

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN DAMPAK LINGKUNGAN KEGIATAN PENAMBANGAN RAKYAT DI KAWASAN KALI KABUR, TIMIKA, PAPUA TENGAH

Nilam Sry Putri

Program Studi D3 Teknik Pertambangan, Politeknik Amamapare, Timika, Papua Tengah, Indonesia

Corresponding Author

E-mail Address: nilamsryp@gmail.com

ABSTRAK

Penambangan rakyat (artisanal and small-scale mining/ASM) di kawasan Kali Kabur, Timika, Papua Tengah berkembang pesat didorong oleh kandungan mineral logam pada sedimen fluvial daerah tersebut. Kegiatan ini umumnya menggunakan metode sluice box sederhana yang dioperasikan langsung di bantaran sungai. Studi ini dilaksanakan pada Februari 2026 dan bertujuan menganalisis karakteristik kegiatan penambangan rakyat serta dampaknya terhadap kualitas air dan kondisi sedimen Kali Kabur melalui pendekatan observasi lapangan sistematis. Pengamatan dilakukan terhadap kondisi fisik air sungai, morfologi dasar sungai, karakteristik sedimen, kondisi vegetasi riparian, dan luasan gangguan di area penambangan aktif, dibandingkan dengan zona tidak terganggu di hulu. Hasil observasi menunjukkan aktivitas penambangan menyebabkan peningkatan kekeruhan air yang signifikan, kerusakan morfologi dasar sungai berupa lubang galian dan terganggunya gravel bars alami, serta akumulasi material tailings di area kerja. Vegetasi riparian pada zona aktif mengalami degradasi nyata, sementara partikel sedimen halus berpotensi tersebar ke arah hilir. Diperlukan pengelolaan terstruktur dan pemantauan lingkungan berkelanjutan untuk meminimalkan dampak, dengan tetap memperhatikan aspek sosial-ekonomi komunitas penambang.

Kata kunci: dampak lingkungan, Kali Kabur, penambangan rakyat, sedimen fluvial, sluice box

ABSTRACT

Artisanal and small-scale mining (ASM) activities along the Kali Kabur riverbank in Timika, Central Papua have expanded rapidly driven by the high metallic mineral content in the area's fluvial sediments. These activities typically employ simple sluice box methods operated directly on riverbanks. This study, conducted in February 2026, aims to analyze the characteristics of artisanal mining activities and their impacts on water quality and sediment conditions of Kali Kabur through a systematic field observation approach. Observations were conducted on physical water conditions, river-bed morphology, sediment characteristics, riparian vegetation, and the extent of disturbance in active mining areas compared to undisturbed upstream zones. Results indicate that mining activities cause significant increases in water turbidity, damage to river-bed morphology including excavation pits and disruption of natural gravel bars, and accumulation of tailings material at work areas. Riparian vegetation in active zones shows clear degradation, while fine sediment particles potentially spread downstream. Structured management and continuous environmental monitoring are needed to minimize impacts, while also addressing the socioeconomic aspects of the mining community.

Keywords: artisanal mining, environmental impact, fluvial sediment, Kali Kabur, sluice box

PENDAHULUAN

Kawasan Timika, Papua Tengah merupakan wilayah dengan kekayaan sumber daya mineral tertinggi di Indonesia, ditandai oleh keberadaan operasi tambang skala besar PT Freeport Indonesia (PTFI) yang mengekstraksi tembaga, emas, dan molibdenum dari kompleks Grasberg. Secara historis, kegiatan pertambangan skala besar ini mendorong terbentuknya persepsi bahwa sistem sungai di sekitarnya pun mengandung mineral berharga dalam sedimen fluvialnya (Harianja et al.,

2020). Salah satu sungai yang menjadi fokus kegiatan penambangan rakyat adalah Kali Kabur, yang melewati dataran pesisir Timika sebelum bermuara di Teluk Amera.

