



Analisis Kualitas Air Dampak Pertambangan Emas Di Aliran Sungai Barito Kabupaten Murung Raya

Water Quality Analysis Of The Impact Of Gold Mining In The Barito River, Murung Raya District

Andrie Natallius Fery ^{1*}, Agus Susanto ², dan Lilik Sulistyowati ³

¹ S2 Studi Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Terbuka, Jalan Sholeh Iskandar, Kota Bogor, kode pos 16164.

² S2 Studi Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Terbuka, Jalan Sholeh Iskandar, Kota Bogor, kode pos 16164.

³ S2 Studi Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Terbuka, Jalan Sholeh Iskandar, Kota Bogor, kode pos 16164

*Corresponding Author: feryandri407@rocketmail.com

Article Info:

Received: 01-03-2023

Accepted: 27-03-2023

Kata kunci:

Pertambangan Emas,
Sungai Barito, Kualitas Air,
Cemar

Keywords: Gold Mining,
Barito River, Water
Quality, Contaminated.

Abstrak: Mengatasi permasalahan air menjadi kebutuhan segera dan memerlukan kajian dari berbagai penelitian. Sungai Barito kurang menunjang sebagai sumber air baku air minum, perlu dilakukan penelitian dampak pencemaran pertambangan emas skala kecil di aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya. Tujuan Penelitian menganalisa kualitas air sungai, status pencemaran, dan beban pencemaran dampak dari pertambangan emas di aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya. Metode Penelitian deskriptif kuantitatif, 4 titik pengambilan sampel air sungai Barito pada bulan Mei – Juni 2022, dianalisis dengan Indeks Pencemaran (IP) dan dihitung beban pencemar maksimum (BPM) dan Beban Pencemar Actual (BPA). Hasil menunjukkan kualitas air aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya pada parameter Timbal, TSS, Seng dari hulu, tengah, hilir sampai perbatasan kabupaten sebelah melebihi baku mutu air kelas II PP No. 22 Tahun 2021. Rata-rata nilai IP yaitu 1,41 menunjukkan cemar ringan. Beban pencemar total pada parameter TSS sebesar 25.410,4 kg/hari, Timbal (Pb) diperkirakan sebesar 22,7 kg/hari, merkuri (Hg) diperkirakan sebesar 0,3 kg/hari setara dengan 300 gr/hari merkuri buangan dari pertambangan emas di aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya.

Abstract: Overcoming water problems is an immediate need and requires study of various research. The Barito River is not sufficient as a source of raw drinking water, it is necessary to conduct research on the impact of small-scale gold mining pollution on the Barito river, Murung Raya Regency. The aim of the research is to analyze river water quality, pollution status and pollution load from the impact of gold mining in the Barito river, Murung Raya Regency. Quantitative descriptive research method, 4 sampling points of Barito river water in May - June 2022, analyzed using the Pollution Index (IP) and calculating the maximum pollutant load (BPM) and Actual Pollution Load (BPA). The results show that the water quality of the Barito river, Murung Raya Regency on the parameters of Lead, TSS, Zinc from upstream, middle, downstream to the border of the next district exceeds the class II water quality standards of PP No. 22 of 2021. The average IP value is 1.41, indicating light pollution. The total pollutant load on TSS parameters is 25,410.4 kg/day, Lead (Pb) is estimated at 22.7 kg/day, mercury (Hg) is estimated at 0.3 kg/day, equivalent to 300 gr/day of mercury waste from gold mining in the Barito river, Murung Raya Regency.

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan yang tidak diolah sebelum di buang ke badan air mengakibatkan pencemaran badan air sehingga berdampak pada kualitas air. (Obiri-Yeboah et al., 2021). Mengatasi Permasalahan tentang air menjadi kebutuhan segera dan memerlukan kajian dari berbagai penelitian sebagai solusi guna menghasilkan kebijakan yang sejalan dengan SDGs (Sustainable Development Goals) pada tujuan ke 6 yaitu menjamin adanya ketersediaan serta pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan bagi semuanya. (International Labour Organisation, 2018). Berdasarkan rekomendasi SDGs untuk segera mengatasi permasalahan tentang air, wilayah daerah aliran sungai penting untuk di tinjau dari berbagai sudut pandang baik secara pengelolaan dan perencanaan. Angka pencemaran sungai di Negara Indonesia ini tergolong tinggi. Tahun 2016, dari 140 sungai untuk 34 Provinsi di Indonesia, 73,24% berstatus tercemar, hanya 2,01 % sungai yang memenuhi baku mutu air kelas II. (Kemenlkh, 2016). Hasil data olahan Direktorat Pengendalian Pencemaran Air Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan status mutu sungai di Indonesia dengan kondisi tercemar berat sudah mencapai di angka 67.94 %, sehingga memerlukan intervensi lebih lanjut. (Kurniawan, 2018).

Kabupaten Murung Raya merupakan satu dari 4 (empat) kabupaten yang ada di Provinsi Kalimantan Tengah yang dilewati oleh Sungai Barito. Sungai barito sebagai sungai besar di Kabupaten Murung Raya dengan panjang ± 900 Kilometer dengan kedalaman diatas rata-rata 8 meter. (BPS Murung Raya, 2021) Memiliki potensi galian tambang terdiri dari emas, batubara, bentonit, intan, kapur, dan kerikil/pasir. (Dinas PU Kab. Murung Raya, 2016). Peningkatan jumlah kegiatan pertambangan di tunjukkan data tahun 2019 terdapat 48 perusahaan pertambangan mineral dan batubara yang beroperasi di Kabupaten Murung Raya (ESDM Provinsi Kalimantan Tengah, 2019). Kegiatan pertambangan disamping mempunyai dampak positif terhadap kesejahteraan masyarakat juga mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, kegiatan pertambangan terutama pertambangan emas skala kecil mempunyai karakteristik antara lain tidak bisa di perbaharui kembali, memiliki resiko yang relatif tinggi serta memiliki efek terhadap lingkungan yang relatif tinggi juga. Karena sifat nya yang tidak bisa diperbaharui, maka kegiatan pertambangan akan mencari lokasi cadangan yang baru untuk di eksploitasi. (Salim, 2012).

