

# **Analisis Longitudinal Struktur Komunitas Makrozoobentos yang Tercemar Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil di Sungai Cikondang, Jawa Barat**

## ***Longitudinal Analysis of Macrozoobenthos Community Structure Affected by Small-Scale Gold Mining in the Cikondang River, West Java***

**Kabul Fadilah<sup>1\*</sup>, Tika Nurmalia<sup>2</sup>, Tri Dewi K.P.<sup>3</sup>, Yayok Suryo Purnomo<sup>4</sup>, Sunardi<sup>5</sup>**

<sup>1,4</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya No.1, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

<sup>2,3,5</sup> Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

\*Penulis korespondensi: [kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id](mailto:kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id)

Direview: 13 Februari 2023

Diterima: 3 Maret 2023

### **ABSTRAK**

Aktivitas pertambangan emas secara kecil masih banyak dilakukan di berbagai daerah di Indonesia. Penggunaan merkuri (Hg) dalam proses ekstraksi emas dari sedimen dapat menjadi sumber pencemar bagi ekosistem perairan dan makhluk hidup. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Cikondang yang terkena dampak pencemaran Hg akibat pertambangan emas skala kecil. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode survei di 5 titik pengamatan (*sampling point*) di sepanjang Sungai Cikondang secara longitudinal dari bagian hulu ke hilir. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, kecerahan, kecepatan arus, pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Konsentrasi Hg pada sedimen dan makrozoobentos diukur menggunakan *automatic mercury analyzer*. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi Hg pada sedimen di Sungai Cikondang berkisar 0,63–52,48 mg/kg dan akumulasi Hg di makrozoobentos berkisar 0,97-0,98. Indeks keanekaragaman makrozoobentos sebesar 1,50-2,17 dan indeks dominansi sebesar 0,16-0,30. Jenis makrozoobentos yang paling banyak ditemukan berasal dari kelas Gastropoda, kemudian diikuti kelas Insecta dan Malacostraca. Makrozoobentos di Sungai Cikondang hanya ditemukan di bagian hilir sungai, yaitu Sampling Point 4 dan 5 saja. Hal ini menunjukkan pencemaran Hg bersifat toksik sehingga tidak ditemukan makrozoobentos di Sampling Point 1, 2 dan 3.

**Kata kunci:** makrozoobentos, merkuri, penambangan emas, sungai, pencemaran

### **ABSTRACT**

*Small-scale gold mining activities are still mostly carried out in various regions in Indonesia. The use of mercury (Hg) in the process of extracting gold from sediments can be a source of pollution for aquatic ecosystems and organisms. The aim of this study was to analyze the macrozoobenthos community structure in the Cikondang River which was affected by Hg pollution due to small-scale gold mining. Sampling was carried out by survey method at 5 sampling points along the Cikondang River from upstream to downstream. Water quality parameters measured include temperature, transparency, current velocity, pH, Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD). Hg concentrations in sediments and macrozoobenthos were measured using automatic mercury analyzer. The results showed that the concentration of Hg in sediments in the Cikondang River ranged from 0.63–52.48 mg/kg and the accumulation of Hg in macrozoobenthos ranged from 0.97 to 0.98. The macrozoobenthos diversity index was 1.50-2.17 and the dominance index was*

0.16-0.30. The most group of macrozoobenthos found was from the Gastropod class, followed by the Insecta and Malacostraca classes. Macrozoobenthos in the Cikondang River were only found in the downstream of the river, at Sampling Points 4 and 5 only. This showed that Hg pollution in the Cikondang river is highly toxic, caused macrozoobenthos was not found at Sampling Point 1, 2 and 3.

**Keywords:** macrozoobenthos, mercury, gold mining, river, pollution

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan oleh logam berat masih menjadi permasalahan global yang berdampak pada lingkungan dan makhluk hidup. Ekosistem perairan, khususnya ekosistem sungai mempunyai peran penting sebagai sumber air bagi pemenuhan kebutuhan makhluk hidup dan habitat berbagai biota akuatik. Akan tetapi, pencemaran terhadap ekosistem sungai dari logam berat menjadi ancaman dan penyebab kerusakan lingkungan (Odumo et al., 2014). Logam berat masuk ke dalam ekosistem sungai dapat terjadi secara alami seperti proses pelapukan batuan maupun akibat dampak aktivitas manusia seperti limbah pertanian, industri dan penambangan (Sunaryani & Ridwan, 2021).

