Available online https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno

T E K N O

Volume 24, No. 96, Tahun 2026 p-ISSN: 0215-9617

Studi Mitigasi Lingkungan Pengolahan Emas Menggunakan Sianida Di Tambang Talawaan Kabupaten Minahasa Utara

Latifa A. Ginoga[#a], Hendra Riogilang[#b], Revo L. Inkiriwang[#c]

[#]*Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia*
[a]latifaginoga027@student.unsrat.ac.id, [b]hendra.riogilang@unsrat.ac.id, [c]revo.inkiriwang@unsrat.ac.id

Abstrak

Kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida pada Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) berpotensi menimbulkan dampak lingkungan apabila limbah hasil proses tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi eksisting pengolahan emas menggunakan sianida, mengidentifikasi limbah yang dihasilkan, mengevaluasi potensi pencemaran lingkungan, serta merumuskan alternatif mitigasi pada kegiatan pengolahan emas di Tambang Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengolahan menghasilkan limbah cair hasil pelindian, tailing, debu partikulat, emisi udara, limbah oli bekas, serta potensi paparan bahan berbahaya terhadap pekerja. Temuan utama penelitian menunjukkan limbah cair hasil pelindian belum memiliki sistem pengolahan yang memadai sehingga berpotensi mencemari media lingkungan. Alternatif mitigasi yang direkomendasikan meliputi sistem sirkulasi ulang sianida, wetland buatan, pengelolaan tailing, fitoremediasi, pengendalian emisi, pengelolaan limbah B3, serta penguatan program Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan (K3L).

Kata kunci: Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK), sianidasi, limbah pertambangan, dampak lingkungan, mitigasi lingkungan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) merupakan salah satu kegiatan ekonomi masyarakat yang berkembang di berbagai wilayah Indonesia dan berkontribusi terhadap peningkatan pendapatan masyarakat lokal. Kegiatan tersebut umumnya menggunakan metode sianidasi dengan natrium sianida (NaCN) karena dinilai lebih efektif dalam proses pelindian emas dibandingkan dengan metode pelindian lainnya. Akan tetapi, penggunaan sianida berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila limbah hasil proses tersebut tidak dikelola dengan baik. Proses sianidasi menghasilkan limbah berupa tailing yang mengandung residu sianida dan logam terlarut, yang berpotensi mencemari lingkungan apabila dilepaskan tanpa pengolahan yang memadai (Majalis et al., 2022).

Tambang Talawaan di Kabupaten Minahasa Utara merupakan salah satu kawasan pertambangan emas rakyat yang masih aktif melakukan pengolahan emas menggunakan sianida. Berdasarkan hasil observasi lapangan, kegiatan pengolahan emas di lokasi penelitian menghasilkan beberapa sumber limbah berupa limbah cair hasil pelindian, tailing, debu partikulat, emisi pembakaran, serta limbah oli bekas. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa limbah cair hasil pengolahan belum memiliki sistem pengolahan yang memadai dan hanya ditampung pada bak penampungan terbuka, sementara tailing ditumpuk secara terbuka di area sekitar lokasi pengolahan. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada analisis kualitas limbah melalui

pengujian laboratorium, sedangkan kajian mengenai identifikasi kondisi eksisting pengelolaan limbah, analisis potensi pencemaran berdasarkan observasi lapangan, serta perumusan mitigasi lingkungan pada kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kondisi pengolahan emas, potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan, serta merumuskan alternatif mitigasi yang sesuai dengan kondisi aktual di lokasi penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi eksisting kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida pada pertambangan emas rakyat di Tambang Talawaan?
2. Bagaimana potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh sumber pencemar air, tanah, dan udara dari kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida di Tambang Talawaan?
3. Bagaimana alternatif mitigasi lingkungan yang dapat diterapkan untuk meminimalkan potensi pencemaran lingkungan dalam proses pengolahan emas di Tambang Talawaan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida di Tambang Talawaan.
2. Menganalisis potensi dampak negatif lingkungan sumber pencemar pada media air, tanah, dan udara pada kegiatan pengolahan emas di Tambang Talawaan.
3. Merumuskan alternatif mitigasi yang sesuai dengan kondisi pengolahan emas dan kondisi lokal yang dapat diterapkan oleh masyarakat penambang di Tambang Talawaan.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian difokuskan pada kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida pada salah satu unit pengolahan emas rakyat di kawasan Tambang Talawaan.
2. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur.
3. Analisis dibatasi pada identifikasi limbah hasil pengolahan, analisis potensi pencemaran terhadap media air, tanah, dan udara, serta perumusan alternatif mitigasi lingkungan berdasarkan kondisi operasional lokasi penelitian.
4. Penelitian tidak mencakup pengambilan sampel, analisis laboratorium, maupun analisis kuantitatif tingkat risiko pencemaran lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

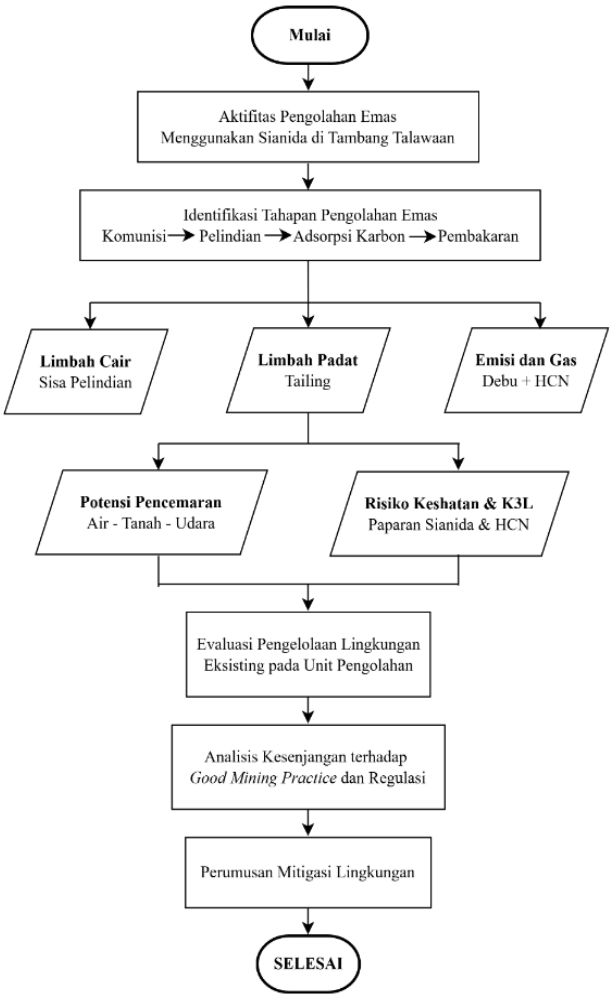
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus yang dilaksanakan pada unit pengolahan emas menggunakan sianida di kawasan Tambang Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. Penelitian bertujuan mengidentifikasi kondisi eksisting proses pengolahan emas, jenis limbah yang dihasilkan, potensi dampak lingkungan, serta alternatif mitigasi yang dapat diterapkan.

2.2 Metode Pengumpulan Data

1. Identifikasi lapangan, untuk mengamati langsung proses pengolahan emas, kondisi pengelolaan limbah, dan aktivitas pekerja.
2. Wawancara semi terstruktur, dilakukan kepada pemilik unit pengolahan, operator tong, pekerja, dan masyarakat sekitar.
3. Dokumentasi, berupa pengambilan foto kondisi eksisting lokasi penelitian.
4. Studi literatur, sebagai dasar analisis karakteristik limbah, potensi pencemaran, dan alternatif mitigasi.
5.

2.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting Proses Pengolahan Emas Menggunakan Sianida

1. Kondisi Aktivitas Pengolahan Emas

Berdasarkan hasil observasi lapangan, unit pengolahan emas rakyat di Kawasan Tambang Talawaan beroperasi secara sederhana pada area terbuka tanpa sistem pengelolaan lingkungan yang dirancang khusus. Kegiatan pengolahan emas menggunakan sianida berlangsung melalui enam tahapan utama: (1) kominusi, yaitu penghancuran bijih emas menggunakan mesin penumbuk rep dan penggilingan dengan ball mill; (2) pembentukan slurry dengan penambahan air; (3) pelindian menggunakan larutan NaCN sekitar 4 kg per tong pengolahan; (4) adsorpsi larutan emas pada karbon aktif; (5) pembakaran karbon aktif untuk desorpsi emas; dan (6) peleburan menghasilkan doré sebagai produk akhir. Berdasarkan hasil wawancara, satu siklus pengolahan berlangsung selama 34–44 jam, karbon aktif dimasukkan setelah 6 jam proses pelindian, dan setiap siklus pengolahan dapat menghasilkan sekitar 200–300 gram emas.

Penerapan Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan (K3L) di lokasi penelitian masih sangat terbatas. Sebagian besar pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) yang memadai, terutama pada saat penanganan NaCN dan pada area berdebu. Tidak ditemukan adanya sistem prosedur operasi standar (SOP) tertulis untuk penanganan bahan kimia berbahaya maupun prosedur tanggap darurat yang formal.

2. Identifikasi Sumber Limbah dan Potensi Dampak Lingkungan

Berdasarkan hasil identifikasi, kegiatan pengolahan emas di lokasi penelitian menghasilkan tujuh jenis limbah yang berasal dari berbagai tahapan proses. Hasil identifikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Jenis Limbah Berdasarkan Tahapan Pengolahan Emas

Tahapan Proses	Jenis Limbah	Sumber Limbah
Komunisi	Debu partikulat	Mesin tromol, penghancuran bijih
Pelindian	Limbah cair hasil pelindian	Tangki sianidasi dan bak penampungan
Pelindian	Tailing (residu padat)	Endapan sisa pelindian
Pembakaran karbon aktif	Asap dan partikulat	Tungku pembakaran
Peleburan	Emisi gas buang	Proses peleburan ore
Perawatan mesin	Limbah oli bekas	Mesin penggerak diesel
Penggunaan sianida	Potensi gas HCN	Reaksi NaCN pada pH rendah

Tabel 1 menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan mencakup empat kategori: limbah cair (limbah hasil pelindian), limbah padat (tailing), limbah gas (debu, asap, emisi, potensi HCN), dan limbah bahan berbahaya dan beracun/B3 (oli bekas). Keragaman jenis limbah ini membutuhkan pendekatan mitigasi yang berbeda-beda untuk setiap kategorinya.

3. Analisis Potensi Pencemaran Lingkungan'

Analisis potensi pencemaran dilakukan secara kualitatif berdasarkan kondisi eksisting lapangan, jalur perpindahan pencemar, dan kajian literatur terkait. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran laboratorium sehingga potensi pencemaran bersifat indikatif berdasarkan karakteristik limbah dan kondisi geografis lokasi (Sultan dkk., 2020; Maramis dkk., 2022). Hasil analisis potensi pencemaran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Potensi Pencemaran Berdasarkan Jenis Limbah

Jenis Limbah	Media Terdampak	Jalur Pencemaran	Potensi Dampak
Limbah cair pelindian	Air	Limpasan bak (±43 m dari sungai)	Pencemaran sianida pada DAS Talawaan
Tailing	Air dan tanah	Limpasan dan erosi (±14 m dari sungai)	Pencemaran logam dan sianida residual
Debu partikulat	Udara	Dispersi udara tanpa pengendalian	Gangguan pernapasan pekerja dan masyarakat
Emisi pembakaran	Udara	Dispersi gas dari pembakaran	Paparan gas beracun di area kerja
Oli bekas	Tanah	Tumpahan langsung ke permukaan tanah	Pencemaran tanah oleh hidrokarbon
Potensi gas HCN	Udara (K3L)	Penguapan dari larutan NaCN pH rendah	Risiko paparan pada pekerja

Potensi pencemaran media air menjadi perhatian utama karena jarak fasilitas pengolahan yang sangat dekat dengan badan air DAS Talawaan. Kajian Sultan dkk. (2020) mengkonfirmasi adanya kandungan sianida pada beberapa titik badan air di kawasan pertambangan Talawaan. Kondisi ini diperkuat oleh kajian Maramis dkk. (2022) yang mendokumentasikan adanya indikasi degradasi kualitas tanah dan air di wilayah bekas pengolahan emas rakyat di Kabupaten Minahasa Utara.

Potensi pencemaran media tanah ditemukan melalui penumpukan tailing secara terbuka tanpa tanggul pengendali dan tanpa lapisan kedap, sehingga resapan larutan sianida residual dapat terjadi. Tumpahan oli bekas di sekitar mesin penggerak yang tidak ditampung dalam wadah khusus turut berkontribusi terhadap potensi pencemaran tanah oleh senyawa hidrokarbon (Maksum dan Kadir, 2024).

3.2 Perumusan Alternatif Mitigasi Lingkungan

Berdasarkan hasil identifikasi limbah dan analisis potensi pencemaran, dirumuskan delapan alternatif mitigasi lingkungan yang disesuaikan dengan kondisi operasional dan kapasitas

masyarakat penambang rakyat di Kawasan Tambang Talawaan. Rekomendasi mitigasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Alternatif Mitigasi Lingkungan yang Direkomendasikan

No.	Alternatif Mitigasi	Jenis Limbah yang ditangani	Dasar Pertimbangan
1	Sirkulasi ulang larutan sianida	Limbah cair hasil pelindian	Mengurangi volume limbah dan konsumsi NaCN (Majelis dkk., 2022)
2	Wetland buatan subsurface flow (SSF)	Limbah cair pelindian	Menurunkan kadar CN, logam berat, dan TSS secara pasif (Rifai dkk., 2020)
3	Pengelolaan tailing dan limpasan	Tailing padat	Mencegah erosi dan limpasan ke badan air (Masruddin dan Mulasari,2021)
4	Fitoremediasi	Area terdampak tailing	Tanaman mampu menyerap pencemar logam pada area bekas tailing (Krisnayanti dkk., 2019)
5	Pengendalian debu dan emisi	Debu dan emisi gas	Menekan paparan partikulat pada pekerja dan masyarakat sekitar
6	Pengelolaan sianida dan pencegahan HCN	Potensi gas HCN	Menjaga pH larutan >9 untuk menekan pembentukan HCN (Gani dkk., 2017)
7	Pengelolaan limbah oli bekas	Limbah B3 oli bekas	Mencegah pencemaran tanah oleh hidrokarbon (PP No. 101 Tahun 2014)
8	Penguatan program K3L	Seluruh jenis limbah	Melindungi pekerja dari paparan bahan berbahaya (Permenaker No. 5/2018)

Mitigasi limbah cair diprioritaskan melalui sistem sirkulasi ulang larutan sianida, di mana larutan sisa pelindian dimanfaatkan kembali pada siklus pelindian berikutnya. Sistem ini tidak hanya mengurangi volume limbah cair yang harus dikelola, tetapi juga menurunkan konsumsi NaCN segar yang digunakan per siklus, sehingga menghasilkan manfaat ekonomi sekaligus manfaat lingkungan. Untuk pengolahan limbah cair residu, wetland buatan aliran bawah permukaan (subsurface flow/SSF) direkomendasikan sebagai sstem pasif yang dapat menurunkan kandungan sianida, logam berat, dan padatan tersuspensi dalam limbah cair sebelum dilepas ke lingkungan (Rifai dkk., 2020).

Pengelolaan tailing difokuskan pada penataan area penumpukan dengan konstruksi tanggul pengendali dan saluran drainase untuk mencegah limpasan saat hujan. Fitoremediasi menggunakan tanaman hiperakumulator seperti Cyperus kyllingia yang telah terbukti mampu mengakumulasi logam berat pada tailing (Krisnayanti dkk., 2019) dapat diterapkan sebagai upaya pemulihan lingkungan jangka menengah pada area terdampak tailing.

Pencegahan pembentukan gas HCN dilakukan melalui pengendalian pH larutan NaCN agar senantiasa dijaga di atas nilai pKa HCN (≈9,2), karena pada pH di bawah nilai tersebut proporsi HCN dalam larutan meningkat secara signifikan meskipun kondisi belum tergolong asam secara kimiawi (pH < 7). Pengelolaan oli bekas dilakukan dengan menyediakan wadah penampungan khusus kedap cairan yang diserahkan kepada pengepul limbah B3 berlisensi sesuai ketentuan PP No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tiga kesimpulan utama. Pertama, kondisi eksisting kegiatan pengolahan emas di Kawasan Tambang Talawaan dilakukan secara sederhana melalui enam tahapan (kominusi, pembentukan slurry, pelindian NaCN, adsorpsi karbon aktif, pembakaran, dan peleburan ore) tanpa sistem pengelolaan lingkungan dan K3L yang memadai.

Kedua, kegiatan pengolahan emas menghasilkan tujuh jenis limbah (limbah cair hasil pelindian, tailing, debu partikulat, emisi pembakaran, oli bekas, dan potensi gas HCN) yang berpotensi mencemari media air, tanah, dan udara. Letak fasilitas yang berjarak sekitar 43 m (bak limbah cair) dan 14 m (area tailing) dari sungai meningkatkan risiko pencemaran DAS Talawaan.

Ketiga, delapan alternatif mitigasi lingkungan direkomendasikan: sirkulasi ulang larutan sianida, wetland buatan SSF, pengelolaan tailing dan limpasan, fitoremediasi, pengendalian debu dan emisi, pengelolaan sianida dan pencegahan HCN, pengelolaan oli bekas, serta penguatan program K3L. Mitigasi-mitigasi tersebut dipilih berdasarkan kesesuaian teknis dan keterpaduan dengan kondisi operasional PESK Talawaan.

Referensi

Ahyadi, H., Suripto, S., Jupri, A., & Rohyani, I. S. (2022). Impact evaluation of the use of mercury (Hg) and cyanide (Cn) in gold processing activities on Lombok Island based on knowledge and experience of gold miners and processers on Lombok Island. Jurnal Biologi Tropis, 22(3), 1060–1068. https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.4468

Álvarez, M. A., Rueda-López, S., Macías, F., Caraballo, M. A., & Sarmiento, A. M. (2013). Wetland-based passive treatment systems for gold ore processing effluents containing residual cyanide, metals and nitrogen species. Environmental Science: Processes & Impacts, 15(10), 1948–1956.

CSIRO. (2025, October 16). Greener gold: Sustainable gold extraction process achieved through cyanide recycling. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. https://www.csiro.au/en/news/All/Articles/2025/October/cyanide-recycling-gold-recovery

Direktorat Jenderal Energi dan Sumber Daya Mineral. (1997). Prospek sumber daya mineral logam di Indonesia. Departemen Pertambangan dan Energi.

Erusani, A. S., Arofah, N., Azahra, F., Nurhasni, N., & Inayah, T. (2024). Phytoremediation of mercury and cyanide contaminated soils by physic nut (Jatropha curcas L.) and citronella grass (Cymbopogon nardus). Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(6), 1581–1593. https://doi.org/10.14710/jil.22.6.1581-1593

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan/atau Tembaga.

Maramis, S. D., Ernawati, R., Sulistyana Bargawa, W., Agung Cahyadi, T., & Nursanto, E. (2022). Analisis penyebaran merkuri pada lahan bekas pengolahan emas tambang rakyat di Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sosial Teknologi, 2(2), 125–131.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2010). Best practices for dust control in metal/nonmetal mining (Information Circular 9521, DHHS (NIOSH) Publication No. 2010-132). U.S. Department of Health and Human Services.

Nurjaman, D. M., Titah, H. S., Kawigraha, A., Purwanti, I. F., & Hidayat, W. (2024). Optimization of adaptive and sustainable gold ore grinding processes for better environmental and land conditions in the small-scale gold mining sector in Indonesia. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 11(3), 5635–5646.

Pemerintah Republik Indonesia. (2014). Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Rifai, R. F., Riogilang, H., & Supit, C. (2020). Identifikasi dan analisis penyebaran sianida pada tambang rakyat di Desa Buyat, Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. Jurnal Sipil Statik, 8(6), 833–840.

Sultan, A., Abidjulu, J., & Koleangan, H. S. J. (2020). Analisis kandungan merkuri dan sianida di Daerah Aliran Sungai (DAS) Talawaan Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Ilmiah Sains, 20(2), 70–75.

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Managing used oil: Advice for small businesses. Office of Resource Conservation and Recovery.