JURNAL GEOMining Teknik Pertambangan Unkhair

Volume 3. No. 1 April 2022 (1-7) **e-ISSN: 2774-2644**

Studi Perbandingan Pengolahan Emas Skala Kecil dengan Metode Amalgamasi dan Sianidasi di Desa Anggai Kecamatan Obi Kabupaten Halmahera Selatan

Said Hi Abbas[1] dan Firman[2*]
[1]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Unkhair, Ternate
[2]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Unkhair, Ternate
[*]**Corresponding author**: firman@unkhair.ac.id

Article History
Received : 2 Januari 2022
Revised : 20 Februari 2022
Accepted : 1 April 2022

Abstrak
Studi perbandingan pengolahan emas skala kecil dengan metode amalgamasi dan sianidasi di Desa Anggai Obi Halmahera Selatan dilakukan untuk mengetahui *recovery* logam emas yang lebih banyak diantara kedua metode pengolahan tersebut. Selain itu, untuk mengetahui waktu pengolahannya yang lebih cepat serta dampak lingkungan dan kesehatan yang lebih baik dari keduanya. Metode penelitian ini adalah pengujian laboratorium menggunakan metode ICP-MS terkait *recovery* emas, pengujian menggunakan pH meter terkait kualitas fisik air, serta wawancara langsung kepada pelaku usaha pengolahan emas dengan dua metode pengolahan terkait waktu pengolahan dan dampak kesehatan yang dirasakan. Kadar emas dalam *ore* antara 4,503-4,813 ppm sedangkan pada tailing kadarnya antara 1,37-2,105 ppm sehingga recoverynya berturut-turut untuk pengolahan dengan amalgamasi 54,81%, pengolahan lumpur sisa amalgamasi sebesar 70,59% serta pengolahan dengan metode pure sianidasi recoverynya 68,63%. Kualitas fisik air hasil pengujian menunjukan pH masih memenuhi baku mutu Kepmen LH Nomor 202/2014, yaitu antara 6,89-8,29 untuk 6 lokasi sampling sedangkan parameter turbidity nilainya antara 1,4-976 NTU dengan variasi yang besar untuk lokasi pembuangan merkuri maupun sisa sianida dibandingkan daerah yang radiusnya jauh seperti sungai dan sumur warga. Waktu pengolahan dengan amalgamasi antara 2,5-3 jam sedangkan sianidasi membutuhkan waktu 3-4 hari. Dampak kesehatan, 42% pekerja yang diwawancarai mengaku sering merasakan gejala ISPA. Pengolahan dengan metode sianidasi recoverynya lebih baik tetapi lebih lama waktu pengolahannya dibandingkan metode amalgamasi. Dampak kesehatan dan lingkungan, keduanya berbahaya jika limbah pengolahannya tidak dikelola dengan baik.

Kata kunci: *amalgamasi, emas, Obi, sianidasi*

Abstract
A comparative study of small-scale gold processing using amalgamation and cyanidation methods in Anggai Obi Village, South Halmahera was conducted to find out which metal recovery was higher between the two processing methods. In addition, to find out the faster processing time and the better environmental and health impacts of both. This research method is laboratory testing using the ICP-MS method related to gold recovery, testing using a pH meter related to the physical quality of water, as well as direct interviews with gold processing business actors with two processing methods related to processing time and perceived health impacts. The gold content in ore is between 4.503-4.813 ppm while in tailings the levels are between 1.37-2.105 ppm so that the recovery is for processing with amalgamation of 54.81%, processing of amalgamated residual sludge of 70.59% and processing with the pure cyanidation method for recovery 68.63%. The physical quality of the water test results show that the pH still meets the quality standard of the Minister of Environment Decree No. 202/2014, which is between 6.89-8.29 for 6 sampling locations while the turbidity parameter is between 1.4-976 NTU with large variations for mercury disposal sites. and residual cyanide compared to areas with far radius such as rivers and community wells. Processing time with amalgamation is between 2.5-3 hours while cyanidation takes 3-4 days. Health impact, 42% of workers interviewed admitted that they often feel symptoms of acute respiratory infections. Processing with the cyanidation method has better recovery, but the processing time is longer than the amalgamation method. Health and environmental impacts are both dangerous if the processing waste is not managed properly.