Merkuri (Hg) merupakan polutan logam berbahaya bagi organisme di ekosistem perairan, terutama ketika Hg bertaransformasi menjadi *monomethylmercury* (MeHg) (Moreno-Brush et al., 2020; Olivero-Verbel et al., 2015). Pencemaran Hg menjadi perhatian penting seiring penggunaannya dalam berbagai aktivitas industri sampai ke penambangan emas. Aktivitas penambangan emas skala kecil merupakan salah satu sumber pencemaran Hg di lingkungan yang berkontribusi dalam distribusi penyebaran Hg, khususnya di ekosistem sungai (Barkdull et al., 2019). Penggunaan Hg dalam proses penambangan emas umumnya berasal dari proses ekstraksi partikel emas dengan amalgamsi dari sedimen di sungai (Niane et al., 2014). Metode ini sering digunakan di negara-negara berkembang dalam penambangan emas skala kecil karena sederhana, murah, mudah dalam proses ekstraksi emas serta bisa dilakukan sendiri dan efektif dalam kondisi di lapangan (Martinez et al., 2018; Novirsa et al., 2019).

Pembuangan limbah Hg secara terus menerus dari aktivitas penambangan emas skala kecil sangat berpengaruh terhadap ekosistem perairan. Limbah yang dihasilkan biasanya langsung dibuang ke badan air sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu, menyebabkan Hg terdeposisi di lingkungan sekitar dan ekosistem sungai (Soe et al., 2022). Ketika Hg masuk dalam ekosistem, Hg akan terdistribusi ke air, sedimen dan terakumulasi oleh organisme perairan. Makrozoobentos merupakan salah satu organisme akuatik yang berperan penting dalam rantai makanan. Makrozoobentos biasanya hidup di bagian dasar atau sedimen perairan, dan mendapat makanan dari lingkungan sekitar dengan tipe makan berupa *filter*, *scraper*, *predator* dan *deposit feeder* (Schwantes et al., 2021). Pengaruh limbah penambangan emas yang masuk pada badan perairan akan mempengaruhi kehidupan makrozoobentos baik berupa kondisi fisiologis, komposisi dan keanekaragaman bentos secara longitudinal dari hulu sampai ke hilir sungai.

Penggunaan makrozoobentos sebagai organisme indikator dari dampak penambangan emas merupakan hal yang penting dalam menganalisis dampak pencemaran pada organisme dan ekosistem. Studi mengenai akumulasi dan dampak merkuri dari kegiatan penambangan emas skala kecil selama ini banyak berfokus pada ikan atau biota akuatik yang sering dikonsumsi (Aluma et al., 2017; Martinez et al., 2018). Hal ini dapat dipahami karena potensi terjadinya biomagnifikasi dan dampak pada kesehatan manusia menjadi perhatian yang serius (Sari et al., 2016). Namun demikian, studi mengenai akumulasi dan dampak merkuri pada makrozoobentos masih sedikit. Perlu adanya penelitian organisme makrozoobentos yang merupakan bagian dari rantai makanan dan organisme yang habitatnya terdampak akibat limbah penambangan emas.

Pada studi ini, kami melakukan analisis pencemaran Hg dari aktivitas penambangan emas terhadap struktur komunitas makrozoobentos. Konsentrasi Hg dari akibat kegiatan penambangan emas diukur untuk mengetahui tingkat pencemaran Hg pada sedimen dan makrozoobentos. Analisis keanekaragaman makrozoobentos digunakan untuk mengetahui kelompok dan sebaran taksa yang ada di Sungai Cikondang.

