Kajian teknis pengolahan emas dengan metode amalgamasi di Desa Dirung Lingkin, Kecamatan Murung, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah

Technical study of gold processing by amalgamation method in Dirung Lingkin - Murung Raya Regency

Veri Antoni[1], Romla Noor Hakim[1*], Marselinus Untung Dwiatmoko[2], Murniansyah[3], Zamiyatul Rahman[3]
[1] Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[2] Program Studi Teknik Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[3] LPM/LKMD Desa Dirung Lingkin
e-mail: ***romla@ulm.ac.id**

ABSTRAK

Pertambangan emas skala kecil (ASGM) masih banyak menggunakan metode amalgamasi karena sederhana, murah, dan mudah diterapkan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah whole-ore amalgamation, yaitu pencampuran merkuri langsung ke seluruh bijih emas tanpa proses konsentrasi terlebih dahulu. Namun, metode ini memiliki kelemahan berupa recovery emas yang rendah serta kehilangan merkuri yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi serta mengetahui pengaruh berat bijih emas, penggunaan air raksa, dan waktu pengolahan terhadap berat amalgam yang dihasilkan.

Penelitian dilakukan di Desa Dirung Lingkin, Kecamatan Murung, Kabupaten Murung Raya. Metode penelitian meliputi tahap persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan penyusunan laporan. Pengamatan dilakukan pada proses pengolahan emas menggunakan alat glondong selama Februari–April 2023 dengan total 31 data percobaan. Parameter yang diamati meliputi berat bijih emas, jumlah air raksa, ukuran umpan, waktu pengolahan, dan berat amalgam yang dihasilkan. Data kemudian dikelompokkan berdasarkan variabel berat bijih, berat air raksa, dan waktu pengolahan untuk mengetahui hubungan antarvariabel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air raksa dan waktu pengolahan cenderung meningkatkan berat amalgam yang dihasilkan, terutama pada waktu pengolahan 8–9 jam. Pengaruh penggunaan air raksa terhadap berat amalgam menunjukkan hubungan positif dengan nilai koefisien determinasi tertinggi sebesar $R^2 = 0{,}3301$, sedangkan pengaruh berat bijih dan waktu pengolahan umumnya tergolong lemah. Variasi hasil amalgam menunjukkan bahwa proses amalgamasi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti karakteristik bijih, ukuran partikel, homogenitas umpan, dan efektivitas penggilingan di dalam glondong.

Kata-kata kunci: amalgamasi, merkuri, glondong, bijih emas

ABSTRACT

Artisanal and small-scale gold mining (ASGM) continues to develop in many countries, including Indonesia, due to the abundant occurrence of primary and secondary gold deposits. One of the most commonly applied extraction methods in ASGM is amalgamation, which utilizes mercury to bind gold particles and form Au–Hg amalgam. Whole-ore amalgamation is widely used because it is simple, inexpensive, and easy to operate. However, this method is associated with low gold recovery and high mercury losses. This study aimed to analyze the gold processing practice using the amalgamation method and to evaluate the influence of ore weight, mercury consumption, and milling time on the amalgam yield produced during processing.

The research was conducted in Dirung Lingkin Village, Murung District, Murung Raya Regency. The study consisted of preparation, data collection, data processing, analysis, and report preparation stages. Field observations were carried out on gold processing activities using a traditional trommel mill (glondong) from February to April 2023, with a total of 31 experimental observations. The observed parameters included ore weight, mercury consumption, feed size, milling time, and amalgam weight. The collected data were grouped based on ore weight, mercury usage, and processing time to determine the relationship between operational variables and amalgam production.

The results indicate that mercury consumption and milling time generally showed a positive correlation with amalgam yield, particularly at processing durations of 8–9 hours. The strongest relationship was observed between mercury consumption and amalgam weight, with a coefficient of determination of $R^2 = 0.3301$. Meanwhile, the influence of ore weight and milling time was generally categorized as weak. Variations in amalgam production suggest that the amalgamation process is also affected by other factors, including ore characteristics, particle size distribution, feed homogeneity, gold grade distribution, and grinding efficiency within the trommel mill.

Key words: *Amalgamation, mercury, tromoll mill, gold ore*

PENDAHULUAN

Pertambangan emas artisanal dan skala kecil (artisanal and small-scale gold mining/ASGM) masih berkembang di berbagai negara termasuk Indonesia karena didukung oleh keberadaan endapan emas primer dan sekunder yang cukup melimpah. Aktivitas ini umumnya menggunakan teknologi sederhana dengan biaya operasional rendah sehingga mudah diterapkan oleh masyarakat [1]. Dalam pengolahan emas, pemilihan metode ekstraksi dipengaruhi oleh karakteristik bijih, ukuran partikel emas, tingkat liberasi mineral, dan kondisi mineralogi bijih [1], [2].

Salah satu metode pengolahan yang paling banyak digunakan pada ASGM adalah amalgamasi menggunakan merkuri (Hg). Metode ini memanfaatkan kemampuan merkuri untuk mengikat partikel emas dan membentuk amalgam Au–Hg yang kemudian dipisahkan dari material pengotornya [3], [4]. Teknologi amalgamasi banyak diterapkan pada pengolahan bijih emas primer karena sederhana, murah, dan mudah dioperasikan menggunakan gelondong atau ball mill [1], [3].

