



JURNAL LINGKUNGAN DAN KONSERVASI TROPIS

Vol. 02 No. 01 (2026) 25-33

Degradasi Kualitas Air akibat Limbah Pertambangan: Analisis Komparatif Logam Berat, Konsentrasi, dan Dampaknya terhadap Ekosistem Perairan

Water Quality Degradation due to Mining Waste: A Comparative Analysis of Heavy Metals, Concentrations, and Their Impacts on Aquatic Ecosystems

Latifah Try Azahra^{1*}, Alyssa Amanda Utama¹, Dewi Rahmawati¹

¹⁾ Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok, Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur 75242

SUBMISSION TRACK

Submitted : 04-07-2026
Revised : 05-07-2026
Accepted : 08-07-2026
Published : 10-07-2026

KEYWORDS

Water quality, mining waste, heavy metals, mercury, environmental degradation, literature review

*CORRESPONDENCE

email: latifahtryzahra@gmail.com

ABSTRACT

Water quality degradation caused by mining activities represents a significant environmental issue due to the discharge of waste containing heavy metals into aquatic systems. This study aims to analyze water quality degradation resulting from mining waste through a literature review, focusing on dominant heavy metals, concentration variations, and their impacts on aquatic ecosystems. The method employed is review of national scientific literature published between 2014 and 2025, analyzed using a descriptive-comparative approach. The results indicate that mercury (Hg) is the most dominant heavy metal, particularly in gold mining, with concentrations varying and in some cases exceeding quality standards. Other metals such as Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, and Ni were also identified. The impacts include changes in pH, increased suspended solids, and accumulation of heavy metals in sediments and aquatic organisms. Overall, mining waste contributes to water quality degradation and poses long-term risks to aquatic ecosystems and human health.

PENDAHULUAN

Degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan, khususnya yang mengandung logam berat, telah menjadi salah satu ancaman serius bagi ekosistem perairan di Indonesia. Sektor yang berkontribusi dalam degradasi kualitas air tersebut adalah pertambangan yang menghasilkan limbah padat dan cair, seperti tailing, air asam tambang, serta residu logam berat. Hal tersebut berdampak bagi air yang menjadi sumber kehidupan manusia dan penopang aktivitas sosial-ekonomi kini menghadapi tekanan akibat intensifikasi eksplorasi dan eksploitasi tambang. Konsentrasi logam berat yang tinggi dalam limbah tersebut tidak hanya menurunkan kualitas air, tetapi juga menimbulkan dampak ekologis yang signifikan terhadap ekosistem perairan, berupa penurunan keanekaragaman hayati, terganggunya rantai makanan, dan rusaknya fungsi ekosistem perairan (Amir *et al.*, 2021).

Areal pertambangan juga berkaitan erat dengan terbentuknya air asam tambang (AAT), yaitu air dengan pH yang asam akibat oksidasi mineral sulfida seperti pirit yang terpapar udara dan air selama kegiatan penambangan. Air asam tambang berasal dari sumber tambang terbuka, unit batuan buangan, yang berasal dari air bekas pencucian yang mengandung lumpur dengan kadar logam berat yang tinggi seperti FeS (pyrite), FeS₂ (marcasite), FeSx (pyrrhotite), PbS (galena), Cu₂S (chalcocite), CuS (covellite), CuFeS₂ (chalcopyrite), MoS₂ (molybdenite), NiS (millerite), ZnS (sphalerite), dan FeAsS (arsenopyrite). Limbah ini seringkali dibuang ke lingkungan melalui sistem pembuangan tertentu atau terbawa secara tidak terkendali melalui limpasan air hujan, erosi, maupun kebocoran kolam penampungan (Saptawartono *et al.*, 2024).

DOI: -----

Penelitian Sekarwati *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa limbah pertambangan menyebabkan degradasi kualitas air melalui peningkatan *Total Suspended Solid* (TSS), penurunan *Dissolved Oxygen* (DO), dan akumulasi logam berat seperti Zn, Cu, Pb, Fe, dan Sn. Logam berat ini bersifat toksik, sulit terurai, dan cenderung mengendap di sedimen sehingga dapat masuk ke rantai makanan. Kondisi tersebut tidak hanya mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik, tetapi juga menurunkan keanekaragaman biota, membuat air tidak layak konsumsi, dan menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat sekitar tambang.