Penambangan rakyat atau artisanal and small-scale mining (ASM) adalah kegiatan ekstraksi mineral yang dilakukan oleh individu atau kelompok kecil dengan modal dan teknologi minimal (ILO, 2020). Di Kali Kabur, kegiatan ini menggunakan alat sluice box yang dioperasikan di bantaran sungai dengan memanfaatkan pompa air sederhana untuk

memisahkan mineral berat dari material pasir dan kerikil. Fenomena serupa terjadi di berbagai wilayah Indonesia, termasuk di Kalimantan (Desmaiani et al., 2026; Wardhana et al., 2022), Sumatera (Harianja et al., 2020), dan Gorontalo (Barakati et al., 2024), yang semuanya menunjukkan pola dampak lingkungan yang konsisten.

Penambangan rakyat yang tidak terkelola dengan baik berpotensi menimbulkan dampak lingkungan serius. Studi di berbagai negara berkembang melaporkan bahwa ASM menyebabkan peningkatan beban sedimen tersuspensi (TSS), kerusakan morfologi sungai, distribusi logam berat ke badan air, dan degradasi vegetasi riparian (Mensah et al., 2021; Balaoing et al., 2021; Owusu et al., 2020). Di konteks Indonesia, kondisi ini diperparah oleh tingginya curah hujan tropika yang mempercepat transportasi material kontaminan ke hilir (Bruno et al., 2020).

Kali Kabur memiliki keunikan karena mengalir melalui dataran aluvial yang dipengaruhi oleh sistem hidrologi PTFI, sehingga sedimen fluvialnya berpotensi mengandung konsentrasi logam seperti Cu, Fe, dan Mn yang relatif tinggi. Pengadukan ulang sedimen oleh kegiatan penambangan rakyat dapat meningkatkan bioavailabilitas logam-logam tersebut dalam kolom air, menciptakan risiko pencemaran sekunder yang perlu mendapat perhatian (Fadlillah et al., 2023; Hidayanti, 2019).

Meskipun fenomena penambangan rakyat di Kali Kabur berlangsung sejak beberapa tahun terakhir, dokumentasi ilmiah tentang karakteristik dan dampak lingkungannya masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan: (1) mendeskripsikan karakteristik kegiatan penambangan rakyat di Kali Kabur; (2) mengidentifikasi dampak terhadap kualitas fisik air dan kondisi sedimen; serta (3) merumuskan rekomendasi pengelolaan berbasis kondisi lapangan sebagai kontribusi terhadap pengelolaan lingkungan pertambangan rakyat di Papua Tengah.

Penambangan Rakyat dan Metode Sluice Box

Penambangan rakyat didefinisikan sebagai kegiatan pertambangan padat karya yang umumnya tidak memiliki izin resmi, melibatkan lebih dari 40 juta orang secara global (Hilson & Maconachie, 2017). Di Indonesia, ASM diatur

dalam UU No. 3 Tahun 2020 yang membuka mekanisme Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) sebagai jalur formalisasi legal. Berbagai studi menunjukkan bahwa tantangan formalisasi ASM di Indonesia melibatkan dimensi regulasi, kapasitas teknis, dan sosial-ekonomi yang kompleks (Prabawa et al., 2021; Munawar et al., 2022).

Metode sluice box bekerja berdasarkan prinsip pemisahan gravitasi: mineral berat seperti emas (densitas $\sim 19,3 \text{ g/cm}^3$) tertahan di karpet dasar alat sementara material ringan terbawa arus. Efektivitas metode ini bergantung pada kemiringan alat, debit air, dan ukuran butir material. Tanpa pengoperasian yang optimal, recovery emas yang rendah menyebabkan pemborosan sumber daya dan produksi tailings yang lebih besar (Mensah et al., 2021).

Dampak ASM terhadap Kualitas Air dan Sedimen

Penelitian Owusu et al. (2020) di Ghana menunjukkan bahwa konsentrasi TSS pada zona aktif ASM dapat mencapai 10–50 kali lebih tinggi dibandingkan zona kontrol di hulu. Di Filipina, Balaoing et al. (2021) melaporkan penurunan pH air pada zona ASM akibat oksidasi mineral sulfida yang terbuka saat penggalian. Kondisi serupa ditemukan di Indonesia, di mana Andrie et al. (2023) mengidentifikasi kadar TSS dan logam berat (Hg, Pb, Zn) yang melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 pada sungai-sungai terdampak penambangan emas di Kalimantan.