Keywords: *amalgamation, gold, Obi, cyanidation*

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**

1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan emas skala kecil (PESK) di Desa Anggai Kecamatan Obi Kabupaten Halmahera Selatan Provinsi Maluku Utara sudah berlangsung lama, sejak tahun 1995 [1]. Pengolahan emas pada kegiatan PESK di Desa Anggai mayoritas masih menggunakan merkuri (Hg) dalam mengestrak kandungan emas yang ada pada bijih. Proses pengolahan tersebut dikenal sebagai metode amalgamasi [2]. Pengolahan emas dengan merkuri sebenarnya sudah dilarang oleh pemerintah ketika terbitnya UU Nomor 11 tahun 2017 terkait ratifikasi *Minamata Convention on Mercury* [3] serta keluarnya Peraturan Presiden No. 21 Tahun 2019 tentang Rencana Aksi Nasional Pengurangan dan Penghapusan Merkuri [4]. Kebijakan tersebut diambil setelah pemerintah meratifikasi Konvensi Minamata terkait pelarangan penggunaan merkuri, termasuk pada kegiatan PESK. Buangan merkuri ke lingkungan dari kegiatan PESK di Indonesia menjadi penyumbang mayoritas, sebanyak ± 60% dari total merkuri yang dibuang ke lingkungan berasal dari kegiatan ini (Bisnis.com., 2019).

Pengolahan emas yang lain menggunakan sianida atau dikenal metode sianidasi. Pelindian menggunakan sianida adalah pelindian selektif, dimana hanya logam tertentu yang akan larut, seperti emas, perak, tembaga, seng, kadmium, kobalt, dan lain-lain [5]. Pelindian menggunakan sianida sudah dipraktekan di Desa Anggai, baik yang *pure* dengan sianida dan sebagian besar masih campuran 2 metode (amalgamasi dan sianidasi). Metode campuran tersebut dilakukan dengan cara, yaitu awalnya dilakukan pengolahan dengan merkuri (air raksa) setelah itu lumpurnya (*tailing*) diolah dengan metode pelindian menggunakan sianida. Teknik pelindian emas dengan sianida ada beberapa teknik, yaitu *atmospheric agitation leaching*, *heap leaching* (pelindian tumpukan) dan *pressure leaching* [6]. Teknik pelindian dengan *atmospheric agitation leaching* merupakan pelindian dalam tangki pengaduk mekanik atau rotating drum pada suhu kamar dan tekanan atmosfer [7]. *Heap leaching* merupakan pelindian dengan bijih teremuk ditumpuk pada *leach pad* (landasan tumpukan yang kedap) dimana larutan sianida disemprotkan [8] dan dibiarkan terperkolasi melalui tumpukan bijih dan melarutkan emas [9]. Cara ini tanpa proses penggerusan dan tidak menggunakan tangki pengaduk [10]. Kedua teknik ini dipraktekan di Desa Anggai. Sedangkan *pressure leaching* dilakukan pelindian pada tekanan dan temperatur yang tinggi, biasanya ditujukan untuk bijih yang refractory, tetapi untuk penerapannya di Indonesia belum ada karena investasinya mahal.