Penelitian mengenai pencemaran air akibat aktivitas pertambangan telah banyak dilakukan, namun sebagian besar masih bersifat parsial, baik dari segi lokasi penelitian maupun parameter yang dianalisis. Sebagai contoh, penelitian oleh Tulzuhrah *et al.*, (2022) pada kawasan pertambangan emas hanya berfokus pada analisis merkuri (Hg) sebagai indikator pencemaran, tanpa membandingkannya dengan logam berat lain maupun mengevaluasi pola degradasi kualitas air secara komprehensif. Perbedaan karakteristik geologi, jenis komoditas tambang, dan metode penambangan dapat memengaruhi tingkat pencemaran yang terjadi. Sehingga diperlukan kajian literatur yang bersifat komprehensif untuk mensintesis berbagai hasil penelitian sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan.

Namun demikian, sebagian besar penelitian mengenai degradasi kualitas air akibat aktivitas pertambangan masih bersifat parsial karena umumnya hanya berfokus pada satu jenis logam berat, parameter kualitas air, atau lokasi penelitian tertentu. Kondisi tersebut menyebabkan masih terbatas kajian yang membandingkan berbagai hasil penelitian untuk mengidentifikasi sumber pencemar, jenis dan konsentrasi logam berat yang dominan, mekanisme distribusinya di lingkungan perairan, serta dampaknya terhadap ekosistem perairan. Oleh karena itu, diperlukan kajian literatur dengan pendekatan analisis komparatif untuk mensintesis berbagai temuan ilmiah sehingga diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan. Melalui kajian ini diharapkan dapat diketahui pola keterkaitan antara sumber pencemar, karakteristik dan konsentrasi logam berat, mekanisme penyebarannya, serta dampaknya terhadap kualitas ekosistem perairan sebagai dasar dalam mendukung strategi pengelolaan lingkungan, pengendalian pencemaran, dan perumusan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Seleksi Literatur

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* yang memudahkan dalam mengidentifikasi, seleksi, evaluasi, dan sintesis berbagai hasil penelitian secara komprehensif terkait degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan. Penelitian ini berfokus pada evaluasi pencemaran logam berat pada perairan akibat aktivitas pertambangan, dengan menitikberatkan pada analisis jenis logam berat, konsentrasi yang terdeteksi, serta keterkaitannya dengan baku mutu kualitas air. Penelitian ini dengan berbagai temuan dengan kategori pola pencemaran logam berat, variasi konsentrasi, serta dampaknya terhadap ekosistem perairan, sehinggamelibatkan dua puluh artikel ilmiah yang dipublikasi pada rentang tahun 2014-2025, mencakup artikel ilmiah nasional.

Literatur diperoleh melalui penelusuran pada basis data *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *ResearchGate* dengan bantuan aplikasi *Harzing's Publish or Perish*. Penggunaan aplikasi tersebut bertujuan untuk mempermudah proses penelusuran artikel secara sistematis berdasarkan kata kunci, tahun publikasi, serta jumlah sitasi sehingga artikel yang diperoleh lebih relevan dengan topik penelitian. Selanjutnya, artikel yang memenuhi kriteria inklusi diekstraksi dan diorganisasikan menggunakan Microsoft Excel untuk memudahkan proses pengelompokan berdasarkan jenis pertambangan, jenis logam berat, konsentrasi logam, lokasi penelitian, dan kesesuaian dengan baku mutu kualitas air sebelum dilakukan sintesis data (Nurrisa *et al.*, 2025).

Pendekatan Analisis

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif-komparatif melalui studi literatur terhadap berbagai hasil penelitian terkait penurunan kualitas air akibat limbah pertambangan. Setiap artikel yang terpilih dianalisis dengan mengidentifikasi jenis logam berat seperti tembaga (Cu), kromium (Cr), kadmium (Cd), dan timbal (Pb), serta konsentrasi logam dalam air, sedimen, dan biota perairan, disertai parameter pendukung seperti pH dan padatan tersuspensi yang mempengaruhi mobilitas dan toksisitas logam. Metode penelitian dan hasil utama dari masing-masing studi juga dikaji untuk memahami hubungan antara sumber pencemar, tingkat konsentrasi, dan dampaknya terhadap lingkungan. Seluruh hasil kemudian diklasifikasikan dan disintesis secara tematik untuk menggambarkan tingkat pencemaran berdasarkan konsentrasi logam berat, pola sebarannya, serta dampaknya terhadap kualitas air, ekosistem perairan, dan lingkungan sekitar, termasuk potensi bioakumulasi dan risiko terhadap organisme serta masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas pertambangan diketahui memberikan tekanan signifikan terhadap kualitas perairan, terutama melalui peningkatan kandungan logam berat, padatan tersuspensi, serta perubahan parameter kimia air. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif untuk memahami tingkat degradasi kualitas air berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Berdasarkan studi literatur pada berbagai lokasi pertambangan, diperoleh data terkait parameter kualitas air yang dirangkum pada **Tabel 1** yang menunjukkan variasi tingkat pencemaran dan karakteristik degradasi perairan.

Tabel 1. Analisis Degradasi Perairan Pertambangan

Lokasi dan Tahun	Jenis Tambang	Logam Berat	Dampak
Sungai Pesouha, Kolaka (2018)	Nikel	Cr6+, Fe	Air tercemar ringan, TSS 0,617–2,47.
Sungai Molore, Konawe Utara (2019)	Nikel	Zn, Cu, Fe	Pencemaran ringan, BOD tinggi
Sedimen Tapuemea & Tapungaya, Konawe Utara (2020)	Nikel	Ni	Akumulasi Ni di sedimen, berisiko toksik
Desa Ussu, Luwu Timur (2021)	Nikel	pH, TSS	Air genangan tidak layak konsumsi
Sungai Baturusa, Bangka Belitung (2017)	Timah	Cu, Zn, Fe, Pb	Status tercemar sedang, air keruh
Perayun Kundur, Kepulauan Riau	Timah	Pb, Cu, Cd	Air kolong asam, tidak layak konsumsi
Sungai Menduk, Bangka	Timah	Sn, Pb, Zn	Tercemar sedang, habitat ikan terganggu
Pesisir Tanjung Gunung, Bangka Tengah	Timah	Zn	Status tidak tercemar menurut Igeo, tapi sumber antropogenik jelas
Sungai, Batang Manggilang, Sumatera Barat	Batubara	Fe	Air tercemar berat, tidak layak digunakan
Sungai Separi, Kutai Kartanegara (Kaltim)	Batubara	Cu, Zn, Fe	Status mutu baik, tetapi memerlukan monitoring
Sungai Barito, Murung Raya (2023)	Emas	Pb, Hg, Zn	Menurunkan kualitas air, meningkatkan TSS dan logam berat, berpotensi membahayakan biota perairan
Air Batu, Banyuasin (2023)	Batubara	Fe, Mn	Air tanah tidak layak konsumsi, berisiko bagi kesehatan manusia

Lokasi dan Tahun	Jenis Tambang	Logam Berat	Dampak
Sungai Ongkag, Sulawesi Utara (2022)	Emas	Hg	Pencemaran meningkat dari tahun ke tahun, merusak ekosistem perairan
Tumbang Randang, Kapuas (2025)	Emas	Cu	Air tidak layak digunakan langsung, berpotensi mengganggu kesehatan dan organisme air
Sungai Buyat, Sulawesi Utara (2025)	Emas	Hg, CN	Dampak belum signifikan, namun berpotensi menurun jika tidak dikelola
Tanoyan Selatan, Sulawesi Utara (2023)	Emas	Hg	Masih di bawah baku mutu, namun tetap berpotensi mencemari jika terakumulasi
Minahasa Utara (2021)	Emas	Hg	Kontaminasi jangka panjang pada tanah, berpotensi masuk rantai makanan
Solok Selatan, Sumatera Barat (2016)	Emas	Hg	Pencemaran berat, berbahaya bagi organisme dan kesehatan manusia
Sungai Nuangan, Sulawesi Utara (2023)	Emas	Hg	Menurunkan kualitas air, meningkatkan kekeruhan dan bahan organik
Sungai Anahoni & Waelata, Maluku (2024)	Emas	Hg	Akumulasi pada sedimen, berpotensi bioakumulasi pada organisme

Hasil penelitian pada lahan pertambangan nikel di Sungai Pesouha menunjukkan bahwa Cr^{6+} terdeteksi dan Fe berada dalam konsentrasi tinggi, dengan nilai Indeks Pencemaran 0,617–2,47 yang menandakan kondisi air dari baik hingga tercemar ringan. Hal ini menunjukkan bahwa perairan belum mengalami pencemaran berat, tetapi sudah berada dalam tekanan lingkungan akibat aktivitas tambang. Korelasi kuat antara Cr^{6+} , Fe, dan TSS mengindikasikan bahwa padatan tersuspensi berperan sebagai media transport logam berat di perairan. Kondisi ini disebabkan oleh aktivitas pembukaan lahan di hulu yang meningkatkan erosi tanah laterit kaya Fe dan Cr, kemudian terbawa oleh limpasan air hujan ke badan sungai, serta diperkuat oleh curah hujan tinggi yang mempercepat proses pelindian logam dari batuan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Misbawati & Iryani (2025) yang menyatakan bahwa tanah laterit pada tambang nikel memiliki kandungan Fe tinggi, khususnya pada zona limonit akibat pelapukan intensif di lingkungan tropis, sehingga Fe mudah tererosi dan tertransport ke perairan, serta menunjukkan adanya asosiasi antar logam berat yang menyebabkan peningkatan Fe tidak terjadi secara tunggal, tetapi berkaitan dengan keberadaan logam lain seperti Cr.

Pada Sungai Molore, Konawe Utara, aktivitas penambangan nikel menunjukkan nilai BOD sebesar 5,7 mg/L yang melebihi baku mutu, DO sebesar 6,7 mg/L yang masih tergolong baik, serta Zn sebesar 7,2 mg/L yang relatif tinggi pada awal pengamatan, dengan Indeks Pencemaran 1,71–2,71 (tercemar ringan). Tingginya nilai BOD menunjukkan adanya beban bahan organik yang cukup besar, meskipun kondisi DO masih mampu mendukung proses pemurnian alami pada sungai. Penurunan Zn mengindikasikan adanya proses pengenceran atau sedimentasi (Abriansyah, 2022). BOD tinggi pada perairan sekitar bekas tambang nikel disebabkan oleh masuknya limbah dan material organik dari aktivitas tambang melalui limpasan, sehingga mikroorganisme memerlukan lebih banyak oksigen untuk penguraian dan kadar oksigen terlarut menurun (Pebrianti *et al.*, 2023).

Penelitian pada sedimen Tapuemea dan Tapungaya, Konawe Utara oleh Adhidarma *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa konsentrasi Ni sebesar 3,39–34 mg/kg berada pada kategori sedang hingga berat, terutama ketika melebihi ambang 20 mg/kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa pencemaran lebih dominan terjadi di sedimen dibandingkan kolom air. Akumulasi Ni di sedimen terjadi karena logam berat memiliki sifat tidak mudah larut dan cenderung mengendap. Aktivitas pertambangan terbuka (open-pit mining) menyebabkan erosi material laterit yang kaya nikel, kemudian terbawa ke perairan dan terendapkan. Sedimen memiliki luas permukaan besar sehingga mampu mengikat logam berat lebih efektif dibanding air. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa logam berat dari aktivitas tambang

cenderung terakumulasi di sedimen karena sifatnya yang tidak mudah larut dan mudah teradsorpsi pada partikel halus (Tony *et al.*, 2022).

Pada Desa Ussu, Luwu Timur, yang berada di kawasan sekitar tambang nikel PT Prima Utama Lestari, aliran air dan genangan menunjukkan pH relatif netral (6,24–6,73) serta TSS rendah (5,1–12 mg/L), namun terdapat titik genangan dengan pH 5,85 yang bersifat asam. Kondisi ini mencerminkan bahwa perusahaan belum memiliki sarana netralisasi limbah yang memadai, sehingga limpasan melewati batuan laterit menghasilkan air asam tambang. Dampaknya, meskipun tidak terdeteksi logam berat, potensi mobilisasi logam tetap ada apabila keasaman meningkat dan tidak memenuhi mutu air PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017. Menurut Tony *et al.*, (2022), meskipun pH berada dalam kisaran netral dan TSS relatif rendah, air tetap tidak memenuhi baku mutu apabila parameter lain seperti logam berat dan mikrobiologi tidak terpenuhi.

Pencemaran di Sungai Baturusa terutama berasal dari limbah tailing timah yang langsung masuk ke sungai. Tailing membawa partikel halus sehingga meningkatkan TSS dan menyebabkan air menjadi keruh, menghambat penetrasi cahaya, menurunkan fotosintesis fitoplankton, serta mengurangi kadar oksigen terlarut. Selain itu, tailing mengandung logam berat Cu (0,32–0,45 mg/L) dan Zn (0,10–0,13 mg/L) yang melebihi baku mutu. Cu bersifat toksik dan merusak metabolisme ikan, sedangkan Zn mengganggu keseimbangan fisiologis organisme. Menurut (Purba *et al.*, 2025) Kombinasi tingginya TSS dan akumulasi logam berat inilah yang menjadikan perairan tercemar sedang dan tidak ideal bagi biota.

Penelitian pada sedimen pesisir Tanjung Gunung, Bangka Tengah oleh Susanti *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa konsentrasi Zn relatif rendah (0,66–4,36 mg/kg), tetapi nilai faktor pengayaan (EF) sangat tinggi hingga 295,41. Hal ini menandakan adanya input antropogenik yang kuat, terutama dari aktivitas tambang timah lepas pantai dan penggunaan cat kapal berbasis Zn. Tanpa adanya sistem pengendalian limbah, partikel halus dan logam berat langsung terakumulasi di sedimen. Menurut Purba *et al.*, (2025), sedimen dapat menjadi reservoir pencemar yang sewaktu-waktu melepaskan kembali logam ke kolom air akibat perubahan kondisi fisik-kimia, sehingga berisiko mengganggu biota perairan.

Aktivitas tambang timah rakyat tanpa kolam pengendapan di Sungai Menduk, Bangka menyebabkan TSS sangat tinggi (386–559 mg/L) dan pH rendah (4,83–5,09), dengan logam Sn terdeteksi sebesar 0,89 mg/L di hulu. Sementara itu, Pb, Zn, dan Cu telah mengendap di sedimen. Kondisi ini menunjukkan degradasi nyata berupa sedimentasi ekstrem, kekeruhan tinggi, dan asidifikasi yang menurunkan kualitas habitat ikan. Dampaknya terlihat pada penurunan indeks keanekaragaman ikan di bagian hulu. Hal ini sejalan dengan penelitian Zulfikri *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa sedimentasi dan logam berat dapat menurunkan kadar oksigen dan mengganggu kehidupan ikan.

Pada wilayah Perayun Kundur, Kartika dan Puryanti (2019) menunjukkan bahwa air kolong dan sumur di sekitar bekas tambang timah mengalami degradasi kualitas, ditandai oleh Pb dan Cu yang melebihi ambang serta pH sangat asam (3,28–4,03). Kondisi ini menunjukkan bahwa limbah tailing telah meresap ke tanah dan mencemari air tanah. Keasaman tinggi mempercepat pelarutan logam sehingga meningkatkan risiko pencemaran. Hal ini sesuai dengan Asriani (2014) yang menyatakan bahwa logam berat lebih mudah larut pada kondisi asam dan dapat terakumulasi dalam lingkungan.

Penelitian di Sungai Batang Manggilang (Rois dan Andrizal, 2018) diketahui nilai Fe yang sangat tinggi (307 mg/L), pH yang sangat asam (3,67), dan TSS sebesar 400 mg/L menunjukkan bahwa perairan telah mengalami pencemaran berat. Kondisi pH di bawah 4 menandakan air menjadi sangat asam dan jauh dari kondisi alami. Hal ini terjadi akibat fenomena acid mine drainage (AMD), yaitu proses terbentuknya asam dari oksidasi mineral sulfida seperti pirit. Menurut Kurniawan *et al.*, (2015) Keasaman ini menyebabkan logam seperti Fe mudah larut sehingga konsentrasinya meningkat drastis. Selain itu, tingginya TSS menunjukkan banyaknya material tambang yang terbawa ke sungai. Kombinasi kondisi tersebut membuat air tidak layak digunakan dan berbahaya bagi organisme perairan serta masyarakat di sekitarnya.

Pada Sungai di Kutai Kartanegara, diketahui sungai sekitar pertambangan batubara di Kutai Kartanegara masih memenuhi baku mutu kelas II, tetapi beberapa parameter mendekati ambang batas,

Cu (0,012–0,019 mg/L), H₂S (0,0018–0,0019 mg/L), dan fosfat (0,187–0,198 mg/L). Hal ini menunjukkan adanya tekanan lingkungan akibat oksidasi mineral sulfida yang menghasilkan air asam tambang, serta limbah domestik dan pupuk yang meningkatkan fosfat sehingga menimbulkan risiko eutrofikasi, dan potensi toksisitas Cu serta H₂S bila konsentrasi terus naik. Menurut penelitian Sekarwati *et al.*, (2015) Cu termasuk logam berat yang bersifat toksik, persisten, dan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme, sehingga ketika masuk ke sungai, logam ini tidak mudah terurai dan terus menumpuk di sedimen maupun biota. Dalam konsentrasi tinggi justru menjadi racun yang dapat mengganggu fungsi fisiologis organisme perairan.

Penelitian di Sungai Barito oleh Fery *et al.*, (2023) menunjukkan adanya kandungan logam berat Pb, Hg, dan Zn dengan beban pencemar yang cukup tinggi, terutama Hg sebesar $\pm 0,3$ kg per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan emas telah memberikan tekanan terhadap kualitas perairan. Tingginya konsentrasi logam berat tersebut menyebabkan penurunan kualitas air dan berpotensi membahayakan biota perairan. Menurut Tony *et al.*, (2022) dalam Jurnal Kurvatek, logam berat seperti Hg dan Pb bersifat toksik, persisten, dan dapat terakumulasi dalam lingkungan perairan sehingga meningkatkan risiko pencemaran jangka panjang.

Pada Air Batu, Kabupaten Banyuasin oleh penelitian (Rimbawan dan Setiawan, 2023) terkait adanya logam Fe dan Mn dengan nilai *Water Quality Index* (WQI) yang sangat tinggi hingga mencapai 2356. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air tanah tidak layak digunakan sebagai sumber air minum. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh air asam tambang yang meningkatkan kelarutan logam dalam air tanah. Menurut Yusuf *et al.*, (2025), air asam tambang terbentuk akibat oksidasi mineral sulfida yang menyebabkan peningkatan kelarutan logam berat dalam perairan.

Di Sungai Ongkag Dumoga penelitian Bouty *et al.*, (2022) menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi merkuri dari 0,001 mg/L menjadi 0,0155 mg/L. Hal ini menunjukkan adanya akumulasi pencemaran yang bersifat progresif. Menurut Sekarwati *et al.*, (2015) logam berat seperti merkuri bersifat persisten dan dapat terakumulasi dalam sedimen maupun organisme perairan.

Pada lokasi Tumbang Randang, Kabupaten Kapuas oleh penelitian Ambeng *et al.*, (2025) ditemukan logam berat Cu yang melebihi baku mutu. Kondisi ini menunjukkan adanya pencemaran yang berpotensi mengganggu organisme perairan. Menurut Purba *et al.*, (2025) logam Cu memiliki sifat toksik dan dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada organisme jika berada dalam konsentrasi tinggi.

Di Sungai Buyat penelitian Lagoari *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa konsentrasi Hg dan CN masih berada di bawah baku mutu. Meskipun demikian, kondisi ini tetap menunjukkan adanya potensi pencemaran jangka panjang. Menurut Susanti *et al.*, (2023) logam berat memiliki sifat bioakumulatif yang dapat meningkat dalam tubuh organisme meskipun konsentrasinya rendah di lingkungan.

Pada Tanoyan Selatan penelitian (Muchtar *et al.*, 2023) menunjukkan konsentrasi merkuri yang relatif rendah. Namun demikian, keberadaan logam berat ini tetap berpotensi mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Menurut Adidharma *et al.*, (2023) merkuri dapat terakumulasi dalam sedimen dan organisme laut sehingga berpotensi masuk ke rantai makanan.

Di Minahasa Utara penelitian Maramis *et al.*, (2021) ditemukan konsentrasi merkuri yang cukup tinggi pada sedimen. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat cenderung terakumulasi di dasar perairan. Menurut Hernandi *et al.*, (2021) logam berat lebih mudah mengendap dan terakumulasi dalam sedimen dibandingkan tetap berada di kolom air.

Penelitian di Solok Selatan oleh Putri *et al.*, (2016) menunjukkan konsentrasi merkuri yang sangat tinggi hingga mencapai 77,828 mg/L. Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan telah mengalami pencemaran berat. Menurut Amelia *et al.*, (2025) limbah pertambangan dengan kandungan logam berat tinggi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan dan berbahaya bagi kesehatan manusia.

Pada Sungai Nuangan oleh penelitian Tumbelaka *et al.*, (2023) menunjukkan adanya parameter yang melebihi baku mutu. Hal ini menunjukkan adanya tekanan lingkungan akibat aktivitas pertambangan. Menurut Abriansyah (2022) aktivitas pertambangan dapat menyebabkan penurunan kualitas air secara bertahap akibat peningkatan kandungan logam berat dan bahan pencemar lainnya.

Pada Sungai Anahoni dan Waelata oleh penelitian Solissa *et al.*, (2024) merkuri ditemukan pada sedimen meskipun tidak terdeteksi pada air. Hal ini menunjukkan adanya proses akumulasi logam berat. Menurut Muslih *et al.*, (2014), logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat menjadi sumber pencemaran sekunder dan berpotensi masuk ke rantai makanan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu sintesis berbagai hasil penelitian yang telah dibahas, terlihat bahwa degradasi kualitas air akibat aktivitas pertambangan tidak hanya ditunjukkan oleh tingginya konsentrasi logam berat, tetapi juga oleh perubahan parameter kualitas air lainnya yang saling berkaitan. Diperlukan suatu sintesis untuk memahami pola umum pencemaran yang terjadi. Secara umum, hasil kajian menunjukkan bahwa degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan didominasi oleh logam berat, terutama merkuri (Hg) pada pertambangan emas. Pada berbagai lokasi yang ditelaah, pencemaran tidak hanya terjadi pada kolom air, tetapi juga pada sedimen, sehingga menunjukkan bahwa logam berat cenderung terakumulasi dan bertahan lebih lama di lingkungan perairan. Selain Hg, logam lain seperti Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, dan Cr juga ditemukan pada beberapa lokasi tambang dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Kondisi ini memperlihatkan bahwa aktivitas pertambangan berpengaruh terhadap perubahan pH, peningkatan TSS, penurunan DO, serta penurunan kualitas air secara keseluruhan.

Hasil kajian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan dapat memicu pelepasan logam berat ke perairan, terutama pada tambang emas yang menggunakan merkuri serta tambang batubara yang menghasilkan air asam tambang. Penelitian oleh Tony *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa keberadaan logam berat seperti Hg, Pb, dan Fe dalam air sungai berkaitan dengan aktivitas pertambangan emas rakyat. Selain itu, penelitian mengenai air asam tambang menunjukkan bahwa kondisi pH yang rendah dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam air sehingga memperparah pencemaran. Hal ini menguatkan bahwa faktor keasaman air, proses pelindian mineral, serta pembuangan limbah tambang menjadi faktor utama dalam mempercepat degradasi kualitas air. Namun demikian, beberapa penelitian menunjukkan adanya variasi hasil yang berbeda, baik dalam hal konsentrasi logam berat maupun parameter kualitas air lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pencemaran sangat dipengaruhi oleh karakteristik geologi, jenis mineral yang ditambang, metode penambangan, serta intensitas aktivitas pertambangan di masing-masing lokasi. Dengan demikian, degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan memiliki karakteristik yang spesifik pada setiap wilayah.

Kajian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data sekunder dari berbagai penelitian yang memiliki metode, lokasi, dan parameter yang berbeda. Perbedaan tersebut menyebabkan hasil yang diperoleh tidak sepenuhnya dapat dibandingkan secara kuantitatif. Selain itu, kajian ini bersifat deskriptif-komparatif dan belum menggunakan pendekatan meta-analisis, sehingga hasil yang disajikan masih berupa sintesis umum dari berbagai penelitian yang ada.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, degradasi kualitas air akibat limbah pertambangan ditandai oleh peningkatan konsentrasi logam berat serta perubahan parameter kualitas air. Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang paling dominan ditemukan, terutama pada aktivitas pertambangan emas, dengan konsentrasi yang bervariasi dan pada beberapa lokasi telah melebihi baku mutu. Selain itu, logam berat juga berkontribusi terhadap penurunan kualitas air di berbagai wilayah penelitian. Dampak yang ditimbulkan meliputi perubahan pH, peningkatan padatan tersuspensi, serta akumulasi logam berat pada sedimen dan organisme perairan yang berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem dan kesehatan manusia. Variasi konsentrasi dan jenis logam berat menunjukkan bahwa tingkat degradasi kualitas air dipengaruhi oleh jenis aktivitas pertambangan, karakteristik lingkungan, serta kondisi geologi setempat. Secara umum, hasil kajian menunjukkan adanya pola bahwa aktivitas pertambangan memiliki kontribusi nyata terhadap degradasi kualitas air, baik pada kolom air maupun sedimen, sehingga berpotensi menimbulkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abriansyah. (2022). Status kualitas air sungai sekitar lokasi pertambangan nikel di Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal TELUK*, 2(1), 49–52.
- Adidharma, M. A., Takarina, N. D., Supriatna, Emiyarti, & Pratikino, A. G. (2023). Sebaran dan kontaminasi logam berat nikel (Ni) pada sedimen di pesisir Desa Tapuemea dan Tapunggaya, Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*, 18(3), 233–242.
- Ambeng, R. R., Saptawartono, Yunida, L., Ganang, N. M. A., & Murati, F. (2025). Analisis pengaruh pertambangan emas tanpa izin terhadap kualitas dan tingkat pencemaran air di Desa Tumbang Randang Kecamatan Timpah Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 5(4), 4623–4629.
- Amelia, F. R., Effendi, H., Kurniawan, B., Andrianto, C., & Ahmady, T. (2025). Analisis kualitas air dan limbah pertambangan nikel di Sungai Pesouha, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 9(1), 1–14.
- Amir, M. K., Prianata, Y. L. O., Dzakir, L. O., Shaddad, A. R., Aldiyansyah, & Kadar, M. I. (2021). Analisis kualitas pH dan TSS air limbah penambangan bijih nikel PT Prima Utama Lestari di Desa Ussu, Kecamatan Malili, Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Geomine*, 9(3), 267–274.
- Asriani, E. (2014). Determinasi Nilai pH Untuk Memprediksi Kualitas Perairan Pada Kolong Pascatambang Timah di Pulau Bangka. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 8(10), 1–5.
- 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), 537–543.
- Fery, A. N., Susanto, A., & Sulistyowati, L. (2023). Analisis kualitas air dampak pertambangan emas di aliran Sungai Barito Kabupaten Murung Raya. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumian*, 5(2), 59–69.
- Hernandi, M. F., Wartomo, Zarta, A. R., & Rosita, E. (2021). Kualitas lingkungan air sungai sekitar kegiatan pertambangan batubara. *Buletin Poltanesa*, 22(1), 1–15.
- Kartika, P., & Puryanti, D. (2019). Identifikasi pencemaran logam berat air kolong dan air sumur di sekitar bekas tambang timah Perayun Kundur, Kepulauan Riau. *Jurnal Fisika Unand*, 8(), 329–335.
- Lagoari, M. C., Riogilang, H., & Hendratta, L. A. (2025). Analisis kualitas air Sungai Buyat sebagai dampak kegiatan pertambangan emas rakyat. *TEKNO*, 23(91), 155–165.
- Maramis, S. D., Ernawati, R., Bargawa, W. S., Cahyadi, T. A., & Nursanto, E. (2021). Analisis penyebaran merkuri pada lahan bekas pengolahan emas tambang rakyat di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 2(2), 125–131.
- Mentari, U., Umroh, & Kurniawan. (2017). Pengaruh aktivitas penambangan timah terhadap kualitas air di Sungai Baturusa Kabupaten Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 11(2), 23–29.
- Muchtar, E., Supit, C. J., & Riogilang, H. (2023). Analisis pencemaran merkuri pada perairan sekitar tambang emas rakyat di Desa Tanoyan Selatan. *TEKNO*, 21(85), 1502–1508.
- Muslih, K., Adiwilaga, E. M., & Adiwibowo, S. (2014). Karakteristik habitat dan keanekaragaman ikan air tawar Sungai Menduk yang mendapat pengaruh penambangan timah di Kabupaten Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 8(2), 17–23.
- Purba, R., Ibrahim, E., & Saputra, A. (2025). Indeks risiko ekologis potensial tembaga (Cu) air limbah pertambangan timah di Kepulauan Bangka. *Mantis Journal of Fisheries*, 2(1), 26–32.
- Putri, G. E., Fitri, W. E., Arman, E., & Roza, S. H. (2016). Kajian kualitas air limbah penambangan emas sebagai akibat penambangan emas tanpa izin (PETI). *Jurnal Kesehatan Medika Saintika*, 7(1), 1–9.
- Rimbawan, A. F., & Setiawan, B. (2023). Pengaruh air asam tambang terhadap kualitas air tanah sebagai bahan baku air minum daerah Air Batu dan sekitarnya. *Jurnal Teknomineral*, 5(2), 28–39.

- Rois, M., & Andrizar. (2018). Dampak penambangan batubara terhadap kualitas air Sungai Batang Manggilang di Jorong Sebrang Pasar Kenagarian Manggilang Kabupaten 50 Kota. *Jurnal Geografi*, 10(2), 184–190.
- Sekarwati, N., Murachman, B., & Sunarto. (2015). Dampak logam berat Cu (tembaga) dan Ag (perak) pada limbah cair industri perak terhadap kualitas air sumur dan kesehatan masyarakat serta upaya pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal Ekosains*, 7(1), 64–72.
- Solissa, M. T. R., Asmiani, N., & Heriansyah, A. F. (2024). Analisis kandungan merkuri (Hg) pada air dan sedimen Sungai Anahoni dan Waelata dengan adanya kegiatan penambangan emas Pulau Buru Maluku. *Jurnal Ilmu Pertambangan*, 2(1), 1–5.
- Susanti, S., Akhrianti, I., & Utami, E. (2023). Status kontaminasi logam berat Zn pada sedimen di perairan pesisir Tanjung Gunung Bangka Tengah. *Juvenil*, 4(4), 311–321.
- Saptawartono., Ishaania, Y., Murati, F. (2025). Analisis Dampak Limbah Pertambangan dan pengelolaannya di Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 25(1), 8-18.
- Tumbelaka, G. G., Mangangka, I. R., & Pratasis, P. A. K. (2023). Dampak pertambangan emas tanpa izin (PETI) terhadap kualitas air Sungai Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *TEKNO*, 21(85), 1518–1523.
- Tony, C. P., Ernawati, R., & Nursanto, E. (2022). Analisis pencemaran logam berat terhadap kualitas air pada Sungai Kalemendo. *Kurvatek*, 7(1), 13–18.
- Tulzurah, F., Rafi'I, A., & Eryanti, R. (2022). Kandungan Logam Berat pada Badan Air dan Sedimen di Sungai Belayan Kabupaten Kutai Kartanegara. *Tropical Aquatic Sciences*, 1(1), 31-28.
- Yusuf, F. N., Budiman, A. A., & Urfiana, I. (2025). Analisis kualitas air terkait potensi air asam tambang pada bekas pit penambangan batubara Kabupaten Barru. *Journal of Mining Insight*, 3(2), 65–69.
- Zulfikri, A., Umroh, & Utami, E. (2016). Pengaruh aktivitas tambang apung terhadap keanekaragaman ikan di perairan Sungai Pakil, Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 10(1), 42–45.