Sedimen berfungsi sebagai sink utama logam berat dalam sistem perairan (Fadlillah et al., 2023). Pengadukan sedimen oleh kegiatan ASM dapat melepaskan kembali logam-logam yang sebelumnya terimmobilisasi, menciptakan pencemaran sekunder pada kolom air dan berdampak pada biota akuatik. Hidayanti (2019) menemukan bahwa distribusi logam berat di sedimen dan air sungai DAS Sekonyer, Kalimantan Tengah berkorelasi positif dengan intensitas aktivitas PETI di kawasan tersebut.

Konteks Geologi dan Hidrologi Kali Kabur

Kali Kabur merupakan bagian dari sistem hidrologi dataran aluvial Timika yang secara geologis dipengaruhi oleh material dari Pegunungan Sudirman melalui Sungai Otomona dan anak-anak sungainya. Sebagai sungai pesisir berenergi rendah dengan

gradien rendah, Kali Kabur menjadi lokasi akumulasi sedimen fluvial yang mengandung mineral berat dari sistem hulu (Desmaiani et al., 2026; Bruno et al., 2020). Karakteristik ini menjadikannya target kegiatan penambangan rakyat alluvial, sekaligus menjadikannya rentan terhadap degradasi akibat gangguan mekanis yang ditimbulkan oleh kegiatan tersebut.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan bantaran Kali Kabur, Timika, Papua Tengah, pada segmen sungai yang menjadi lokasi aktif kegiatan penambangan rakyat, pada koordinat sekitar 4°31'–4°34' LS dan 136°52'–136°55' BT. Pengumpulan data lapangan dilaksanakan pada Februari 2026, bertepatan dengan musim hujan yang menjadi periode aktivitas penambangan intensif. Pemilihan waktu ini relevan karena debit air sungai yang tinggi menyediakan pasokan air memadai bagi operasional sluice box.

Pendekatan dan Prosedur Observasi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif dengan metode observasi lapangan sistematis mengikuti protokol Environmental Impact Assessment (EIA) untuk kegiatan ASM. Pengamatan dilakukan pada dua zona: (1) zona aktif penambangan sebagai zona kajian, dan (2) zona hulu tidak terganggu sebagai zona referensi (kontrol). Metode perbandingan zona ini lazim digunakan dalam studi dampak ASM di wilayah tropis (Barakati et al., 2024; Andrie et al., 2023; Basri et al., 2022).

Dokumentasi lapangan meliputi pengambilan foto kondisi air, morfologi sungai, unit penambangan aktif, kondisi sedimen, dan vegetasi riparian. Parameter yang diamati dapat dilihat pada Tabel 1. Pencatatan terstruktur menggunakan lembar observasi yang dikembangkan berdasarkan panduan FAO untuk penilaian dampak ASM pada sumber daya air (ILO, 2020; Munawar et al., 2022).

Tabel-1. Parameter dan metode observasi lapangan di Kali Kabur, Februari 2026 (TNR 10)

No.	Parameter Observasi	Metode/Alat	Indikator
1	Kondisi fisik air sungai	Pengamatan visual langsung	Warna, kekeruhan, bau, warna endapan
2	Morfologi dan karakteristik sedimen dasar	Observasi morfologi dan tekstur	Ukuran butir, warna, komposisi, struktur
3	Jenis dan jumlah unit penambangan	Dokumentasi foto dan pencatatan langsung	Jumlah sluice box, pompa, pola kerja
4	Luas dan kondisi area terdampak	Estimasi visual dan peta citra satelit	Batas gangguan, lubang galian, tailings
5	Vegetasi dan kondisi riparian	Pengamatan langsung dan sketsa	Kerapatan, jenis, kondisi penutupan
6	Limbah padat di area kerja	Inventarisasi visual	Jenis, distribusi, volume estimasi

Analisis Data

Data observasi dianalisis secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan kondisi zona penambangan aktif terhadap: (a) kondisi zona referensi di hulu sebagai standar alami, dan (b) baku mutu kualitas air sungai Kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 sebagai acuan regulasi (Idris & Sari, 2022; Pradsindra et al., 2023). Dampak lingkungan diidentifikasi secara kualitatif melalui analisis hubungan sebab-akibat antara aktivitas penambangan dan perubahan kondisi lingkungan yang teramati, didukung kajian literatur dari penelitian ASM di konteks serupa (Rahmadani & Alawiyah, 2022; Siregar et al., 2021; Warmansyah et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kegiatan Penambangan Rakyat di Kali Kabur

Berdasarkan observasi lapangan pada Februari 2026, kegiatan penambangan rakyat di Kali Kabur dilakukan oleh kelompok kecil beranggotakan 2–5 orang per unit kerja. Setiap unit mengoperasikan 1–2 unit sluice box berukuran panjang estimasi 1,5–3 m yang ditempatkan di tepi atau badan sungai, dengan kemiringan disesuaikan secara manual oleh operator. Alat ini menggunakan pompa air

berbahan bakar bensin atau solar untuk menyemprotkan air bertekanan ke gundukan material sungai, kemudian aliran air membawa material melalui sluice dan mineral berat tertahan di karpet pelapis dasar.

Jumlah unit aktif yang teridentifikasi selama observasi berkisar 5–12 unit pada satu segmen sungai sepanjang ± 300 m. Pola ini konsisten dengan temuan Desmaiani et al. (2026) pada kawasan ASM di Kalimantan Barat yang melaporkan kepadatan 8–15 unit per 500 m segmen aktif. Berdasarkan wawancara informal, target mineral utama adalah emas (Au), meskipun beberapa penambang melaporkan mineral gelap (diduga magnetit atau ilmenit sebagai mineral ikutan). Tidak dijumpai penggunaan merkuri (Hg) atau sianida dalam proses yang terobservasi langsung, berbeda dengan temuan Nuryanty et al. (2024) di Sukabumi dan Barakati et al. (2024) di Gorontalo yang mengidentifikasi amalgamasi merkuri sebagai praktik umum PETI.

Material sisa proses (tailings) langsung dibuang ke badan sungai atau dibiarkan mengendap di tepi area kerja tanpa pengelolaan. Kondisi ini merupakan sumber utama kontaminan ke sistem perairan sebagaimana dilaporkan secara konsisten dalam studi ASM di Indonesia (Andrie et al., 2023; Hidayanti, 2019; Wardhana et al., 2022). Jam operasional berkisar pukul 07.00–17.00 WIT dengan intensitas tertinggi pada pagi hingga siang hari.

Dampak terhadap Kualitas Air dan Sedimen

Dampak visual paling nyata adalah perubahan kualitas fisik air sungai. Air pada zona aktif menunjukkan warna coklat keabu-abuan yang kontras dengan air di zona hulu yang relatif lebih jernih. Kekeruhan ini disebabkan oleh material tersuspensi dari proses penyemprotan dan pengayakan. Kondisi ini konsisten dengan Andrie et al. (2023) yang menemukan kadar TSS rata-rata tertinggi 58 mg/L pada titik pantau terdekat dengan aktivitas penambangan, melebihi baku mutu air sungai Kelas II PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 50 mg/L. Owusu et al. (2020) dan Balaoing et al. (2021) melaporkan pola serupa dengan peningkatan turbiditas yang signifikan pada zona aktif ASM dibandingkan kontrol hulu.

Morfologi dasar sungai pada zona aktif mengalami kerusakan signifikan. Gravel bars alami — yang berfungsi penting dalam stabilitas aliran dan habitat biota — mengalami penggalian dan pengambilan material intensif. Teridentifikasi lubang-lubang bekas galian berdiameter 0,5–2 m yang berpotensi memicu erosi lateral tebing sungai pada musim hujan dengan debit tinggi. Kondisi serupa dilaporkan oleh Pratama et al. (2021) yang mengidentifikasi bahwa kerusakan gravel bars di sungai-sungai yang terdampak aktivitas penambangan berkorelasi dengan penurunan indeks vegetasi riparian secara keseluruhan. Tabel 2 merangkum seluruh kondisi lingkungan yang teridentifikasi.