Metode amalgamasi yang umum digunakan adalah whole-ore amalgamation, yaitu proses pencampuran merkuri langsung ke seluruh massa bijih tanpa tahap konsentrasi terlebih dahulu [3]. Proses ini meliputi penghancuran bijih, penggilingan, penambahan merkuri selama milling, pemisahan amalgam, pemerasan amalgam, dan pembakaran amalgam untuk memperoleh bullion emas [3]. Metode ini banyak diterapkan karena praktis dan tidak membutuhkan keterampilan teknis tinggi [1].

Meskipun demikian, whole-ore amalgamation memiliki kelemahan berupa recovery emas yang rendah dan kehilangan merkuri yang tinggi [3][4][5]. Pengolahan amalgamasi umumnya hanya mampu menangkap sekitar 10–40% emas, khususnya pada partikel berukuran 0,07–1,5 mm [1]. Rendahnya recovery dipengaruhi oleh emas yang belum terliberasi sempurna, ukuran emas yang sangat halus, serta emas yang masih terenkapsulasi dalam mineral sulfida dan gangue [2], [6].

Selain recovery yang rendah, metode ini juga dikenal memiliki konsumsi merkuri yang tinggi. Yoshimura dkk. melaporkan bahwa whole-ore amalgamation dapat menggunakan sekitar 10–25 gram Hg untuk menghasilkan 1 gram Au [5]. Bahkan pada beberapa operasi ASGM, rasio Hg terhadap Au dapat mencapai 20:1 hingga 50:1 [7]. Tingginya penggunaan merkuri disebabkan seluruh massa bijih berkontak langsung dengan Hg selama penggilingan.

Efektivitas amalgamasi dipengaruhi oleh beberapa parameter operasional seperti jumlah merkuri, berat bijih, dan waktu penggilingan. Waktu penggilingan yang terlalu singkat menyebabkan liberasi emas belum optimal, sedangkan penggilingan terlalu lama dapat memicu mercury flouring, yaitu fragmentasi merkuri menjadi partikel halus yang sulit dipisahkan kembali [3]. Kondisi ini meningkatkan kehilangan merkuri ke tailing dan menurunkan efisiensi proses [8]. Selain itu, hasil amalgamasi juga dipengaruhi oleh kadar emas, homogenitas umpan, ukuran partikel, dan efisiensi putaran gelondong [2].

Kehilangan merkuri pada whole-ore amalgamation terjadi melalui tailing dan emisi udara saat pembakaran amalgam [3], [8]. Amalgam hasil pengolahan umumnya masih mengandung 40–80% merkuri sehingga pembakaran amalgam menjadi sumber utama emisi Hg ke atmosfer [4]. Pada banyak lokasi ASGM, pembakaran masih dilakukan tanpa retort sehingga meningkatkan risiko paparan merkuri melalui inhalasi [4], [9]. Berdasarkan referensi tersebutlah penelitian dilakukan dengan mengamati kegiatan pengolahan emas di Desa Dirung Lingkin, Kecamatan Murung, Kabupaten Murung Raya untuk menganalisis proses pengolahan emas skala kecil menggunakan metode amalgamasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan melakukan percobaan teknik amalgamasi menggunakan 7 variasi dari tiga parameter yang diduga berpengaruh terhadap perolehan emas dari hasil pengolahan. Parameter yang diuji ialah berat raksa, berat bahan, dan waktu pengolahan. Dari 3 percobaan dimana:

1. Percobaan pertama yaitu menggunakan berat bahan yang sama, tetapi dengan berat air raksa dan waktu pengolahan yang berbeda-beda
2. Percobaan kedua yaitu menggunakan variabel atau unsur berat merkuri (raksa) yang sama, akan tetapi dengan berat bahan dan waktu pengolahan yang berbeda-beda
3. Percobaan ketiga yaitu menggunakan variable atau unsur waktu pengolahan yang sama, akan tetapi dengan berat bahan dan berat air raksa yang berbeda-beda

Hasil percobaan kemudian dianalisis dengan mengolah data dan menentukan hubungan antar variabel serta pengaruhnya terhadap produk proses amalgamasi ini.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari empat tahapan utama, yaitu tahap persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data. Penelitian dilakukan pada kegiatan pengolahan emas rakyat menggunakan metode amalgamasi di Desa Dirung Lingkin, Kecamatan Murung, Kabupaten Murung Raya.

(1) Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan melalui penyusunan usulan penelitian, studi literatur, dan studi pustaka yang berkaitan dengan pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi. Pada tahap ini dilakukan pengkajian mengenai pertambangan emas skala kecil (ASGM), proses whole-ore amalgamation, penggunaan merkuri pada pengolahan emas, serta karakteristik umum alat glondong yang digunakan masyarakat. Selain itu dilakukan penentuan lokasi penelitian, persiapan alat dokumentasi, serta pengenalan kondisi geologi dan aktivitas penambangan pada daerah penelitian.

(2) Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan dan pengumpulan data sekunder dari literatur yang relevan. Data primer diperoleh melalui observasi terhadap proses pengolahan emas menggunakan alat glondong selama periode Februari–April 2023. Parameter yang diamati meliputi berat bijih emas, jumlah air raksa yang digunakan, ukuran umpan, waktu pengolahan, dan berat amalgam yang dihasilkan. Jumlah data pengamatan yang diperoleh sebanyak 31 data percobaan. Selain itu dilakukan dokumentasi tahapan pengolahan emas tradisional serta spesifikasi alat glondong yang digunakan pada lokasi penelitian.

(3) Tahap Pengolahan Data

Data hasil pengamatan kemudian dikelompokkan dan disusun dalam bentuk tabel berdasarkan variabel penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan mengelompokkan data menjadi tiga kelompok variabel, yaitu kelompok dengan berat bijih emas tetap, kelompok dengan penggunaan air raksa tetap, dan kelompok dengan waktu pengolahan tetap. Selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik korelasi untuk mempermudah interpretasi hubungan antara variabel bebas terhadap berat amalgam yang dihasilkan.

(4) Tahap Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan dengan menganalisis hubungan antara berat bijih emas, penggunaan air raksa, dan waktu pengolahan terhadap berat amalgam yang dihasilkan. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif

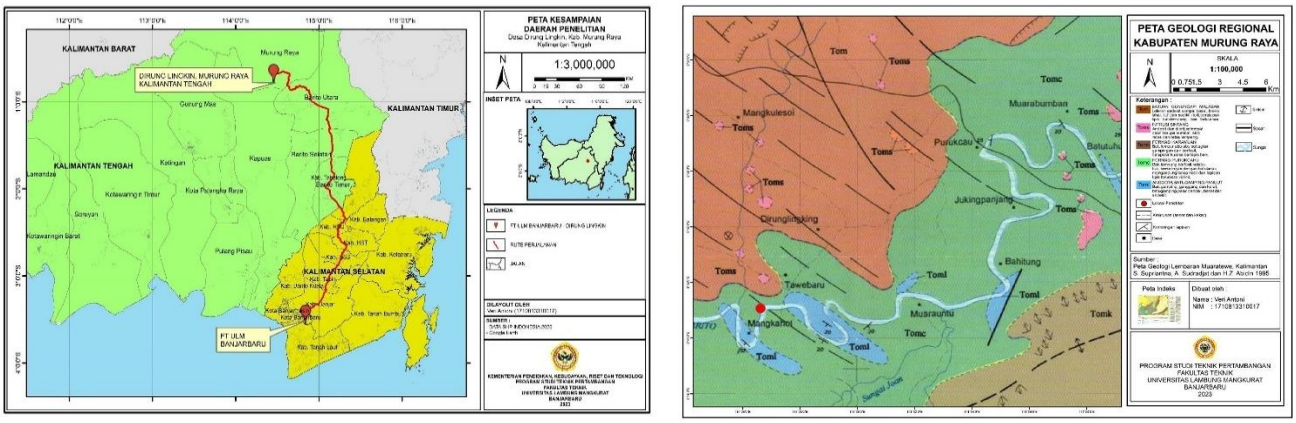
melalui grafik hubungan antarvariabel dan nilai koefisien determinasi (R^2). Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variabel terhadap efektivitas proses amalgamasi serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengolahan emas menggunakan alat glondong pada kegiatan pertambangan emas rakyat.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada tambang masyarakat skala kecil yang berada di Desa Dirung Lingkin, Kecamatan Murung, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan selatan. Tambang masyarakat skala kecil di sini dilakukan dengan mengolah material hasil dari tambang bawah tanah, yang mereka buat dengan membuat lobang yang berukuran 2 meter persegi.Lokasi penelitian dapat dicapai menggunakan kendaraan roda empat dan roda dua, dengan waktu tempuh sekitar 12 jam perjalanan darat. Perjalanan dilanjutkan kembali selama 2 jam menuju lokasi penelitian. Apabila cuaca hujan, maka waktu perjalanan akan bertambah lebih lama karena jalan berlumpur. Pengendara dianjurkan menggunakan kendaraan roda empat yang mempunyai penggerak roda muka dan belakang. Perjalanan dari Fakultas Teknik ULM menuju tempat penelitian melewati jalur nasional antarprovinsi antara Kalimantan Selatan dengan Kalimantan Tengah dengan jarak tempuh keseluruhan 621 km (Gambar 1a).

Formasi batuan di lokasi penelitian (Gambar-1b), yaitu daerah Kabupaten Murung Raya, apabila mengacu ke Peta Geologi Lembar Muaratewe untuk daerah Kabupaten Murung Raya dan sekitarnya, adalah:

1. Batuan Gunung Api Malasan (Tom): berupa leleran lava basal sampai andesit dan sedikit riolit, breksi lahar serta tuf, bersisipan tipis batulempung dan batulanau, terpecahkan dan termineralisasi. Sebagian batuan menunjukkan struktur bantal dan kekar meniang.
2. Formasi Sintang (Toms): tersusun oleh terobosan andesit dan diorit, setempat berupa sumbat, stok, retas dan retas lempeng berkomposisi dasit.
3. Formasi Karamuan (Tomk): terdiri atas batulumpur abu-abu sebagian gampingan dan berfosil, batupasir kuarsa berlapis baik, batulanau abu-abu, batulanau tuffan abuabu kehijauan, bersisipan batugamping berfosil, batubara dan batulanau karbonan. Formasi ini terendapkan pada lingkungan pengendapan laut dangkal hingga paparan luar.
4. Formasi Purukcahu (Tomc): tersusun oleh batugamping berfosil, warna kelabu tua, berselingan dengan batulanau dengan lensa dan lapisan tipis batubara dan batupasir berstruktur laminasi sejajar dan konvolut, bersisipan breksi berfragmen andesit, dasit, genes dan batubara, matriks berupa batupasir kasar mengandung batubara.
5. Batugamping Penuut (Toml): berupa batugamping putih dan kelabu, berbutir sedang dan kasar, kaya dengan foram besar, ganggang dan koral, mengandung glaukonit, sebagian termineralisasi, bersisipan batugamping pasiran berfosil, kokuina dan breksi mengandung fragmen basal dan andesit terubah. Formasi ini terendapkan pada lingkungan laut dangkal.



(a) (b)

Gambar-1 Peta Kesampaian Daerah (a) Peta Geologi (b)

Spesifikasi alat dan tahapan pengolahan

Proses pengolahan emas pada tempat penelitian melalui beberapa tahapan, yang mana sangat berpengaruh dalam data yang akan didapatkan sebagai berikut:

1. Penghancuran bahan galian yang dihasilkan dari lubang tambang dalam bentuk bongkah menjadi berukuran kecil dengan secara manual oleh pekerja menggunakan palu.
2. Memasukkan bahan galian yang telah diperkecilkan ukuran nya dari bongkah-bongkah besan kedalam glondong untuk melakukan proses penggilndingan.
3. Menimbang air raksa yang akan digunakan pada saat proses pengglindingan bahan galian dengan waktu yang telah di tentukan.
4. Penumpahan lumpur hasil penggelindingan bahan galian dan pemisahan lumpur dan air raksa yang digunakan setelah penggelindingan.
5. Pengambilan amalgam yang di peroleh dari hasil pengolahan dengan melakukan penyaringan menggunakan kain kanibow agas memaksimalkan amalgam yang di peroleh.
6. Penimbangan berat amalgam yang dihasilkan dalam satu proses pengolahan.

Glondong merupakan salah satu jenis mesin atau alat pengolahan yang berbentuk tabung yang mana berfungsi dan digunakan untuk menggiling material yang kasar agar menjadi material yang halus. Secara umumnya prinsip kerja alat yaitu mengurangi ukuran material dengan memanfaatkan gerakan atau tekanan dari umpan yang dimasukan dalam gelondong memberikan gerusan pada material yang ingin dihaluskan.

Data spesifikasi alat glondong yang diperoleh dilapangan sebagai berikut:

Panjang alat : 60 cm
Diameter : 80 cm
Lubang bukaan alat glondong sebagai berikut:
Panjang : 18 cm
Lebar : 15 cm
Ukuran umpan pada alat glondong sebagai berikut:
Panjang : 48 cm
Diameter : 5.08 cm
Kecepatan : 2,52 detik

Glondong merupakan jenis mesin atau alat pengolahan yang berbentuk tabung yang mana berfungsi dan digunakan untuk menggiling material yang kasar agar menjadi material yang halus. Secara umumnya prinsip kerja alat yaitu mengurangi ukuran material dengan memanfaatkan gerakan atau tekanan dari umpan yang dimasukan dalam gelondong memberikan gerusan pada material yang ingin dihaluskan. Alat ini di produksi tidak melalui pabrikasi yang baik sehingga dalam penggunaan sering dimodifikasi sesuai kebutuhannya. Tahapan pengolahan masih tradisional yang diajarkan turun-menurun melalui tahapan yang sederhana dan mudah dilakukan.

(a) (b)

Gambar-3. Alat glondong (a), Tahapan pengolahan emas tradisional di area penelitian (b)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengamatan

Pengamatan proses pengolahan emas menggunakan alat glondong yang dilakukan selama periode Februari hingga April 2023. Jumlah data pengamatan yang diperoleh sebanyak 31 data percobaan. Parameter yang diamati meliputi berat bijih emas, jumlah air raksa (kg), banyak umpan (kg), ukuran bongkah umpan, waktu pengolahan (jam), serta berat amalgam (gr) yang dihasilkan.

Berdasarkan data pengamatan, berat bijih emas yang digunakan berkisar antara 30–41 kg dengan ukuran bongkah umpan relatif seragam, yaitu 5 cm dan jumlah umpan sebanyak 5 pcs pada setiap percobaan. Jumlah air raksa yang digunakan bervariasi antara 0,6–2 kg, sedangkan waktu pengolahan berkisar antara 5–11 jam.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa berat amalgam yang diperoleh berada pada rentang 31–70 gram. Berat amalgam tertinggi diperoleh pada pengamatan ke-10 sebesar 70 gram dengan penggunaan bahan 30 kg, air raksa 2 kg, dan waktu pengolahan 9 jam. Sementara itu, berat amalgam terendah diperoleh pada pengamatan ke-5 sebesar 31 gram dengan penggunaan bahan 32 kg, air raksa 0,6 kg, dan waktu pengolahan 11 jam. Variasi hasil amalgam yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan air raksa, berat bahan, dan lama pengolahan mempengaruhi jumlah amalgam yang dihasilkan selama proses pengolahan emas menggunakan alat glondong.

Hasil Pengolahan Data

Data-data hasil pengolahan yang diperoleh dikelompokkan menjadi 3 variabel dengan percobaan yang berbeda-beda bedasarkan; berat bijih emas (kg), berat air raksa (kg) dan waktu pengolahan (jam) yang kemudian akan menjadi variable penentu berat amalgam (gr) yang diperoleh atau yang didapatkan dari hasil pengolahan.

1. Kelompok satu menggunakan variabel berat bijih yang sama
2. Kelompok dua menggunakan variabel berat air raksa yang sama
3. Kelompok tiga menggunakan variable waktu pengolahan yang sama

Tabel-1. Pengelompokan Data Hasil Pengamatan Pengolahan Emas

Desain Percobaan 1			
Bijih Emas (kg)	Air Raksa (kg)	Waktu (jam)	Amalgam (gr)
35	1	8	51
35	1	8	48
35	1	9	55
35	1	6	47
35	1,5	7	53
35	1,2	8	48
35	0,8	8	44
35	0,95	8	51
35	1,2	8	49
35	0,8	9	47
35	1,1	10	57
35	1	7	43
35	0,9	8	45
35	1	8	53
35	1,4	9	59
35	1	8	47

Desain Percobaan 1			
Bijih Emas (kg)	Air Raksa (kg)	Waktu (jam)	Amalgam (gr)
35	1	8	51
35	1	8	48
35	1	9	55
35	1	6	47
30	1	9	70
33	1	8	42
37	1	8	48
30	1	10	40
35	1	7	43
35	1	8	53
40	1	9	51
35	1	8	47

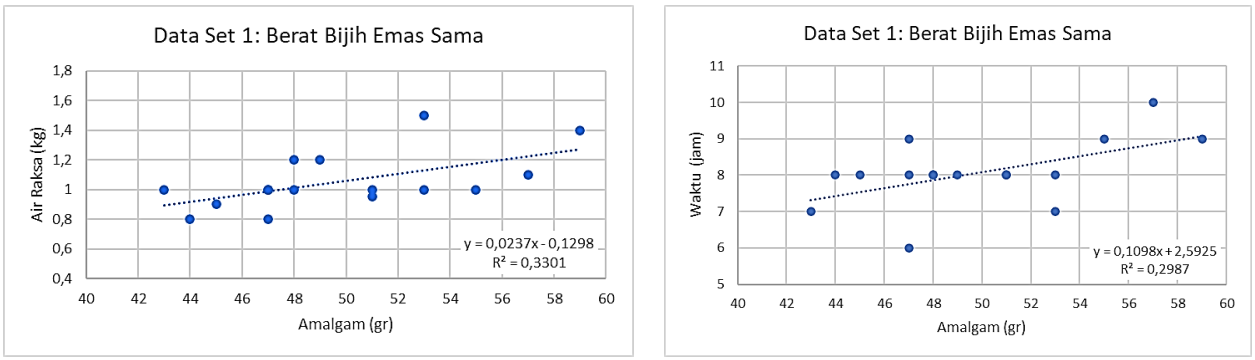
Desain Percobaan 3			
Bijih Emas (kg)	Air Raksa (kg)	Waktu (jam)	Amalgam (gr)
35	1	8	51
35	1	8	48
35	1,2	8	48
35	0,8	8	44
35	0,95	8	51
35	1,2	8	49
33	1	8	42
36	1,2	8	54
32	1,1	8	48
37	1	8	48
34	1	8	45
38	0,8	8	45
35	0,9	8	45
35	1	8	53
35	1	8	47
33	1,4	8	50
37	0,9	8	48

Pembahasan

a) Analisis hasil variabel berat bahan yang sama

Data dikelompokan dalam variabel berat bahan yang sama yaitu sebesar 35 kg, sedangkan variabel berat air raksa dan waktu pengolahan yang diperoleh berbeda-beda. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air raksa dan lama penggilingan terhadap berat amalgam yang dihasilkan pada proses pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi.

Berdasarkan data pengamatan, penggunaan air raksa berkisar antara 0,8–1,5 kg dengan waktu pengolahan antara 6–10 jam. Berat amalgam yang dihasilkan berada pada rentang 43–59 gram. Hasil tertinggi diperoleh pada penggunaan air raksa 1,4 kg dengan waktu pengolahan 9 jam yaitu sebesar 59 gram, sedangkan hasil terendah diperoleh pada penggunaan air raksa 1 kg dengan waktu pengolahan 7 jam yaitu sebesar 43 gram.



(a) (b)

Gambar-4 Korelasi berat bijih yang sama terhadap air raksa dan amalgam (a), waktu penggilingan dan amalgam (b)

Hasil analisis Gambar 4(a) menunjukkan bahwa penggunaan air raksa memiliki hubungan positif terhadap berat amalgam yang dihasilkan. Dengan nilai koefisien determinasi R^2=0,3301. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar 33,01% variasi berat amalgam dipengaruhi oleh penggunaan air raksa, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel penelitian. Secara umum terlihat bahwa semakin banyak air raksa yang digunakan, maka berat amalgam yang dihasilkan cenderung meningkat. Kondisi ini terjadi karena air raksa memiliki kemampuan mengikat partikel emas selama proses penggilingan sehingga pembentukan amalgam menjadi lebih optimal [1][2]. Penelitian García-Martínez dan Bolonio [2] juga menyebutkan bahwa peningkatan kontak antara merkuri dan partikel emas selama proses *whole-ore amalgamation* dapat meningkatkan pembentukan amalgam, meskipun penggunaan merkuri / Hg yang berlebihan dapat meningkatkan kehilangan Hg ke lingkungan.

Selain penggunaan air raksa, waktu pengolahan juga menunjukkan hubungan positif terhadap berat amalgam pada gambar 4(b) dengan nilai R^2=0,2987 menunjukkan bahwa waktu penggilingan memberikan pengaruh terhadap peningkatan berat amalgam, meskipun hubungan yang terbentuk masih tergolong lemah. Semakin lama waktu penggilingan, maka proses penggerusan material dan kontak antara partikel emas dengan air raksa berlangsung lebih optimal sehingga amalgam yang terbentuk cenderung meningkat [2][3]. Pada data pengamatan terlihat bahwa waktu pengolahan 8–9 jam menghasilkan berat amalgam yang relatif lebih tinggi dibandingkan waktu pengolahan yang lebih singkat. waktu penggilingan yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya *mercury flouring*, yaitu fragmentasi merkuri menjadi partikel halus yang sulit dipisahkan kembali sehingga meningkatkan kehilangan merkuri pada tailing [2], [4].

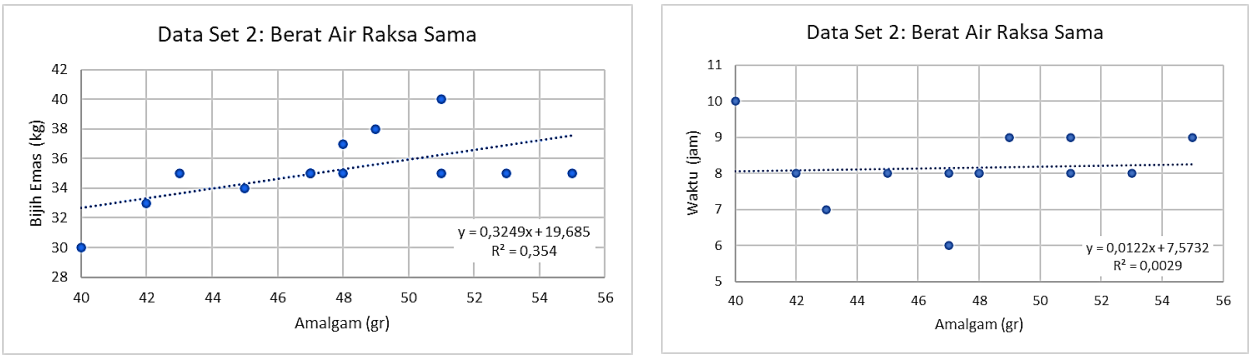
Hubungan antara penggunaan air raksa, waktu pengolahan, dan berat amalgam tidak selalu menunjukkan peningkatan yang konstan. Beberapa data menunjukkan hasil amalgam yang berbeda meskipun menggunakan berat bahan yang sama.

Kondisi ini mengindikasikan kemungkinan besar adanya faktor lain seperti karakteristik bijih emas, distribusi ukuran partikel, tingkat homogenitas umpan, efisiensi penggilingan di dalam glondong, serta kandungan emas pada setiap bahan galian yang diolah [5].

b) Analisis hasil variabel berat air raksa yang sama

Data dikelompokan dalam variabel berat air raksa yang sama sebesar 1 kg, sedangkan berat bahan dan waktu pengolahan yang diperoleh berbeda-beda. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat bijih emas dan waktu penggilingan terhadap berat amalgam yang dihasilkan pada proses pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi.

Dengan jumlah air raksa yang relatif sama, berat bijih emas yang digunakan berkisar antara 30–40 kg dengan waktu pengolahan antara 6–10 jam. Berat amalgam yang dihasilkan berada pada rentang 40–55 gram. Hasil amalgam tertinggi diperoleh pada berat bijih 35 kg dengan waktu pengolahan 9 jam yaitu sebesar 55 gram, sedangkan hasil terendah diperoleh pada berat bijih 30 kg dengan waktu pengolahan 10 jam yaitu sebesar 40 gram.



(a) (b)

Gambar-5. Korelasi berat air raksa yang sama terhadap waktu dan amalgam (a), bijih emas dan amalgam (b)

Hasil analisis pada Gambar 5(a) menunjukkan adanya hubungan positif dengan nilai koefisien determinasi R^2=0,354. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar 35,4% variasi berat amalgam dipengaruhi oleh berat bijih emas yang digunakan. Secara umum terlihat bahwa peningkatan jumlah bijih emas cenderung meningkatkan berat amalgam yang dihasilkan karena semakin banyak material yang diolah maka peluang emas yang terliberasi dan terikat oleh air raksa juga semakin besar [2].

Peningkatan berat bahan tidak selalu diikuti dengan peningkatan berat amalgam. Pada beberapa data, berat bahan sebesar 35 kg menghasilkan amalgam yang lebih tinggi dibandingkan berat bahan 37–40 kg. Pada berat bahan 35 kg dengan waktu pengolahan 9 jam diperoleh amalgam sebesar 55 gram, sedangkan pada berat bahan 40 kg dengan waktu pengolahan yang sama hanya menghasilkan amalgam sebesar 51 gram. Kondisi ini menunjukkan adanya batas optimum dalam proses penggilingan dan rasio antara berat material dengan air raksa. Jika jumlah bahan terlalu banyak, maka proses tumbukan dan penghalusan material menjadi kurang efektif sehingga proses liberasi emas dan kontak antara emas dengan air raksa menjadi tidak maksimal [2][5].

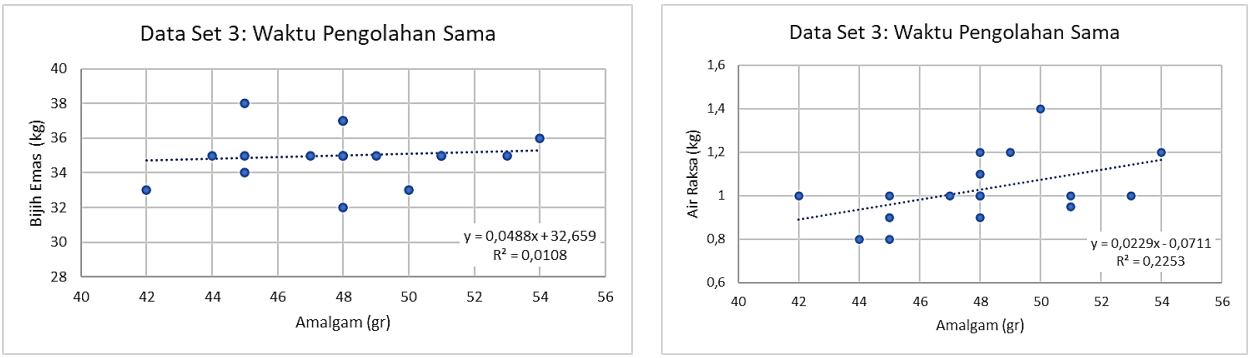
Hubungan antara waktu pengolahan dan berat amalgam pada Gambar 5(b) menunjukkan hubungan yang sangat lemah dengan nilai R^2=0,0029. Nilai tersebut menunjukkan bahwa waktu pengolahan hampir tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat amalgam pada penggunaan air raksa sebesar 1 kg. Hal ini terlihat dari penyebaran data yang relatif acak dan tidak membentuk pola hubungan yang kuat. Penggunaan air raksa yang tetap tidak menjamin hasil amalgam yang sama. Variasi berat bahan dan waktu pengolahan tetap memberikan pengaruh terhadap berat amalgam yang dihasilkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada penggunaan air raksa yang tetap, berat amalgam yang dihasilkan lebih dipengaruhi oleh jumlah dan karakteristik bijih emas dibandingkan lama waktu pengolahan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada penggunaan air raksa yang tetap, hasil amalgam lebih dipengaruhi oleh jumlah dan karakteristik bijih emas dibandingkan lama waktu pengolahan [5].

c) Analisis hasil variable waktu pengolahan yang sama

Data dikelompokan dalam variabel waktu pengolahan yang sama yaitu selama 8 jam, sedangkan berat bahan dan berat air raksa yang diperoleh berbeda-beda. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat bijih emas dan penggunaan air raksa terhadap berat amalgam yang dihasilkan pada proses pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi.

Berat bahan yang digunakan berkisar antara 32–38 kg, sedangkan penggunaan air raksa berkisar antara 0,8–1,4 kg. Dari variasi tersebut diperoleh berat amalgam pada rentang 42–54 gram. Hasil amalgam tertinggi diperoleh pada penggunaan berat bahan 36 kg dan air raksa 1,2 kg yaitu sebesar 54 gram, sedangkan hasil terendah diperoleh pada berat bahan 33 kg dan air raksa 1 kg yaitu sebesar 42 gram.



(a) (b)

Gambar-6 Korelasi waktu yang sama terhadap berat bijih dan amalgam (a), berat air raksa dan amalgam (b)

Hasil analisis Gambar 6(a) hubungan antara berat amalgam dan berat bijih emas menunjukkan hubungan yang sangat lemah dengan nilai koefisien determinasi R2=0,0108. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pengaruh berat bijih emas terhadap berat amalgam sangat kecil, dimana hanya sekitar 1,08%. Penyebaran data yang relatif acak menunjukkan bahwa peningkatan berat bijih emas tidak selalu diikuti oleh peningkatan berat amalgam yang dihasilkan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada waktu pengolahan yang sama, jumlah bijih emas bukan merupakan faktor dominan yang mempengaruhi hasil amalgamasi [5].

Hubungan antara penggunaan air raksa dan berat amalgam pada Gambar 6(b) menunjukkan hubungan positif dengan nilai R2=0,2253 menunjukkan bahwa sekitar 22,53% variasi berat amalgam dipengaruhi oleh penggunaan air raksa. Secara umum terlihat bahwa peningkatan penggunaan air raksa cenderung diikuti oleh peningkatan berat amalgam yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan air raksa masih memberikan pengaruh terhadap proses pengikatan partikel emas selama proses penggilingan berlangsung [1][2].

Perbedaan hasil amalgam yang diperoleh menunjukkan bahwa berat bahan dan jumlah air raksa memiliki pengaruh terhadap efektivitas proses amalgamasi. Pada penggunaan air raksa sebesar 1,2 kg dengan berat bahan 36 kg diperoleh amalgam sebesar 54 gram, sedangkan pada penggunaan air raksa 0,8 kg dengan berat bahan 35 kg hanya diperoleh amalgam sebesar 44 gram. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah air raksa pada kondisi waktu pengolahan yang sama cenderung meningkatkan hasil amalgamasi. Namun penggunaan merkuri yang terlalu tinggi juga berpotensi meningkatkan kehilangan merkuri ke tailing dan lingkungan [2],[3].

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil kajian teknis pengolahan emas dengan metode amalgamasi pada tambang masyarakat skala kecil, yaitu sebagai berikut :

1. Bedasarkan dari hasil kajian teknis pengolahan emas dengan metode amalgamasi pada tambang masyarakat skala kecil, penggunaan air raksa pada proses pengolahan sangat lah penting agar menghasilkan berat amalgam yang tinggi, akan tetapi kadar pada bijih emas yang akan diolah juga berpengaruh penting dari berat bahan galian yang diolah, dalam keseluruhan percobaan didapatkan lah 2% data hasil dari berat amalgam yang di hasilkan dengan menggunakan 31 data dengan 3 variabel yang berbeda-beda.
2. Pada saat pengolahan dan pemurnian ditemukan beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu, kadar bijih emas yang akan di olah, keterdapatan air raksa yang digunakan dalam metode amalgamasi yang tergolong sulit, akses jalan menuju tempat penelitian, material terlalu besar ketika dimasukan kedalam alat glondong yang berefek kepada lama nya waktu penggelindingan, tekanan air yang digunakan terlalu kecil.

SARAN

Saran yang dapat diberikan kepada tambang masyarakat skala kecil dengan pengolahan emas menggunakan metode amalgamasi yaitu sebagai berikut.

1. Sebaiknya memperhalus terlebih dahulu bongkahan batuan yang diambil dari lubang tambang sebelum melakukan proses penggelindingan agar mengurangi terbuang nya waktu pada saat pengolahan.
2. Sebaiknya menggunakan air yang jernih pada saat pengeluaran lumpur yang sudah dilakukannya penggelindingan, agar mempercepat pekerjaan pada saat pembongkaran hasil pengolahan.
3. Sebaiknya menggunakan tekan air yang lumayan deras pada saat pembongkaran hasil pengolahan, agar lumpur dengan mudah terangkat pada saat pemisahan lumpur dengan air raksa yang mengandung amalgam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Insiani dkk., Buku Saku Teknologi Pengolahan Emas pada Pertambangan Emas Skala Kecil di Indonesia. Jakarta: UNDP Indonesia dan GOLD-ISMIA, 2020.

[2] M. P. A. Abella dkk., “The Importance of Mineralogical Knowledge in the Sustainability of Artisanal Gold Mining: A Mid-South Peru Case,” Minerals, vol. 9, no. 7, 2019.

[3] M. García-Martínez dan D. Bolonio, "Investigation of Gold Recovery and Mercury Losses in Whole Ore Amalgamation: Artisanal Gold Mining in Nambija, Ecuador," Minerals, vol. 13, 2023.

[4] L. J. Esdaile dan J. M. Chalker, "The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold Mining," Chemistry – A European Journal, vol. 24, no. 27, pp. 6905–6916, 2018.

[5] A. Yoshimura dkk., "Estimation of Mercury Losses and Gold Production by Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM)," Journal of Sustainable Metallurgy, 2021.

[6] P. Torkaman dkk., "Investigation of Techniques to Replace Amalgamation in Artisanal Gold Mining Operations," International Journal of Sustainable Energy and Environmental Research, 2023.

[7] K. Kyaw dan M. Sakakibara, "Transdisciplinary Communities of Practice to Resolve Health Problems in Southeast Asian Artisanal and Small-Scale Gold Mining Communities," International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 19, 2022.

[8] P. W. U. Appel dkk., "Introduction of Mercury-Free Gold Extraction Methods to Medium-Scale Miners in Bolivia," Journal of Health and Pollution, vol. 5, no. 9, 2015.

[9] E. E. Yard dkk., "Mercury Exposure Among Artisanal Gold Miners in Madre de Dios, Peru," Journal of Medical Toxicology, vol. 8, no. 4, pp. 441–448, 2012.