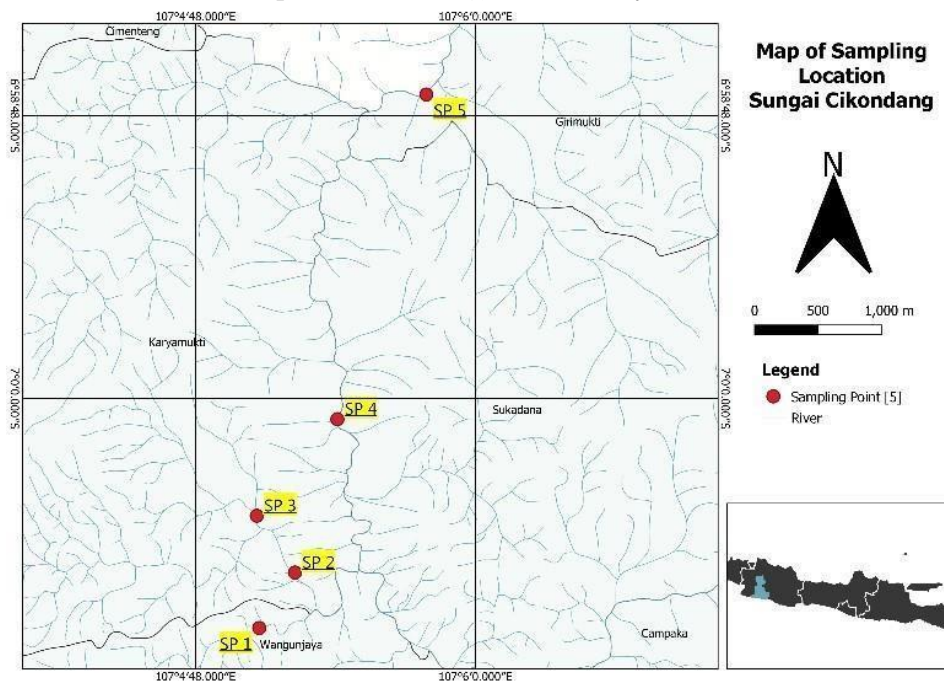
## 2. METODE PENELITIAN

Sungai Cikondang terletak di Kecamatan Campaka, Kabupaten Cianjur merupakan area yang banyak digunakan untuk aktivitas penambangan emas skala kecil. Sebanyak 5 lokasi sampling (Gambar-1) dipilih berdasarkan pengaruh adanya kegiatan penambangan emas dari bagian hulu hingga hilir Sungai Cikondang.

Pengambilan sampel air dilakukan untuk mengukur parameter kualitas di Sungai Cikondang. Pengukuran suhu, kecerahan, kecepatan arus, pH, *Dissolved Oxygen* (DO) dilakukan langsung di lokasi sampling. Sementara pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan dengan mengambil sebanyak 250 mL air yang dimasukkan ke dalam botol kemudian disimpan di *coolbox* untuk dianalisis di laboratorium.

Sampel sedimen diambil secara komposit menggunakan sekop pada bagian dasar perairan dangkal dengan kedalaman 5-10 cm. Sedimen kemudian diayak menggunakan saringan berukuran 500 µm dan dimasukkan ke dalam wadah *ziplock* dan dibawa ke laboratorium menggunakan *coolbox* untuk analisis (MéndezFernández et al., 2015). Sampel sedimen disimpan di lemari es pada suhu -4 °C sebelum dianalisis untuk penentuan konsentrasi Hg.

Makrozoobentos diambil pada lokasi yang sama dengan pengambilan sampel sedimen menggunakan jala surber berukuran 40x25 cm dengan ukuran mata jaring 0,5 mm. Beberapa individu makrozoobentos diawetkan menggunakan larutan etanol 70% untuk dibawa ke laboratorium dan proses identifikasi menggunakan mikroskop. Identifikasi dilakukan menggunakan buku identifikasi Keong Air Tawar Pulau Jawa (Marwoto et al., 2011) dan *Aquatic Entomology* (McCafferty, 1983).



Gambar-1. Peta Lokasi Sampling di Sungai Cikondang

Penentuan konsentrasi Hg pada sedimen dan makrozoobentos mengacu pada metode US-EPA 7473 *Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*. Sebanyak 0,025 g berat kering makrozoobentos dan 0,1 berat kering sedimen dianalisis menggunakan *automatic mercury analyzer* (Marziali et al., 2021).

Dalam penelitian ini, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) dan indeks dominasi ( $D$ ) digunakan untuk mengetahui pengaruh kualitas air terhadap komunitas makrozoobentos.

$$\text{Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener } (H') : H' = \sum_{i=1}^s pi \ln pi \quad (1)$$

Keterangan :

$H'$  : Indeks Keanekaragaman

$pi$  :  $ni/N$

$N$  : Jumlah total individu

$ni$  : Jumlah individu jenis ke 1

$s$  : Jumlah jenis

Setelah nilai indeks keanekaragaman diperoleh, kualitas lingkungan perairan dapat ditentukan sesuai dengan kriteria yang tercantum pada Tabel-1.

**Tabel-1.** Klasifikasi Tingkat Pencemaran (Lee et al., 1978)

| Indeks Keanekaragaman (H') | Tingkat Pencemaran |
|----------------------------|--------------------|
| >2                         | Belum Tercemar     |
| 1,6-2,0                    | Tercemar Ringan    |
| 1,0-1,5                    | Tercemar Sedang    |
| < 1                        | Tercemar Berat     |

$$\text{Indeks Dominasi (D)} : D = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{n}\right) \times \left(\frac{n_i}{n}\right) \quad (2)$$

Keterangan :

D : Indeks dominasi

$n_i$  : Jumlah individu jenis ke 1

N : Jumlah seluruh individu

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kualitas air di Sungai Cikondang (Tabel-2) diperoleh suhu rata-rata yaitu 23,83 °C. Nilai kecerahan air tertinggi terdapat di Sampling Point 1 dan Sampling Point 2 sebesar >20 cm, sedangkan kecerahan terendah terdapat di Sampling Point 3 sebesar 10 cm. Kecepatan arus rata-rata di Sungai Cikondang adalah sebesar 3,02 m/dtk. Derajat keasaman (pH) rata-rata dari kelima titik stasiun pengamatan adalah 5,13. Rata-rata nilai DO di Sungai Cikondang adalah sebesar 5,08 mg/L, rata-rata nilai BOD adalah sebesar 5,56 mg/L dan rata-rata nilai COD adalah sebesar 11,66 mg/L. Berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021, parameter pH di Sampling Point 3 dan Sampling Point 4 serta BOD di Sampling Point 4 tidak memenuhi baku mutu Kelas 3 dengan peruntukan pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan pengairan tanaman.