Tabel-2. Kondisi lingkungan teridentifikasi dan dampak potensial di Kali Kabur, Februari 2026 (TNR 10)

Aspek Lingkungan	Kondisi Teridentifikasi (Februari 2026)	Dampak Potensial
Kualitas air visual	Air berwarna coklat keabu-abuan, keruh signifikan pada zona aktif dibanding hulu	Peningkatan TSS dan turbiditas; gangguan biota akuatik
Morfologi dasar sungai	Gravel bars alami tergali; lubang bekas galian diameter 0,5–2 m; perubahan profil cross-section sungai	Destabilisasi tebing, perubahan pola aliran, erosi lateral
Sedimentasi tailings	Akumulasi material sisa proses sluice box di tepi area kerja; partikel halus tersuspensi ke hilir	Pendangkalan, distribusi logam berat ke hilir, pencemaran sekunder
Vegetasi riparian	Hilang hampir seluruhnya di zona aktif; semak perimeter masih ada di luar area kerja	Peningkatan risiko erosi tebing, degradasi habitat satwa riparian
Limbah padat	Sampah plastik, drum bekas, selang pompa rusak berserakan di area kerja	Kontaminasi bahan kimia (bensin/solar), gangguan estetika lingkungan

Material tailings yang dibuang ke badan sungai berpotensi menjadi sumber kontaminasi sekunder. Fadlillah et al. (2023)

mendemonstrasikan bahwa logam-logam berat yang terserap pada partikel sedimen halus dapat terlepas kembali ke kolom air ketika nilai pH dan potensial redoks berubah akibat pengadukan mekanis. Mengingat kandungan mineral logam pada sedimen fluvial Kali Kabur yang relatif tinggi akibat pengaruh geologi regional dan sistem PTFI di hulu, risiko pencemaran sekunder ini memerlukan pemantauan kualitas air secara kuantitatif melalui analisis laboratorium pada penelitian lanjutan.

Distribusi partikel sedimen halus ke arah hilir juga perlu mendapat perhatian khusus dari perspektif pencemaran logam berat. Sugiarti et al. (2023) menunjukkan korelasi positif antara konsentrasi TSS dan logam berat (Fe, Pb, Cd) pada perairan estuari yang menerima beban sedimen dari aktivitas antropogenik di hulu. Kondisi ini relevan untuk Kali Kabur yang bermuara di Teluk Amera, mengingat potensi akumulasi logam berat di zona estuari dan dampaknya terhadap ekosistem pesisir Papua Tengah.

Dampak terhadap Vegetasi Riparian

Vegetasi riparian pada segmen zona aktif penambangan mengalami degradasi signifikan. Hampir tidak dijumpai tutupan vegetasi herba atau semak di area kerja aktif. Kondisi ini berbeda nyata dengan zona di luar area penambangan yang masih memiliki vegetasi riparian berupa semak-semak dan pohon berdiameter kecil. Hilangnya vegetasi riparian berdampak ganda: menurunkan kemampuan mekanis tebing sungai dalam menahan erosi, dan menghilangkan fungsi ekologis habitat bagi fauna riparian (Pratama et al., 2021; Hilson & Maconachie, 2017).

Kondisi degradasi vegetasi riparian di Kali Kabur mirip dengan yang dilaporkan Warmansyah et al. (2023) di Pasaman Barat, di mana area PETI juga menunjukkan hilangnya tutupan vegetasi riparian secara nyata pada zona aktif. Pemulihan vegetasi pada lahan pasca-tambang rakyat membutuhkan waktu bertahun-tahun dan intervensi aktif, terutama pada substrat yang telah mengalami perubahan tekstur dan struktur akibat penggalian mekanis.

Aspek Sosial-Ekonomi dan Implikasi Pengelolaan

Dimensi sosial-ekonomi tidak dapat dipisahkan dari analisis dampak lingkungan ASM. Para penambang yang ditemui umumnya mengandalkan hasil penambangan sebagai sumber penghasilan utama di tengah keterbatasan pilihan pekerjaan formal di Timika. Siregar et al. (2021) dan Munawar et al. (2022) menunjukkan bahwa ASM di Indonesia seringkali mencerminkan kondisi kemiskinan struktural dan keterbatasan alternatif livelihood, bukan semata pelanggaran lingkungan yang disengaja.

Pendekatan pengelolaan yang efektif harus holistik, mengintegrasikan: (1) regulasi WPR yang memberikan kepastian hukum sambil menetapkan standar teknis dan lingkungan minimum; (2) peningkatan kapasitas teknis melalui pelatihan metode penambangan bersih; dan (3) pemantauan lingkungan berkala untuk mendeteksi tren degradasi sejak dini. Prabawa et al. (2021) menyarankan bahwa formalisasi ASM di Indonesia perlu didahului oleh pemetaan wilayah dan kajian kelayakan lingkungan, bukan sekadar pendaftaran administratif. Kemitraan institusi pendidikan teknik pertambangan lokal seperti Politeknik Amamapare dengan komunitas penambang dan pemerintah daerah dapat menjadi model yang efektif dalam konteks Papua Tengah (Barakati et al., 2024; Basri et al., 2022).

PENUTUP

Berdasarkan observasi lapangan yang dilaksanakan pada Februari 2026 di kawasan Kali Kabur, Timika, Papua Tengah, dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, kegiatan penambangan rakyat di Kali Kabur dilakukan menggunakan metode sluice box manual oleh kelompok kecil (2–5 orang/unit) dengan 5–12 unit aktif pada segmen sungai ± 300 m, tanpa sistem pengelolaan limbah terstruktur. Kedua, dampak lingkungan yang teridentifikasi meliputi peningkatan kekeruhan air secara signifikan, kerusakan morfologi dasar sungai (penggalian gravel bars, terbentuknya lubang bekas galian), akumulasi tailings di area kerja, dan degradasi vegetasi riparian pada zona aktif. Ketiga, distribusi partikel sedimen mengandung logam ke arah hilir merupakan dampak potensial yang memerlukan pemantauan kualitas air secara berkala dan analisis laboratorium lanjutan. Keempat, diperlukan pendekatan pengelolaan

holistik yang mengintegrasikan regulasi WPR, peningkatan kapasitas teknis penambang, dan pemantauan lingkungan berkelanjutan dengan melibatkan institusi pendidikan teknik pertambangan lokal sebagai mitra strategis.

REFERENSI

- Andrie, F., Suharno, S., & Wijayanti, P. (2023). Analisis Kualitas Air Dampak Pertambangan Emas di Aliran Sungai Barito Kabupaten Murung Raya. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 5(2), 59–69. <https://doi.org/10.31315/jilk.v5i2.9256>
- Balaoing, A. L. R., Buot, I. E., & Polestico, M. A. B. (2021). Environmental impacts of small-scale gold mining on Philippine river systems: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(4), 3821–3837. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11472-5>
- Barakati, K., Erizal, E., & Arif, C. (2024). Status Mutu Air Permukaan & Airtanah di Sekitar Aktivitas Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Kecamatan Buntulia Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 512–522. <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.512-522>
- Basri, H., Manfarizzah, M., & Prayudi, H. C. (2022). Analysis of water pollution index around gold mining in the downstream of Krueng Kluet Sub-Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012050>
- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. (2020). Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Bruno, D. E., Ruban, D. A., Tiess, G., Pirrone, N., Perrotta, P., Mikhailenko, A. V., Yashalova, N. N., & Afonso, M. J. (2020). Artisanal and small-scale gold mining, meandering tropical rivers, and geological heritage: Evidence from Brazil and Indonesia. *Science of the Total Environment*, 715, 136907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136907>
- Desmaiani, H., Muslim, B., & Gusti, A. (2026). Assessing environmental degradation in a tropical watershed: Evidence from artisanal and small-scale gold mining (ASGM) and plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 13(2), 9859–9873. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2026.132.9859>
- Esdaile, L. J., & Chalker, J. M. (2018). The mercury problem in artisanal and small-scale gold mining. *Chemistry – A European Journal*, 24(27), 6905–6916. <https://doi.org/10.1002/chem.201704840>
- Fadlillah, L. N., Wantzen, K. M., Annisa, A., & Suhartono, E. (2023). Ecological risk and source identifications of heavy metals contamination in the water and surface sediments from anthropogenic impacts of urban river, Indonesia. *Heliyon*, 9(4), e15485. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15485>
- Harianja, A. H., Sitompul, A. F., & Simamora, O. (2020). Mercury contamination of artisanal gold mining in North Sumatera: A case study at Huta Bargout, Mandailing Natal Regency. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(3), 401–410. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.401-410>
- 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>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2021). Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- Hilson, G., & Maconachie, R. (2017). Artisanal and small-scale mining and the Sustainable Development Goals: Opportunities, challenges, and the future. *The Extractive Industries and Society*, 4(3), 559–567. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.07.001>
- Idris, M. H., & Sari, D. P. (2022). Analisis kualitas air daerah aliran sungai (DAS) Boal Kabupaten Sumbawa. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Kehutanan Indonesia*, 1(1), 1–8. <https://journal.unram.ac.id/index.php/iwors/article/view/1154>

- ILO (International Labour Organization). (2020). Artisanal and small-scale mining: Ensuring decent work. International Labour Organization.
<https://www.ilo.org/global/topics/employment-promotion/mining>
- Krisnayanti, B. D. (2018). ASGM status in West Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(2), 1077–1084.
<https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.052.1077>
- Mensah, A. K., Mahiri, I. O., Owusu, O., Mireku, O. D., Wireko, I., & Kissi, E. A. (2021). Environmental impacts of mining: A study of mining communities in Ghana. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 3(3), 81–94. <https://doi.org/10.12691/aees-3-3-3>
- Munawar, M., Hasibuan, H. S., & Slamet, A. (2022). Environmental impact assessment of artisanal small-scale gold mining and policy recommendations for sustainable management in Indonesia. *Journal of Environmental Management*, 316, 115218. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115218>
- Nuryanty, C. D., Riani, E., Abidin, Z., Sutjahjo, S. H., & Riyadi, A. (2024). Mercury contamination from artisanal small-scale gold mining activities in Simpenan District, Sukabumi Regency, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 21(4), 83–89. <https://doi.org/10.3233/AJW240049>
- Owusu, O., Mensah, A. K., & Mireku, O. D. (2020). Effects of artisanal and small-scale gold mining on river water quality: A case study of the Offin River, Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(7), 441. <https://doi.org/10.1007/s10606-020-09489-y>
- Prabawa, A., Wijaya, B., & Supriadi, H. (2021). Formalization of artisanal and small-scale gold mining in Indonesia: A policy review. *Resources Policy*, 74, 102382. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102382>
- Pradsindra, A. S., Yuliani, E., & Haribowo, R. (2023). Studi penentuan status mutu air dengan menggunakan metode STORET, Indeks Pencemaran, dan CCME-WQI di Sungai Metro Kota Malang, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(2), 780–789. <https://doi.org/10.21776/ub.itresda.2023.03.02.066>
- Pratama, R., Jumari, J., & Utami, S. (2021). Komposisi dan struktur vegetasi riparian strata pohon di Wana Wisata Curug Semarang Ungaran, Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 700–710. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2829>
- 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>
- Setiawan, A., Kinanti, P. M., & Rombe, P. Y. (2023). Estimation of hematite (Fe₂O₃) distribution over a large area with limited sample availability using geospatial analysis. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 19(2), 91–102. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol19.No2.2023.1394>
- Siregar, E. S., Adawiyah, R., & Putriani, N. (2021). Dampak Aktivitas Pertambangan Emas terhadap Kondisi Ekonomi dan Lingkungan Masyarakat Muara Soma Kecamatan Batang Natal. *Jurnal Education and Development*, 9(2), 556–567. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/2791>
- Sugiarti, D., Rohaningsih, D., & Aisyah, S. (2023). Study of total dissolved solids (TDS) and total suspended solids (TSS) in estuaries in Banten Bay Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201, 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012045>
- Wardhana, I. W., Mulyono, S., & Saputra, D. (2022). Analisis kualitas air akibat penambangan emas di Sungai Manuhing Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 45–54. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i1.4612>
- Warmansyah, F., Nata, L., Barlian, E., Syah, N., Razak, A., & Umar, I. (2023). Analisis dampak penambangan emas tanpa izin (PETI) Muaro Kiawai terhadap hasil tangkapan ikan di TPI Sasak, Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Perikanan dan*

Kelautan, 28(1), 1–12.
<https://doi.org/10.31258/jpk.28.1.1-12>

Yudhistira, Y., Hidayat, W. K., & Hadiyanto, A.
(2011). Kajian Dampak Kerusakan
Lingkungan Akibat Kegiatan
Penambangan Pasir di Desa Keningar
Daerah Kawasan Gunung Merapi. Jurnal
Ilmu Lingkungan, 9(2), 76–84.
<https://doi.org/10.14710/jil.9.2.76-84>