Beberapa penelitian berikut menunjukkan dampak dari pertambangan, pemodelan kerusakan lingkungan juga di sebabkan dari usah pertambangan emas dengan skala kecil yang ada di kawasan sepanjang sungai kuning kawasan China. (Wohlfart et al., 2017). Proses penambangan terkadang sangat kompleks yang dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan sekitar serta juga dapat menimbulkan pencemaran seperti buangan bahan kimia dan tailing dari proses penambangan. Limbah yang ditimbulkan dapat mencemari daerah perairan sungai seperti logam berat Merkuri, Timbal, Kadmium, Nikel, dan Seng. (Rahmadani & Alawiyah, 2022) Sungai Barito memperlihatkan situasi kurang menunjang dipakai untuk dijadikan sebagai sumber air baku air minum langsung kepada masyarakat. (Dinas Lingkungan Hidup Kab. Murung Raya, 2007). Sementara penduduk masih banyak yang bermukim dibantaran sungai barito, mereka melakukan semua aktivitas sehari-hari di dalam rumah lanting. Beberapa alasan mereka yang tidak mau meninggalkan kebiasaan hidup lama karena beberapa hal dari segi sarana prasarana dan fasilitas air bersih tidak tersedia sehingga mengharuskan masyarakat bahwa merupakan sungai salah satu kebutuhan sehari-hari untuk menyambung hidup (Diskominfo Kab Murung Raya., 2019).

Kualitas yang kurang menunjang untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat di sekitar sungai Barito di tunjukkan penelitian tentang pencemaran air berdasarkan kualitas air sungai Jaing yang merupakan anak sungai Daerah Aliran Sungai Barito di Provinsi Kalimantan Selatan menunjukkan penurunan kualitas air berdasarkan analisis hasil Total Padatan Tersuspensi (TSS) dengan hasil status mutu air mengalami cemar ringan menurut metode Indeks Pecemaran (IP) akibat pergeseran fungsi lahan disekitar sungai Jaing yang beralih fungsi sebagai lahan pertambangan. (Yuniarti & Biyatmoko, 2019) Secara umum kualitas air Sungai Petangkep (anak sungai DAS Barito) Kabupaten Barito Timur melebihi baku mutu air kelas II terutama pada sifat kimia COD, BOD, FOSFAT (P), DO, Logam berat (Fe), sumber utama pencemar berasal dari pertambangan dengan jenis tambang batu bara, kebun, permukiman penduduk, ladang masyarakat dan perkebunan sawit. (Susanto, 2021) Penelitian di Kabupaten Murung Raya sendiri menunjukkan penyebab utama perbedaan tingkat kejadian Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR) antar daerah di kabupaten adalah campuran relatif dari paparan lingkungan dan faktor perilaku kesehatan. Pada pemeriksaan darah di dapatkan konsentrasi merkuri relatif lebih tinggi pada responden yang mengonsumsi lebih banyak ikan daripada jarang konsumsi ikan di wilayah pertambangan. (Donal et al., 2017).

Belum ada data yang memperlihatkan dampak kegiatan pertambangan yang sangat

merugikan bagi kelangsungan kehidupan masyarakat yang masih menggunakan air sungai Barito guna memenuhi kebutuhan sehari – hari, sehingga dilakukan penelitian air sungai Barito di Kabupaten Murung Raya agar menjadi bahan pengambilan kebijakan yang sesuai dengan salah satu target SDGs pada tahun 2030 nanti yaitu meningkatkan kualitas air dengan mengurangi polusi, mengurangi setengah proporsi air limbah yang tidak diolah, meminimalkan pelepasan material, menghilangkan pembuangan dan bahan kimia berbahaya. Penelitian ini merupakan hasil pengembangan dari beberapa penelitian terdahulu tentang kualitas air sungai pada wilayah DAS Barito. Kebaharuan penelitian ini tentang kualitas air akibat limbah dari lokasi-lokasi pertambangan emas di Sungai Barito Wilayah Kabupaten Murung Raya yang belum pernah dianalisis oleh peneliti lainnya, kualitas air sungai Barito Kabupaten Murung Raya ditentukan menggunakan Indeks Pencemaran dan Beban Pencemaran sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini lebih spesifik menganalisis parameter yang diukur sesuai Baku Mutu Air Limbah KepMenLH No. 202 Tahun 2004.

2. Metode Penelitian

Analisa data pada penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif, untuk mengetahui kualitas air sungai Barito Kabupaten Murung Raya dengan menganalisa hasil uji parameter sampel air sungai dibandingkan dengan standar baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air sungai Barito yaitu Metode Indeks Pencemaran (IP), dan Perhitungan beban pencemar sungai dibagi menjadi dua yaitu beban pencemar maksimum (BPM) yang merupakan beban pencemaran yang diperbolehkan di badan air sungai berdasarkan peruntukannya. Penentuan BPM dilakukan dengan mengalikan antara debit sungai yang ditinjau dengan konsentrasi parameter tertentu berdasarkan baku mutu. Beban pencemar yang kedua yaitu beban pencemar actual (BPA) yang merupakan beban pencemaran yang dihasilkan di badan air sungai pada saat kondisi eksisting. BPA diperoleh dengan mengalikan antara debit dengan konsentrasi parameter yang telah terukur. Selisih antara BPM dan BPA dijadikan suatu penentu apakah suatu sungai beban pencemarannya telah terlampaui atau belum, jika telah terlampaui maka harus segera dilakukan pengendalian pencemaran air (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115, 2003)

a. Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain jerigen sampel air ukuran 2 Liter, Pen Type pH Meter, Coolbox, Alat tulis. Alat yang digunakan untuk analisis data dan pemetaan sebaran lokasi pertambangan emas adalah Laptop, Microsoft Word, Microsoft Excel dan Kamera. Cara pengambilan sampel air di aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya sesuai panduan SNI 6989.57 Tahun 2008 yaitu:

- i. Mempersiapkan Botol Air/Jerigen 2 Liter yang digunakan sebagai wadah sampel;
- ii. Botol/Jerigen dibilas menggunakan sampel air;
- iii. Kemudian sampel air dimasukkan pada botol/jerigen dengan cara dicelupkan kedalam aliran air sungai;
- iv. Mengukur pH air sampel selanjutnya di catat;
- v. Botol air sampel ditutup dan ditempel dengan identitas yang berisi data lokasi pengambilan sampel.
- vi. Selanjutnya di kirim ke Laboratorium untuk pemeriksaan parameter fisika dan kimia.

Baku Mutu air yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, karena aliran sungai Barito melewati beberapa Kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah dengan muara laut Jawa. (Pemerintah Republik Indonesia, 2021) Dan parameter yang dianalisa sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan atau Tembaga meliputi parameter fisika yaitu Residu Tersuspensi (TSS). Parameter Kimia yaitu pH, Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Seng (Zn), Timbal (Pb), Arsen (As), Nikel (Ni), Krom total (Cr), Merkuri (Hg) selanjutnya sampel air sungai Barito di kirim ke Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Banjarmasin yang telah terakreditasi SNI ISO/IEC 17025 : 2017

b. Metode

Waktu pelaksanaan pengambilan sampel air sungai Barito pada musim kemarau dibulan Mei - Juni Tahun 2022, sebanyak 3 kali pengambilan di setiap titik pemantauan. Dengan desain deskriptif analitik untuk menganalisa kualitas air sungai Barito dan tingkat pencemaran berdasarkan metode STORET, Indeks Pencemaran, dan Beban Pencemaran dampak dari pertambangan emas di aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya. Penentuan kualitas air

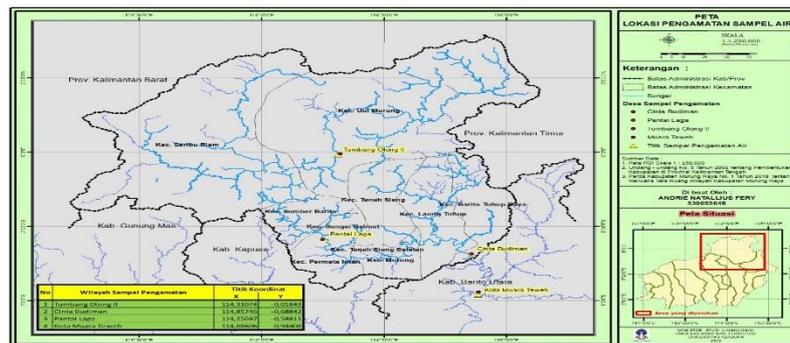
$$= \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2_M + (C_i/L_{ij})^2_R}{2}}$$

berdasarkan standar baku mutu Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air menggunakan parameter pencemaran air sungai berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Penambangan Bijih Emas/Tembaga. Penelitian dilaksanakan di Sungai Barito Wilayah Kabupaten Murung Raya pada 4 titik pemantauan yang sudah ditentukan antara lain:

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air Sungai Barito

Titik Pemantauan	Segmen	Lokasi	Koordinat (Y)	Koordinat (X)
1	Bagian hulu	Desa Tumbang Olong II, Kecamatan U'ut Murung	-0,01843	114,31074
2	Bagian Tengah	Desa Pantai Laga, Kecamatan Permata Intan	-0,58811	114,25697
3	Bagian Hilir	Desa Cinta Budiman, Kecamatan Barito Tuhup Raya	-0,68842	114,85746
4	Kabupaten Sebelah	Kota Muara Teweh, Kabupaten Barito Utara	-0,94408	114,88606

Titik pemantauan pengambilan sampel air menggunakan metode purposive sampling ditunjukkan dengan peta berikut :



Gambar 1. Peta Titik Pengambilan Sampel Air

Evaluasi mutu air untuk metode Indeks pencemaran berdasarkan nilai IP :

Tabel 2. Klasifikasi kriteria kualitas Air dengan metode IPA

Rentang Nilai Indeks	Kategori
$0 \leq IP_j \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu (Kondisi Baik).
$1,0 < IP_j \leq 5,0$	Cemar ringan
$5,0 < IP_j \leq 10$	Cemar sedang
$IP_j > 10$	Cemar berat

Sumber : (Kemenlkh, 2003)

Beberapa ketentuan dalam penentuan status mutu air dengan metode Indeks Pencemaran, yaitu :

- i. Lij menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang tercantum dalam Baku Mutu Air sesuai pemanfaatan/peruntukan (j)
- ii. Ci menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis sample air pos pemantauan
- iii. IPj adalah indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari Ci/Lij.
- iv. $IP_j = (C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_i/L_{ij})$
- v. Tiap nilai Ci/Lij menunjukkan pencemaran relatif yang diakibatkan oleh parameter kualitas air.
- vi. Penentuan harga IPj menggunakan rumus berikut:

$$IP_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Dimana

Lij = Konsentrasi Parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Peruntukan Air (j),

Ci = Konsentrasi Parameter kualitas air (i), IPj adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j)

(Ci/Lij) R = Nilai Ci/Lij Rata-rata

(Ci/Lij) M = Nilai Ci/Lij Maksimum.

Perhitungan beban pencemar sungai dibagi menjadi dua yaitu beban pencemar maksimum (BPM) yang merupakan beban pencemaran yang diperbolehkan di badan air sungai berdasarkan peruntukannya. Penentuan BPM dilakukan dengan mengalikan antara debit sungai yang ditinjau dengan konsentrasi parameter tertentu berdasarkan baku mutu. Beban pencemar yang kedua yaitu beban pencemar actual (BPA) yang merupakan beban pencemaran yang dihasilkan di badan air sungai pada saat kondisi eksisting. BPA diperoleh dengan mengalikan antara debit dengan konsentrasi parameter yang telah terukur. Selisih antara BPM dan BPA dijadikan suatu penentu apakah suatu sungai beban pencemarannya telah terlampaui atau belum, jika telah terlampaui maka harus segera dilakukan pengendalian pencemaran air (Kemenlkh, 2003) Beban pencemaran maksimum adalah beban pencemaran yang diperbolehkan di suatu sungai berdasarkan peruntukannya. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi awal sungai tanpa adanya masukan sumber pencemar, dengan rumus perhitungan sebagai berikut = BPM = Q x CBM

Dimana:

BPM = Beban pencemar maksimum (kg/hari),

Q = Debit terukur (m³ /detik),

CBM = Konsentrasi (Standar baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22/2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air) / (mg/liter).

Beban pencemaran actual adalah beban pencemaran yang dihasilkan di suatu sungai pada saat kondisi eksisting, rumus yang digunakan dalam menghitung beban pencemaran actual adalah = BPA = Q x CM

dimana :

BPA = Beban pencemar actual (kg/hari),

Q = Debit terukur (m³ /detik),

CM = Konsentrasi terukur (mg/liter).

3. Hasil dan Pembahasan

a. Kualitas Air Sungai Barito Kabupaten Murung Raya Berdasarkan Parameter Air.

Dari parameter yang dianalisa sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan atau Tembaga meliputi parameter fisika yaitu Residu Tersuspensi (TSS). Parameter Kimia yaitu pH, Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Seng (Zn), Timbal (Pb), Arsen (As), Nikel (Ni), Krom total (Cr), Merkuri (Hg). Hasil dari pengukuran 10 parameter air aliran Sungai Barito Kabupaten Murung Raya, ada beberapa parameter air yang tidak sesuai baku mutu air sungai peruntukan kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, sebagai berikut:

i. pH (Derajat Keasaman)

Sesuai Peraturan Pemerintah RI nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk peruntukan dan baku mutu air sungai pH yang di toleransi pada sungai adalah 6-9. Nilai pH pada TP. 1 (bagian hulu) berkisar di angka 5,5 – 6,6 dengan rata-rata 5,93. Bagian tengah yaitu TP. 2 parameter pH berada pada angka 5,7 – 6,1 dengan rata-rata 5,93. serta pada bagian hilir yaitu TP. 3 nilai pH berada pada angka 6,3 – 7,7 dengan rata-rata 6,86 dan untuk TP. 4 (Kabupaten Sebelah) nilai pH berada pada 5,5 – 8,1 dengan rata-rata 6,36. Berdasarkan rata-rata nilai pH, lokasi yang memenuhi baku mutu air PP Nomor 22 tahun 2021 peruntukkan kelas II yaitu TP. 3 dan TP. 4. Sedangkan nilai rata-rata untuk TP. 1 dan TP. 2 berada dibawah ambang baku mutu air kelas II. Hal ini kemungkinan disebabkan akibat aliran pembuangan limbah kegiatan pertambangan emas skala kecil di aliran sungai Barito. Lokasi TP. 1 dan TP. 2 merupakan pertemuan dari banyak aktivitas pertambangan emas skala kecil, dipengaruhi curah hujan lebat yang terjadi selama 2 hari di bagian hulu

menyebabkan limbah buangan dari lokasi pertambangan skala kecil di darat mengalir masuk ke badan sungai Barito. Hasil penelitian ini didukung oleh hasil studi bahwa limbah pertambangan emas dapat menurunkan nilai pH dan menyebabkan air sungai akan bersifat asam (Gani et al., 2017). Kadar pH dapat dipengaruhi oleh faktor alam dan kegiatan manusia sehari-hari di sekitar badan sungai (Susanto, 2021).

ii. **TSS (Padatan Suspensi Total)**

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk baku mutu air sungai kelas II bahwa kadar TSS batas toleransi di angka 50 mg/L. Hasil pengukuran uji laboratorium kadar TSS pada empat titik pantau yaitu nilai rata-rata untuk TP. 1 54,66, untuk TP. 2 rata-rata kadar TSS di angka 52,66, pada TP. 3 rata-rata kadar TSS berkisar di 58,00 dan untuk TP. 4 kadar TSS rata-rata berkisar di angka 51,33. Kadar TSS rata-rata tertinggi ada di TP. 3 dan terendah di TP. 4. Kadar TSS rata-rata semua lokasi penelitian melebihi baku mutu air sungai kelas II. Kemungkinan akibat dari aktivitas pertambangan emas di pinggir sungai dan di pinggir badan sungai Barito Kabupaten Murung Raya yang menyebabkan pengikisan lahan, curah hujan yang tinggi mendorong hasil pengikisan tanah menuju badan sungai menjadikan terciptanya TSS. Total padatan tersuspensi adalah bahan – bahan tersuspensi yang memiliki diameter > 1 μm tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori 0,45 μm . padatan tersuspensi berupa lumpur, pasir halus dan jasa – jasad renik yang berasal dari kikisan tanah yang terbawa ke badan air. Padatan tersuspensi dikategorikan dalam padatan sulit mengendap, sehingga tidak dapat dihilangkan dengan pengendapan gravitasi konvensional. Nilai Total Padatan Tersuspensi dalam air, secara umum merepresentasikan kandungan bahan organik dalam air karena bahan organik menunjukkan total zat – zat baik dalam bentuk terlarut tersuspensi dan dalam bentuk partikel koloid. (Susanto, 2021)

iii. **Seng (Zn)**

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk baku mutu air sungai kelas II bahwa kadar Seng (Zn) angka yang ditoleransi pada 0,050 mg/L. Hasil pengukuran uji laboratorium kadar Seng (Zn) titik pantau yaitu nilai rata-rata untuk TP. 1 0,0513 mg/L, untuk TP. 2 rata-rata kadar Seng (Zn) 0,047 mg/L, pada TP. 3 rata-rata kadar Seng (Zn) berkisar di 0,046 mg/L dan untuk TP. 4 kadar Seng (Zn) rata-rata berkisar di angka 0,046 mg/L dan disini hanya TP. 1 yang melebihi baku mutu air sungai kelas II di angka 0,0513 mg/L. Karena pada bagian hulu aliran sungai Barito ditemukan banyak aktivitas pertambangan skala kecil yang berkelompok menggunakan mesin sedot emas. Studi ini juga didukung oleh penelitian bahwa Seng (Zn) dalam air ada di akibatkan oleh limbah buangan industri pertambangan, logam ini penting dalam penyusunan logam enzim dan beracun bagi tanaman pada konsentrasi yang cukup tinggi. (Gani et al., 2017) Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di desa Aspai yang berada di hulu sungai Sekonyer, Kalimantan Tengah diketahui memberikan pengaruh terhadap penurunan kualitas air sungai. Dari hasil uji kadar Zn dan Hg melebihi baku mutu. Untuk uji logam pada sedimen, semua logam berada dibawah standar kecuali Hg (0,82 mg/kg, baku mutu 0,18 mg/kg) berdasarkan EPA. Kondisi serupa juga ditunjukkan pada sampel ikan. Studi pada ikan menunjukkan tingginya kandungan merkuri melebihi baku mutu dan tingginya faktor bioakumulasi (BCF) Hg (rasio >1000). Urutan potensi akumulasi logam dari penelitian ini adalah kadar Zn lebih besar dari Hg dan kadar Hg lebih besar dari Cd. (Hidayanti, 2019)

iv. **Timbal (Pb)**

Pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di sebutkan baku mutu air sungai kelas II bahwa kadar Timbal (Pb) yang ditoleransi pada kadar 0,030 mg/L. Hasil uji laboratorium, kadar Timbal (Pb) dari lokasi penelitian sampel air aliran sungai Barito yaitu rata-rata untuk TP. 1 sampai TP.4 menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,050 mg/L. Dapat disimpulkan kadar Timbal (Pb) melebihi baku mutu air sungai kelas II di angka 0,050 mg/L. Kadar Timbal (Pb) ini muncul diakibatkan oleh air limbah buangan pertambangan, Tanah dan air sungai dapat terkontaminasi melalui akumulasi partikel limbah dari pipa, cat, maupun emisi bahan bakar yang di tambah aditif Timbal dari kegiatan Pertambangan Emas Skala Kecil di pinggir sungai Barito. Jika kadar Timbal (Pb) tinggi, logam ini dapat bersifat racun dan mengakibatkan anemia, sakit ginjal, kerusakan sistem saraf serta merusak kehidupan binatang. (Gani et al., 2017)

v. **Merkuri (Hg)**

Pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di sebutkan baku mutu air sungai kelas II bahwa kadar Merkuri (Hg) yang ditoleransi pada kadar 0,002 mg/L. Hasil uji laboratorium, kadar Merkuri (Hg) dari lokasi penelitian sampel air aliran sungai Barito yaitu rata-rata untuk TP. 1 sampai TP.4 menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,0006 mg/L. Dapat disimpulkan kadar Merkuri (Hg) tidak melebihi baku mutu air sungai kelas II di angka 0,002 mg/L. Kadar Merkuri (Hg) ini muncul ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan emas skala kecil yang dilakukan di pinggir aliran sungai Barito. Walaupun tidak melebihi baku mutu, tetapi hasil menunjukkan adanya buangan merkuri dari kegiatan pertambangan emas di aliran sungai.

Hasil penelitian ini didukung penelitian sebelumnya di Kabupaten Murung Raya yaitu pada pemeriksaan darah di dapatkan konsentrasi merkuri relatif lebih tinggi pada responden yang mengonsumsi lebih banyak ikan daripada jarang konsumsi ikan di wilayah pertambangan. (Donal et al., 2017). Didukung hasil analisis tahun berikutnya menunjukkan hubungan antara perilaku kesehatan dan paparan lingkungan terhadap kejadian BBLR pada masyarakat sekitar daerah pertambangan Kabupaten Murung Raya. (Donal et al., 2018)

Hasil penelitian ini juga didukung studi di Ghana, kegiatan seperti penambangan liar yang tidak diolah ke badan air mengakibatkan pencemaran badan air sehingga berdampak pada kualitas air. Studi di sungai Bonsa di Majelis Kota Tarkwa Nsuaem, Ghana. mengungkapkan nilai kekeruhan rata-rata 155,75 NTU di hilir, 135,0 NTU di tengah, dan 207,0 NTU di hulu yang melebihi standar internasional yang dipersyaratkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) untuk air minum. Analisis logam berat merkuri menunjukkan nilai yang jauh lebih tinggi daripada yang diizinkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Ghana (EPA) dan WHO yang menunjukkan tingkat kontaminasi yang signifikan. Studi tersebut menyimpulkan bahwa berdasarkan analisis fisikokimia dan logam berat, sungai Bonsa tidak aman untuk dikonsumsi di semua lokasi dan merekomendasikan tindakan penjernihan air sebelum digunakan. Dan merekomendasikan perlunya mencegah implikasi sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat terkait melalui pendidikan publik tentang pencegahan pencemaran air. (Obiri-Yeboah et al., 2021)

b. Status Pencemaran Air Sungai Barito Kabupaten Murung Raya berdasarkan Metode Indeks Pencemaran.



Gambar 2. Hasil Perhitungan pencemaran air sungai Metode IP

Hasil perhitungan berdasarkan metode Indeks Pencemaran, Nilai IP di TP.1 (hulu) desa Tumbang Olong Kecamatan Uut Murung sebesar 1,40. Nilai IP pada TP. 2 (tengah) desa Pantai Laga Kecamatan Permata Intan sebesar 1,40. Nilai IP di TP. 3 (hilir) desa Cinta Budiman Kecamatan Barito Tuhup Raya sebesar 1,41. Nilai IP di TP. 4 (kabupaten sebelah) Kota Muara Teweh sebesar 1,41. Status pencemaran 4 Titik lokasi penelitian masih di bawah nilai 5 yang berarti kualitas air aliran sungai barito Kabupaten Murung Raya mengalami cemar ringan karena adanya ketidakstabilan pH, serta parameter Timbal, TSS, Seng melebihi baku mutu air sungai kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 sehingga disimpulkan bahwa berdasarkan metode IP air sungai Barito wilayah Kabupaten Murung Raya tidak dapat digunakan untuk

kegiatan prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hasil penelitian ini didukung studi tentang kualitas air sungai Sirau anak sungai Barito yang melebihi baku mutu air kelas II untuk parameter pH, BOD, COD, Fe, dan Mn. Sumber utama pencemar berasal dari limbah domestik permukiman, aktivitas pertambangan batubara dan dedaunan kering yang jatuh ke dalam aliran sungai. Analisis kualitas air Sungai Sirau dari hulu ke hilir menggunakan metode indeks pencemaran telah menunjukkan penurunan kualitas air yaitu kondisi sungai secara umum tercemar ringan. (Lelunuto et al., 2019).

Penelitian yang mengevaluasi dampak limbah tambang terhadap kualitas air sungai di sepanjang Sungai Seurujoki di sub-Arktik Finlandia, yang terkena dampak tambang emas Kittil. Studi menganalisis data kualitas air dan hidrologi di hulu dan hilir area pertambangan selama periode delapan tahun. Statistik deskriptif air sungai di empat stasiun sepanjang koridor sungai menunjukkan dampak negatif kegiatan penambangan terhadap badan air penerima. Data menunjukkan peningkatan konsentrasi kontaminan karena penambangan karena semakin banyak limbah tambang yang dihasilkan dari waktu ke waktu. (Yaraghi et al., 2020)

Hasil penelitian uji kualitas air berdasarkan metode Indeks Pencemaran menunjukkan adanya penurunan kualitas air Sungai Nelas dari hulu hingga ke hilir dengan kategori cemar ringan. Semakin banyak aktivitas di sepanjang daerah aliran sungai tersebut maka semakin besar pula potensi pencemaran yang mungkin terjadi. Pencemaran ini mengakibatkan menurunnya kualitas kesehatan masyarakat terutama masyarakat yang berada di sekitar daerah aliran sungai yang kesehariannya memanfaatkan sungai tersebut. Pencemaran tersebut juga mengakibatkan rusaknya ekosistem sungai, dimana biota – biota sungai yang semakin berkurang. Hal ini tentunya juga akan mempengaruhi perekonomian masyarakat daerah aliran sungai (Arnop et al., 2019).

Berdasarkan hasil studi ini, yang menunjukkan kualitas air aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya mengalami cemar ringan. Agar menjadi acuan bagi Pemerintah Kabupaten Murung Raya dalam upaya mengurangi pencemaran akibat kegiatan pertambangan emas skala kecil, antara lain direkomendasikan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 5 Tahun 2022 merekomendasikan penggunaan metode lahan basah buatan untuk pengolahan air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pertambangan, dan perlunya mencegah implikasi sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat terkait melalui pendidikan publik tentang pencegahan pencemaran air. (Obiri-Yeboah et al., 2021)

c. Beban Pencemaran Air Sungai Barito Kabupaten Murung Raya.

Berdasarkan perhitungan Beban Pencemaran, parameter TSS, Seng (Zn), Timbal (Pb) melebihi Beban Pencemaran Maksimum berarti kemampuan sungai dalam menampung beban pencemar sudah melewati batas maksimum. Pada saat pengambilan sampel di sungai, kondisi perairan keruh dan bewarna kecoklat-coklatan. Hal ini disebabkan oleh adanya partikel-partikel tersuspensi dan tingkat endapan lumpur yang tinggi dibawa dari daratan dan sungai ditunjukkan dengan hasil pengukuran parameter Seng (Zn) di bagian hulu, parameter TSS dan Timbal (Pb) di bagian hulu hingga hilir Sungai Barito Kabupaten Murung Raya dan perbatasan Kabupaten Muara Teweh pada musim awal hujan sudah tidak dapat menerima beban pencemar lagi. Nilai beban pencemar aktual yang melebihi beban pencemar maksimum menandakan bahwa sungai sudah tercemar yang tidak dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan untuk kegiatan lainnya yang menggunakan syarat baku mutu air kelas dua.

Hasil penelitian ini didukung data KLHK 2020, sebanyak 59 persen sungai di Indonesia masih dalam kategori tercemar berat. Penyebab sungai - sungai di Indonesia tercemar oleh limbah kegiatan industri salah satunya pertambangan (TEMPO.CO, 2021). Dibuktikan dengan masih aktifnya kegiatan-kegiatan pertambangan emas di aliran sungai Barito. Berdasarkan perkiraan, masih ada sekitar 20.000 penambang yang melakukan kegiatan PESK per Desember 2020. Jumlah ini merupakan hasil estimasi Asosiasi Penambang Rakyat (ASPERA) dengan menghitung luasan kegiatan penambangan dan jumlah kelompok yang terlibat di dalamnya. Kegiatan PESK di Kalimantan Tengah tersebar merata di hampir seluruh kabupaten dari tiga belas kota dan kabupaten yang ada. Kabupaten Murung Raya adalah salah satu kabupaten dengan kegiatan PESK paling banyak, meskipun sudah mulai berkurang jumlah penambangnya. Kegiatan PESK ini bergerak dinamis mengikuti lokasi-lokasi baru yang dianggap menghasilkan emas dengan penggunaan alat lebih canggih dari mesin sedot biasa. (<https://wimeindonesia.id/>)

Penambangan banyak menggunakan bahan kimia salah satunya adalah timbal. Timbal terjadi akibat pembuangan tailing pada usaha penambangan logam, karena dapat mencemari lingkungan dan mengakibatkan timbulnya berbagai penyakit berbahaya dan bahkan kematian.

Tailing merupakan sisa proses pengolahan bijih, jadi pada tailing banyak yang mengandung timbal dan juga mengandung konsentrasi mineral yang berharga yang tidak memenuhi syarat untuk diambil pada saat di tambang, jadi tailing pembuangannya dilakukan di penampungan buatan seperti sungai (Sitorus, 2019). Sehingga diperlukannya tindakan pengendalian pencemaran sungai dan manajemen sungai yang baik dalam pendekatan kepada pelaku kegiatan PESK agar sungai tetap memiliki daya dukung lingkungan untuk banyak kebutuhan makhluk hidup lainnya.

Berdasarkan studi ini dengan hasil perhitungan beban Pencemaran, parameter TSS, Seng (Zn), Timbal (Pb) melebihi Beban Pencemaran Maksimum.

- i. Jumlah beban pencemar total parameter TSS diperkirakan sebesar 25.410,4 kg/hari, sedangkan beban pencemar yang di ijinakan untuk di buang dari kegiatan pertambangan sebesar 22.740 kg/hari, sehingga diperlukan penurunan beban pencemar TSS sebesar 2.670,4 kg/hari.
- ii. Jumlah beban pencemar total parameter Merkuri (Hg) diperkirakan sebesar 0,3 kg/hari, sedangkan beban pencemar yang di ijinakan untuk di buang dari kegiatan pertambangan sebesar 0,9 kg/hari. Berdasarkan perhitungan beban pencemar total yang mewakili bagian hulu sampai hilir aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya, limbah buangan Merkuri (Hg) belum melebihi daya tampung sungai tetapi tetap memerlukan upaya pengurangan limbah merkuri yang diperkirakan dibuang dari kegiatan pertambangan emas sebesar 300 gr/hari.
- iii. Jumlah beban pencemar total parameter Seng (Zn) diperkirakan sebesar 21,6 kg/hari, sedangkan beban pencemar yang di ijinakan untuk di buang dari kegiatan pertambangan sebesar 22,7 kg/hari. Berdasarkan perhitungan beban pencemar total yang mewakili bagian hulu sampai hilir aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya, limbah buangan Seng (Zn) belum melebihi daya tampung sungai tetapi tetap memerlukan upaya pengurangan limbah.
- iv. Jumlah beban pencemar total parameter Timbal (Pb) yang mewakili bagian hulu sampai hilir aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya diperkirakan sebesar 22,7 kg/hari, sedangkan beban pencemar yang di ijinakan untuk di buang dari kegiatan pertambangan sebesar 13,6 kg/hari, sehingga diperlukan penurunan beban pencemar Timbal (Pb) sebesar 9,1 kg/hari.

Sehingga upaya yang dapat direkomendasikan untuk menurunkan Beban Pencemar Air Sungai antara lain Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 5 Tahun 2022 tentang penggunaan metode lahan basah buatan untuk pengolahan air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pertambangan, dan perlunya mencegah implikasi sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat terkait melalui pendidikan publik tentang pencegahan pencemaran air (Obiri-Yeboah et al., 2021), serta tindak tegas pelarangan pertambangan emas tanpa ijin (Illegal Mining) di aliran sungai dan daerah pinggir sungai berdasarkan Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 merupakan Perubahan Atas Undang - Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara. (Pemerintah Indonesia, 2009)

4. Kesimpulan dan Saran

Kualitas air aliran sungai Barito Kabupaten Murung Raya dilihat dari kadar Timbal (Pb) melebihi baku mutu air sungai kelas II PP No. 22 Tahun 2021 di angka 0,050 mg/L, kadar TSS rata - rata tertinggi 58,00 mg/L, kadar Seng (Zn) pada TP.1 (Hulu) melebihi baku mutu air sungai kelas II di angka 0,0513 mg/L, ketidakstabilan pH rata-rata 5,93 dan ditemukan kadar merkuri (Hg) hasil buangan dari kegiatan pertambangan emas di aliran sungai. Hasil perhitungan metode STORET menunjukkan kondisi aliran sungai tercemar berat, Indeks Pencemaran menunjukkan kondisi air cemar ringan sehingga disimpulkan bahwa air sungai tidak dapat digunakan untuk kegiatan prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Aktivitas pertambangan emas skala kecil menjadi salah satu faktor penyebab pencemaran air sungai Barito Kabupaten Murung Raya sehingga diperlukan penurunan beban pencemar TSS sebesar 2.670,4 kg/hari dan beban pencemar Timbal (Pb) sebesar 9,1 kg/hari. Beban pencemar total merkuri (Hg) diperkirakan sebesar 0,3 kg/hari setara dengan 300 gr/hari yang dibuang dari kegiatan pertambangan emas.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Program Studi S2 Studi Lingkungan Universitas Terbuka, Badan Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Murung Raya, atas kontribusi data-data terkait yang mendukung penyusunan hasil penelitian ini

Daftar Pustaka

- Arnop, O., Budiyanto, B., & Saefuddin, R. (2019). Kajian Evaluasi Mutu Sungai Nelas Dengan Metode Storet Dan Indeks Pencemaran. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 15–24. <https://doi.org/10.31186/naturalis.8.1.9158>
- BPS Murung Raya. (2021). Kabupaten Murung Raya Dalam Angka 2021. *Badan Statistik Murung Raya*, 3–9. <https://doi.org/1102001.6213>
- Dinas Lingkungan Hidup Kab. Murung Raya. (2007). Status lingkungan hidup daerah Kabupaten Murung Raya Tahun 2007. *DLH Kabupaten Murung Raya*, 12.
- Dinas PU Kab. Murung Raya. (2016). Rencana Terpadu dan Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah Kabupaten Murung Raya. *Bidang Cipta Karya Dinas PU Kabupaten Murung Raya*, V–12.
- Diskominfo Kab Murung Raya. (2019). *Ini kendala Warga Murung Raya Enggan Tinggalkan BAB di Sungai – Berita*. Diskominfo Kab. Murung Raya.
- Donal, D., Hartono, H., Hakimi, M., & Emilia, O. (2017). Spatial Patterns Associating Low Birth Weight with Environmental and Behavioral Factors. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v6i1.6530>
- Donal, Hartono, Hakimi, M., & Emilia, O. (2018). Spatial analyses of low birth weight incidence, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 50(1), 11–24. <https://doi.org/10.22146/ijg.15951>
- ESDM Provinsi Kalimantan Tengah. (2019). *Daftar IUP Mineral dan Batubara di Provinsi Kalimantan Tengah*.
- Gani, P. R., Abidjulu, J., & Wuntu, A. D. (2017). Analisis Air Limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal MIPA*, 6(2), 6. <https://doi.org/10.35799/jm.6.2.2017.16927>
- 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*, 4(1), 24–33. <https://doi.org/10.33084/mitl.v4i1.651>
- <https://wimeindonesia.id/>. (2022). *Peran Multipihak pada Tata Kelola Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) di Kalimantan Tengah*. 10–12. <https://wimeindonesia.id/uncategorized/peran-multipihak-pada-tata-kelola-pertambangan-emas-skala-kecil-pesk-di-kalimantan-tengah/>
- International Labour Organisation. (2018). *Tujuan Pembangunan Millenium: Referensi Manual Serikat Pekerja pada Agenda untuk Pembangunan Berkelanjutan 2030*.
- Kemenlkh. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. *Jakarta : Menteri Lingkungan Hidup*, 1–15.
- Kemenlkh. (2016). Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2016. *Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia*, 1–149.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. *Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup*, 1–15.
- Kurniawan, B. (2018). Kebijakan dan Implementasi Pemantauan Kualitas Lingkungan (Air dan Udara). *Prosiding Seminar Nasional Dan Konsultasi Teknologi Lingkungan, September 2018*, 10–13.
- Lelunuto, R., Ruslan, M., Kissinger, K., & Fatmawati, F. (2019). STATUS MUTU AIR SUNGAI SIRAU SUB DAS SIRAU DI DAS BARITO KABUPATEN BARITO TIMUR PROVINSI KALIMANTAN TENGAH. *EnviroScienteeae*, 15(2), 271. <https://doi.org/10.20527/es.v15i2.6973>
- Obiri-Yeboah, A., Nyantakyi, E. K., Mohammed, A. R., Yeboah, S. I. I. K., Domfeh, M. K., & Abokyi, E. (2021).

- Assessing potential health effect of lead and mercury and the impact of illegal mining activities in the Bonsa river, Tarkwa Nsuaem, Ghana. *Scientific African*, 13, e00876. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00876>
- Pemerintah Indonesia. (2009). Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. *Pemerintah Pusat*, 2(4), 255.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483.
- Rahmadani, R., & Alawiyah, T. (2022). Deteksi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air dan Ikan Pasca Pertambangan Emas di Sungai Barito Kabupaten Barito Utara. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 8(3), 76–80. <https://doi.org/10.33084/JSM.V8I3.4501>
- Salim, H. S. (2012). *Hukum Pertambangan Mineral & Batubara*. Sinar Grafika.
- Sitorus, E. (2019). *Analisis Unsur Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) yang Terdapat pada Air dan Sedimen Sungai Sekitar Pertambangan Emas di Sumatera Utara (Batang Toru)*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/20188>
- Susanto. (2021). *Analisis Status Mutu Air Sungai Petangkep Dengan Pendekatan Indeks Pencemar¹ Student of Master Program of Management of Natural Resources and Environment , Post graduate Faculty of Forestry , University of Lambung Mangkurat , South Kalimantan , Indonesia*. 17(2), 124–133.
- TEMPO.CO. (2021). KLHK Ungkap Penyebab 59 Persen Sungai di Indonesia Tercemar Berat. *Jakarta*, 12–13. <https://bisnis.tempo.co/read/1488232/klhk-ungkap-penyebab-59-persen-sungai-di-indonesia-tercemar-berat>
- Wohlfart, C., Mack, B., Liu, G., & Kuenzer, C. (2017). Multi-faceted land cover and land use change analyses in the Yellow River Basin based on dense Landsat time series: Exemplary analysis in mining, agriculture, forest, and urban areas. *Applied Geography*, 85, 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.004>
- Yaraghi, N., Ronkanen, A. K., Torabi Haghghi, A., Aminikhah, M., Kujala, K., & Kløve, B. (2020). Impacts of gold mine effluent on water quality in a pristine sub-Arctic river. *Journal of Hydrology*, 589(December 2019), 125170. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125170>
- Yuniarti, Y., & Biyatmoko, D. (2019). Analisis Kualitas Air Dengan Penentuan Status Mutu Air Sungai Jaing Kabupaten Tabalong. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(2), 52–69. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i2.7319>