

PETA SPASIAL SEBARAN MERKURI PADA AREA KOLAM PENGENDAPAN DARI LIMBAH PROSES AMALGAMASI

Esthi Kusdarini^[1], Resky Tri Putra^[1], dan Budiarto^[1]

^[1] Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya

e-mail: esti@itats.ac.id

ABSTRAK

Limbah pengolahan emas perlu diolah sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Pada area penambangan emas rakyat di Desa Atoga, Sulawesi Utara terdapat beberapa kolam penampungan limbah pengolahan emas rakyat. Pengolahan emas dilakukan dengan proses amalgamasi. Limbah-limbah ini dibiarkan begitu saja tanpa dilakukan pengolahan oleh pelaku yang membuang limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran pencemaran merkuri pada area di sekitar kolam penampungan limbah. Lima sampel tanah diambil dari tanah di sekitar kolam penampungan limbah. Kandungan merkuri pada sampel tanah dianalisa menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Peta spasial sebaran merkuri pada area tersebut dibuat dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weight* dan software ArcGIS. Hasil Analisa AAS menunjukkan bahwa 5 sampel tanah mengandung merkuri cukup tinggi, yaitu sebesar 172,9 – 360,17 ppm. Nilai ini jauh di atas baku mutu pedoman kualitas sedimen untuk melindungi kehidupan makhluk hidup di sekitarnya. Hasil penelitian dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah setempat untuk pemulihan lingkungan di area penambangan emas. Hasil penelitian ini juga perlu dikembangkan untuk menemukan metode terbaik dalam memulihkan lingkungan tercemar merkuri dengan kadar yang cukup tinggi.

Kata kunci: emas, kolam penampungan limbah, merkuri

ABSTRACT

Gold processing waste needs to be treated before being discharged into water bodies or the environment. In the community gold mining area in Atoga Village, North Sulawesi, there are several ponds for collecting community gold processing waste. Gold processing is done by amalgamation process. These wastes are left unattended without being treated by the actors who dispose of the waste. This study aims to identify the distribution of mercury pollution in the area around the waste collection pond. Five soil samples were taken from the soil around the waste collection pond. Mercury content in soil samples was analyzed using the AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) method. A spatial map of mercury distribution in the area was made using the Inverse Distance Weight method and ArcGIS software. The results of the AAS analysis showed that 5 soil samples contained quite high levels of mercury, namely 172.9 – 360.17 ppm. This value is far above the quality standard of sediment quality guidelines to protect the life of living things in the vicinity. The results of the research can be used as input for the local government to restore the environment in the gold mining area. The results of this study also need to be developed to find the best method for recovering an environment contaminated with mercury with a fairly high level.

Keywords: gold, waste collection pond, mercury

PENDAHULUAN

Penambangan emas rakyat di Desa Atoga dilakukan secara tradisional. Pembuatan bukaan tambang dilakukan dengan membuat bukaan mendarat (terowongan) dan bukaan vertikal (sumuran) (Adinata, Antonio, Vie, & Kusdarini, 2015). Hasil penambangan bijih emas diolah oleh masyarakat setempat secara tradisional (Kusdarini, Budianto, & Fitriawan, 2018; Kusdarini, Budianto, & Gingga, 2018). Salah satu cara yang digunakan oleh masyarakat untuk mengolah bijih emas ini adalah

menggunakan proses amalgamasi. Proses amalgamasi adalah pengolahan bijih emas dengan bantuan merkuri untuk mengikat logam emas yang terkandung dalam bijih dalam suatu tabung yang dinamakan gelundung (amalgamator). Selain sebagai tempat proses amalgamasi, amalgamator juga berfungsi untuk memperkecil ukuran butiran batuan dengan bantuan *ball mills* yang ada di dalamnya. Proses pengolahan ini menghasilkan limbah cair. Masyarakat menampung limbah cair ini dalam kolam-kolam pengendapan.

Limbah pada kolam pengendapan dibiarkan mengendap secara alami. Dengan digunakannya merkuri pada proses pengolahan, maka limbah ini berpotensi mengandung merkuri. Merkuri merupakan salah satu unsur yang berbahaya apabila terakumulasi dalam tubuh manusia (Khan, Khan, Khan, Alam, & Ayas, 2020; Khanam et al., 2020). Merkuri bisa masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman yang dikonsumsi. Melalui rantai makanan, pencemaran merkuri pada tanah juga bisa menyebabkan masalah serius bagi ekosistem, keanekaragaman hayati, dan kesehatan masyarakat. Merkuri yang masuk aliran darah dapat terakumulasi dalam tubuh manusia dan menyebabkan risiko pada kesehatan manusia (Baptista-Salazar & Biester, 2019; Duan et al., 2020; Ning et al., 2020). Mengingat bahayanya pencemaran merkuri, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran merkuri pada area penambangan emas rakyat.

Area penambangan emas rakyat di Desa Kertajaya, Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat telah tercemar merkuri dalam kategori sedang dan kritis. Sebaran pencemaran raksa di area ini digambarkan dalam bentuk peta sebaran pencemaran merkuri (Kusdarini, Malik, Utamakno, & Budianto, 2021). Selanjutnya tingkat pencemaran merkuri pada area penambangan emas rakyat di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah juga melebihi baku mutu (ESDM, 2019; Muryani, Santoso, & Rahmah, 2020). Kedua penelitian tersebut mampu menjelaskan kondisi pencemaran merkuri pada area penambangan emas rakyat dengan baik, namun pada kedua penelitian tersebut pengambilan sampel tidak berfokus pada area sekitar kolam pengendapan limbah. Oleh karena itu sangatlah menarik untuk mengkaji pencemaran merkuri pada area kolam pengendapan limbah mengingat sifat merkuri yang *non biodegradable*. Limbah yang terakumulasi dalam kolam pengendapan berpotensi mencemari tanah dan air di sekitarnya. Penelitian ini mengkaji pencemaran merkuri pada area kolam pengendapan limbah proses amalgamasi di Desa Atoga, Sulawesi Utara.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik merkuri

Merkuri terdapat di alam dalam bentuk senyawa yang berikatan dengan unsur lain. Merkuri umumnya terkandung dalam karang, tanah, udara, air, dan organisme hidup. Toksisitas merkuri menempati urutan pertama dibandingkan Cadmium, Perak, Nikel, Timbal, Arsen, Kromium, Timah, dan Seng

(Waldicuk, 1974). Merkuri dianggap sebagai neurotoksin dan mampu terikat dalam rantai makanan dan mengikat entitas fungsional tiol dalam jaringan hidup. Selain itu merkuri termetilasi (CH_3Hg^+) adalah bentuk merkuri yang sangat beracun dan sangat sulit dihilangkan dari tubuh makhluk hidup (Duan et al., 2020).

Metilasi merkuri terutama dilakukan oleh proses mikroba dan/atau kimia dalam kondisi yang sesuai. Selain itu merkuri dan senyawanya mudah bereaksi dengan enzim yang mengandung belerang dengan membentuk merkuri sulfida (HgS). Kondisi ini dapat merusak susunan senyawa enzim sehingga mengganggu fungsinya. Daya racun merkuri dipengaruhi oleh bentuk kimia dan fisiknya. Senyawa merkuri menjadi lebih beracun apabila mudah larut. Merkuri mudah terserap ke dalam pori-pori kulit, masuk dalam aliran darah, berikatan dengan protein darah dan didistribusikan ke seluruh tubuh. Hal ini menyebabkan kerusakan jaringan, umumnya pada organ hati dan ginjal (Darmono, 2001).

Metode interpolasi Inverse Distance Weight (IDW)

Interpolasi merupakan proses estimasi nilai pada wilayah tidak terukur sehingga menghasilkan sebaran nilai pada seluruh wilayah. Pada metode IDW bobot akan berubah secara linier menyesuaikan jaraknya dengan data sampel. Asumsi yang digunakan pada metode ini bahwa setiap titik input mempunyai pengaruh bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak. Nilai *power* pada interpolasi mempengaruhi titik-titik masukan (*input*). Pengaruh lebih besar apabila titik-titik lebih dekat dan menghasilkan permukaan lebih detail. Sebaliknya pengaruh lebih kecil apabila jaraknya lebih jauh dan menghasilkan permukaan kurang detail (Mierlo, Faes, & Moens, 2021).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada area kolam pengendapan limbah di penambangan emas rakyat, Desa Atoga, Kecamatan Nuangan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara (Gambar 1).



Gambar 1: Lokasi penelitian

Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan lima buah sampel tanah di sekitar area kolam penampungan limbah dari proses amalgamasi. Data koordinat diperoleh melalui pencatatan dengan Garmin 76CSx. Koordinat lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Koordinat lokasi pengambilan sampel

No sampel	Latitude	Longitude
S 01	0°42'41.3" N	124°30'32.3" E
S 02	0°42'40.2" N	124°30'32.3" E
S 03	0°42'42.2" N	124°30'32.9" E
S 04	0°42'42.5" N	124°30'31.7" E
S 05	0°42'42.9" N	124°30'32.9" E

Pengolahan dan Analisa data

Kandungan merkuri pada sampel tanah diuji menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)-VGA/SNI 6989.78-20. Analisa dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Manado. Selanjutnya data diolah menggunakan metode IDW dengan *software* ArcGIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan merkuri pada lima buah sampel tanah S 01 sampai S 05 disajikan pada Tabel 2.

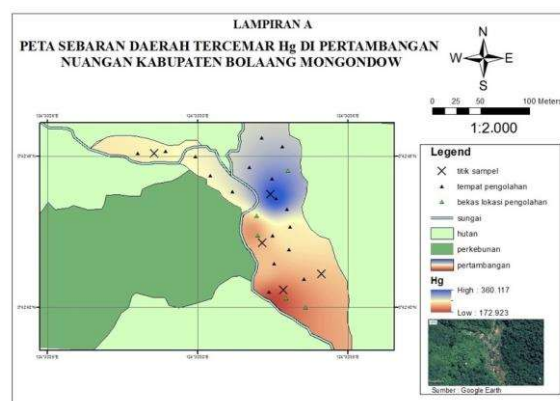
Tabel 2: Kandungan merkuri dari sampel tanah

No sampel	Kandungan merkuri (ppm)	Baku mutu* (ppm)
S 01	172,90	0,49
S 02	235,07	0,49
S 03	213,49	0,49
S 04	252,77	0,49
S 05	360,17	0,49

*(Veiga & Baker, 2004)

Tabel 1 menjelaskan bahwa lima buah sampel tanah mengandung merkuri cukup tinggi, jauh di atas baku

mutu pedoman kualitas sedimen untuk melindungi kehidupan hayati, yaitu 0,49 ppm (Veiga dan Beiker, 2004). Kandungan merkuri pada area kolam penampungan limbah di Desa Nuangan ini juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan merkuri pada sampel tanah pada area penambangan emas rakyat di Desa Kertajaya (Jawa Barat) (Kusdarini, 2021) dan di Desa Pancurendang, Jawa Tengah (ESDM, 2020). Selanjutnya peta spasial sebaran pencemaran merkuri (Hg) di Desa Nuangan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2: Peta sebaran merkuri (Hg) di Desa Nuangan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencemaran merkuri di area penampungan limbah membutuhkan penanganan yang serius. Pencemaran ini dapat berimbas pada tanaman pangan dan air tanah di area ini. Apabila tanaman pangan dan air tanah telah tercemar merkuri, maka hal ini dapat membahayakan makhluk hidup yang mengonsumsi tanaman maupun air tanah tersebut. Merkuri tidak saja masuk dari rantai makanan, akan tetapi dapat masuk melalui penetrasi ke dalam kulit. Oleh karena itu sangatlah mendesak untuk segera dilakukan pemulihan pada tanah, air tanah maupun air permukaan yang telah tercemar merkuri mengingat sifat toksik dari merkuri yang menduduki peringkat pertama dari logam berat lainnya dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Salah satu teknik pemulihan tanah dan air tercemar adalah menggunakan metode remediasi (Schwartz, Smits, Smith, Phelan, & Baena, 2021).

KESIMPULAN

Pencemaran merkuri pada area penampungan limbah pengolahan emas rakyat di Desa Atoga sudah pada tingkat tinggi atau kritis, yaitu sebesar 172,90 – 360,17 ppm. Sedangkan batas aman untuk kehidupan hayati sebesar 0,49 ppm. Teknik pemulihan tanah dan air tercemar merkuri di area ini sangatlah mendesak untuk segera dirancang dan diterapkan agar kesehatan

masyarakat dapat segera diselamatkan. Dinas Lingkungan Hidup setempat dapat menjadi penggerak dan koordinator para stakeholder, antara lain akademisi, para pakar (ilmuwan), praktisi, instansi terkait, masyarakat penambang emas, LSM, tokoh masyarakat untuk bekerja sama melaksanakan program pemulihan tanah dan air tercemar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh masyarakat penambang emas di Desa Atoga, Kecamatan Nuangan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara dan Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, D. Y., Antonio, Vie, R. C. D. C., & Kusdarini, E. (2015). IDENTIFIKASI LIMBAH PENGOLAHAN EMAS DAN KUALITAS AIR DI SEKITAR PENAMBANGAN EMAS RAKYAT JAMPANG KULON, DESA KERTAJAYA, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 503–510. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Baptista-Salazar, C., & Biester, H. (2019). The role of hydrological conditions for riverine Hg species transport in the Idrija mining area. *Environmental Pollution*, 247, 716–724. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.109>
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Duan, P., Khan, S., Ali, N., Shereen, M. A., Siddique, R., Ali, B., ... Bilal, M. (2020). Biotransformation fate and sustainable mitigation of a potentially toxic element of mercury from environmental matrices. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 6949–6965.
- ESDM, D. (2019). *Laporan Pendahuluan Kajian Lingkungan Pertambangan Rakyat di Desa Pancurendang Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas*.
- Khan, A. Z., Khan, S., Khan, M. A., Alam, M., & Ayas, T. (2020). Biochar reduced the uptake of toxic heavy metals and their associated health risk via rice (*Oryza sativa* L.) grown in Cr-Mn mine contaminated soils. *Environmental Technology & Innovation*, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100590>
- Khanam, R., Kumar, A., Nayak, A. K., Shahid, M., Tripathi, R., Vijayakumar, S., ... Pathak, H. (2020). Metal(loid)s (As, Hg, Se, Pb and Cd) in paddy soil: Bioavailability and potential risk to human health Author. *Science of The Total Environment*, 699. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2019.134330>
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Fitriawan, E. R. (2018). The Effect of Ag⁺ Ion Existence in The Cyanidation Process of Tailing of Cijiwa Gold Ore Process on Gold Recovery. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(15), 12111–12114.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Gingga, F. (2018). Recovery of Gold with AgNO₃ Pretreatment by Cyanidation at Heap Leaching Cijiwa Gold Ore Processing. *Makara Journal of Science*, 22(2), 77–81.
- Kusdarini, E., Malik, A., Utamakno, L., & Budianto, A. (2021). Sebaran cemaran Hg di kawasan pertambangan emas rakyat menggunakan metode inverse distance weight. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 8(2), 100–106.
- Mierlo, C. van, Faes, M. G. R., & Moens, D. (2021). Inhomogeneous interval fields based on scaled inverse distance weighting interpolation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 373, 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113542>
- Muryani, E., Santoso, D. H., & Rahmah, D. A. (2020). Analisis Kondisi Aktual Pencemaran Merkuri Berdasarkan Peta Kerentanan Pencemaran Air Permukaan pada Penambangan Emas Rakyat Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Banyumas. *SCIENCE TECH: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 6(1), 33–42.
- Ning, Z., Liu, E., Yao, D., Xiao, T., Ma, L., Liu, Y., ... Liu, C. (2020). Contamination, oral bioaccessibility and human health risk assessment of thallium and other metal(loid)s in farmland soils around a historic Tl-Hg mining area. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2020.143577>
- Schwartz, M., Smits, K., Smith, J., Phelan, T., & Baena, O. J. R. (2021). Incorporating positive deviance into comprehensive remediation projects: A case study from artisanal and small-scale gold mining in the municipality of Andes,

Colombia. *Environmental Science & Policy*,
123, 142–150.

Veiga, M., & Baker, R. (2004). *Protocols for
Environmental and Health Assesment of
Mercury Released by Artisanal and Small-
Scale Gold Miners*.

Waldicuk. (1974). *Some Biological Concern In
Heavy Metals Pollution*. New York:
Physiology of Marine Organism Academic
Press Inc.