



Analisis Kualitas Air Sungai Buyat Sebagai Dampak Kegiatan Pertambangan Emas Rakyat

Meyvi C. Lagoari^{#a}, Herawaty Riogilang^{#b}, Liany A. Hendratta^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado Indonesia

^amevylagoari027@student.unsrat.ac.id, ^bhera28115@gmail.com, ^clianyhendratta@yahoo.co.id

Abstrak

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki peran krusial dalam menopang kehidupan manusia dan keseimbangan ekosistem. Sungai Buyat merupakan salah satu perairan yang terpengaruh oleh aktivitas pertambangan emas rakyat yang menggunakan bahan kimia seperti sianida (CN^-) dan metode amalgamasi berbasis merkuri (Hg). Aktivitas ini berpotensi menyebabkan perubahan kualitas air akibat masuknya zat pencemar ke dalam ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air Sungai Buyat dengan mengambil sampel di dua titik pemantauan, yaitu hulu (SB1) dan tengah (SB2). Hasil analisis laboratorium menunjukkan kadar Hg di SB1 dan SB2 masing-masing sebesar 0,00085 mg/L, masih berada dalam ambang batas baku mutu 0,002 mg/L. Konsentrasi CN^- di kedua titik tercatat 0,010 mg/L, sesuai dengan standar yang ditetapkan. Parameter organik menunjukkan peningkatan, dengan BOD naik dari 2,01 mg/L di SB1 menjadi 2,43 mg/L di SB2, serta COD meningkat dari 13,4 mg/L menjadi 17,5 mg/L. Parameter DO berkisar antara 5,54–5,65 mg/L, memenuhi standar kualitas air. Hasil penelitian tidak menunjukkan pencemaran signifikan, tetapi potensi risiko tetap ada. Pemantauan dilakukan saat musim hujan, ketika aliran deras dapat membawa limbah menjauh atau mengendapkannya. Diperlukan pengelolaan lingkungan yang lebih optimal untuk menjaga kualitas air Sungai Buyat dan ekosistemnya.

Kata kunci: kualitas air, Merkuri(Hg), Cianida(CN^-), pertambangan emas

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Lingkungan hidup merupakan elemen esensial bagi keberlanjutan kehidupan manusia dan ekosistem. Indonesia, sebagai negara dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah, menghadapi tantangan dalam pengelolaan lingkungan akibat eksploitasi yang tidak terkendali. Salah satu sektor yang memberikan dampak signifikan adalah pertambangan, terutama pertambangan emas rakyat (PER).

Kabupaten Minahasa Tenggara dan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur memiliki potensi pertambangan emas yang besar, baik oleh perusahaan maupun masyarakat melalui pertambangan emas rakyat. Aktivitas ini sering kali tidak memperhatikan aspek lingkungan, sehingga berkontribusi terhadap pencemaran, khususnya pencemaran air akibat logam berat seperti merkuri (Hg) dan senyawa sianida (CN). Sungai Buyat, yang menjadi sumber air bagi masyarakat setempat, rentan terhadap dampak tersebut akibat pembuangan limbah langsung ke badan air.

Pencemaran logam berat dan senyawa beracun dapat menyebabkan degradasi ekosistem perairan serta menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan kualitas air Sungai Buyat untuk mengevaluasi dampak pertambangan emas rakyat terhadap ekosistem perairan serta sebagai dasar rekomendasi kebijakan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kegiatan Pertambangan Emas Rakyat mempengaruhi Kualitas Air Sungai Buyat?
2. Bagaimana Kualitas Air Sungai Buyat ditinjau dari Parameter Hg, CN-, BOD, COD dan DO?
3. Bagaimana hasil evaluasi kualitas air Sungai Buyat dibandingkan dengan baku mutu air kelas 2 dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021?

1.3 Tujuan Penelitian

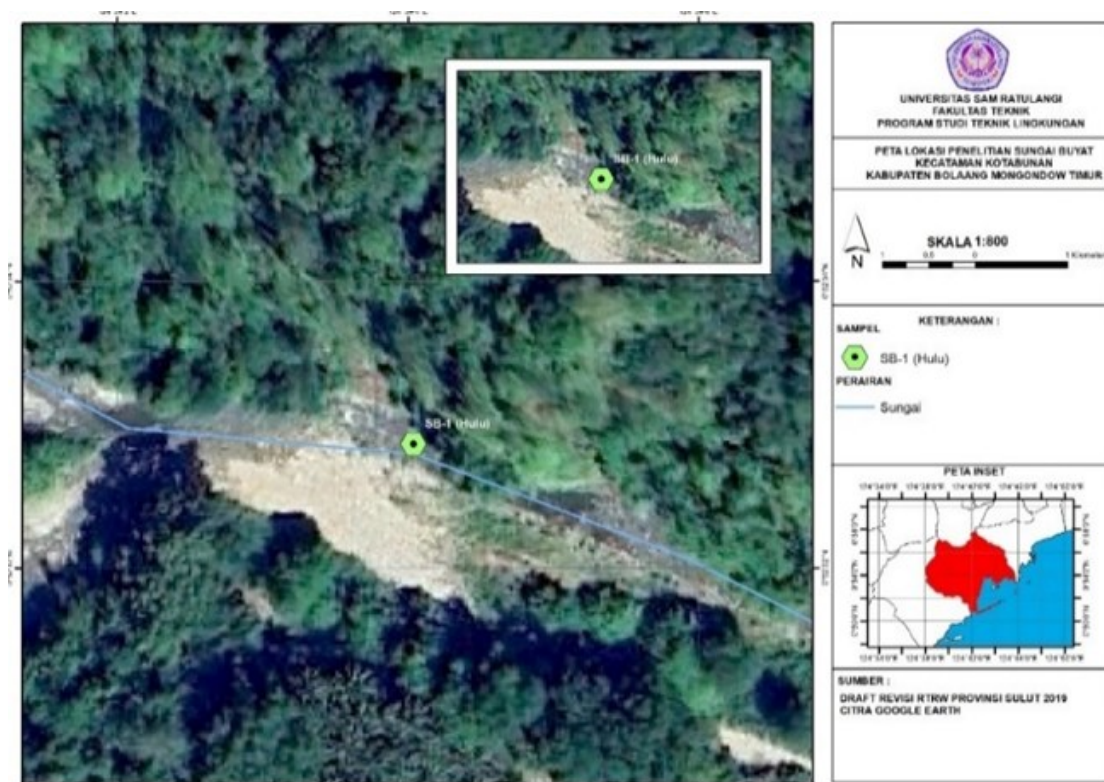
1. Mengidentifikasi pengaruh kegiatan pertambangan emas rakyat terhadap kualitas air Sungai Buyat.
2. Menganalisis kualitas air Sungai Buyat berdasarkan parameter Hg, CN-, BOD, COD, dan DO
3. Mengevaluasi hasil Analisis kualitas air sungai Buyat dan membandingkannya dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air kelas 2

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

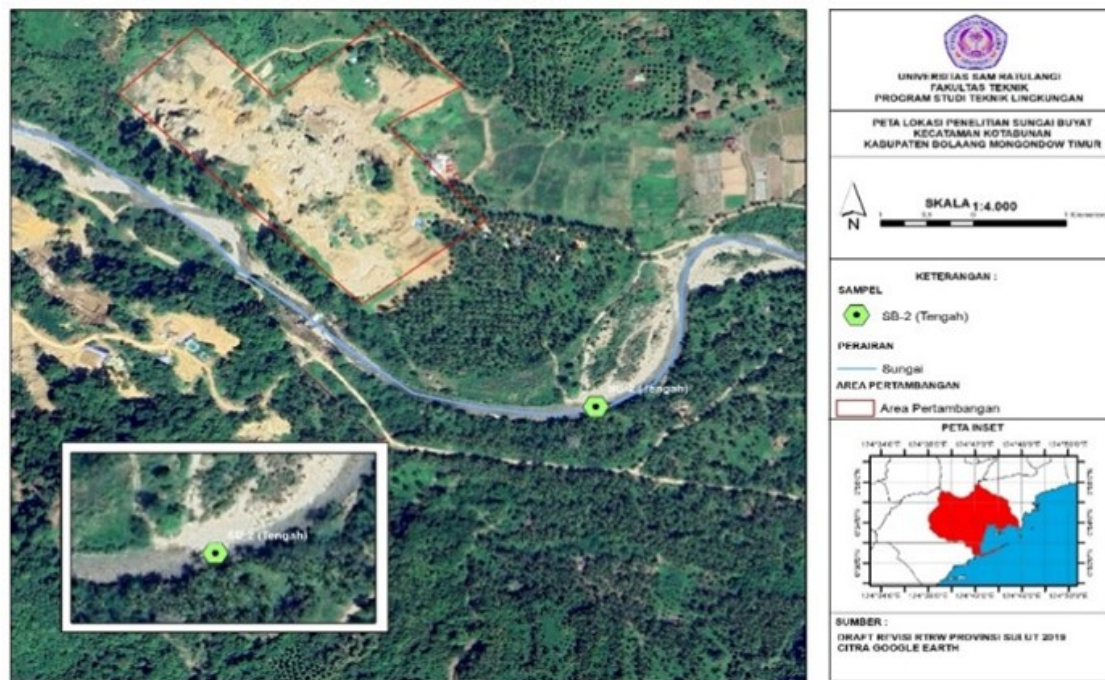
Pemantauan kualitas air Sungai Buyat dilaksanakan dengan mengambil sampel di dua lokasi yang mewakili bagian hulu, dan tengah sungai. Lokasi titik sampling adalah sebagai berikut:

- 1) **Titik Sampling I (SB-1)** : Bagian hulu Sungai Buyat, setelah pertemuan dua sungai, dengan kegiatan di sekitar seperti pertanian dan semak belukar. Koordinat: Latitude 0.87472, Longitude 124.65166.



Gambar 1. Peta Sampling SB-1

- 2) **Titik Sampling II (SB-2)** : Bagian tengah sungai dengan aktivitas perkebunan, pertanian, dan pertambangan emas. Koordinat: Latitude 0.87027, Longitude 124.67138.



Gambar 2. Peta Sampling SB-2

2.2 Metode Pengumpulan Data

a) Data Primer:

1. Pengambilan sampel air di tiga titik Sungai Buyat (hulu dan tengah) sesuai prosedur standar, meliputi parameter Hg, CN-, BOD, COD, dan DO.
2. Observasi kondisi lingkungan sekitar lokasi sampling, termasuk cuaca, aktivitas manusia, dan perubahan fisik sungai.
3. Wawancara masyarakat mengenai dampak pertambangan emas rakyat terhadap lingkungan dan kualitas air.

b) Data Sekunder:

1. PP No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air kelas 2 sebagai standar acuan.
2. Studi ilmiah terkait pencemaran air akibat pertambangan emas rakyat.
3. Peta wilayah Sungai Buyat dan lokasi pertambangan.

2.2. Kerangka Penelitian

Desain penelitian yang dilakukan dengan menggunakan tahapan kerangka kerja pada Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kegiatan Pertambangan Emas Rakyat mempengaruhi Kualitas Air Sungai Buyat

Lokasi penelitian berada di Desa Buyat, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. Aktivitas pertambangan emas di sekitar Sungai Buyat dilakukan secara tradisional dan dengan alat berat, melibatkan sekitar 200 pekerja lokal maupun pendatang. Metode yang digunakan meliputi teknik ayakan dan amalgamasi (gerondol), sementara alat berat digunakan untuk membuka lahan dan menggali material tambang. Penambangan ini berpotensi mencemari lingkungan, terutama oleh merkuri dan sianida, dengan konsentrasi yang bervariasi tergantung musim. Pengambilan sampel air dilakukan saat musim hujan, ketika pembuangan limbah cenderung meningkat. Wawancara mengindikasikan bahwa limbah dari perusahaan tambang lebih banyak dibuang pada musim hujan, meskipun waktu pastinya tidak diketahui. Air sungai digunakan masyarakat untuk penambangan serta kebutuhan sehari-hari, seperti mandi dan

mencuci, yang berisiko terhadap ekosistem sungai dan kesehatan masyarakat, termasuk potensi kematian ikan serta gangguan kesehatan seperti iritasi kulit.



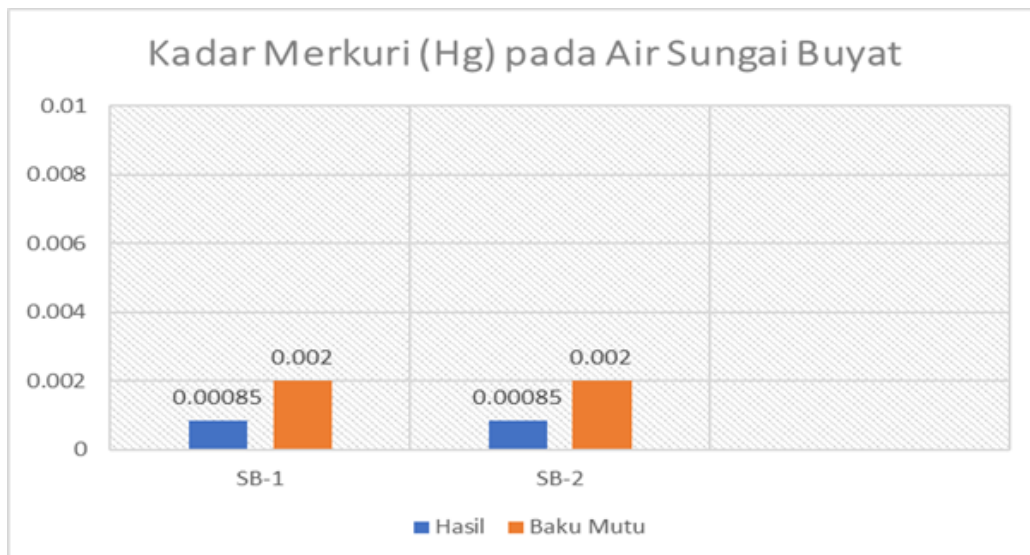
Gambar 3. Diagram Alir Kegiatan Penelitian

3.2. Hasil Analisis Parameter-Parameter pada Lokasi Sungai Buyat

Pemantauan kualitas air Sungai Buyat dilakukan dengan mengambil sampel di dua lokasi yang mewakili bagian hulu dan tengah sungai. Bagian hulu terletak setelah pertemuan dua sungai, dengan aktivitas di sekitarnya meliputi pertanian dan semak belukar, pada koordinat Latitude 0.87472 dan Longitude 124.65166. Sementara itu, bagian tengah sungai berada di area dengan aktivitas perkebunan, pertanian, dan pertambangan emas, pada koordinat Latitude 0.87027 dan Longitude 124.67138.

Tabel 1. Hasil Pengukuran kandungan Merkuri (Hg)

	Titik Koordinat	Lokasi	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
1	0°52'12.1"N 124°40'18.5"E	SB-1	0.00085	0.002	mg/L	SNI 6989.78-2019
2	0°52'27.8"N 124°39'07.6"E	SB-2	0.00085	0.002	mg/L	SNI 6989.78-2019

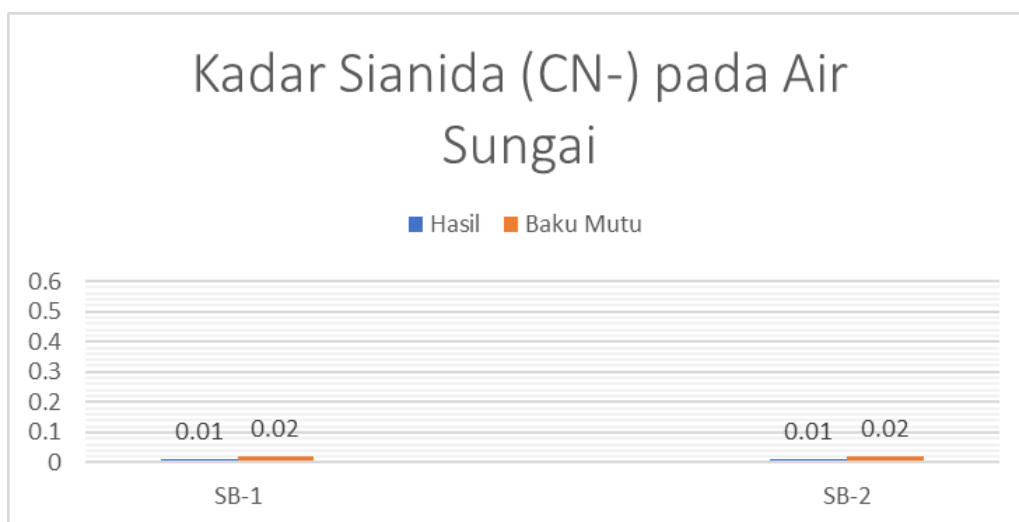


Gambar 4. Hasil Pengukuran kandungan Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) adalah logam berat beracun yang dapat terakumulasi dalam rantai makanan, membahayakan ekosistem dan kesehatan manusia. Pemantauan di Sungai Buyat menunjukkan kadar Hg 0,00085 mg/L di SB-1 dan SB-2, masih di bawah baku mutu 0,002 mg/L. Jika kadar Hg meningkat, dapat mencemari perairan dan menyebabkan dampak toksik bagi biota dan manusia.

Tabel 2. Hasil Pengukuran kandungan Sianida (CN-)

	Titik Koordinat	Lokasi	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
1	0°52'12.1"N 124°40'18.5"E	SB-1	0.010	0.02	mg/L	SM 23 rd Edition 2017 Method 4500 CN:H
2	0°52'27.8"N 124°39'07.6"E	SB-2	0.010	0.02	mg/L	SM 23 rd Edition 2017 Method 4500 CN:H

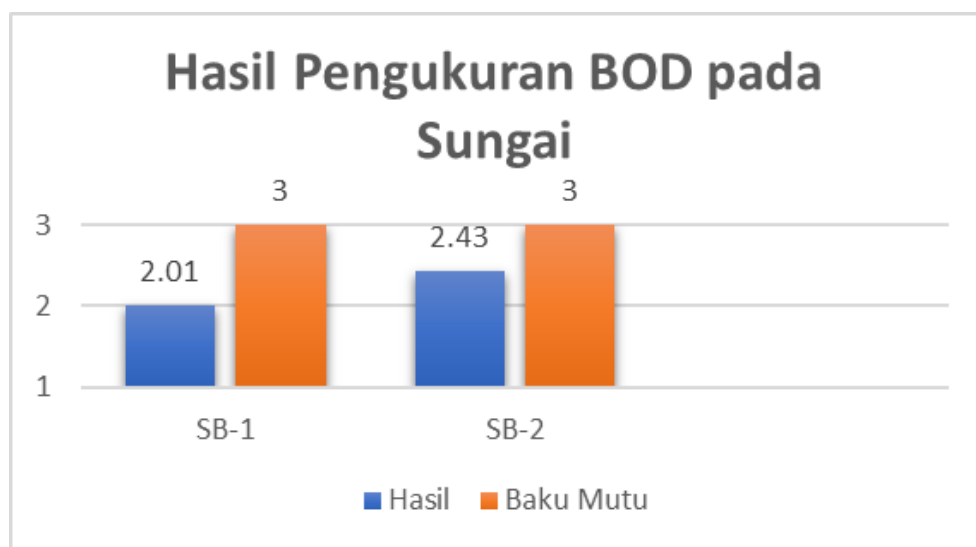


Gambar 5. Hasil Pengukuran kandungan Sianida (CN-)

Sianida (CN^-) adalah senyawa beracun dari aktivitas industri, termasuk pertambangan emas, yang dapat meracuni ekosistem perairan. Hasil analisis di Sungai Buyat menunjukkan kadar CN^- sebesar 0,010 mg/L di SB-1 dan SB-2, masih di bawah baku mutu 0,02 mg/L. Lokasi sampling dikelilingi semak belukar dengan aktivitas pertanian dan pertambangan emas rakyat. Jika kadar CN^- meningkat, dapat menyebabkan toksisitas bagi biota air, mengganggu ekosistem, dan membahayakan kesehatan manusia.

Tabel 3. Hasil Pengukuran kandungan Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)

	Titik Koordinat	Lokasi	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
1	0°52'12.1"N 124°40'18.5"E	SB-1	2.01	3	mg/L	SNI 6989.72-2009
2	0°52'27.8"N 124°39'07.6"E	SB-2	2.43	3	mg/L	SNI 6989.72-2009

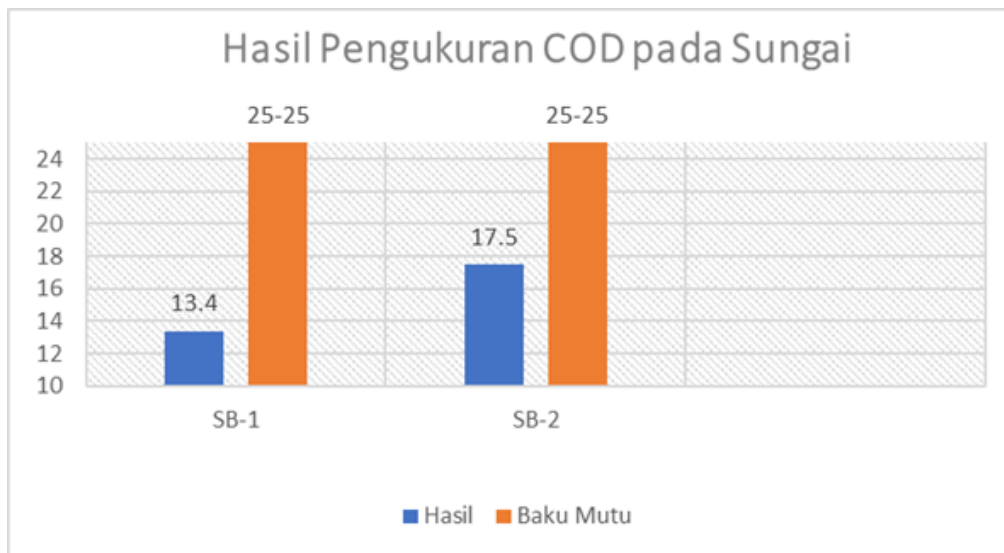


Gambar 6. Hasil Pengukuran kandungan Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) mengukur kebutuhan oksigen mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Nilai tinggi menandakan potensi pencemaran. Hasil analisis di Sungai Buyat menunjukkan BOD 2,01 mg/L di SB-1 dan 2,43 mg/L di SB-2, masih di bawah baku mutu 3 mg/L. Peningkatan kecil ini menunjukkan kualitas air tetap aman. Jika BOD meningkat, oksigen terlarut (DO) menurun, berisiko menyebabkan kondisi anaerob dan membahayakan ekosistem perairan.

Tabel 4. Hasil Pengukuran kandungan Kebutuhan Chemical Oxygen Demand (COD)

	Titik Koordinat	Lokasi	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
1	0°52'12.1"N 124°40'18.5"E	SB-1	13.4	25	mg/L	SNI 6989.2-2019
2	0°52'27.8"N 124°39'07.6"E	SB-2	17.5	25	mg/L	SNI 6989.2-2019

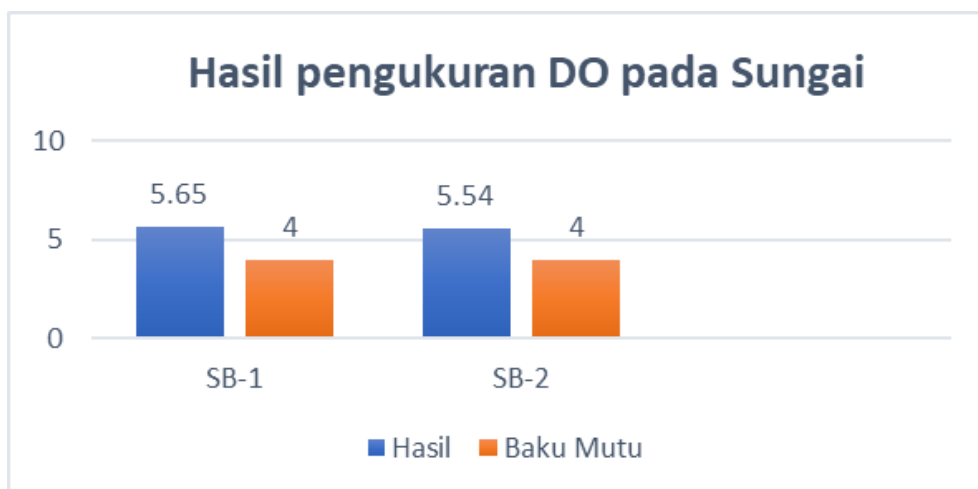


Gambar 7. Hasil Pengukuran kandungan Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah indikator jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik dan anorganik dalam air. Nilai COD tinggi dapat menandakan pencemaran yang berpotensi menurunkan kualitas air. Hasil analisis di Sungai Buyat menunjukkan COD sebesar 13,4 mg/L di SB-1 dan 17,5 mg/L di SB-2, masih di bawah baku mutu 25 mg/L. Lokasi sampling dipengaruhi oleh aktivitas pertanian dan pertambangan emas rakyat. Peningkatan COD kecil, sehingga kualitas air tetap dalam batas aman. Kenaikan COD dapat mengurangi oksigen terlarut, mengganggu keseimbangan ekosistem, dan meningkatkan risiko kondisi anaerob yang berbahaya bagi organisme perairan.

Tabel 5. Hasil Pengukuran kandungan Kebutuhan Dissolved Oxygen (DO)

	Titik Koordinat	Lokasi	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
1	0°52'12.1"N 124°40'18.5"E	SB-1	5.65	Min.4	mg/L	UJI – LL 097 (Elektrometri)
2	0°52'27.8"N 124°39'07.6"E	SB-2	5.54	Min.4	mg/L	UJI – LL 097 (Elektrometri)



Gambar 8. Hasil Pengukuran kandungan Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah kadar oksigen terlarut dalam air yang diperlukan oleh organisme akuatik untuk respirasi dan keseimbangan ekosistem perairan. Hasil analisis di Sungai

Buyat menunjukkan DO sebesar 5,65 mg/L di SB-1 dan 5,54 mg/L di SB-2, masih di atas baku mutu 4 mg/L. Lokasi sampling dipengaruhi oleh aktivitas pertanian dan pertambangan emas rakyat. Penurunan DO kecil, sehingga kualitas air tetap dalam batas aman.

3.3. Evaluasi Berdasarkan Standar Baku Mutu

Evaluasi kualitas air Sungai Buyat dilakukan dengan membandingkan setiap parameter yang terukur dengan baku mutu yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021 untuk Kelas 2. Penjelasan untuk setiap parameter ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 6. Kriteria Mutu Air berdasarkan Kelas
(Sumber : PP RI No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KET
		I	II	III	IV	
BIOLOGI						
BOD		2	3	6	12	
KIMIA ORGANIK						
Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Cianida (CN-)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	

Tabel 7. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Penambangan Biji Emas dan atau Tembaga
(Sumber: KEPMEN LH No. 202 Tahun 2004)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Metode Analisis
pH		6 – 9	SNI 06-6989-11-2004
TSS	mg/L	200	SNI 06-6989-3-2004
Cu	mg/L	2	SNI 06-6989-6-2004
Cd	mg/L	0.1	SNI 06-6989-18-2004
Zn	mg/L	5	SNI 06-6989-7-2004
Pb	mg/L	1	SNI 06-6989-8-2004
As	mg/L	0.5	SNI 06-2913-1992
Ni	mg/L	0.5	SNI 06-6989-22-2004
Cr	mg/L	1	SNI 06-6989-22-2004
Hg	mg/L	0.005	SNI 06-2462-1991

Tabel 8. Evaluasi Merkuri (Hg)

	Hasil
Hasil Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • SB1: 0.00085 mg/L • SB2: 0.00085 mg/L
Baku Mutu	Maksimal 0.002 mg/L
Evaluasi	Kadar merkuri di kedua lokasi memenuhi Baku Mutu. Aktivitas pertambangan emas rakyat di Buyat cenderung menggunakan merkuri dalam jumlah kecil, dan limbahnya biasanya ditampung dalam bak khusus untuk didaur ulang sehingga tidak langsung mencemari sungai.

Tabel 9. Evaluasi Sianida (CN-) Berdasarkan Standar Baku Mutu

	Hasil
Hasil Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • SB1: 0.010 mg/L • SB2: 0.010 mg/L
Baku Mutu	Maksimal 0.02 mg/L
Evaluasi	Kadar Sianida di SB1 dan SB2 menunjukkan nilai yang sama dan memenuhi Baku Mutu. Meskipun demikian, penggunaan Sianida yang lebih intensif di tengah sungai untuk proses ekstraksi emas dapat berisiko pada limbah dari bak penampungan yang meluap, terutama saat musim hujan, yang dapat masuk ke sungai dan menyebabkan potensi pencemaran.

Tabel 10. Evaluasi (BOD) Berdasarkan Standar Baku Mutu

	Hasil
Hasil Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • SB1: 2.01 mg/L • SB2: 2.43 mg/L
Baku Mutu	Maksimal 3 mg/L
Evaluasi	Kadar BOD di kedua lokasi masih dalam Batas Aman. Namun, peningkatan di SB2 menunjukkan adanya tambahan bahan organik dari aktivitas pertanian, dan residu limbah pertambangan yang terbawa aliran air.

Tabel 11. Evaluasi (COD) Berdasarkan Standar Baku Mutu

	Hasil
Hasil Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • SB1: 13.4 mg/L • SB2: 17.5 mg/L
Baku Mutu	Maksimal 25 mg/L
Evaluasi	Kadar COD di kedua lokasi juga berada dalam Batas Aman. Namun, adanya peningkatan di SB2 mencerminkan akumulasi bahan organik dan anorganik yang kompleks, termasuk limbah dari aktivitas domestik dan pertanian, serta sisa bahan kimia dari tambang.

Tabel 12. Evaluasi (DO) Berdasarkan Standar Baku Mutu

	Hasil
Hasil Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • SB1: 5.65 mg/L • SB2: 5.54 mg/L
Baku Mutu	Minimal 4 mg/L
Evaluasi	Kadar DO di kedua lokasi memenuhi standar Baku Mutu. Namun, penurunan nilai di SB2 menunjukkan peningkatan konsumsi oksigen akibat bahan organik dari aktivitas manusia dan pertambangan di lokasi tersebut.

Kualitas air Sungai Buyat masih memenuhi baku mutu Kelas 2 sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Penelitian dilakukan saat musim hujan, di mana debit air tinggi dapat menyebabkan pengenceran dan pengendapan polutan. Pembuangan limbah tambang terjadi pada musim hujan, namun waktu pastinya tidak diketahui, sehingga parameter berbahaya seperti sianida (CN^-) dan merkuri (Hg) tidak terdeteksi. Di SB-2, terjadi peningkatan BOD, COD, dan DO, tetapi masih dalam batas aman. Pengawasan ketat, pemantauan rutin, dan penegakan sanksi diperlukan untuk menjaga kualitas air Sungai Buyat.

4. Kesimpulan

- Kegiatan pertambangan emas rakyat di sekitar Sungai Buyat berpotensi mempengaruhi kualitas air akibat penggunaan Merkuri (Hg) dan sianida (CN^-). Pembuangan limbah meningkat saat musim hujan, namun sulit terdeteksi karena derasnya aliran sungai.
- Hasil analisis kualitas air Sungai Buyat menunjukkan konsentrasi Merkuri (Hg) sebesar 0.00085 mg/L dan Sianida (CN^-) sebesar 0.010 mg/L di kedua lokasi sampling, SB1 dan SB2. Parameter BOD tercatat 2.01 mg/L di SB1 dan 2.43 mg/L di SB2, sementara nilai COD di SB1 adalah 13.4 mg/L dan di SB2 17.5 mg/L. Kadar DO di SB1 adalah 5.65 mg/L dan di SB2 5.54 mg/L.
- Evaluasi hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas air di lokasi SB1 dan SB2 memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Kelas 2. Tetapi beberapa parameter mengalami peningkatan, seperti BOD di SB1 (2,01 mg/L) dan SB2 (2,43 mg/L), COD di SB1 (13,4 mg/L) dan SB2 (17,5 mg/L), serta DO di SB1 (5,65 mg/L) dan SB2 (5,54 mg/L).

Referensi

- Rayhan, A., & Pramesty, W. A. (2023). Implementasi Minamata Convention on Mercury terhadap kasus pencemaran merkuri dan arsen di Teluk Buyat Indonesia. *Tirtayasa Journal of International Law*, 2(1), 55–70. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hendratta LA, Laurentia SC, Koh D, Mangangka I, Thambas A, Sumanti F, et al. Tondano Lake management - Environmental issues and integrated counter measurements. *Environ Ecol Res*. 2024;12(5):480-491.
- Muchtar, E., Supit, C. J., & Riogilang, H. (2023). Analisis pencemaran merkuri pada perairan sekitar tambang emas rakyat di Desa Tanoyan Selatan. *TEKNO*, 21(85). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno>
- Kundimang, V. I., Hendratta, L. A., & Wuisan, E. M. (t.t.). Analisis ketersediaan air Sungai Talawaan untuk kebutuhan irigasi di Daerah Irigasi Talawaan Meras dan Talawaan Atas. *Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado*.
- Pahrudin, H. M., Abdi Muhammad, H., Suhendri, & Elviria, S. (2023). Mengatasi problem sosial penambangan emas ilegal melalui segitiga kebijakan di Kabupaten Merangin Jambi. *Journal of Governance Innovation*, 5(2), 251-268.
- Tumbelaka, G. G., Mangangka, I. R., & Pratasis, P. A. (2023). Dampak Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Terhadap Kualitas Air Sungai Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Sabua*, 21(85),

1-xx. p-ISSN: 0215-9617.

- Agustiningih, Dyah. 2012. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Tesis. Semarang : Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro Semarang.
- Bouty, A. A., Riogilang, H., & Mangangka, I. R. (2022). *Analisa potensi pencemaran merkuri pada Sungai Ongkag Dumoga akibat kegiatan pertambangan emas tanpa izin (PETI)*. *TEKNO*, 20(82). <https://ejournal.unsrat.ac.id/>
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Isa, M., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2020). Analisis debit banjir dan tinggi muka air Sungai Marisa Kecamatan Limboto Barat Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 591-600. ISSN: 2337-6732.
- Arbie, R.R. Nugraha, W.D. Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DIY). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol.4 No.3. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Polii, B. J., & Sonya, D. N. (2002). Pendugaan kandungan Merkuri dan Sianida di Daerah Aliran Sungai (DAS) Buyat Minahasa. *EKOTON*, 2(1), 31-37. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup & Sumberdaya Alam (PPLH-SDA), Lembaga Penelitian, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia. ISSN 1412-3487.
- Alaerts, G dan Santika, S.S. 1987. Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional Negara. Surabaya.
- Fery, A. N., Susanto, A., & Sulistyowati, L. (n.d.). *Analysis of Barito river water quality impact of small scale gold mining for agricultural in Murung Raya District*. Universitas Terbuka.
- Kalembiro, E. C., Rondonuwu, S. G., & Riogilang, H. (2024). Penanganan pencemaran akibat air limbah domestik terhadap kualitas air Sungai Malalayang di Kelurahan Bahu Kota Manado. *TEKNO*, 22(87) <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno>
- Santoso, A. D. (n.d.). *Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu Bara: Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur*. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung 820 Geostek, Kawasan Puspiptek Serpong.
- Kristianingsih, Y. (2018). Bahaya Merkuri pada Masyarakat di Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Lebaksitu. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 10(1), 32.
- Riyani, K., & Setyaningtyas, T. (2010). Penurunan kadar sianida dalam limbah cair tapioka menggunakan fotokatalis TiO₂. *Molekul*, 5(1), 50-55.
- Sumardi, M. A., Hendratta, L. A., & Halim, F. (2018). Analisis angkutan sedimen di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 6(12), 1043-1054. ISSN: 2337-6732.