plankton di Perairan Sungai Bedog. *Biologi-S1*, 5(6), 1-9.
- [2]. Basmi, J. 1988. Perkembangan Komunitas Fitoplankton Sebagai Indikator Perubahan Tingkat Kesuburan Kualitas Perairan (Tidak Dipublikasikan). Makalah Pelengkap Mata Ajaran Manajemen Kualitas Air. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor Dimenta, R. H., Riska, A., Rusdi, M. dan Khairul. 2020. Kualitas Sungai Bilah Berdasarkan Biodiversitas Fitoplankton Kabupaten Labuhanbatu, Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 11 (2) : 24–33
- [3]. Borror. D. J, Triplehorn, C.A, Johnson, N. F. 1992. Pengenalan Pelajaran Serangga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [4]. Bouchard. R. W. 2004. Guide to Aquatic Macroinvertebrata of the Upper Midwest. Water Resources center, University of Minnesota.
- [5]. Delgado, G. A., Glazer, R. A., and McCarthy, K. 2007. Translocation as Strategy to Rehabilitate the Queen Conch (*Strombus gigas*) Population in The Florida Keys. *Journal of National Marine Fisheries Service*. Academic of Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. Marine Research Institute. Miami.
- [6]. Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- [7]. Fitria Yeni Bahri. 2010. “Keanekaragaman Dan Kepadatan Komunitas Moluska Diperairan Sebelah Utara Danau Maninjau”, Skripsi, Departemen Biologi Fakultas MIPA, Institut Petanian Bogor.
- [8]. Gerber. A. 2002. Aquatic Invertebrates Of South African Rivers. Africa: Institute For Water Quality Studies.
- [9]. Goi, C. L. 2020. The river water quality before and during the Movement Control Order (MCO) in Malaysia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100027.
- [10]. Manik, K.E.S. 2016. Pengelolaan Lingkungan Hidup. Prenadamedia Group. Jakarta.
- [11]. Newell, G. E. & R. C. Newell, 1977. Marine Plankton, A Practical Guide. Hutchinson of London.
- [12]. Oktarindo, M. F., Saptawan, A., & Marpaung, Z. S. (2018). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Implementasi Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Penambangan Emas di Kabupaten Merangin Provinsi Jambi (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- [13]. Raymont, J. E. G. 1981. Plankton dan Produktivitas Bahari (diterjemahkan Koesbiono).

- [14]. Sari, M. D., Zuhri, R., & Viza, R. Y. (2020). Analisis Tingkat Cemarkan Bakteri Coliform di Sungai Batang Masuma Kabupaten Merangin. *Biocolony*, 3(1), 1-9.
- [15]. Simamora. D.R. 2009. Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Padang Kota Tebing Tinggi. Skripsi FMIPA USU. Medan (Tidak Diterbitkan).
- [16]. Simamora. D.R. 2009. Studi Keanekaragaman Makrozoobentos di Aliran Sungai Padang Kota Tebing Tinggi. Skripsi FMIPA USU. Medan (Tidak Diterbitkan).
- [17]. Setyobudiandi. I. 1997. Makrozoobenthos (Definisi, Pengambilan Contoh Dan Penangannya). Laporan Penelitian. Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian : Bogor.
- [18]. Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218.
- [19]. Welch, P. S. (1952). *Limnology*. Second edition. New York: McGraw Hill International Book Company.