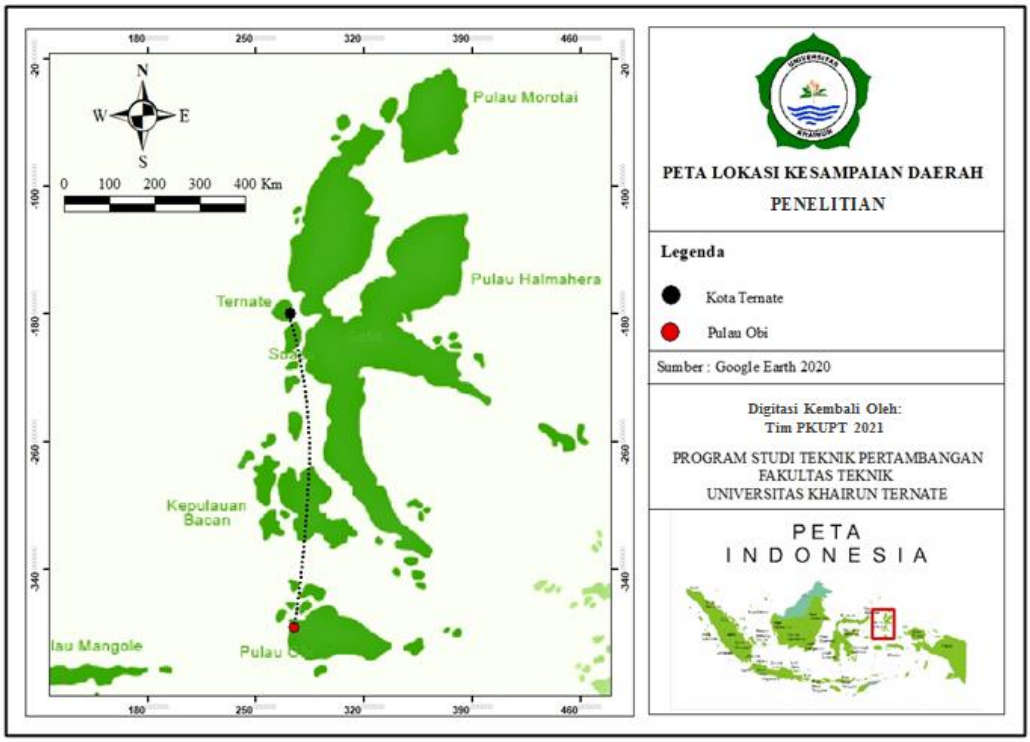
Pengolahan emas dengan metode amalgamasi diharapkan oleh pemerintah untuk ditinggalkan kedepannya dan diganti dengan metode pengolahan emas yang lebih menguntungkan secara ekonomi (*recovery*nya tinggi), ramah secara lingkungan dan kesehatan [11] serta tidak bertentangan dengan hukum [12]. Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan perbandingan pengolahan emas dengan metode amalgamasi dan metode sianidasi, khususnya dalam hal recovery, waktu pengolahan serta dampak lingkungan dan kesehatannya. Perbandingan ini akan menjadi alasan ilmiah dan rekomendasi perlunya meninggalkan pengolahan yang merusak lingkungan hidup, *recovery* emasnya rendah (potensi emasnya terbuang dalam limbah tailing) serta merugikan bagi kesehatan.

