

Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sedimen Amalgamasi yang Dibuang ke Badan Air dari Aktivitas Penambangan Emas Tradisional di Desa Tambang Sawah Kabupaten Lebong

Irwan Mulyadi*, Budhi Indrawijaya, Irman Ansari Adlin

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pamulang, Jalan Witana Harja No. 15b, Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia 15417

*E-mail: irwanmulyadi12@gmail.com

Abstract

Article history:

Received: 31-07-2025

Accepted: 23-08-2025

Published: 30-08-2025

Keywords:

gold mining;

mercury;

river pollution;

tailings waste;

traditional.

Traditional gold mining activities in Tambang Sawah Village, Lebong Regency, Bengkulu Province, produce tailings waste with high concentrations of mercury (Hg). This waste is discharged directly into the Air Putih River without prior treatment. This research aims to measure mercury levels in the tailings and analyze the relationship between the quantity of discarded tailings and the Hg contamination levels in river sediments. Sampling was conducted following the JPHA method, and Hg level analysis was based on NOAA and ASTM guidelines. The results indicate that all tailings samples from 10 discharge points exceeded the mercury contamination threshold. The total estimated tailings discharged each week reached 1,600 kg from 40 miners. The highest concentrations were found at points with the most miners. A laboratory test on 10 tailing samples collected from discharge points along the Air Putih River showed that all samples contained mercury (Hg), with the highest concentration reaching up to 266 ppm.

1. Pendahuluan

Penambangan emas tradisional merupakan aktivitas yang masih banyak dijumpai di berbagai daerah di Indonesia, terutama di wilayah pedesaan yang memiliki potensi sumber daya mineral emas. Salah satu daerah yang masih aktif menjalankan praktik ini adalah Desa Tambang Sawah, Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu. Penambangan emas di Desa Tambang Sawah, Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu, adalah praktik yang mengakar kuat, berfungsi sebagai mata pencaharian utama bagi banyak keluarga lokal. Kegiatan ini sering diturunkan dari generasi ke generasi, mencerminkan signifikansi budaya dan ekonominya. Namun, praktik ini sebagian besar tidak berlisensi, yang mengarah ke berbagai tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi. Wilayah Tambang Sawah secara geologis terletak di pegunungan Barisan dan zona patahan Sumatera, yang kaya akan endapan mineral, terutama emas epitermal sulfidasi rendah. Emas ditemukan dalam urat kuarsa di dalam batu granit dan breksi andesitik, dikendalikan oleh struktur geologi seperti patahan Ketahun[1, 2].

Bagi masyarakat setempat, penambangan emas menjadi sumber penghidupan utama yang dijalankan secara turun-temurun. Penambangan emas di wilayah ini merupakan kegiatan

ekonomi yang signifikan, menyediakan lapangan kerja dan pendapatan bagi masyarakat lokal. Namun, sifat tidak berlisensi dari operasi ini berarti mereka tidak berkontribusi pada pajak daerah dan tidak tunduk pada pengawasan peraturan[3]. Manfaat ekonomi diimbangi oleh tantangan sosial, termasuk risiko kesehatan dari paparan merkuri, terutama yang mempengaruhi wanita yang terpapar ganda melalui pertambangan dan kosmetik yang tidak aman[4].

Metode yang paling banyak digunakan dalam aktivitas penambangan emas tradisional adalah amalgamasi, yaitu proses pelarutan emas menggunakan merkuri (Hg) untuk membentuk senyawa amalgam. Senyawa tersebut kemudian dipanaskan untuk menguapkan merkuri, menyisakan emas murni sebagai hasil akhir. Kontaminasi merkuri dari penambangan emas tersebar luas, mempengaruhi ekosistem dan kesehatan manusia. Merkuri dapat berubah menjadi metilmerkuri, senyawa beracun yang terakumulasi secara bioakumulasi dalam rantai makanan[5].

Pencemaran air adalah dampak lingkungan kritis lain dari penambangan emas tradisional di Indonesia. Penggunaan merkuri dan sianida dalam proses ekstraksi emas telah mencemari badan air, menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan akuatik dan kesehatan

manusia. Di Kabupaten Lebong, misalnya, pembuangan bubur yang mengandung merkuri dari tambang emas skala kecil telah mencemari aliran air di dekatnya, yang menyebabkan akumulasi merkuri di sedimen dasar sungai dan tanah irigasi[6]. Merkuri umumnya digunakan dalam penambangan emas artisanal dan proses industri, yang mengarah pada pelepasannya ke lingkungan. Misalnya, merkuri digunakan sebagai pengikat emas, dan residu sering ditemukan di tailing yang dibuang ke badan air tanpa perlakuan[7].

Meskipun metode ini dianggap praktis dan ekonomis oleh para penambang rakyat, proses amalgamasi menyisakan persoalan lingkungan yang serius, khususnya pencemaran merkuri. Merkuri yang digunakan tidak hanya terlepas ke udara dalam bentuk uap selama pemanasan, tetapi juga terbawa dalam limbah padat atau tailing yang langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Paparan merkuri dapat menyebabkan masalah kesehatan yang parah, termasuk kerusakan neurologis dan gangguan ginjal[8].

Limbah tailing yang mengandung residu merkuri ini mengalir ke sungai dan mengendap di dasar perairan, menyebabkan pencemaran sedimen yang berisiko tinggi terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Di lingkungan perairan, merkuri anorganik dapat mengalami proses transformasi biologis menjadi metilmerkuri (MeHg) oleh aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri anaerob. Metilmerkuri memiliki sifat toksik yang jauh lebih tinggi daripada merkuri anorganik, bersifat bioakumulatif, dan mudah berpindah dalam rantai makanan melalui ikan dan organisme akuatik lainnya. Paparan merkuri dapat menyebabkan masalah kesehatan yang parah, termasuk gangguan neurologis, keterlambatan perkembangan, dan penyakit kardiovaskular. Populasi yang rentan, seperti wanita hamil dan anak-anak, sangat berisiko[9, 10]. Akumulasi metilmerkuri dalam tubuh manusia, terutama melalui konsumsi ikan yang tercemar, dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan kronis, seperti kerusakan saraf, gangguan perkembangan kognitif pada anak-anak, serta gangguan sistem pernapasan, ginjal, dan kardiovaskular[11].

Masalah emisi merkuri dari penambangan emas skala kecil tanpa izin, juga dikenal sebagai penambangan emas skala kecil dan artisanal (ASGM), adalah perhatian global yang signifikan.

Merkuri digunakan dalam ASGM untuk mengekstrak emas dari bijih, suatu proses yang melepaskan merkuri ke lingkungan, menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan yang parah. Sifat global polusi merkuri digarisbawahi oleh kemampuannya untuk melakukan perjalanan jarak jauh di atmosfer, mempengaruhi daerah yang jauh dari sumber emisi asli. Hal ini memerlukan tanggapan internasional yang terkoordinasi untuk mengurangi dampaknya. ASGM bertanggung jawab atas sekitar 400 hingga 450 metrik ton emisi merkuri setiap tahun, menjadikannya sumber utama polusi merkuri secara global[12-14]. Di Indonesia, aktivitas PETI tersebar di berbagai provinsi seperti Kalimantan, Sulawesi, Sumatera, dan Papua, menjadikan negara ini sebagai salah satu dari tiga penghasil emisi merkuri terbesar di dunia[15]. Pemerintah Indonesia sendiri telah menunjukkan komitmen untuk mengurangi penggunaan merkuri melalui ratifikasi Konvensi Minamata pada tahun 2017. Namun, implementasi kebijakan ini masih menghadapi berbagai tantangan, mulai dari lemahnya pengawasan di lapangan, kurangnya teknologi alternatif yang terjangkau, hingga tingginya ketergantungan ekonomi masyarakat terhadap aktivitas penambangan tersebut[16].

Studi terdahulu telah menunjukkan bahwa kadar merkuri di perairan dan sedimen sungai di daerah pertambangan emas tradisional cenderung melebihi ambang batas aman. Sebagai contoh, penelitian melaporkan bahwa kadar merkuri dalam air sungai dan sedimen Sungai Air Putih di Desa Tambang Sawah telah melampaui ambang batas yang ditetapkan oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), mengindikasikan pencemaran berat yang berpotensi menimbulkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penelitian tersebut belum menunjukkan masalah penyebab tercemarnya perairan dan sedimen pada sungai[17].

Untuk menjawab kekosongan informasi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab dengan mengukur konsentrasi merkuri dalam limbah tailing hasil aktivitas penambangan emas tradisional di Desa Tambang Sawah pada pinggiran sungai serta menganalisis hubungan antara jumlah tailing yang dibuang dan tingkat kontaminasi merkuri dalam sedimen sungai. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan

gambaran yang lebih utuh dan berbasis bukti mengenai dinamika pencemaran merkuri akibat aktivitas PETI, sekaligus menjadi dasar ilmiah dalam perumusan strategi pengendalian pencemaran yang lebih terarah dan berkelanjutan.

2. Metode

Penelitian dilakukan pada tahun 2025 di Desa Tambang Sawah. Limbah tailing diambil dari 10 titik (sampel) di pinggir sungai, mengikuti pedoman JPHA. Sampel diambil secara acak (*random*) pada tempat pembuangan sedimen (TPS). Jarak antar TPS berbeda-beda satu dengan lainnya. Sementara durasi pengambilan sampel pada masing-masing TPS dilakukan selama satu hari. Sedimen diambil sedalam 10–15 cm dari permukaan dengan menggunakan pipa, dipisahkan dari kerikil dan benda organik, lalu disaring, disimpan dalam botol tertutup, dan dianalisis di laboratorium menggunakan standar ASTM C1301-95.

Terdapat 40 penambang yang aktif, dengan estimasi pembuangan limbah tailing sebesar 40 kg/penambang/minggu. Total tailing yang dibuang mencapai 1.600 kg/minggu. Distribusi penambang pada 10 titik pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi penambang dan estimasi limbah

Titik	Penambang	Limbah (kg/minggu)
1	2	80
2	6	240
3	5	200
4	4	160
5	3	120
6	5	200
7	3	120
8	4	160
9	5	200
10	3	120
Total	40	1.600

Penelitian ini juga dilengkapi dengan wawancara terbatas kepada masyarakat untuk mengetahui pemahaman dan perilaku terkait penggunaan merkuri.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian laboratorium terhadap 10 sampel tailing yang diambil dari titik-titik

pembuangan di sepanjang Sungai Air Putih menunjukkan bahwa seluruh sampel mengandung merkuri (Hg) dalam konsentrasi tinggi, dengan nilai berkisar antara 6,3 ppm hingga 266 ppm seperti ditunjukkan dalam Tabel 2. Konsentrasi ini jauh melampaui batas ambang aman konsentrasi merkuri yaitu 2 ppm [18], serta batas aman menurut NOAA sebesar 0,174 mg/kg untuk sedimen akuatik.

Tabel 2. Hasil pengujian sampel taling

Titik	Kadar Hg (ppm)
1	63,5
2	98,8
3	266
4	20,3
5	61,5
6	80,2
7	25,3
8	8,7
9	240,4
10	6,3

Titik pembuangan dengan jumlah penambang terbanyak menunjukkan kadar merkuri tertinggi, yaitu 266 ppm pada Titik 3 dan 240,4 ppm pada titik 9, yang masing-masing memiliki 5 penambang aktif. Temuan ini menguatkan korelasi antara intensitas penambangan dan konsentrasi logam berat dalam sedimen. Korelasi Pearson menunjukkan nilai $r = 0,81$, yang termasuk dalam kategori hubungan sangat kuat dan positif [19, 20]. Ini mengindikasikan bahwa semakin besar jumlah tailing yang dibuang ke sungai, maka semakin tinggi konsentrasi merkuri yang terakumulasi di sedimen sungai.

Hal ini terutama disebabkan oleh kandungan merkuri di tailing, yang, ketika dimasukkan ke dalam sistem sungai, mengendap ke dalam sedimen dan meningkatkan tingkat konsentrasi merkuri. Fenomena ini diamati dalam berbagai konteks, dari penambangan emas artisanal hingga kegiatan industri, menyoroiti dampak signifikan tailing pada polusi merkuri di lingkungan perairan.

Logam berat seperti Hg cenderung mengalami proses sedimentasi dan akumulasi di dasar sungai. Dalam kondisi anaerobik, seperti yang umum terjadi di lapisan sedimen yang dalam dan minim oksigen, merkuri anorganik dapat dimetilasi oleh bakteri sulfat-reduktor menjadi metilmerkuri (MeHg). Senyawa ini

memiliki kelarutan yang tinggi dalam jaringan lipid dan dapat berpindah secara efisien ke organisme akuatik[21]. Proses ini menjelaskan mengapa konsentrasi Hg yang tinggi di sedimen sering dikaitkan dengan peningkatan kadar MeHg dalam biota air seperti ikan[22].

Di lingkungan tropis dengan suhu dan kelembaban tinggi seperti Indonesia, proses metilasi cenderung berlangsung lebih cepat dan intensif[23]. Akumulasi merkuri dalam rantai makanan bukan hanya berdampak pada ekosistem, tetapi juga pada kesehatan masyarakat yang mengonsumsi ikan dari perairan yang tercemar[24].

Peningkatan kadar merkuri yang signifikan di sedimen berdampak langsung terhadap penurunan kualitas habitat akuatik. Kajian menunjukkan bahwa merkuri dapat memengaruhi tingkat kelangsungan hidup plankton dan makroinvertebrata, yang merupakan komponen penting dalam rantai makanan di daerah perairan[25]. Penurunan keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem dapat mengganggu siklus nutrisi dan produktivitas perairan. Dari perspektif sosial, masyarakat Tambang Sawah yang menggunakan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan konsumsi, berada dalam posisi rentan terhadap paparan merkuri.

Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan kronis terhadap MeHg melalui konsumsi ikan dapat menyebabkan gangguan neurologis, gangguan perkembangan anak, serta kerusakan sistem ginjal dan kardiovaskular. Hal ini menjadi perhatian serius dalam konteks kesehatan masyarakat dan keadilan lingkungan.

Penelitian ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa di wilayah pertambangan emas Asia Tenggara, bahwa tingginya kadar merkuri dalam sedimen dan ikan terjadi di lokasi dengan intensitas PETI tinggi[26]. Di kawasan Amazon, kasus serupa telah terjadi selama dua dekade terakhir dengan konsekuensi jangka panjang terhadap kesehatan masyarakat adat. Di San Francisco Bay, sisa merkuri dari penambangan hidrolik abad ke-19 masih terdeteksi dalam sedimen dan biota[27], menunjukkan bahwa kontaminasi merkuri dapat berlangsung selama puluhan hingga ratusan tahun jika tidak ditangani.

4. Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel tailing yang dibuang masyarakat ke TPS

pada pinggiran Sungai Air Putih mengandung merkuri jauh di atas ambang batas. Volume tailing sebesar 1.600 kg/minggu dari 40 penambang merupakan penyumbang utama pencemaran yang terjadi pada air sungai dan sedimen yang berada didalamnya. Titik dengan jumlah penambang terbanyak menunjukkan kadar merkuri tertinggi yaitu hingga 266 ppm, menandakan keterkaitan erat antara intensitas aktivitas penambangan dan kontaminasi sedimen. Penyebab tingginya nilai merkuri di air dan sedimen sungai karena pembuangan tailing ke bibir sungai. Kondisi ini mendesak adanya regulasi serta intervensi teknologi dan sosial untuk mengurangi dampak pencemaran.

Daftar Pustaka

- [1] Syafrizal, T. I. & Valentin, K., 2009. *Studi distribusi ukuran butir elektrik dan asosiasi mineralisasi emas pada urat ciurug, Pongkor, Indonesia*. Journal Teknologi Mineral, Vol. 16, No. 2, pp. 99-109.
- [2] Deva, N. S., Yuningsih, E. T., Fachrudin, K. A., Saala, N. A., & Triyunita, A., 2020. *Karakteristik alterasi dan tekstur urat kuarsa pada pit barani, cebakan emas Martabe, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara*. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 15, No. 3, pp. 156-168.
- [3] Mantiri, J., Langkai, E., & Mamonto, F., 2025. *Peran pemerintah desa dalam pengawasan pertambangan emas rakyat di Desa Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara*. Bureaucracy Journal: Indonesia Journal of Law and Social-Political Governance, Vol. 5, No. 1, pp. 985-997.
- [4] Lestari, D. F., Fatimatussahra, F., Febrianti, E., Wulansari, S. S., & Atmaja, V. Y., 2023. *Edukasi bahaya merkuri bagi kesehatan wanita di kawasan tambang emas Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu*. Jurnal Pengabdian UNDIKMA, Vol. 4, No. 2, pp. 355-361.
- [5] Pelu, A. D., Tuharea, A., & Walalayo, N. H., 2022. *Analisis kadar merkuri (Hg) pada ikan di Kecamatan Teluk Kaiely Kabupaten Buru menggunakan metode mercury analyzer*. Jurnal Rumpun Ilmu Kesehatan, Vol. 2, No. 1, pp. 99-108.
- [6] Riyanti, A., Marhadi, M., & Patri, S. E., 2022. *Pengaruh pestisida dari aktivitas pertanian terhadap konsentrasi merkuri (Hg) pada sungai sumur beremas kota Sungai Penuh*.

- Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, Vol. 22, No. 1, pp. 292-296.
- [7] Kalimantanoro, T. T.& Trihadiningrum, Y., 2017. *Stabilisasi/solidifikasi tailing tambang emas rakyat Kulon Progo menggunakan semen portland dan tanah tras*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 5, No. 2, pp. 248-254.
- [8] Masruddin, M.& Mulasari, S. A., 2021. *Gangguan kesehatan akibat pencemaran merkuri (Hg) pada penambangan emas ilegal*. Jurnal Kesehatan Terpadu (Integrated Health Journal), Vol. 12, No. 1, pp. 8-15.
- [9] Purbayanti, D., Rahmah, W. N., Fadillah, N., Ardina, R., & Presiliana, S., 2024. *Kadar hemoglobin dan status besi serum pada anak-anak yang terpapar merkuri di kawasan pertambangan emas tradisional: Systematic literature review: Hemoglobin levels and serum iron status in children exposed to mercury in traditional gold mining areas: A systematic literature review*. Borneo Journal of Medical Laboratory Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 634-641.
- [10] Timorensa, K. N., Prihatiningsih, D., Sudarma, N., & Prasetya, D., 2024. *Hubungan antara kadar merkuri dalam darah dengan jumlah total leukosit pada komunitas ibu-ibu di Muara Angke*. Jurnal Riset Kesehatan Nasional, Vol. 8, No. 2, pp. 95-103.
- [11] Pradani, H. S.& Agustini, R., 2024. *Toksitas logam merkuri terhadap kesehatan dan lingkungan*. Journal of Tropical Medicine & Public Health, Vol. 2, No. 2, pp. 9-15.
- [12] Selin, N. E., 2009. *Global biogeochemical cycling of mercury: A review*. Annual review of environment and resources, Vol. 34, pp. 43-63.
- [13] Pirrone, N. *et al.*, 2010. *Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources*. Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 10, No. 13, pp. 5951-5964.
- [14] Rayhan, A.& Pramesty, W. A., 2023. *Implementasi terhadap minamata convention on mercury di indonesia (studi kasus mengenai pencemaran merkuri dan arsen di Teluk Buyat)*. Tirtayasa Journal of International Law, Vol. 2, No. 1, pp. 55-70.
- [15] Raharjo, S. E.& Kurniawan, A., 2025. *Peti (pertambangan tanpa izin) di Indonesia dalam perspektif sosial-ekonomi dan fiqh lingkungan*. Jurnal Lingkungan, Vol. 1, No. 1, pp. 22-31.
- [16] Lutfiah, K. N., Titania, R., & Aprilia, D., 2024. *Keterlibatan masyarakat dalam isu lingkungan kasus tambang emas di Banyuwangi*. Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan dan Politik, Vol. 2, No. 2, pp. 153-164.
- [17] Mulyadi, I., Zaman, B., & Sumiyati, S., 2020. *Konsentrasi merkuri pada air sungai dan sedimen sungai desa Tambang Sawah akibat penambangan emas tanpa izin*. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, Vol. 4, No. 2, pp. 93-97.
- [18] Makarova, A. S., Nikulina, E., & Fedotov, P., 2022. *Induced phytoextraction of mercury*. Separation & Purification Reviews, Vol. 51, No. 2, pp. 174-194.
- [19] Yanti, C. A.& Akhri, I. J., 2021. *Perbedaan uji korelasi Pearson, Spearman dan Kendall Tau dalam menganalisis kejadian diare*. Jurnal Endurance, Vol. 6, No. 1, pp. 51-58.
- [20] Sumarjono, E., Aryanto, R., Purwiyono, T. T., & Subandrio, S., Year. *Topografi sebagai faktor pengontrol terhadap penyebaran merkuri limbah pengolahan bijih emas dengan metode amalgamasi pada sedimen sungai*. in *Prosiding Seminar Nasional Pakar*.
- [21] Bernadus, G. E.& Rorong, J. A., 2021. *Dampak merkuri terhadap lingkungan perairan sekitar lokasi pertambangan di Kecamatan Loloda Kabupaten Halmahera Barat Provinsi Maluku Utara*. Agri-Sosioekonomi, Vol. 17, No. 2 MDK, pp. 599-610.
- [22] Haryati, A., Prartono, T., & Hindarti, D., 2022. *Konsentrasi merkuri (Hg) di sedimen perairan Cirebon, Jawa Barat pada musim peralihan timur*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 14, No. 3, pp. 321-335.
- [23] Banunaek, Z. A., 2016. *Pencemaran merkuri di lahan pertambangan emas rakyat dan strategi pengendaliannya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [24] Septriani, M., Adzidzah, H. Z. N., Apriyanti, H., Pauziah, S., & Sulistiyorini, D., 2023. *Cemaran merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada produk perikanan: Studi literatur*.

Jurnal Masyarakat Sehat Indonesia, Vol. 2, No. 01, pp. 7-15.

- [25] Kadim, M. K. & Pasingi, N., 2024. *Kondisi habitat fisik dan keanekaragaman makroinvertebrata sebagai indikator pencemaran di sungai Bone Gorontalo*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, Vol. 23, No. 3, pp. 301-310.
- [26] Yulianti, R., Sukiyah, E., & Sulaksana, N., 2016. *Dampak limbah penambangan emas tanpa izin (peti) terhadap kualitas air Sungai Limun Kabupaten Sarolangun Propinsi Jambi*. Bulletin of scientific contribution, Vol. 14, No. 3, pp. 251-262.
- [27] Schoellhamer, D. H., Wright, S. A., & Sacramento, C., 2016. *Recent advances in understanding flow dynamics and transport of water-quality constituents*. Issue: San Francisco Estuary and Watershed Science, Vol. 14, No. 4..