Hasil pengukuran konsentrasi merkuri menunjukkan bahwa sedimen di sepanjang Sungai Cikondang (Gambar-2) telah tercemar serta melampaui nilai baku mutu menurut *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 2002), yaitu 0,13 mg/kg. Konsentrasi merkuri tertinggi terdapat di Sampling Point 3 yaitu 52,47 mg/kg, sedangkan konsentrasi terendah terdapat di Sampling Point 5 yaitu sebesar 0,63 mg/kg. Tingginya konsentrasi merkuri di Sampling Point 3 dapat disebabkan banyaknya aktivitas penambangan emas pada area tersebut yang membuang limbahnya ke Sungai Cikondang. Sampling Point 5 merupakan bagian yang paling jauh dari aktivitas penambangan emas, adanya akumulasi merkuri di sedimen pada perairan tersebut dapat dimungkinkan dari aliran air dan sedimen yang terbawa di sepanjang aliran Sungai Cikondang.

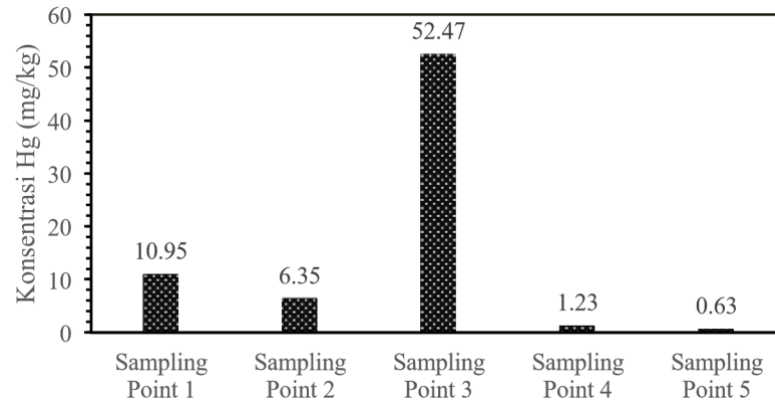
**Tabel-2.** Parameter Kualitas Air di Sungai Cikondang

| No | Parameter      | Satuan | SP 1  | SP 2  | SP 3  | SP 4  | SP 5  | Baku Mutu** |
|----|----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1  | Suhu           | °C     | 22,04 | 22,37 | 23,25 | 22,92 | 28,76 | Dev 3       |
| 2  | Kecerahan      | cm     | >20   | >20   | 10    | 18    | 20    | -           |
| 3  | Kecepatan Arus | m/dtk  | 3,72  | 1,35  | 4,27  | 4,71  | 1,27  | -           |
| 4  | pH             | -      | 6,36  | 6,18  | 4,33  | 4,83  | 7,12  | 6-9         |
| 5  | DO             | mg/L   | 4,61  | 5,35  | 5,68  | 4,97  | 5,04  | 3           |
| 6  | BOD            | mg/L   | 4,22  | 1,54  | 6,72  | 9,03  | 6,36  | 6           |
| 7  | COD            | mg/L   | 11,63 | 4,72  | 19,04 | 23,05 | 17,31 | 40          |

Keterangan:

\*SP (Sampling Point),

\*\*Baku Mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup



**Gambar-2.** Konsentrasi Merkuri dalam Sedimen di Sungai Cikondang

Hasil penelitian mengenai kontaminasi Hg pada beberapa sungai di Indonesia seperti Sungai Cikaniki dengan akumulasi merkuri pada sedimen 10 - 70 mg/kg dan 0,12 mg/kg (Sata Yoshida Srie Rahayu & Wahyu Prihatini, 2019; Tomiyasu et al., 2013), 0,87-1,56 mg/kg di Sungai Ciletuh, Sukabumi (Sunaryani & Ridwan, 2021), dan 16,5 – 117,3 mg/kg di Gorontalo, Sulawesi Indonesia (Lihawa & Mahmud, 2019). Aktivitas penambangan emas secara tradisional tanpa adanya pengolahan limbah menyebabkan masuknya kontaminasi merkuri di badan air sungai. Persebaran merkuri di sungai dapat terbawa melalui aliran sungai dari bagian hulu hingga hilir sungai (Budianta et al., 2019). Kondisi aliran sungai dan juga faktor cuaca dapat mempengaruhi tingkat akumulasi merkuri pada sedimen. Pada aliran sungai yang dangkal, limbah merkuri akan dengan mudah terabsorpsi oleh sedimen. Sementara faktor cuaca seperti intensitas hujan dapat berpengaruh pada sebaran merkuri. Seperti studi yang dilakukan oleh Tomiyasu et al., (2019) menunjukkan konsentrasi merkuri di Sungai Cikaniki mempunyai level yang lebih tinggi dibandingkan pada saat musim hujan.

Makrozoobentos yang ditemukan di Sungai Cikondang sebanyak 16 spesies (Tabel-3) yang terdiri dari tiga kelas, yaitu Malacostraca, Insecta dan Gastropoda. Secara keseluruhan, jumlah total individu pada kelas Gastropoda mempunyai jumlah paling banyak dibanding dengan kelas makrozoobentos lain. Spesies yang banyak ditemui dari kelas Malacostraca yaitu *Parathelphusa* sp., sementara pada kelas Insecta yaitu *Enallagma carunculatum*. Pada kelas Gastropoda, spesies dengan kelimpahan tertinggi terdapat pada *Thiara scabra* sebanyak 110 individu, kemudian diikuti *Sulcospira* sp. sebanyak 75 individu dan *Melanoides tuberculata* sebesar 33 individu.

Keberadaan makrozoobentos hanya ditemukan pada Sampling Point 4 dan Sampling Point 5. Hasil pengukuran akumulasi Hg pada makrozoobentos di sepanjang aliran Sungai Cikondang yaitu 0,97 dan 0,98 mg/kg (Tabel-4). Sementara pada Sampling Point 1, 2 dan 3 tidak ditemukan adanya makrozoobentos pada area tersebut. Kondisi tersebut dapat disebabkan karena tingginya konsentrasi Hg pada sedimen di Sungai Cikondang, sehingga sangat toksik bagi kehidupan makrozoobentos.

**Tabel-3.** Jenis Makrozoobentos di Sungai Cikondang

| No. | Jenis                          | Kelas        | SP 1 | SP 2 | SP 3 | SP 4 | SP 5 |
|-----|--------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|
| 1   | <i>Parathelphusa</i> sp.       | Malacostraca | 0    | 0    | 0    | 6    | 9    |
| 2   | <i>Macromia taeniolata</i>     | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    |
| 3   | <i>Ranatra nigra</i>           | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 0    | 3    |
| 4   | <i>Baetis</i> sp.              | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |
| 5   | <i>Hydropsyche</i> sp.         | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    |
| 6   | <i>Capnia</i> sp.              | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    |
| 7   | <i>Enallagma carunculatum</i>  | Insecta      | 0    | 0    | 0    | 6    | 10   |
| 8   | <i>Melanoides tuberculata</i>  | Gastropoda   | 0    | 0    | 0    | 27   | 6    |
| 9   | <i>Thiara scabra</i>           | Gastropoda   | 0    | 0    | 0    | 85   | 25   |
| 10  | <i>Sulcospira testudinaria</i> | Gastropoda   | 0    | 0    | 0    | 64   | 11   |

|    |                           |            |   |   |   |   |   |
|----|---------------------------|------------|---|---|---|---|---|
| 11 | <i>Anentome helena</i>    | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 |
| 12 | <i>Tarebia granifera</i>  | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 |
| 13 | <i>Lymnaea rubiginosa</i> | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 |
| 14 | <i>Filopaludina</i> sp.   | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 15 | <i>Sulcospira</i> sp.     | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 16 | <i>Pila</i> sp.           | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

**Tabel-4.** Akumulasi Merkuri pada Makrozoobentos di Sungai Cikondang

| No. | Lokasi Sampling  | Merkuri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) |
|-----|------------------|-------------------------------------|
| 1   | Sampling Point 1 | *                                   |
| 2   | Sampling Point 2 | *                                   |
| 3   | Sampling Point 3 | *                                   |
| 4   | Sampling Point 4 | 0,97                                |
| 5   | Sampling Point 5 | 0,98                                |

Keterangan : \*pada lokasi ini tidak ditemukan jenis makrozoobentos

Beberapa studi menunjukkan dampak pencemaran merkuri pada organisme akuatik, seperti yang dilakukan oleh Reichelt-Brushett et al., (2017) pada moluska di sekitar penambangan emas Pulau Buru berkisar 0,16–2,99 mg/kg. Studi yang dilakukan oleh Qiu & Wang, (2016) pada organisme akuatik di *Sub tropical bay of Southern China* menunjukkan akumulasi merkuri berkisar 0,07-0,21  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Sementara akumulasi Hg pada jenis kerang di *Seal Harbour* rata-rata 0,09 mg/kg (Doe et al., 2017), beberapa makroinvertebrata kelompok Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera berkisar 0,13-0,35  $\mu\text{g}/\text{kg}$  di *the Nalón River basin*, Spanyol (Rodriguez et al., 2018) dan 0,05-2,94 mg/kg pada kelompok Ephemeroptera area bekas tambang emas di Sungai Boro, Mongolia (Udodenko et al., 2022).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akumulasi Hg pada biota akuatik, khususnya makrozoobentos seperti tipe habitat, level tropik, dan kondisi fisik lingkungan. Spesies makrozoobentos yang paling banyak ditemui di Sungai Cikondang adalah dari Famili Thiaridae, yaitu *Thiara scabra* dan *Melanoides tuberculata* sebanyak 110 dan 33 individu. *Thiara scabra* dan *Melanoides tuberculata* diketahui merupakan kelompok Gastropoda yang banyak tersebar di Asia Tenggara dan mampu hidup dan toleran pada kondisi tercemar. Kedua spesies tersebut juga dikenal sebagai spesies invasif dan menjadi *host* dari parasit pada ikan (Savaya et al., 2020).

Makrozoobentos dari kelompok Gastropoda hidup dengan cara menempel pada substrat perairan dan mendapat makanan dari sedimen. Kondisi perairan yang tercemar Hg dan terakumulasi pada sedimen menyebabkan masuk ke dalam jaringan tubuh Gastropoda (Schwantes et al., 2021). Partikel tercemar dari penambangan emas dapat berupa flok yang terakumulasi pada sedimen perairan dan akan dapat terserap oleh makrozoobentos atau organisme *filter-feeder*. Potensi berbahaya dari Hg dapat terjadi ketika Hg dalam tubuh organisme berubah menjadi metilmerkuri dan terakumulasi pada tingkat trofik yang lebih tinggi. Metilasi dapat terjadi pada perairan secara abiotik dengan kondisi pH yang rendah serta konsentrasi asam humat dan asam fulvat yang tinggi dan juga secara biotik yang melibatkan proses enzimatik mikroorganisme anaerob (Gilmour et al., 2013).

Nilai indeks keanekaragaman jenis makrozoobentos di Sampling Point 5 yaitu 2,17 lebih tinggi dibandingkan dengan Sampling Point 4 yaitu sebesar 1,50 (Tabel-5), yang menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih baik dengan banyaknya spesies makrozoobentos pada sampling point tersebut. Sedangkan pada Sampling Point 1, 2 dan 3 tidak ditemukan jenis makrozoobentos ( $H' < 1$ ) yang mengindikasikan perairan di lokasi tersebut tergolong perairan tercemar berat (Lee et al., 1978). Dilihat dari indeks dominasinya, Sampling Point 4 dan 5 tergolong dalam kategori dominasi rendah ( $D < 0,4$ ). Sedangkan pada tiga lokasi sampling lainnya tidak ditemukan jenis makrozoobentos. Selain itu, nilai pH dibawah baku mutu atau bersifat asam karena adanya kegiatan penambangan berupa penggalian batuan dan tempat ekstraksi emas dari batuan yang mengakibatkan hilangnya organisme makrozoobentos pada ketiga lokasi sampling tersebut.

**Tabel-5.** Nilai Indeks Keanekaragaman dan Dominasi Makrozoobentos di Sungai Cikondang

| No | Lokasi Sampling  | Indeks Keanekaragaman (H') | Indeks Dominansi (D) |
|----|------------------|----------------------------|----------------------|
| 1  | Sampling Point 1 | 0                          | 0                    |
| 2  | Sampling Point 2 | 0                          | 0                    |
| 3  | Sampling Point 3 | 0                          | 0                    |
| 4  | Sampling Point 4 | 1,50                       | 0,30                 |
| 5  | Sampling Point 5 | 2,17                       | 0,16                 |

Nilai indeks keanekaragaman yang rendah mengindikasikan terjadinya perubahan lingkungan sebagai akibat adanya tekanan berat dan ekosistem yang tidak stabil. Beberapa studi menunjukkan dampak dari pencemaran logam berat dapat menyebabkan penurunan biodiversitas dan mengubah komposisi organisme akuatik (Bere et al., 2016), proporsi predator, kelimpahan taksa dan pemerataan spesies (Liess et al., 2017). Selain itu, pengaruh pencemaran Hg juga mengakibatkan akumulasi Hg yang semakin meningkat seiring dengan tingkat trofik organisme yang lebih tinggi pada kelompok alga, perfiton dan makroinvertebrata (Žižek et al., 2007). Dengan demikian, aktivitas penambangan emas skala kecil seperti yang dilakukan pada studi ini perlu mendapat perhatian lebih dan adanya upaya pencegahan terjadinya pencemaran yang masuk ke dalam perairan yang berdampak pada kerusakan pada ekosistem sungai dan organisme akuatik.

#### 4. KESIMPULAN

Kegiatan penambangan emas skala kecil di Sungai Cikondang menyebabkan terjadinya pencemaran Hg pada ekosistem sungai dan akumulasi pada sedimen. Konsentrasi Hg yang tinggi pada sedimen mengakibatkan terjadinya bioakumulasi pada makrozoobentos yang terdiri dari Kelas Malacostraca, Insecta dan Gastropoda. Indeks diversitas dan dominansi makrozoobentos menunjukkan tingkat diversitas yang rendah dan dominansi yang sedang yang disebabkan pencemaran Hg yang tinggi, sehingga keberadaan makrozoobentos hanya ditemukan pada Sampling Point 4 dan 5 di bagian hilir sungai.

#### SARAN

Perlu adanya kajian pada organisme akuatik lainnya, terutama seperti ikan dan tumbuhan yang terkena paparan pencemaran merkuri dari aktivitas penambangan emas. Selain itu, pengukuran terhadap konsentrasi logam berat lain yang juga digunakan dalam proses penambangan seperti sianida perlu dilakukan untuk mengetahui dampaknya pada area sekitar penambangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aluma, E., Johnson, K. S., & Hassett, P. (2017). Mercury Bioaccumulation in Crayfish in Acid Mine-Impaired Appalachian Streams. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(6), 200. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3372-y>
- Barkdull, N. M., Carling, G. T., Rey, K., & Yudiantoro, D. F. (2019). Comparison of Mercury Contamination in Four Indonesian Watersheds Affected by Artisanal and Small-Scale Gold Mining of Varying Scale. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(9), 214. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4271-1>
- Bere, T., Dalu, T., & Mwedzi, T. (2016). Detecting the impact of heavy metal contaminated sediment on benthic macroinvertebrate communities in tropical streams. *Science of The Total Environment*, 572, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.204>
- Budianta, W., Fahmi, F. L., Arifudin, & Warmada, I. W. (2019). The distribution and mobility of mercury from artisanal gold mining in river sediments and water, Banyumas, Central Java, Indonesia. *Environmental Earth Sciences*, 78(3), 90. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8108-4>
- CCME. (2002). *Canadian Council of Ministers of the Environment*.

- Doe, K., Mroz, R., Tay, K.-L., Burley, J., Teh, S., & Chen, S. (2017). Biological effects of gold mine tailings on the intertidal marine environment in Nova Scotia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.056>
- Gilmour, C. C., Podar, M., Bullock, A. L., Graham, A. M., Brown, S. D., Somenahally, A. C., Johs, A., Hurt, R. A., Bailey, K. L., & Elias, D. A. (2013). Mercury Methylation by Novel Microorganisms from New Environments. *Environmental Science & Technology*, 47(20), 11810–11820. <https://doi.org/10.1021/es403075t>
- Lee, C., Wang, S., & Kuo, C. (1978). *Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicators of Water Quality, with Reference to Community Diversity Index*.
- Liess, M., Gerner, N. V., & Kefford, B. J. (2017). Metal toxicity affects predatory stream invertebrates less than other functional feeding groups. *Environmental Pollution*, 227, 505–512. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.017>
- Lihawa, F., & Mahmud, M. (2019). The content of mercury in sediments around Artisanal Small-scale Gold Mining (ASGM) Bumela district, Gorontalo Regency, Gorontalo Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 314(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/314/1/012016>
- Martinez, G., McCord, S., Driscoll, C., Todorova, S., Wu, S., Araújo, J., Vega, C., & Fernandez, L. (2018). Mercury Contamination in Riverine Sediments and Fish Associated with Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Madre de Dios, Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1584. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081584>
- Marwoto, R., Isnainingsih, N., Mujiono, N., Heryanto, A., & Prihandini, R. (2011). Keong Air Tawar Pulau Jawa (Moluska, Gastropoda). *Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Cibinong*.
- Marziali, L., Roscioli, C., & Valsecchi, L. (2021). Mercury Bioaccumulation in Benthic Invertebrates: From Riverine Sediments to Higher Trophic Levels. *Toxics*, 9(9), 197. <https://doi.org/10.3390/toxics9090197>
- McCafferty, W. P. (1983). *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Jones & Bartlett Learning.
- Méndez-Fernández, L., Rodríguez, P., & Martínez-Madrid, M. (2015). Sediment Toxicity and Bioaccumulation Assessment in Abandoned Copper and Mercury Mining Areas of the Nalón River Basin (Spain). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68(1), 107–123. <https://doi.org/10.1007/s00244-014-0093-8>
- Moreno-Brush, M., McLagan, D. S., & Biester, H. (2020). Fate of mercury from artisanal and small-scale gold mining in tropical rivers: Hydrological and biogeochemical controls. A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(5), 437–475. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1629793>
- Niane, B., Moritz, R., Guédron, S., Ngom, P. M., Pfeifer, H. R., Mall, I., & Poté, J. (2014). Effect of recent artisanal small-scale gold mining on the contamination of surface river sediment: Case of Gambia River, Kedougou region, southeastern Senegal. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.03.028>
- Novirsa, R., Quang, P. D., Jeong, H., Fukushima, S., Ishibashi, Y., Wispriyono, B., & Arizono, K. (2019). *The evaluation of mercury contamination in upland rice paddy field around artisanal small-scale gold mining area, Lebaksitu, Indonesia* (No. 2). Academic Consociation of Environmental Safety and Waste Management, Japan. <https://doi.org/10.11162/daikankyo.E19RP0103>
- Odumo, B. O., Carbonell, G., Angeyo, H. K., Patel, J. P., Torrijos, M., & Rodríguez Martín, J. A. (2014). Impact of gold mining associated with mercury contamination in soil, biota sediments and tailings in Kenya. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(21), 12426–12435. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3190-3>
- Olivero-Verbel, J., Caballero-Gallardo, K., & Turizo-Tapia, A. (2015). Mercury in the gold mining district of San Martin de Loba, South of Bolivar (Colombia). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(8), 5895–5907. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3724-8>
- Qiu, Y.-W., & Wang, W.-X. (2016). Comparison of mercury bioaccumulation between wild and mariculture food chains from a subtropical bay of Southern China. *Environmental Geochemistry and Health*, 38(1), 39–49. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9677-0>



- Reichelt-Brushett, A. J., Stone, J., Howe, P., Thomas, B., Clark, M., Male, Y., Nanlohy, A., & Butcher, P. (2017). Geochemistry and mercury contamination in receiving environments of artisanal mining wastes and identified concerns for food safety. *Environmental Research*, 152, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.007>
- Rodriguez, P., Méndez-Fernández, L., Pardo, I., Costas, N., & Martinez-Madrid, M. (2018). Baseline tissue levels of trace metals and metalloids to approach ecological threshold concentrations in aquatic macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 91, 395–409. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.004>
- Sari, M. M., Inoue, T., Matsumoto, Y., & Yokota, K. (2016). Measuring total mercury due to small-scale gold mining activities to determine community vulnerability in Cihonje, Central Java, Indonesia. *Water Science and Technology*, 73(2), 437–444. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.503>
- Sata Yoshida Srie Rahayu & Wahyu Prihatini. (2019). Characterization of metallothionein protein from hepatopancreas organ of *Pilsbryconcha exilis* collected from Cikaniki River, Western Java, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, 12(1). <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n120101>
- Savaya, A., Glassner, H., Livne-Luzon, S., Chishinski, R., Molcho, J., Aflalo, E. D., Zilberg, D., & Sagi, A. (2020). Prawn monosex populations as biocontrol agents for snail vectors of fish parasites. *Aquaculture*, 520, 735016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735016>
- Schwantes, D., Gonçalves Junior, A. C., Manfrin, J., Campagnolo, M. A., Zimmermann, J., Conradi Junior, E., & Bertoldo, D. C. (2021). Distribution of heavy metals in sediments and their bioaccumulation on benthic macroinvertebrates in a tropical Brazilian watershed. *Ecological Engineering*, 163, 106194. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106194>
- Soe, P. S., Kyaw, W. T., Arizono, K., Ishibashi, Y., & Agusa, T. (2022). Mercury Pollution from Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Myanmar and Other Southeast Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6290. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106290>
- Sunaryani, A., & Ridwan, Y. S. (2021). Total mercury pathways from artisanal and small-scale gold mining in Sukabumi using system dynamics model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/896/1/012048>
- Tomiyasu, T., Hamada, Y. K., Baransano, C., Hidayati, N., & Rahajoe, J. S. (2019). Time variation in transfer amounts of mercury by a river system near an artisanal and small-scale gold mining area in West Java, Indonesia. *Environmental Earth Sciences*, 78(24), 686. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8727-9>
- Tomiyasu, T., Kono, Y., Kodamatani, H., Hidayati, N., & Rahajoe, J. S. (2013). The distribution of mercury around the small-scale gold mining area along the Cikaniki river, Bogor, Indonesia. *Environmental Research*, 125, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2013.03.015>
- Udodenko, Y. G., Robinson, C. T., Chojjil, J., Badrakh, R., Munkhbat, J., Ivanova, E. S., & Komov, V. T. (2022). Mercury levels in sediment, fish and macroinvertebrates of the Boroo River, northern Mongolia, under the legacy of gold mining. *Ecotoxicology*, 31(2), 312–323. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02502-6>
- Žižek, S., Horvat, M., Gibičar, D., Fajon, V., & Toman, M. J. (2007). Bioaccumulation of mercury in benthic communities of a river ecosystem affected by mercury mining. *Science of The Total Environment*, 377(2–3), 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.02.010>