2. Material dan Metode

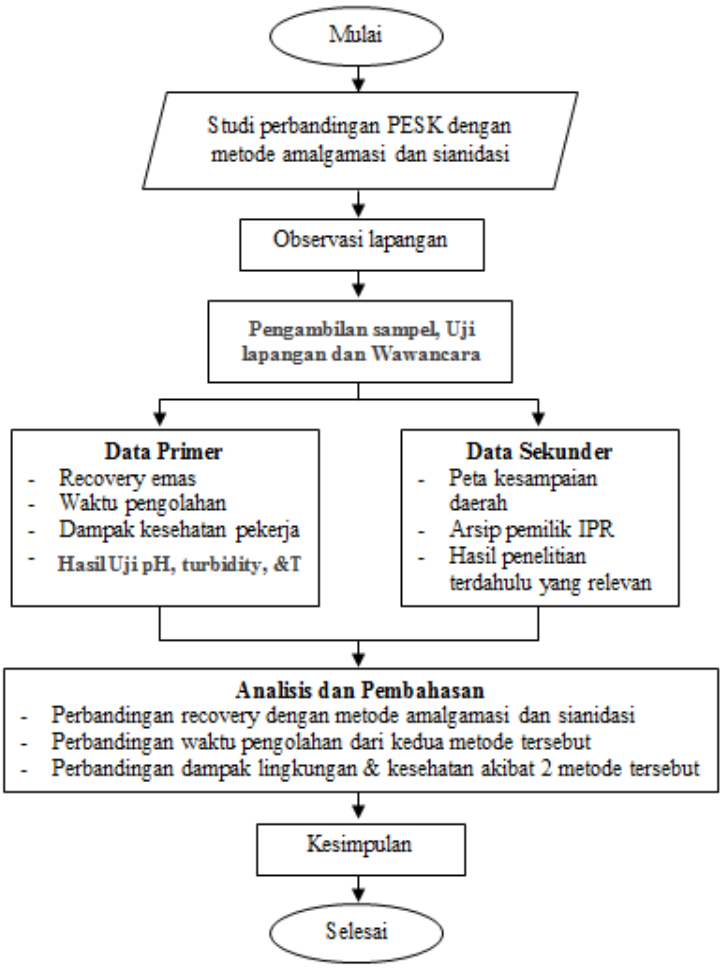
Penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif, dimana variabel yang ditinjau meliputi *recovery* pengolahan emas, waktu pengolahan serta dampak kesehatan dan lingkungan. *Recovery* pengolahan dan dampak lingkungan didasarkan hasil pengujian, sedangkan waktu pengolahan berdasarkan hasil observasi lapangan. Dampak kesehatan didasarkan pada wawancara terhadap pelaku kegiatan pengolahan emas skala kecil serta dikomparasikan dengan data sekunder dari Polindes. Sampel penelitian ini adalah lumpur sisa pengolahan serta sampel air dari lokasi pengolahan emas skala kecil Desa Anggai, Obi Halmahera Selatan. Lokasi penelitian terletak di Desa Anggai Kecamatan Halmahera Selatan (Gambar 1). Penelitian dilakukan melalui pengambilan sampel di lapangan, pengujian laboratorium, pengujian lapangan, wawancara secara langsung di lapangan kepada pelaku pengolahan emas dengan metode amalgamasi dan sianidasi, serta pengumpulan data sekunder. Pengujian laboratorium menggunakan metode ICP-MS untuk mengetahui kadar emas dalam lumpur buangan metode amalgamasi, metode sianidasi serta pengolahan amalgamasi-sianidasi. Data kandungan emas dalam ore berdasarkan data sekunder hasil pengujian Badan Geologi [12]. Selain itu, pengujian kualitas air dilakukan secara langsung di lapangan dengan alat pH meter multi channel. Wawancara dilakukan terhadap 15 pemilik usaha pengolahan dengan metode amalgamasi serta 7 pemilik usaha pengolahan lumpur (sisa amalgamasi) dengan metode sianidasi untuk mengetahui waktu pengolahan yang lebih efisien. Wawancara juga dilakukan terhadap 20 orang pekerja untuk

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**

masing-masing pengolahan dengan metode amalgamasi dan sianidasi terkait dampak kesehatan yang sering diderita dan dibandingkan dengan informasi dari petugas Polindes Desa Anggai terkait rekam jejak penyakit yang banyak dikeluhkan masyarakat.



Gambar 1. Peta kesampaian lokasi daerah penelitian



Gambar 2. Desain penelitian studi perbandingan pengolahan emas skala kecil

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**

Data penelitian berdasarkan Gambar 2 terbagi menjadi 2, yaitu data primer dan sekunder. Data primer berupa kadar emas dalam lumpur sisa pengolahan amalgamasi, sinianidasi, amalgamasi-sianidasi; hasil uji kualitas air (pH, turbidity, dan temperatur); waktu pengolahan dari hasil wawancara; dampak kesehatan berupa penyakit yang sering diderita pekerja. *Recovery* pengolahan emas dihitung dengan membandingkan kadar emas dalam lumpur dan kadar emas dalam *ore* (sebelum diolah). Data sekunder yang diperoleh berupa kandungan emas dalam ore, peta kesampaian daerah, arsip pemilik IPR dan hasil penelitian sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

a. *Recovery* Emas Hasil Pengolahan

Kandungan logam emas dalam lumpur (tailing) hasil uji ICP-MS, sisa pengolahan dengan metode amalgamasi dan sianidasi seperti ditampilkan pada Tabel 1. Sampel tailing sisa pengolahan dengan amalgamasi kandungan emasnya 2,105 ppm sedangkan sampel tailing sisa pengolahan lumpur dengan metode sianidasi adalah 1,37 ppm. Kandungan logam emas dalam tailing sisa pengolahan dengan metode rendaman menggunakan sianida sebesar 1,461 ppm. Kandungan logam lain yang diuji dari ketiga sampel tailing adalah perak (Ag) kadarnya antara 19-41 ppm, tembaga (Cu) 2081-3510 ppm, timbal (Pb) 4255-6730 ppm, seng (Zn) 304-1051 ppm, besi (Fe) 3,6-5,29%, dan merkuri (Hg) 2710-9563 ppb. Hasil pengujian kandungan logam dalam tailing sisa pengolahan emas ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan logam emas dan logam lain dalam tailing

No	Kode Conto	Parameter						
		Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	Hg (ppb)
1	S-01	2105	35	2378	6730	671	4,33	9563
2	S-02	1370	19	2081	4255	304	3,6	5321
3	S-03	1461	41	3510	5782	1051	5,29	2710

Keterangan: S-01 (Sampel tailing sisa pengolahan metode amalgamasi)
S-02 (Sampel tailing sisa pengolahan metode amalgamasi-sianidasi)
S-03 (Sampel tailing sisa pengolahan metode sianidasi)

Kandungan *ore* yang diolah oleh penambang emas skala kecil Desa Anggai Obi Halmahera Selatan, berdasarkan hasil uji Badan Geologi (Awaludin, 2020) sesuai Tabel 2. Kandungan emasnya dari 2 sampel antara 4,503-4,813 ppm (rata-rata 4,658 ppm). Kandungan logam lain yang diuji adalah perak (Ag), tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), arsen (As), bismuth (Sb), dan merkuri (Hg).

Tabel 2. Kandungan emas dan logam lain dalam *ore*

No	Kode Contoh	Parameter							
		Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (ppm)	Hg (ppb)	Sb (ppm)
1	AG1-01 R	4503	11	0,0946	0,94	0,7081	20	9563	6
2	AG1-02 R	4813	116	3,13	10	1,62	24	5321	4

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, didapatkan *recovery* emas hasil pengolahan dengan metode amalgamasi dan sianidasi seperti ditampilkan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. *Recovery* emas hasil dari pengolahan di Desa Anggai

No	Metode Pengolahan	*Recovery* (%)
1	Amalgamasi	54,81
2	Amalgamasi-Sianidasi	70,59
3	Sianidasi/Rendaman	68,63

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa *recovery* emas pengolahan dengan metode amalgamasi hanya mampu mengestrak kandungan emas dalam *ore* sebanyak 54,81% sedangkan dengan metode rendaman menggunakan sianida (metode sianidasi) mampu mengestrak emasnya hingga 68,63%.

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**

Kombinasi metode amalgamasi dan sianidasi (pengolahan sisa lumpur amalgamasi) mampu mengekstrak kandungan emas hingga 70,59% dalam *ore*. Pengolahan dengan metode rendaman menggunakan sianida lebih tinggi recoverynya dibandingkan pengolahan dengan metode amalgamasi. Pengolahan dengan metode amalgamasi-sianidasi recoverynya paling tinggi, tetapi untuk tujuan penghilangan penggunaan merkuri pada kegiatan penambangan emas skala kecil tidak direkomendasikan untuk dilakukan.

b. Dampak Lingkungan dan Kesehatan

Dampak lingkungan akibat pengolahan emas skala kecil yang dilakukan oleh masyarakat di Desa Anggai Obi didapatkan berdasarkan pengamatan langsung dan pengujian kualitas air di lapangan. Limbah pengolahan tidak diolah tetapi langsung dilepas ke tanah mengikuti aliran air alami dan pada akhirnya mengalir ke sungai dan bermuara di laut. Lumpur sisa pengolahan menggunakan metode amalgamasi-sianidasi dan sisa pengolahan metode sianidasi/rendaman dibuang langsung ke lingkungan sedangkan lumpur sisa pengolahan amalgamasi ditampung dalam kolam pengendap lumpur untuk dikeringkan dan diolah lebih lanjut. Kerusakan lingkungan dari paparan merkuri dan sianida dari ketiga jenis pengolahan ini menyebabkan pencemaran tanah, air, serta udara. Masyarakat sudah tidak mengkonsumsi air dari sumur yang berada di lokasi pengolahan emas. Air sumur di lokasi pengolahan hanya digunakan untuk keperluan mandi dan mencuci.

Hasil uji kualitas air dari lokasi kegiatan pengolahan emas termasuk sungai di sekitar lokasi penambangan dan sumur warga ditampilkan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil uji kualitas air

No	Koordinat	Elevasi (m)	pH	T (^{o}C)	Turbidity (NTU)	Keterangan
1	S: 01^{o}21'33,58" E: 127^{o}43'45,97"	25	7,94	27,6	976	Limbah amalgamasi
2	S: 01^{o}21'34,54" E: 127^{o}43'45,75"	13	7,89	27,5	146	Limbah sianidasi
3	S: 01^{o}22'14,81" E: 127^{o}43'34,39"	25	8,29	27,5	5,6	Tepi sungai
4	S: 01^{o}21'47,41" E: 127^{o}43'56,13"	26	8,14	27,7	9,65	Tengah sungai
5	S: 01^{o}21'32,96" E: 127^{o}43'46,46"	13	6,89	27,6	1,4	Sumur
6	S: 01^{o}21'10,20" E: 127^{o}44'20,58"	3	7,44	27,6	109	Hulu sungai

Berdasarkan hasil pengujian kualitas air dari lokasi yang terganggu (limbah kegiatan penambangan khususnya pengolahan dengan metode amalgamasi dan sianidasi) untuk pH masih memenuhi baku mutu, yaitu antara 6,89-8,29 sesuai Kepmen LH Nomor 202/2004 tentang baku mutu air limbah dari kegiatan pertambangan emas dan atau tembaga. Parameter lain yaitu turbidity, dimana parameter ini menunjukan tingkat kekeruhan air akibat banyaknya sedimen. Air limbah dari buangan pengolahan dengan metode amalgamasi dan sianidasi tidak dilakukan pengolahan sehingga turbiditynya sangat tinggi. Nilai turbidity yang tinggi berkorelasi dengan kandungan logam dalam air limbah. Sedangkan sampel air dari sungai dan sumur warga nilai turbiditynya rendah yang menunjukan kualitasnya masih lebih baik.

Dampak kesehatan yang banyak diderita adalah gangguan saluran pernapasan semacam ISPA akibat menghirup merkuri maupun sianida tanpa perlindungan safety yang ketat saat bekerja di pengolahan. Sebanyak 42% pekerja mengeluhkan sering menderita penyakit gejala ISPA. Hal ini sejalan dengan konfirmasi kepada petugas Polindes Desa Anggai yang menunjukan gejala yang sering dikeluhkan para penambang ketika berobat di Polindes adalah ISPA. Kedua jenis pengolahan tersebut limbahnya tidak diolah, dibiarkan mengikuti kontur tanah dan masuk ke badan air alami seperti sungai dan laut. Hal ini diakibatkan oleh penggunaan merkuri maupun sianida, dimana merkuri 60% dilepaskan lewat udara (khususnya saat pembakaran amalgam), 20% lewat tanah (paparan buangan dari pengolahan) serta 20% melalui air (saat air pengolahan dibuang).

Copyright © 2022 | https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining

c. Perbandingan Waktu Pengolahan

Berdasarkan wawancara terhadap 15 pemilik pengolahan dengan metode amalgamasi menggunakan merkuri, dibutuhkan waktu 2,5-3 jam/siklus produksi. Waktu tersebut dihitung saat material masuk ke dalam tromol sampai emasnya diperoleh. Sedangkan hasil wawancara dengan 7 pemilik usaha pengolahan lumpur/tailing sisa dari tromol menggunakan tangki pelindian dengan metode sianidasi dibutuhkan waktu 3-4 hari/siklus. Kendala waktu yang lama inilah yang menyebabkan pengolahan dengan menggunakan merkuri tetap menjadi prioritas proses pengolahan emas dikalangan para penambang di Desa Anggai. Selain itu, pengolahan dengan menggunakan amalgamasi membutuhkan material input (*ore* yang telah dihaluskan) lebih sedikit dibandingkan dengan pengolahan menggunakan tangki pelindian membutuhkan material input yang sangat banyak untuk satu siklus pengolahan (10-50 kali input material tromol).

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

a. Recovery pengolahan emas dengan metode amalgamasi 54,81%; metode sianida/rendaman 68,63% sedangkan pengolahan lumpur dengan metode amalgamasi-sianidasi sebesar 70,59%.
b. Waktu pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi 2,5-3 jam sedangkan pengolahan dengan metode sianidasi membutuhkan waktu 3-4 hari.
c. Dampak kesehatan sebanyak 42% pekerja tambang dari 40 responden yang diwawancarai mengeluhkan sering menderita penyakit gejala ISPA.
d. Kualitas air limbah dari pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi dan sianidasi, pH antara 6,89-8,29; temperatur 27,5-27,7^{o}C dan turbidity 1,4-976 NTU.
e. Pengolahan dengan metode sianidasi lebih baik dari metode amalgamasi dari sisi *recovery*, dampak kesehatan serta lingkungannya lebih mudah dikelola sedangkan kelemahannya waktu pengolahan lebih lama serta sianida bersifat racun.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Khairun yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi (PKUPT) Fakultas Teknik Tahun 2021.

6. Referensi

[1] Firman, F. Nurany, Madi, A., Adam, R.M., dan Ismail, R., "Peningkatan Kesadartahuan Bahaya Merkuri di Desa Anggai Kecamatan Obi Kabupaten Halmahera Selatan", *Journal Of Khairun Community Services*, *1*(1), 2021.

[2] Wawo, R. H. A., Widodo, S., Jafar, N., & Yusuf, F. N., "Analisis Pengaruh Penambangan Emas Terhadap Kondisi Tanah pada Pertambangan Rakyat Poboya Palu, Provinsi Sulawesi Tengah", *Jurnal Geomine*, *5*(3), 2017.

[3] Sumarjono, E., "Kajian Penyebaran Merkuri Pada Sedimen Sungai Dan Air Tanah Akibat Limbah Pengolahan Bijih Emas Dengan Amalgamasi Di Sungai Sangon II Dusun Sangon II Kalirejo Kokap Daerah Istimewa Yogyakarta," (*Doctoral Dissertation*, Universitas Pembangunan Nasional" Veteran" Yogyakarta), 2018.

[4] Aryantie, M. H., Hidayat, M. Y., Ratnaningsih, D., & Nasution, E. L., "Analisis Scientometrics Penelitian Merkuri pada Penambangan Emas Skala Kecil di Indonesia Tahun 2009-2019", *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *18*(1), 185-192, 2020.

[5] Adinata, D. Y., Vie, A. R. C. D. C., & Kusdarini, E., "Identifikasi Limbah Pengolahan Emas dan Kualitas Air di Sekitar Penambangan Emas Rakyat Jampang Kulon, Desa Kertajaya, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat", In *Science and Applied Technology Conference, Adhi Tama Surabaya Institute of Technology* (pp. 503-510), 2015.

[6] Mubarok, M. Z., "*Hand Out Kuliah MG-2215 Enjiniiring Proses Metalurgi II"*, Program Magister Rekayasa Pertambangan Bidang Khusus Rekayasa Mineral dan Metalurgi. ITB. Bandung, 2016.

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**

[7] Kusdarini, E., Budianto, A., & Gingga, F., "Recovery of Gold with AgNO3 Pretreatment by Cyanidation at Heap Leaching Cijiwa Gold Ore Processing", *Makara Journal of Science*, 77-81, 2018.

[8] Sulistiyono, E., Prasetyo, A. B., & Suharyanto, A., "Potensi Pemanfaatan Limbah Pengolahan Emas Proses Heap Leaching", *Prosiding Semnastek*, 2016.

[9] Widara, M. R., "Perbandingan Hasil Logam Emas Pada Pengolahan Bijih Emas Dengan Metode Sianida (Heap Leaching) Berdasarkan Perbedaan Ukuran Butir Umpan", *ReTII*. 2017.

[10] Sabara, L. I., "Ekstraksi Bijih Emas dengan Sianida dan Oksigen Dengan Metode Ekstraksi Padat-Cair", *Journal of Chemical Process Engineering*, 2(2):67-73, 2017.

[11] Idrus, A., "Edukasi Teknik Penambangan Emas yang Ramah Lingkungan pada Tambang Rakyat Skala Kecil", *International Journal of Community Service Learning*, *5*(1), 36-42, 2021.

[12] Solihin, S., Ramlah, R., & Aiman, M., " Penegakan Hukum Terhadap Pelaku Pencemaran Air Sungai Batanghari Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin Serta Ditinjau dari Hukum Islam (Studi di Polres Batanghari)", (*Doctoral Dissertation*, UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi), 2022.

[13] Awaludin, M., "*Sumberdaya dan cadangan mineral di kepulauan kecil*', Badan Geologi Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi Kementerian ESDM, 2020.

Copyright © 2022 | **https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining**