

Analisis Kandungan Merkuri dan Penilaian Resiko Ekologi dari Keberadaan Merkuri (Hg) di Sungai Murui, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah

Rosana Elvince*, Budhi Ardani, Yuli Ruthena, Linda Wulandari, dan Putri Dewi Kartika Zega

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Kehutanan dan Perikanan, Universitas Palangka Raya, Indonesia; e-mail: rosana@fish.upr.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2023 yang bertujuan untuk menganalisis kandungan merkuri pada air dan sedimen, dan juga untuk menilai resiko ekologis dari keberadaan merkuri di Sungai Murui dengan metode penelitian yang digunakan adalah survei dan observasi. Pengukuran parameter kualitas air (pH, suhu dan *electrical conductivity*) dan pengambilan sampel air serta sedimen dilakukan pada 3 (tiga) titik stasiun dengan masing-masing 3 (tiga) kali ulangan. Parameter kualitas air diukur secara langsung di lapangan, sedangkan analisis kandungan merkuri dalam air dan sedimen dilakukan di Laboratorium Balai Penerapan Mutu Hasil Perikanan Kota Banjar Baru, Provinsi Kalimantan Selatan. Rata-rata nilai parameter pH berkisar antara 3,29-5,39, suhu berkisar antara 28,48-30,15°C, dan *Electrical Conductivity* berkisar antara 126-318 mS/m. Sedangkan rata-rata kandungan merkuri pada air berkisar antara 0,005-0,021 mg/l, nilai tersebut telah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan berkisar antara 0,001-0,005 mg/l berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Kandungan merkuri di sedimen berkisar antara 0,36-0,82 mg/kg, kandungan tersebut telah melebihi batas standar yang ditetapkan pada beberapa negara (ANZECC, NOAA, and Canadian sediment quality standards). Berdasarkan hasil perhitungan I-Geo dan juga Contamination Factor (CF) didapatkan bahwa nilai I-Geo berkisar antara 3,91-5,10 termasuk dalam kategori tercemar berat hingga sangat tercemar dan nilai CF berkisar antara 22,50-51,46 yang termasuk ke dalam kategori faktor kontaminasi sangat tinggi. Sedangkan untuk penilaian resiko ekologis (ER) dan *Risk Quotient* (RQ) didapatkan bahwa nilai ER berkisar antara 900,00-2.058,40 yang termasuk dalam kategori potensi resiko ekologi yang sangat tinggi (ER>320), nilai RQ berkisar antara 9,00-20,58 (RQ>1) menunjukkan bahwa keberadaan merkuri dalam sedimen yang ada pada tiga lokasi tersebut memiliki resiko bagi ekologis.

Kata kunci: Kualitas Air, Merkuri, Risiko Ekologi, Risk Quotient, Sedimen, Sungai Murui

ABSTRACT

This study was conducted in 2023 and aimed to analyze mercury concentrations in water and sediments, as well as to assess the ecological risks associated with the presence of mercury in the Murui River using survey and observation methods. Measurements of water quality parameters (pH, temperature, and electrical conductivity) and the collection of water and sediment samples were carried out at three sampling stations, each with three replications. Water quality parameters were measured directly in the field, while the analysis of mercury concentrations in water and sediments was conducted at the Balai Penerapan Mutu Hasil Perikanan Banjarbaru laboratory. The average pH values ranged from 3.29 to 5.39, temperature ranged from 28.48 to 30.15°C, and electrical conductivity ranged from 126 to 318 mS/m. Meanwhile, the average mercury concentration in water ranged from 0.005 to 0.021 mg/L, exceeding the maximum permissible limit (0.001-0.005 mg/L according to Government Regulation No. 22 of 2021). Mercury concentrations in sediments ranged from 0.36 to 0.82 mg/kg, which exceeded the standard limits established by several countries and organizations (ANZECC, NOAA, and Canadian sediment quality standards). Based on the calculations of the Geo-accumulation Index (I-Geo) and Contamination Factor (CF), the I-Geo values ranged from 3.91 to 5.10, indicating heavily to extremely contaminated conditions, while CF values ranged from 22.50 to 51.46, categorized as a very high contamination factor. Furthermore, the ecological risk assessment (ER) and Risk Quotient (RQ) values showed that ER ranged from 900.00 to 2,058.40, which falls into the category of very high ecological risk potential (ER > 320), while RQ values ranged from 9.00 to 20.58 (RQ > 1), indicating that the presence of mercury in sediments at the three locations poses significant ecological risks.

Keywords: Ecology Risk, Mercury, Murui River, Risk Quotient, Sediment, Water Quality

Citation: Elvince, R., Ardani, B., Ruthena, Y., Wulandari, L., dan Zega, P. D. K. (2026). Analisis Kandungan Merkuri dan Penilaian Resiko Ekologi dari Keberadaan Merkuri (Hg) di Sungai Murui, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(1), 201-210, doi:10.14710/jil.24.1.201-210

1. PENDAHULUAN

Sungai Murui atau sering disebut dengan Sei Murui merupakan salah satu anak Sungai Kapuas yang terletak di Kecamatan Mantangai, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah dengan Panjang kurang

lebih 120 km (DIKPLHD Kalteng, 2019). Sungai Murui memberikan jasa ekosistem bagi masyarakat setempat sebagai tempat untuk aktivitas mandi, mencuci, dan kegiatan perikanan serta sumber air bagian sebagian masyarakat.

Pemukiman penduduk berada disepanjang Sungai Murui dan sungai tersebut juga terdapat kegiatan penambangan emas. Lokasi penambangan emas tersebut merupakan lokasi yang tidak terkelola dengan izin resmi dari pemerintah. Kegiatan penambangan tersebut dikenal dengan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK). Berdasarkan hasil penelusuran Polres Kapuas pada tahun 2017 di sepanjang Sungai Murui dari Desa Batu bagian hulu Sungai Murui sampai ke Desa Gerung bagian hilir Sungai Murui terdapat ratusan pondok berjejeran dan perkampungan penambang rakyat yang tidak mengantongi izin kegiatan penambangan emas (Borneonews, 2017).

Kegiatan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) tersebut sering memberikan dampak terhadap lingkungan perairan seperti peningkatan kekeruhan akibat dari proses pemisahan emas dari mineral lain yang dilakukan dalam *sluices box* yang dilapisi karpet dan juga penggunaan merkuri. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan bahwa pengolahan emas di sekitar Sungai Murui masih banyak dilakukan dengan metode amalgamasi yaitu proses ekstraksi emas dengan memanfaatkan air raksa atau merkuri (Hg) dalam proses pengolahan dan pemisahannya. Penggunaan merkuri langsung dilakukan di area pertambangan dan limbah sisa proses amalgamasi yang dihasilkan, dialirkan atau dibuang secara langsung ke sungai tanpa proses pengolahan yang lebih lanjut. Hal itu secara otomatis dapat menimbulkan potensi tercemarnya lingkungan. Menurut Sumantri *et al* (2014) pada tahap proses pencucian, limbah cair yang mengandung logam merkuri dari kegiatan penambangan yang dilakukan sangat berpotensi tercecer disekitar area pengolahan emas dapat mencemari ekosistem danau/sungai disekitarnya.

Merkuri adalah salah satu unsur paling beracun dan menjadi ancaman bagi satwa liar karena unsur ini menumpuk dan meningkat hingga mencapai tingkat yang berbahaya dalam rantai makanan (Saturday, 2018) bahkan unsur ini digolongkan ke dalam sepuluh bahan kimia utama yang berdampak terhadap kesehatan manusia (WHO, 2024). Polusi logam berat pada ekosistem perairan telah menjadi masalah global dan mendapat perhatian yang cukup besar karena tingkat biotoksitasnya yang tinggi, sumbernya yang beragam, sifatnya yang tidak dapat terurai secara biologis, serta proses bioakumulasi dalam jaringan makanan (Liu, *et al.*, 2021). Dampak buruk Hg terhadap kesehatan manusia dan ekosistem mengandung gangguan reproduksi, genotoksitas, gangguan endokrin, karsinogenisitas, dan immunosupresi (Huang, *et al.* 2023).

Beberapa penelitian tentang merkuri sudah dilakukan namun hanya terbatas pada informasi

tentang kandungan merkuri dalam air, sedimen dan ikan. Analisis merkuri di Sungai Kahayan dan Sungai Rungan (Elvince *et al.*, 2008), kandungan merkuri di Danau Tilap (Elvince *et al.*, 2008), kandungan merkuri pada aliran air di kawasan Danau Payawan (Indrajaya & Virgiyanti, 2019), kandungan merkuri pada ikan air tawar di Kota Palangka Raya (Elvince & Ebnaweri, 2024).

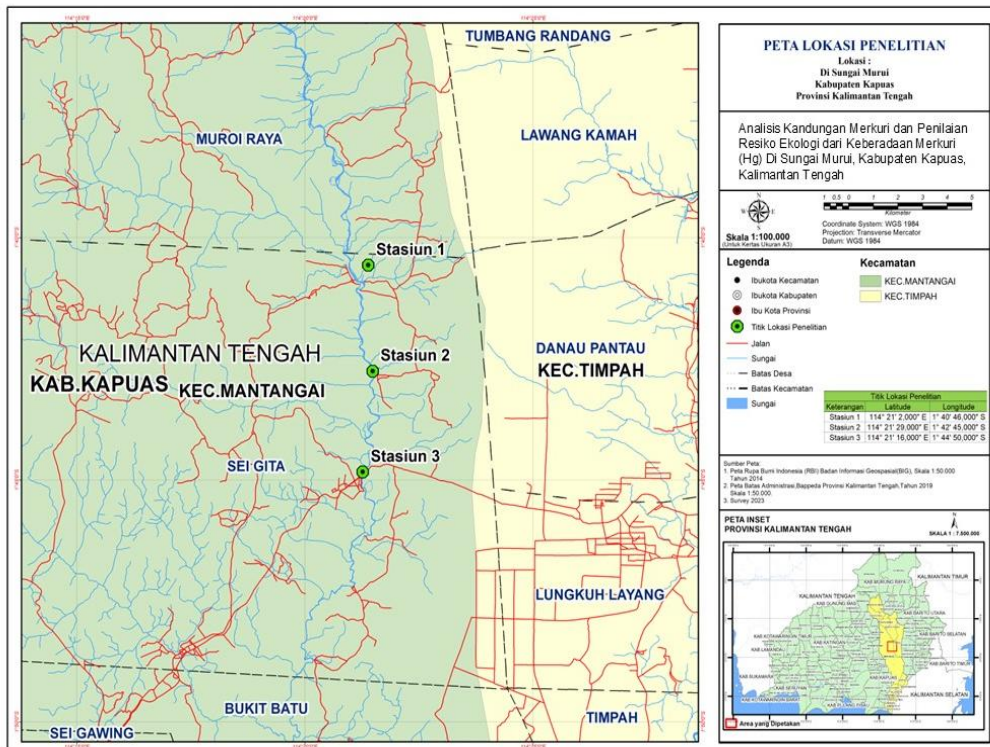
Keberadaan merkuri dalam perairan dapat memberikan dampak negatif terhadap ekologi perairan itu sendiri sehingga penelitian ini sangat penting untuk dilakukan. Sedimen telah diidentifikasi sebagai pembawa dan tempat penampungan penting bagi logam berat yang dibuang ke dalam sistem perairan (Liu, *et al.*, 2021). Penilaian resiko ekologis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melihat resiko dari keberadaan logam berat terhadap lingkungan perairan dengan menggunakan sedimen sebagai indikator utama. Metode tersebut dikembangkan oleh Hakanson (1980) dan metode ini telah banyak digunakan untuk menilai kualitas sedimen (Guo, *et al.*, 2010; Abdullah, *et al.*, 2010) Protano *et al.*, 2014; Ananga, *et al.*, 2023) karena mampu mengevaluasi dampak beberapa polutan terhadap lingkungan secara bersamaan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan merkuri pada air dan sedimen serta untuk menilai resiko ekologis dari keberadaan merkuri dalam sedimen di Sungai Murui.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2023 di pada aliran Sungai Murui, Kecamatan Mantangai, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. (Gambar 1). Adapun titik stasiun yang ditentukan secara *purposive sampling* adalah sebagai berikut:

1. Stasiun 1 untuk pengambilan sampel air dan sedimen berlokasi di Dusun Keramas dengan stasiun koordinat 01°40'46"S, 114°21'02"E. Lokasi ini merupakan salah satu anak Sungai Murui yang air sungainya biasa digunakan oleh masyarakat setempat untuk mengambil air minum untuk kebutuhan sehari-hari dan tidak ada aktivitas pertambangan di sekitar.
2. Stasiun 2 di ambil di Desa Sei Gita dengan stasiun koordinat 01°42'45"S, 114°21'29"E. Lokasi ini merupakan daerah yang banyak di temui kegiatan pertambangan baik di pinggir sungai maupun di atas tanah.
3. Stasiun 3 di ambil di Desa Teluk Batu dengan stasiun koordinat 01°44'50"S, 114°21'16 E. Lokasi ini merupakan tempat yang padat penduduknya yang menggunakan air sungai sebagai tempat mandi ataupun kegiatan mencuci dan buang air.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Sungai Murui

2.2. Prosedur Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Pengambilan sampel air pada penelitian ini mengacu pada SNI 6989.57-2008 tentang metode pengambilan contoh air permukaan. Sedangkan pengambilan sampel sedimen dilakukan menurut *Japan Public Health Association (JPHA) Tahun 2001* tentang pengambilan tanah dari dasar sungai, danau, rawa, dan lautan.

Pengambilan sampel dilakukan dengan 3 (tiga) kali ulangan pada setiap stasiun. Sampel air dari setiap stasiun diambil dengan menggunakan botol sampel polyethylene dengan volume 100 ml. Sedangkan untuk pengambilan sampel sedimen juga diambil dari setiap stasiun dengan menggunakan *Ekman Grab*, kemudian dimasukkan dalam plastik *Ziplock*. Sampel air dan sedimen dimasukkan ke dalam *Stryfoam Box* yang telah diberi es batu menjaga kestabilan kandungan merkuri yang ada didalam kedua sampel tersebut, sebelum dikirim ke Laboratorium Balai Penerapan Mutu Hasil Perikanan Kota Banjar Baru, Provinsi Kalimantan Selatan untuk di analisis kandungan merkuri dalam kedua sampel tersebut. Prosedur penanganan dan analisis sampel air dan sedimen dilakukan berdasarkan SNI 2354.6:2016. Quality insurance hasil pengukuran adalah $LOD=0,1575 \mu\text{g/l}$ dan $LOQ=0,5251 \mu\text{g/l}$ untuk sampel air dan $LOD=0,001575 \text{ mg/kg}$, $LOQ=0,005251 \text{ mg/kg}$ untuk sampel sedimen.

2.3. Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini terdiri dari parameter Suhu, pH, dan *Electrical Conductivity (EC)*. Parameter suhu, pH dan *Electrical Conductivity (EC)* dilakukan secara langsung pada setiap titik stasiun.

2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan dan uji laboratorium kemudian diolah secara statistik dengan menggunakan software MS. Excel 2021 dengan membandingkan status baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk kandungan merkuri pada air dan *US EPA Tahun 2017* untuk standar kandungan merkuri dalam sedimen.

Untuk penilaian resiko ekologi dari keberadaan merkuri di Sungai Murui, dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini:

2.4.1. Indeks Geoakumulasi

Indeks geoakumulasi (*Igeo*) digunakan untuk menilai tingkat logam berat dan elemen metaloid dalam sedimen dengan membandingkan status konsentrasi saat ini dengan tingkat pra-industri (Ananga, *et al.*, 2020).

$$I - geo = \text{Log}_2[Ci/1,5 \times Cri]$$

Keterangan:

Ci adalah konsentrasi Hg dalam sampel sedimen, dan Cri adalah nilai latar belakang geo-kimia adalah $0,016 \text{ mg/kg}$ (Lintern, *et al.*, 2020).

Tabel 1. Tingkat Penumpukan Logam Berdasarkan Klasifikasi Geo-Akumulasi (Igeo).

Nilai I-Geo	Klasifikasi kualitas sedimen
Igeo ≤ 0	Tidak tercemar
0 ≤ Igeo ≤ 1	Tidak tercemar hingga tercemar sedang
1 ≤ Igeo ≤ 2	Tercemar sedang
2 ≤ Igeo ≤ 3	Sedang hingga sangat tercemar
3 ≤ Igeo ≤ 4	Sangat tercemar
4 ≤ Igeo ≤ 5	Sangat hingga ekstrem tercemar
Igeo > 5	Ekstrem tercemar

2.4.2. Indeks Akumulasi Polutan

Indeks akumulasi polutan digunakan untuk mengevaluasi pencemaran merkuri dalam sedimen. Indeks akumulasi polutan dihitung berdasarkan rumus yang digunakan oleh Huang, *et al.*, (2023) sebagai berikut:

$$CF = Ci/Cb$$

Keterangan:

Ci adalah konsentrasi Hg dalam sampel sedimen, Cb adalah konsentrasi background Hg yaitu 0,016 mg/kg (Lintern, *et al.*, 2020).

Tabel 2. Kriteria Indeks Polutan Berdasarkan Hakanson (1980)

Nilai Cf	Indeks Polutan
Cf < 1	Faktor kontaminasi rendah (menunjukkan kontaminasi sedimen yang rendah terhadap zat yang dimaksud);
1 ≤ Cf < 3	Faktor kontaminasi sedang;
3 ≤ Cf < 6	Faktor kontaminasi yang cukup tinggi.
Cf ≥ 6	Faktor kontaminasi yang sangat tinggi

2.4.3. Indeks risiko ekologis

RI mengevaluasi tingkat kontaminasi sedimen berdasarkan toksisitas polutan yang dihitung (Hakanson, 1980). Untuk pencemaran logam berat tunggal dihitung dengan menggunakan rumus berikut: (Guo, *et al.*, 2010).

$$ER = Tr \times Cf$$

Keterangan:

Tr adalah faktor reaksi toksik (Tr untuk Hg = 40)

Cf adalah indeks akumulasi polutan

ER adalah risiko ekologis

Tabel 3. Kriteria Potensi Risiko Ekologis (ER) menurut Hakanson (1980)

Nilai ER	Potensi Resiko
ER < 40	Potensi risiko ekologis rendah
40 ≤ ER < 80	Potensi risiko ekologis sedang
80 ≤ ER < 160	Potensi risiko ekologis yang cukup besar
160 ≤ ER < 320	Potensi risiko ekologis yang tinggi
≥ 320	Potensi risiko ekologi yang sangat tinggi

2.4.4. Risk Quotient (RQ)

RQ yang digunakan untuk menggambarkan potensi risiko polutan beracun dihitung dengan menggunakan rumus yang digunakan oleh Huang, *et al.*, (2023) sebagai berikut:

$$RQ = Ci/PNEC$$

Keterangan:

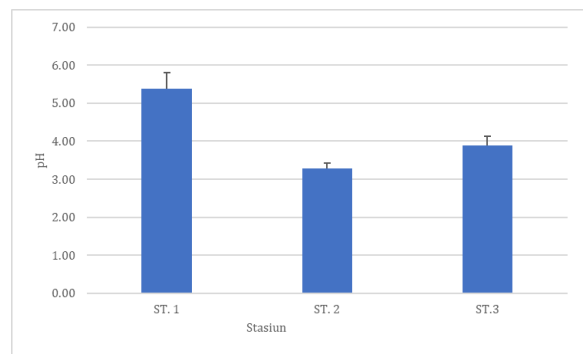
Ci adalah konsentrasi Hg dalam sampel sedimen dan PNEC adalah konsentrasi yang diprediksi tidak berpengaruh. Menurut Portezuela *et al.* (2019, PNEC Hg diperkirakan sebesar 0,04 mg/kg. RQ ≥ 1 menunjukkan risiko tinggi, dan RQ < 1 menunjukkan risiko rendah (Huang *et al.*, 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas Air

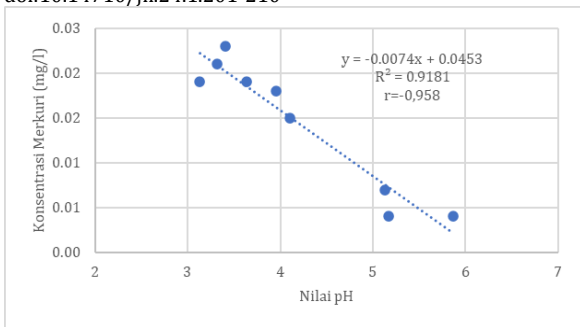
3.1.1. Derajat Keasaman (pH)

Salah satu parameter kualitas air sungai yang diukur adalah nilai pH. Nilai pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H⁺) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa (Kusumaningtya *et al.*, 2014). Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan (Yulis, 2018). Rata-rata nilai pH berkisar antara 3,29-5,39 dengan nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun I (Gambar 2).



Gambar 2. Nilai pH pada Setiap Stasiun

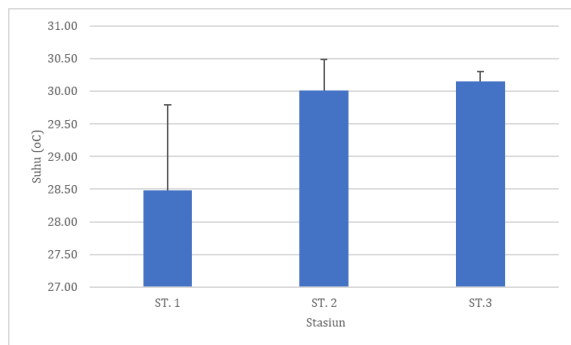
Nilai pH suatu perairan memiliki hubungan dengan konsentrasi merkuri. Konsentrasi merkuri total dan metil merkuri dalam perairan permukaan dapat dipengaruhi oleh kimia air, seperti salah satunya adalah pH (Moore, *et al.*, 2009). Mason *et al.* (2000) dalam Moore, *et al.* (2009) menemukan bahwa sungai dengan pH yang lebih rendah memiliki konsentrasi merkuri total dan metil merkuri yang lebih tinggi. Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya hubungan negatif yang sangat kuat antara pH dan konsentrasi merkuri dalam air ($r = -0,958$; $R^2 = 0,9181$) dimana $0,7 < r < 1$ menunjukkan korelasi yang sangat kuat (Antanga, *et al.*, 2023). Peningkatan nilai pH diikuti oleh penurunan konsentrasi merkuri. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi perairan yang lebih asam cenderung meningkatkan keberadaan merkuri di kolom air akibat meningkatnya kelarutan dan mobilitas logam berat pada pH rendah.



Gambar 3. Hubungan antara Konsentrasi Merkuri dengan Nilai pH

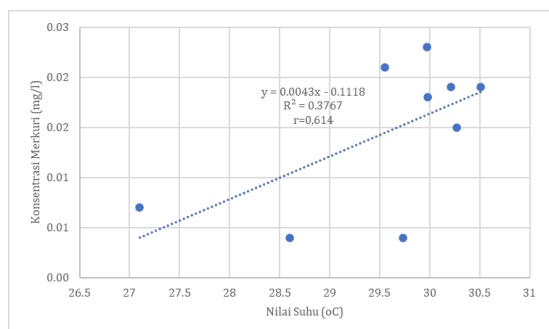
3.1.2. Suhu (°C)

Rata-rata nilai suhu pada Stasiun I, II dan III adalah berkisar antara 28,48-30,15°C. Suhu terendah terdapat pada stasiun I dengan rata-rata sebesar 28,48°C sedangkan nilai suhu tertinggi terdapat pada stasiun III dengan rata-rata sebesar 30,15°C, pada stasiun II nilai rata-rata suhu berkisar antara 30,01°C (Gambar 4).



Gambar 4. Nilai Suhu pada Setiap Stasiun

Hasil analisis regresi pada Gambar 5 menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara suhu air dan konsentrasi merkuri ($r = 0,614$; $R^2 = 0,3767$). Hal ini menunjukkan bahwa suhu berperan dalam memengaruhi mobilitas dan transformasi merkuri di perairan. Peningkatan suhu perairan diketahui dapat meningkatkan mobilitas dan transformasi merkuri melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses metilasi merkuri (Rodríguez, 2023; Sun et al., 2023). Selain itu, suhu juga memengaruhi bioavailabilitas dan toksisitas metil merkuri di ekosistem akuatik (Zhang et al., 2024).

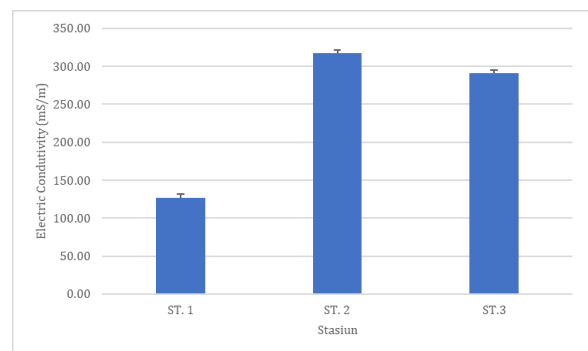


Gambar 5. Hubungan antara Konsentrasi Merkuri dengan Nilai Suhu

3.1.3. Electrical Conductivity (EC)

Electrical Conductivity (EC) adalah kemampuan air untuk menghantar arus listrik. Hal ini disebabkan adanya mineral yang terlarut di dalam air yang terionisasi. Semakin tinggi kemampuan menghantarkan daya listrik berarti semakin banyak ion atau mineral yang terlarut di dalam air (Yulianti *et al.*, 2016).

Nilai EC yang terdapat pada ketiga stasiun pengambilan sampel berkisar antara 126 mS/m hingga 318 mS/m dimana nilai EC terendah berada stasiun I dengan rata-rata sebesar 126 mS/m (Gambar 6). Nilai EC tertinggi terdapat pada stasiun II dengan rata-rata sebesar 318 mS/m, selanjutnya pada stasiun III nilai EC jauh lebih rendah namun tidak terlalu berbeda jauh dari stasiun III dengan rata-rata sebesar 291 mS/m.

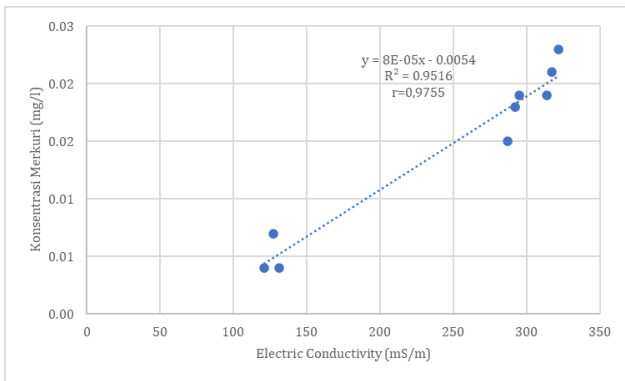


Gambar 6. Nilai *Electric Conductivity* pada Setiap Stasiun

Tingginya EC pada stasiun II dan stasiun III diakibatkan tingginya aktivitas penambangan di sepanjang sungai dengan proses penambangan yang menghasilkan material berlumpur. Dalam proses pertambangan, bahan kimia seperti zat pengikat atau pelarut dapat digunakan untuk memisahkan mineral dari batuan. Limbah kimia ini dapat mengandung garam atau senyawa ionik lainnya yang meningkatkan konduktivitas listrik dalam air atau tanah jika tidak dikelola dengan baik (Yuliasri, 2010).

Nilai *electrical conductivity (EC)* menunjukkan hubungan positif terhadap konsentrasi merkuri pada perairan yang terpengaruh aktivitas antropogenik. Peningkatan EC mengindikasikan bertambahnya ion terlarut dalam badan air yang dapat meningkatkan mobilitas logam berat, termasuk Hg.

Hasil analisis regresi pada Gambar 7 menunjukkan adanya hubungan positif yang sangat kuat antara electrical conductivity dan konsentrasi merkuri di air ($r = 0,9755$; $R^2 = 0,9516$). Nilai electrical conductivity meningkat diikuti oleh peningkatan konsentrasi merkuri. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya kandungan ion terlarut dalam perairan berasosiasi dengan meningkatnya akumulasi logam berat, termasuk merkuri di badan air.

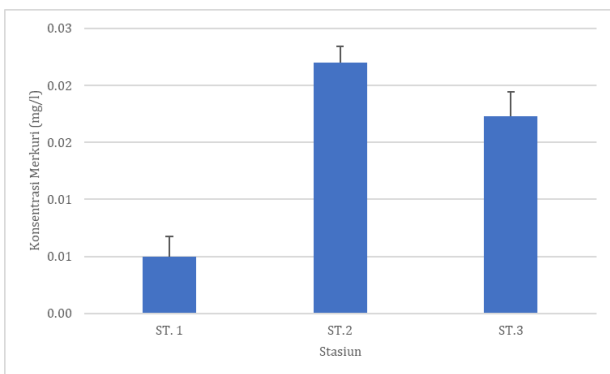


Gambar 7. Hubungan antara Konsentrasi Merkuri dengan Nilai *Electrical Conductivity*

3.2. Kandungan Merkuri pada Sungai Murui

3.2.1. Kandungan Merkuri pada Air

Kandungan merkuri pada air dari stasiun I rata-rata sebesar 0,005 mg/l, stasiun II sebesar 0,021 mg/l, dan stasiun III sebesar 0,017 mg/l (Gambar 8). Kandungan merkuri tertinggi terdapat pada stasiun II dan stasiun III, sedangkan kandungan merkuri terendah terdapat pada stasiun I. Kandungan merkuri pada ketiga stasiun tersebut telah melewati batas ambang standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional yaitu maksimum sebesar 0,001 mg/l.



Gambar 8. Rata-Rata Konsentrasi Merkuri dalam Air

Pada stasiun I terdapat kandungan merkuri yang telah melewati batas ambang yang telah ditetapkan, walaupun seperti yang diketahui bahwa tidak ada kegiatan pertambangan terdekat di sekitar pengambilan sampel. Tingginya kandungan merkuri tersebut dapat disebabkan oleh penggunaan merkuri pada area segmen hulu Sungai Murui dimana kegiatan pertambangan emas juga kemungkinan dilakukan. Selain itu, hal ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan merkuri di daratan kemudian terbawa melalui aliran air dari dalam tanah dan juga uap yang berasal dari pembakaran merkuri di daratan terbawa oleh air hujan yang terikat dengan partikel-partikel di udara dan masuk ke badan sungai. Setelah dilepaskan ke atmosfer, merkuri (Hg) dapat berpindah dalam jarak yang sangat jauh sebelum terdeposisi di permukaan daratan atau perairan, sehingga

mencemari wilayah-wilayah yang tampaknya tidak memiliki sumber langsung emisi antropogenik (Mahmud (2014), menyebutkan merkuri yang dilepaskan oleh aktivitas manusia di satu wilayah dapat terbawa oleh angin ke lokasi yang jauh, ini dapat terjadi melalui proses yang dikenal sebagai pencemaran udara jarak jauh, di mana polutan dapat diangkut oleh aliran udara lintas wilayah dan akhirnya terendapkan oleh hujan.

Konsentrasi merkuri yang tinggi ini juga disebabkan oleh wilayah yang merupakan salah satu daerah paparan banjir yang dimana hal ini dapat menyebabkan adanya pelepasan merkuri di lingkungan sekitar yang belum tercemar. Menurut Rahmatillah & Husen (2018) Jika banjir terjadi di daerah yang terkontaminasi oleh merkuri, banjir dapat menyebabkan merkuri yang terperangkap di tanah atau sedimen terlepas ke dalam air atau wilayah yang belum terkontaminasi. Ini bisa terjadi jika ada limbah industri atau pertambangan yang mengandung merkuri di dekat daerah banjir.

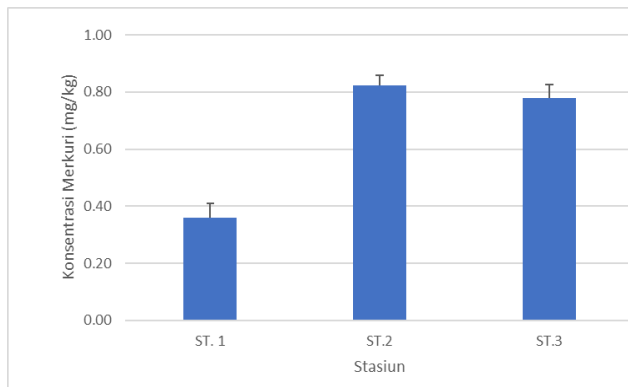
Tingginya kandungan merkuri pada stasiun II dan stasiun III disebabkan karena tempat pengambilan sampel pada stasiun II dan stasiun III merupakan lokasi yang paling banyak terdapat kegiatan pertambangan yang masih menggunakan teknik pengolahan emas dengan cara amalgamasi. Menurut Hidayanti (2019), metode penambangan emas tradisional, terutama yang melibatkan penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi, dapat menyebabkan kandungan merkuri menjadi tinggi di sekitar pertambangan. Dalam proses ini, merkuri digunakan untuk mengikat emas dari bijih, dan sebagian besar merkuri akhirnya terlepas ke lingkungan saat proses pemisahan dilakukan. Wawo *et al.* (2017), juga menyebutkan bahwa penggunaan merkuri dalam proses amalgamasi dapat menyebabkan kontaminasi merkuri pada tanah di sekitar pertambangan emas. Jika limbah atau sisa-sisa amalgam yang mengandung merkuri tidak dikelola dengan baik, merkuri dapat merembes ke tanah dan mencapai sistem perairan, meningkatkan kandungan merkuri dalam air tanah dan sungai di sekitarnya.

Pembuangan limbah rumah tangga juga berkontribusi terhadap meningkatnya konsentrasi merkuri pada lingkungan terutama pada air, hal ini sesuai dengan pendapat Azizah & Maslahat (2021), dimana limbah rumah tangga dapat berkontribusi pada merkuri dalam air melalui proses endapan atau emisi udara. Ketika limbah rumah tangga terurai di tempat pembuangan sampah, maka merkuri yang terkandung dalam limbah dapat bocor dan masuk ke dalam air tanah atau perairan terdekat. Muadifah (2019) juga menyebutkan bahwa jika ada produk rumah tangga yang mengandung merkuri terbakar atau terurai di tempat pembuangan sampah, emisi merkuri dapat terjadi dan mencemari udara. Merkuri tersebut dapat kemudian jatuh ke dalam air dalam bentuk hujan asam atau endapan atmosfer, sehingga meningkatkan kandungan merkuri dalam air.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat walapun masih adanya aktivitas PETI di sekitar lokasi tersebut tetapi kadar merkuri di perairan yang terdeteksi berkisar dari 0,004 hingga 0,023 mg/l, diperkirakan tidak semua kandungan logam merkuri yang terdeteksi di perairan, karena merkuri sangat mudah terakumulasi dan mengendap (Rachmawatie *et al.*, 2009).

3.2.2. Kandungan Merkuri pada Sedimen

Rata-rata hasil analisis kandungan merkuri pada sedimen yang terdapat pada stasiun I sebesar 0,36 mg/kg, stasiun II sebesar 0,82 mg/kg dan stasiun III sebesar 0,78 mg/kg (Gambar 9). Kandungan merkuri dalam sedimen ini lebih tinggi dari kandungan merkuri di Sungai Kuantan Riau, yaitu berkisar antara 0.17-0.24 mg/kg (Hasibuana, *et al.*, 2020. Berkisar antara 0,030-0.035 mg/kg pada sedimen dari Pulau Buru (Septory, *et al.*, 2023), namun lebih rendah dari kandungan merkuri pada sedimen dari Tambang Sawah yaitu mencapai 114,37 mg/kg (Mulyadi, *et al.*, 2023).



Gambar 9. Rata-Rata Konsentrasi Merkuri dalam Sedimen

Beberapa negara menetapkan batas kandungan merkuri dalam sedimen untuk mencegah dampak merugikan akibat keberadaan merkuri di dalam sedimen. Nilai baku mutu Hg sedimen menurut ANZECC & ARMCANZ dibagi menjadi dua kategori, yaitu rendah (0,15 mg/kg) yang menunjukkan efek toksisitas rendah namun tetap memerlukan perhatian lebih lanjut, dan tinggi (1,00 mg/kg) yang menunjukkan nilai acuan sebagai evaluasi terhadap dampak merugikan yang dialami oleh setengah populasi yang terpapar. Sementara itu, standar kualitas Kanada dalam CCME juga menunjukkan nilai Interim Sediment Quality Guideline (ISQG) sebesar 0,13 mg/kg sebagai batas timbulnya efek negatif pada biota, dan Probable Effect Level (PEL) sebesar 0,70 mg/kg sebagai efek biologis merugikan yang dialami biota akibat paparan kontaminan.

Selain itu, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) menetapkan standar kualitas

berdasarkan nilai Effect Range Low (ERL) sebesar 0,15 mg/kg dan Effect Range Medium (ERM) sebesar 0,71 mg/kg yang menunjukkan kriteria hubungan antara konsentrasi bahan kimia dalam sedimen dengan indikator kerusakan biologis yang ditimbulkan (Haryati *et al.*, 2022). Jika dibandingkan dengan standar tersebut maka kandungan merkuri dalam sedimen dari Sungai Murui sudah memiliki resiko buruk bagi lingkungan perairan.

Kandungan merkuri pada sedimen pada stasiun I mengandung konsentrasi merkuri yang belum melampaui nilai batas kontaminasi, karena merkuri yang terbawa oleh sedimen dari hulu (daerah pertambangan) dapat mengakumulasi daerah muara. Hal ini disebabkan merkuri yang terendap bersama sedimen di sepanjang sungai dapat membentuk “hot spot” kontaminasi antara estuari dan daerah kegiatan pertambangan, terutama pada aliran sungai yang tidak terlalu deras (Kitong, *et al.*, 2020). Proses ini akan terbawa terus sepanjang waktu dan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi di daerah estuari.

Tingginya kandungan merkuri pada stasiun II dan stasiun III disebabkan karena stasiun II dan III merupakan lokasi kegiatan pertambangan dan adanya pemukiman masyarakat setempat. Tingginya konsentrasi merkuri pada stasiun ini memiliki korelasi positif dengan kegiatan penambangan emas rakyat yang menggunakan teknik amalgamasi. Menurut pendapat Banunaek (2016), menyatakan bahwa penambangan emas rakyat yang menggunakan teknik amalgamasi diduga menyebabkan kontaminasi merkuri yang tinggi di daerah sekitarnya. Dari data di atas juga menunjukkan bahwa di lokasi ini kandungan merkuri dalam sedimen sudah cukup tinggi yang disebabkan oleh pengolahan emas yang menggunakan merkuri sudah berlangsung cukup lama di sekitar sungai. Kedalaman dari suatu perairan juga menyebabkan partikel merkuri dalam sedimen sungai cenderung mengendap di dasar sungai karena beratnya. Oleh karena itu, secara umum, kandungan merkuri dalam sedimen sungai dapat cenderung lebih tinggi di daerah dengan kedalaman yang lebih dalam (Sumarjono *et al.*, 2020).

Tingginya kandungan merkuri dalam sedimen dibandingkan dengan kandungan sedimen dalam air disebabkan oleh merkuri yang mudah mengendap di dasar perairan dan mudah terbawa oleh arus. Hal ini sesuai dengan pendapat Utami *et al* (2018) mengatakan bahwa logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi, hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan akan memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan dan membentuk sedimen.

Tabel 4. Nilai Indeks Polutan, Ecology Risk, Indeks Geothermal (I-Geo) dan Risk Quotient (RQ)

Titik Stasiun	Rata-rata Kandungan Merkuri di Sedimen (mg/kg)	CF	ER	I-Geo	RQ
ST 1	0,36	22,5	900	3,91	9
ST2	0,82	51,46	2.058,40	5,1	20,58
ST3	0,78	48,75	1.950,00	5,02	19,5

a. Indeks Akumulasi Polutan

Suatu lokasi dapat dinyatakan terkontaminasi dan tercemar atau tidak berdasarkan indeks penilaian, yaitu Indeks CF, yang bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan status kontaminasi dan pencemaran Hg dalam sedimen. Pengertian kontaminasi dan pencemaran sedimen didasarkan pada kadar Hg yang terukur di dalam sedimen yang akan memberikan efek negatif secara langsung maupun tidak langsung terhadap ekosistem. Kandungan logam berat (merkuri) dalam sedimen adalah informasi dasar untuk menilai resiko ekologi (Huang, et al. 2023). Berdasarkan Tabel 2 bahwa nilai dari ketiga stasiun (CF>6), yaitu berkisar antara 22,50-51,46, yang berarti keberadaan merkuri dalam sedimen termasuk ke dalam faktor kontaminasi yang sangat tinggi (Hakanson, 1980).

Logam berat dihasilkan oleh aktivitas manusia di lingkungan melalui kegiatan antropogenik langsung dan tidak langsung dan tersimpan di dalam tanah sebagai residu logam berat. I-geo dibuat untuk mengevaluasi dan menjelaskan status kontaminasi dan pencemaran Hg dalam sedimen dan latar belakangnya (Maulana et al., 2023). Indeks Geo-akumulasi (I-geo) adalah alat penilaian polusi yang memprediksi masukan antropogenik dari logam berat (Liu, et al., 2022). Berdasarkan Tabel 4 tersebut, ST.1 termasuk dalam kategori sangat tercemar dengan nilai I-Geo adalah 3,91, sedangkan ST.2 dan ST.3 termasuk dalam kategori ekstrem tercemar dengan nilai I-Geo masing-masing adalah 5,10 dan 5,02.

b. Indeks Risiko Ekologi

Paparan aktivitas pengolahan tambang emas terhadap kontaminan merkuri di sdimen diperkirakan berdasarkan konsentrasi efek yang dianggap mewakili konsentrasi lingkungan untuk pengendalian penyaringan yang aman. Indeks ekologi dikembangkan untuk mengevaluasi dan menjelaskan jumlah kontaminasi Hg dan pencemaran di tanah berdasarkan toksisitas dan reaksi lingkungan (Maulana et al., 2023). Nilai ER dari ketiga stasiun lebih dari 320. Berdasarkan kriteria pada Tabel 3 bahwa jika ER> 320 menunjukkan lokasi tersebut memiliki potensi risiko ekologi yang sangat tinggi dari akumulasi merkuri dalam sedimen. Nilai ER tersebut lebih besar jika dibandingkan dari nilai ER di Danau Lais yaitu sebesar 236,50 (Elvince dan Ardhani, 2025).

c. Rasio Risiko (Risk Quotient/RQ)

Risk Quotient (RQ) adalah rasio dari estimasi titik paparan dan estimasi titik dampak. Jika nilai RQ kurang dari 1, maka ada risiko yang dapat diterima. Sebaliknya, jika RQ lebih besar dari 1, maka terdapat

tingkat risiko yang tidak dapat diterima, sehingga perlu dilakukan tindakan untuk mengurangi paparan (Lee et al., 2019). Tabel 4 menunjukkan *Risk Quotient* (RQ) yang dihitung pada tiga titik stasiun memiliki nilai RQ lebih dari 1. Nilai tersebut menunjukkan risiko merkuri yang lebih tinggi dari akumulasi sedimen dari Sungai Murui.

4. KESIMPULAN

Kandungan merkuri baik air dan sedimen di Sungai Murui telah melewati standar yang telah ditetapkan. Berdasarkan Indeks Geoakumulasi dan Contamination Factor (CF) menunjukkan bahwa aktivitas athropohenik telah memberikan dampak peningkatan kandungan merkuri dalam sedimen sehingga masuk dalam kategori yang sangat tercemar. Selain itu dari penilaian indeks resiko ekologis dan juga *risk quotient* juga menunjukkan bahwa keberadaan merkuri dalam sedimen yang telah terakumulasi memiliki resiko ekologi yang sangat tinggi pada lokasi tersebut. Dari hasil penelitian ini, diharapkan bahwa lokasi tersebut perlu dilakukan pengelolaan lebih lanjut agar tidak menimbulkan dampak negatif yang lebih lanjut dari keberadaan merkuri di lingkungan perairan.

DAFTAR PUSTAKA

Ananga, E., Lawson, B.W, Aduboffour, V. K.A., Tei, M. Antwi, A.B. 2023. Mercury and lead pollution in rivers in Ghana: geo-accumulation index, contamination factor, and water quality index. *Water Practice & Technology* Vol 18 No 5, 1273 doi: 10.2166/wpt.2023.070.

Abdullah, M. I. C., Sah, A. S. R. M., Haris, H. 2020. Geoaccumulation Index and Enrichment Factor of Arsenic in Surface Sediment of Bukit Merah Reservoir, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, 31(3), 109–125, 2020

Afitha, A. D., Haryono, E., & Wacano, D. 2013. Variabilitas Harian Bikarbonat (Hco3) yang Terlarut dalam Air Pada Mata Air Karst di Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul. *Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia: Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia*, 27-40.

Aleku, D. L., Lazareva, O, Pichler, T. 2024. Mercury In Groundwater – Source, Transport and Remediation. *Applied Geochemistry* Vol 170 <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2024.106060>

Banunaek, Z. A. 2016. Pencemaran Merkuri di Lahan Pertambangan Emas Rakyatdan Strategi Pengendaliannya (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).

Bawelle, E., Undap, S. L., Kusen, D. J., Pangemanan, N. P., Tumembouw, S. S., Wantasen, A. S., & Langi, E. O. 2020. Konsentrasi Merkuri (Hg) Pada Air Laut di Area Budidaya Teluk Manalu Kabupaten Kepulauan Sangihe. *E-Journal Budidaya Perairan*, 8(2).

- Elvince, R., Ardani, B., Ruthena, Y., Wulandari, L., dan Zega, P. D. K. (2026). Analisis Kandungan Merkuri dan Penilaian Resiko Ekologi dari Keberadaan Merkuri (Hg) di Sungai Murui, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(1), 201-210, doi:10.14710/jil.24.1.201-210 Borneonews.
- <https://www.borneonews.co.id/Berita/56566-Ada-Ribuan-Penambang-Di-Sepanjang-Sungai-Murui>
- Budi, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. A. Y. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undi p)*, 4(5), 119-118.
- Elvince, R., Inoue, T., Darung, U., Kawakami, T., Nagafuchi, O., & Tsushima, K. 2008. Mercury Contamination in Lake Tilap, Central Kalimantan, Indonesia. *Journal Of Ecotechnology Research*, 13(4), 291-294.
- Elvince, R., Inoue, T., Tsushima, K., Takayanagi, R., Darung, U., Gumiri, S., & Yamada, T. 2008. Assessment of Mercury Contamination in The Kahayan River, Central Kalimantan, Indonesia. *Journal Of Water and Environment Technology*, 6(2):103-112.
- Elvince, E., Ebnaweri. 2024. Kandungan Merkuri Pada Ikan Air Tawar Dan Resiko Bagi Kesehatan Masyarakat Di Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 12, No. 1: 047 - 052
- Elvince, R., Ardhani, B. 2025. Mercury Dynamics in Mining-Adjacent Ecosystems: Risk Assessment of Lake Lais, Central Kalimantan, Indonesia. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia 2025* (1), 4. <https://doi.org/10.55981/limnotek.2025.8184>
- Elvince R, Inoue T, Darung U, Ardianor, Kawakami T, Nagafuchi O, Tsushima K. 2008. Mercury Contamination in Lake Tilap, Central Kalimantan, Indonesia. *Journal Of Ecotechnology Research*, 13(4), 291-294.
- Guo, W., Liu, X., Liu, X., Li, G. 2010. International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference (ISEIS) Pollution and Potential Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in the Sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin. *Procedia Environmental Sciences* 2:729-736.
- Hakanson, L. 1979. An ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control, A Sedimentological Approach. *Water Research*, Vol 14: 975-1001.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., & Fiqri, A. 2017. *Fitoremediasi dan phytomining logam berat pencemar tanah*. Universitas Brawijaya Press.
- Hasibuana, D. K.A., Riani, E., Anwar, S. 2020. Kontaminasi Merkuri (Hg) Pada Air Sungai, Air Sumur, Sedimen dan Ikan di Sungai Kuantan, Riau. *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 10(4): 679-687. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.4.679-687>
- Hidayanti, K. 2019. Distribusi Logam Berat Pada Air dan Sedimen Serta Potensi Bioakumulasi Pada Ikan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (Studi Kasus: DAS Sekonyer, Kalimantan Tengah). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*.
- Haryati, A., Prartono, T. & Hindarti, D. 2022. Konsentrasi Merkuri (Hg) Di Sedimen Perairan Cirebon, Jawa Barat Pada Musim Peralihan Timur. *J. Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(3): 321-335.
- Huang, W.Y, Huang, S.W, Li, Y.L, Huang, S.P, Lin, C, Ngo, H.H., Bui, X. T. 2023. Reduced pollution level and ecological risk of mercury-polluted sediment in a alkali-chlorine factory's brine water storage pond after corrective actions: A case study in Southern Taiwan. *Environmental Technology & Innovation* 29:1-11
- Indrajaya, F. & Virgiyanti, L. 2019. Analisa Kandungan Merkuri (Hg) di Wilayah Penambangan Emasdanau Payawan Desa Tumbang Panggo Kecamatan Tasik Payawan Kabupaten Katingan. *Promine*, 7(2):59-64
- Japan Public Health Association. 2001. Preventive Measures against Environmental Mercury Pollution and Its Health Effects
- Jeong, H., Ali, W., Zinck, P., Souissi, S., Lee, J.S. 2024. Toxicity of Methylmercury in Aquatic Organisms and Interaction with Environmental Factors and Coexisting Pollutants: A Review. *Science of The Total Environment*, 943, 173574.
- Kitong, M. T., Abidjulu, J., & Koleangan, H. S. 2012. Analisis Merkuri (Hg) dan Arsen (As) di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara. *Jurnal Mipa*, 1(1), 16-19.
- Lintern, A., Schneider, L., Beck, K., Mariani, M., Fletcher, M.S., Gell, P., Haberle, S. 2020. Background Concentrations of Mercury in Australian Freshwater Sediments: The Effect of Catchment Characteristics on Mercury Deposition. *Elem Sci Anth*, 8: Xx. Doi: <https://doi.org/10.1525/Elementa.019>
- Le, Q. H, Tran, D.D., Chen, Y. C, Nguyen, H.L. 2019. Risk of Lead Exposure from Transport Stations to Human Health: A Case Study in the Highland Province of Vietnam. *Toxic*, 1-13.
- Liu, A. X., Dadzie, A.A, Yuan, L, Xing, S, Zhou, X, Xiao, S. 2022. Analysis and potential ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of the freshwater ecosystem in Zhenjiang City, China. *SN Applied Sciences* 4:258
- Liu, D., Wang, J., Yu, H., Gao, H, Xu, W. 2021. Evaluating Ecological Risks and Tracking Potential Factors Influencing Heavy Metals in Sediments in an Urban River
- Maulana, A., Harianti, M, Prasetyo, T.B, Herviyanti. 2023. Index of contamination/pollution factor, geo-accumulation and ecological risk in ex-gold mining soil contaminated with mercury. *JOURNAL OF DEGRADED AND MINING LANDS MANAGEMENT* Volume 10, Number 4 :4791-4799, doi:10.15243/jdmlm.2023.104.4791
- Mahardika, D. I., & Salami, I. R. S. 2012. Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air dan Sedimen Aliran Sungai dari Air Lindi TPA Sari Mukti. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1), 30.
- Mahmud, M. 2014. *Kajian Pencemaran Merkuri Terhadap Lingkungan Di Kabupaten Gorontalo Utara*. Penelitian Kerjasama
- Moore, C.W., Cosby, B.J., Galloway, J.N., Castro, M.S. 2009. Relationship Between pH and Stream Water Total Mercury Concentrations in Shenandoah National Park. *Water Air Soil Pollut* 201:233-238
- Muadifah, A. 2019. *Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Mulyadi, I., Zaman, B., Sumiyati, S. 2020. Mercury (Hg) Concentration of River Water and Sediment in Tambang Sawah Village Due To Gold Mining Without Permission. The 5th International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020205021>
- Ndam Ngoupayou, J. R.; Deliege, J. F. 2023. Hydrogeochemistry And Mercury Hydrogeochemistry and Mercury Contamination of Surface Water in the Lom Gold Basin (East Cameroon): Water Quality Index, Multivariate Statistical Analysis and Spatial Interpolation. *Water*, 15, 2502.

- Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Portezuela, M., García, M., & González, J. 2019. Derivation of Sediment Mercury Quality Standards for the Protection of Benthic Invertebrates. *Environmental Pollution*, 255, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113120>
- Protano, C., Zinna, L., Giampaoli, S., Spica, V.R., Chiavarini, S., Vitali, M. 2014. Heavy Metal Pollution and Potential Ecological Risks in Rivers: A Case Study from Southern Italy. *Bull Environ Contam Toxicol* 92:75-80
- Rachmawatie, R., Hidayah, Z., & Abida, I. W. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 2(2), 125-134.
- Rahmah, N., Zulfikar, A., & Apriadi, T. 2022. Kelimpahan Fitoplankton dan Kaitannya dengan Beberapa Parameter Lingkungan Perairan di Estuari Sei Carang Kota Tanjungpinang. *Journal of Marine Research*, 11(2), 189-200.
- Rahman, A., Masmitra, K. D., & Nurliani, A. 2016. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) Budidaya Keramba di Sekitar Waduk Riam Kanan Kecamatan Aranio. *Biodi daktika: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 11(2).
- Rahmatillahs & Husen, T. 2018. Penyalahgunaan Pengelolaan Pertambangan Terhadap Kerusakan Lingkungan Hidup di Kecamatan Kluet Tengah. *Legitimasi: Jurnal Hukum Pidana dan Politik Hukum*. Vol. 7 No. 1
- Rodríguez, J. (2023). Mercury Methylation in Boreal Aquatic Ecosystems Under Oxidic Conditions and Climate Change: A Review. *Frontiers In Marine Science*, 10, 1198263
- Safitri, M. & Putri. 2013. Kondisi Keasaman (pH) Laut Indonesia. *Jurnal Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan*. ITB. Bandung.
- Saturday, A. 2018. Mercury and its Associated Impacts on Environment and Human Health: A Review. *J Environ Health Sci* 4(2): 37- 43.
- Septory, A.N., Mariwy, A R., Untailawan. 2023. Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Sedimen Di Perairan Desa Batuboy Teluk Kayeli Pulau Buru. *Mjoc/Vol 13 No 1/Januari 2023/Hal. 23-31*
- SNI 6989.57-2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan
- SNI 6989.78-2011 Tentang Cara Uji Raksa (Hg) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa)-Uap Dingin Atau Mercury Analyzer
- Sun, T., Lindo, Z., & Branfireun, B.A. 2023. Ground Warming Releases Inorganic Mercury and Increases Net Methylmercury Production in Two Boreal Peatland Types. *Frontiers In Environmental Science*, 11, 1100443
- Sumantri, A., Laelasari, E., Junita, N.R., Nasrudi n. 2014. Logam Merkuri Pada Pekerja Penambangan Emas Tanpa Izin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*
- Sumarjono, E., Aryanto, R., Purwiyono, T. T., & Subandrio, S. 2020. Topografi Sebagai Faktor Pengontrol Terhadap Penyebaran Merkuri Limbah Pengolahan Bijih Emas dengan Metode Amalgamasi Pada Sedimen Sungai. In *Prosiding Seminar Nasional Pakar* (Pp. 1-3).
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2017 Tentang Penataan Ruang
- United States Environmental Protection Agency. 2017. Mercury Study Report to Congress, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development. Washington DC (US): Environmental Protection Agency.
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. In *Seminar Nasional Hari Air Sedunia* (Vol. 1, No. 1, Pp. 141-153).
- Wawo, R. H. A., Widodo, S., Jafar, N., & Yusuf, F. N. 2017. Analisis Pengaruh Penambangan Emas Terhadap Kondisi Tanah Pada Pertambangan Rakyat Poboya Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, 5(3).
- World Health Organization. 2024. Mercury. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (Diakses pada tanggal 23 Mei 2025)
- World Health Organization. 1993 Guidelines for Drinking Water Quality (2nd Edn). Geneva
- Yanti, N. D. 2016. Penilaian Kondisi Keasaman Perairan Pesisir dan Laut Kabupaten Pangkajene Kepulauan Pada Musim Peralihan I. Makasar. Universitas Hasanuddin.
- Yulianti, R., Sukiyah, E., & Sulaksana, N. 2016. Dampak Limbah Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti) Terhadap Kualitas Air Sungai Limun Kabupaten Sarolangun Propinsi Jambi. *Bulletin Of Scientific Contribution*, 14(3), 251-262.
- Yuliastri, I. R. 2010. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah.