

## Analisis Pengaruh Fraksi Bijih Massive Silica dari Uji Pulverized Bottle Roll Test

**M. Selgy Rio Auzza M.S\***, Solihin, Linda Pulungan

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*amunisacry@gmail.com, solihin@unisba.ac.id, lindatambang93@gmail.com

**Abstract.** Copper which has many benefits in everyday life makes people look for several methods to extract copper in accordance with the intent and purpose of its use, the purpose of this test is to determine the % recovery value of the ore characteristic of massive silica by using fine ore leaching and considering the variation of the ore fraction used. In determining the % recovery of the ore to be tested, the sizes are 100#, 150# and 200# with a NaCN concentration of 500 ppm. Apart from the ore fraction and NaCN concentration, the leaching time will also be determined for 48 hours using a PBRT (Pulverized Bottle Roll Test). Samples taken are in the form of a solution which will be analyzed for Cu levels using an AAS (Atomic Absorption Spectrometer). Based on the results obtained in this test when viewed from the time used in sampling, the optimum % recovery is obtained at 24 – 48 hours when viewed from the ore fraction parameters used in this test, for Massive Silica rocks the highest % copper recovery is 54.1% with leaching time of 48 hours at 100# fraction and 500 ppm NaCN concentration.

**Keywords:** cyanide, ore fraction, massive silica.

**Abstrak.** Tembaga yang memiliki manfaat yang banyak dalam kehidupan sehari-hari menjadikan manusia mencari beberapa metode untuk mengekstrak tembaga sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaannya, tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui nilai % recovery dari bijih karakteristik massive silica dengan menggunakan pelindian bijih halus dan mempertimbangkan variasi dari fraksi bijih yang digunakan. Dalam menentukan % recovery dari bijih yang akan di uji ukuran yaitu 100#, 150# dan 200# dengan konsentrasi NaCN 500 ppm. Selain dari fraksi bijih dan konsentrasi NaCN, waktu pelindian juga akan ditetapkan selama 48 jam dengan menggunakan PBRT (Pulverized Bottle Roll Test), sampel yang diambil berbentuk solution yang akan di lakukan analisis terhadap kadar Cu dengan menggunakan alat AAS (Atomic Absorption Spectrometer). Berdasarkan hasil yang didapat dalam pengujian ini jika dilihat dari waktu yang digunakan dalam pengambilan sampel maka % recovery yang optimum didapat pada waktu 24 – 48 jam jika dilihat dari parameter fraksi bijih yang digunakan dalam pengujian ini, untuk batuan Massive Silica % recovery tembaga yang terbesar yaitu 54,1% dengan waktu pelindian 48 jam pada fraksi 100# dan konsentrasi NaCN 500 ppm.

**Kata Kunci:** sianida, fraksi bijih, massive silica.

## A. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman dan pertambahan penduduk yang semakin meningkat, kebutuhan akan tembaga semakin meningkat pula. Tembaga yang memiliki nilai ekonomi menjadikan manusia mencari beberapa metode untuk mengekstrak tembaga sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaannya. Tembaga sering banyak digunakan menjadi kabel listrik, barang investasi, dan juga bisa dijadikan alat industri. Potensi endapan tembaga terdapat hampir di seluruh pulau yang ada di Indonesia, seperti Pulau Sumatra, Pulau Kalimantan, Pulau Jawa, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua.

Pada Pulau Jawa terdapat beberapa endapan tembaga. Untuk mengekstrak tembaga dari padatan dapat dilakukan beberapa metode salah satunya menggunakan larutan sianida, Larutan sianida mampu melarutkan tembaga lebih baik dari pada pelarut lainnya.

Metode ini menggunakan larutan sianida dengan penyiraman atau *heap leach*, dalam proses pelindian tembaga menggunakan larutan sianida tentunya memerlukan beberapa parameter antara lain konsentrasi sianida, fraksi bijih dan waktu pelindian. Konsentrasi sianida pada yang digunakan memiliki patokan yang berbeda beda yaitu 500 – 1000 ppm dan untuk fraksi bijih yang digunakan adalah 100 - 200# dengan waktu pelindian maksimal dari 24 – 48 jam. Berdasarkan parameter yang telah disebutkan akan mempengaruhi nilai %*recovery*. Untuk mendapatkan nilai %*recovery* yang optimal, maka dilakukan pengujian *Pulverized Bottle Roll Test*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat tujuan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai ukuran bijih tembaga yang menghasilkan %*recovery* tembaga optimal pada pengujian *Pulverized Bottel Roll Test*.
2. Mengetahui nilai %*recovery* tembaga yang optimum pada waktu 2-48 jam dengan menggunakan pengujian *Pullvurized Bottle Roll Test*.

## B. Metodologi Penelitian

Untuk pengambilan data dilakukan dalam waktu tertentu, dikarenakan waktu proses pada pelindian yaitu 48 jam dengan pengambilan sampel filtrat pada 2,4,6, 8, 24, 30, dan 48 jam. Adapun data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder.

Data sekunder merupakan data yang sudah ada sebelumnya yang di mana dapat diambil dari berbagai sumber seperti contoh melakukan litelatur yang ada dibuku atau pun yang ada pada internet. Dalam penelitian kali ini data sekunder yang diambil yaitu studi terdahulu, laporan perusahaan, Badan Informasi Geospasial, Lembar Geologi Jember Jawa tahun 1992 dan SOP dalam penggunaan alat PBRT (*Pulverized Bottle Roll Test*). Sedangkan data primer ini merupakan data hasil pengamatan yang dihasilkan dari lapangan secara langsung atau sering disebut dengan data aktual dalam penelitian ini data primer yang diambil berupa fraksi bijih 100#, 150# dan 200#. Bijih yang digunakan yaitu massive silica, data AAS, data XRD dan variasi waktu pelindian 2, 4, 6, 8, 24, 30 dan 48 jam

Pengolahan data yang dillakukan dalam pengujian ini untuk mengetahui nilai %*recovery* tembaga dalam bijih massive silica. Pengolahan data akan dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan rumus %*recovery* dan akan dibuat suatu grafik dari masing-masing variasi fraksi bijih dan konsentrasi NaCN. Dalam analisis yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu dengan membandingkan nilai %*recovery* dari setiap ukuran bijih, konsentrasi larutan sianida, dan waktu pelindian.

## C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Sianidasi

Proses sianidasi emas, perak dan tembaga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Persen Solid

Persen solid merupakan rasio antara berat padatan dengan berat total slurry. Semakin tinggi persen solid, semakin banyak fraksi padatan, sehingga kemungkinan bereaksi antara emas dan perak dengan larutan menjadi semakin kecil. Hal ini terkait dengan gerakan atom atau ion

yang terhambat. Persen solid yang tinggi juga mengurangi nilai dissolved oxygen (DO), sehingga laju reaksi menurun. (Habashi, 1967 dalam Riswan, 2019).

## 2. Jenis Bijih

Jenis bijih sangat mempengaruhi proses pelarutan emas dan perak. Bijih oksida dan Bijih sulfida memerlukan penanganan proses yang berbeda. Bijih oksida lebih mudah terlarut dalam sianida daripada bijih sulfida. Namun, untuk mengolah bijih sulfida dengan metode sianidasi, proses roasting harus dilakukan terlebih dahulu untuk mengubahnya menjadi bijih oksida (Habashi, 1967 dalam Riswan, 2019).

## 3. Konsentrasi Oksigen

Kandungan oksigen terlarut di dalam slurry sangat memengaruhi proses sianidasi. Agar kandungan oksigen terlarut meningkat, dapat dilakukan dengan cara menginjeksikan udara ke dalam tangki sianidasi melalui bagian dasar, bagian atas, atau melalui poros agitator. Semakin tinggi kandungan oksigen dalam larutan, maka persentase ekstraksi emas dan perak akan meningkat (Habashi, 1967 dalam Riswan, 2019).

## 4. Konsentrasi sianida

Menurut Habashi, 1967 dalam (Riswan, 2019) kandungan sianida bebas (CN-) dalam larutan harus mencukupi untuk proses pelarutan emas dan perak. Jika konsentrasi sianida terlalu rendah, hasil pelarutan emas, perak dan tembaga tidak akan optimal. Namun, jika konsentrasi sianida terlalu tinggi, sianida dapat bereaksi dengan logam lain yang terkandung dalam bijih sehingga emas, perak dan tembaga tidak dapat terserap oleh karbon aktif pada proses recovery. Sianida bebas yang dipakai pada proses penghancuran logam emas dan perak diperoleh dari senyawa NaCN. Dalam tingkat konsentrasi tertentu, semakin tinggi konsentrasi sianida (CN-) pada larutan, maka semakin besar daya larut emas dan perak serta jumlah kotoran lainnya (impurities) yang akan sedikit menghambat proses penghancuran. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengatur konsentrasi sianida pada larutan agar proses penghancuran dapat berjalan dengan efisien dan menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang baik. Penambahan NaCN lebih dari 0,1% atau 1000 ppm tidak memberikan pengaruh yang sangat signifikan. Konsentrasi sianida yang rendah, kecepatan pelarutan emas dan perak hanya bergantung pada konsentrasi sianida, sedangkan pada kadar sianida yang tinggi, kecepatan pelarutan emas dan perak bergantung pada kadar oksigen. Sementara itu, pada konsentrasi NaCN yang tinggi, peningkatan konsentrasi oksigen akan mempercepat kecepatan pelarutan emas dan perak serta meningkatkan hasil produksi emas, perak dan tembaga (Habashi, 1967 dalam Riswan, 2019).

## 5. pH Slurry

Kadar pH Slurry dijaga dalam kisaran 10,5-11 melalui penambahan kapur. Langkah ini bertujuan untuk menjaga kestabilan sianida. Apabila pH terlalu rendah, sianida akan berubah menjadi asam sianida (HCN) yang amat beracun karena terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> dari udara (Marsden dan House, 1992 dalam Riswan, 2019).

## 6. Pengadukan

Proses ekstraksi emas, perak dan tembaga, kecepatan putaran dan durasi pengadukan memiliki dampak yang signifikan. Pengadukan harus dilakukan dengan kecepatan yang tidak terlalu cepat atau lambat, sehingga kecepatan pengadukan maksimum dapat dicapai selama proses leaching. Semakin tinggi kecepatan putaran pengadukan, partikel akan tersebar lebih merata dalam pelarut. Selain itu, semakin lama pengadukan dilakukan, semakin lama difusi terjadi dan pengadukan harus dibatasi pada level optimal agar konsumsi energi tidak terlalu tinggi (Srithammavut, 2008 dalam Riswan, 2019).

Suhu pelarutan tidak ditetapkan secara khusus, sehingga suhu yang diterapkan sama dengan suhu lingkungan. Tetapi, suhu akan berdampak pada pemulihan emas. Semakin tinggi suhu, semakin banyak recovery emas yang diperoleh (Srithammavut, 2008 dalam Riswan, 2019).

## 7. Dissolved Oxygen (Oksigen Terlarut)

Kadar oksigen terlarut (dissolved oxygen) merupakan salah satu faktor yang memengaruhi proses sianidasi. Pada suhu 25° C, kadar oksigen terlarut yang jenuh adalah sebesar 8,2 mg/L. Kadar dissolved oxygen berpengaruh pada hasil akhir dari emas, perak dan tembaga dalam proses sianidasi. Kadar oksigen terlarut sebesar 7,5 mg/L (Marsden dan House,

1992) dapat menghasilkan hasil optimal dari emas dan perak. Menambahkan kadar dissolved oxygen dapat meningkatkan laju kelarutan dari emas, perak dan tembaga (Arslan, Ozdamar, dan Moduroglu, 2003 dalam Riswan, 2019).

Faktor-faktor yang memengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam slurry meliputi temperatur dan tekanan. Jika suhu slurry semakin tinggi, maka konsentrasi oksigen terlarut (dissolved oxygen) akan semakin rendah. Namun, semakin tinggi tekanan, maka konsentrasi oksigen terlarut (dissolved oxygen) akan semakin tinggi. Oleh karena itu, konsentrasi oksigen terlarut berbanding terbalik dengan suhu dan berbanding lurus dengan tekanan. Meskipun demikian, peningkatan suhu dapat meningkatkan tingkat kelarutan zat pencemar oleh pelarut, sehingga proses sianidasi sebaiknya dilakukan pada suhu ruangan (Ellis dan Senanayake, 2004 dalam Riswan, 2019).

Kekurangan transfer oksigen dari udara ke dalam slurry mengakibatkan rendahnya konsentrasi oksigen terlarut (dissolved oxygen). Penurunan konsentrasi dissolved oxygen dapat memperlambat laju pelarutan emas dan perak. Jika laju pelarutan emas, perak dan tembaga melambat, maka hasil produksi emas, perak dan tembaga juga akan menurun (Arslan dkk, 2003 dalam Riswan, 2019). Selain itu, konsentrasi oksigen terlarut yang rendah dapat meningkatkan penggunaan sianida untuk melarutkan emas, perak dan tembaga. Sianida merupakan zat reaktif yang sangat berbahaya bagi lingkungan, sehingga penggunaannya harus dibatasi.

8. Waktu Tinggal

Waktu tinggal merupakan waktu yang digunakan dalam proses pencampuran slurry dengan sianida di dalam tangki pelindian. Waktu tinggal akan berbeda-beda tergantung ukuran tangki pelindian yang digunakan serta laju alir slurry ke dalam tangki. Semakin lama waktu tinggal, akan semakin banyak emas, perak dan tembaga yang terlarut dalam sianida. Hal ini dikarenakan semakin banyak kesempatan terjadinya reaksi kontak antara sianida dengan slurry (Haifa dan Dewi, 2016 dalam Riswan 2019).

9. Ukuran Partikel Bijih (Ore)

Parameter yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya perolehan emas juga dapat ditentukan dengan ukuran partikel bijih. Ukuran partikel bijih yang kecil dapat meningkatkan derajat liberasi serta memperbesar luas permukaan kontak antara padatan dengan larutan sianida. Hal ini akan mengakibatkan perolehan emas dan perak akan meningkat (De Andrade Lima & Houdin, 2005 dalam Riswan, 2019). Adapun ukuran partikel yang kecil dapat diperoleh dari proses kominusi atau pengecilan ukuran melalui proses crushing dan grinding menggunakan jaw crusher, ball mill, semi autogeneous mill, dll. Sehingga semakin kecil ukuran partikel, maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses kominusi juga akan semakin lama, hal ini mempengaruhi pada konsumsi energi yang dibutuhkan akan semakin besar (Haifa & Dewi, 2016 dalam Riswan,2019).

**Nilai Head Grade Bijih Tembaga**

Sebelum dilakukannya pengujian, sampel yang akan di uji akan dilakukan pengujian *head grade* atau kadar awal yang terkandung dalam suatu sampel supaya dapat dihitung nilai *%recovery* dari mineral tembaga dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

**Tabel 1.** Nilai *Head Grade* Sampel PBRT

<i>Units</i>	ppm
<i>Minerals</i>	Cu
Massive Silica Ox Head 1	883
Massive Silica Ox Head 2	888

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2023.

Sedangkan untuk menentukan kadar baik Cu yang terekstrak tiap jam sampai akhir perlu diketahui kadar Cu yang terekstrak sebenarnya, kemudian dapat dihitung Cu yang terekstrak dari total berat sampel 1 kg. Contoh perhitungan persen ekstraksi tembaga (Cu) pada pengambilan sampel 2 jam pertama langkahnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Cu dalam 100 ml} &= \frac{\text{Kadar Cu hasil AAS} \times 100}{1000} \\ &= \frac{162 \text{ mg/l} \times 100}{1000} = 16,2 \text{ mg} \\ \text{Dikumulatikan jumlah Cu dalam 100 ml} \\ \text{Cu yang terambil} &= \frac{\text{Berat air yang digunakan} \times \text{Cu hasil AAS}}{1000} \\ &= \frac{2000 \text{ gr} \times 162 \text{ mg/l}}{1000} = 324 \text{ mg} \\ \text{Recovery Cu sebenarnya} &= \text{Cu yang terekstrak} + \text{kumulatif Cu dalam 100 ml} \\ &= 16,2 \text{ mg} + 324 \text{ mg} = 340,2 \text{ mg} \\ \text{Recovery Cu dalam sampel} &= \frac{\text{Cu yang terekstrak sebenarnya}}{\text{Berat sampel}} \times 1000 \\ &= \frac{340,2 \text{ mg}}{1000 \text{ gr}} \times 1000 = 340,2 \text{ gpt} \\ \text{Recovery Cu (\%)} &= \frac{340,2 \text{ gpt}}{751 \text{ gpt} + 345 \text{ gpt}} \times 100\% = 54,1\% \end{aligned}$$

### Hasil %Recovery Tembaga Pada Karakteristik Bijih *Masissve Silica*

Pada percobaan *Pulverized Bottle Roll Test* dengan ukuran bijih P80 100#, 150# dan 200# dengan konsentrasi NaCN 500 ppm didapat suatu hasil kadar dari pengujian tembaga yang di ikuti dengan pengujian tailing dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil AAS dan %recovery dengan Fraksi 100#, 150# dan 200#

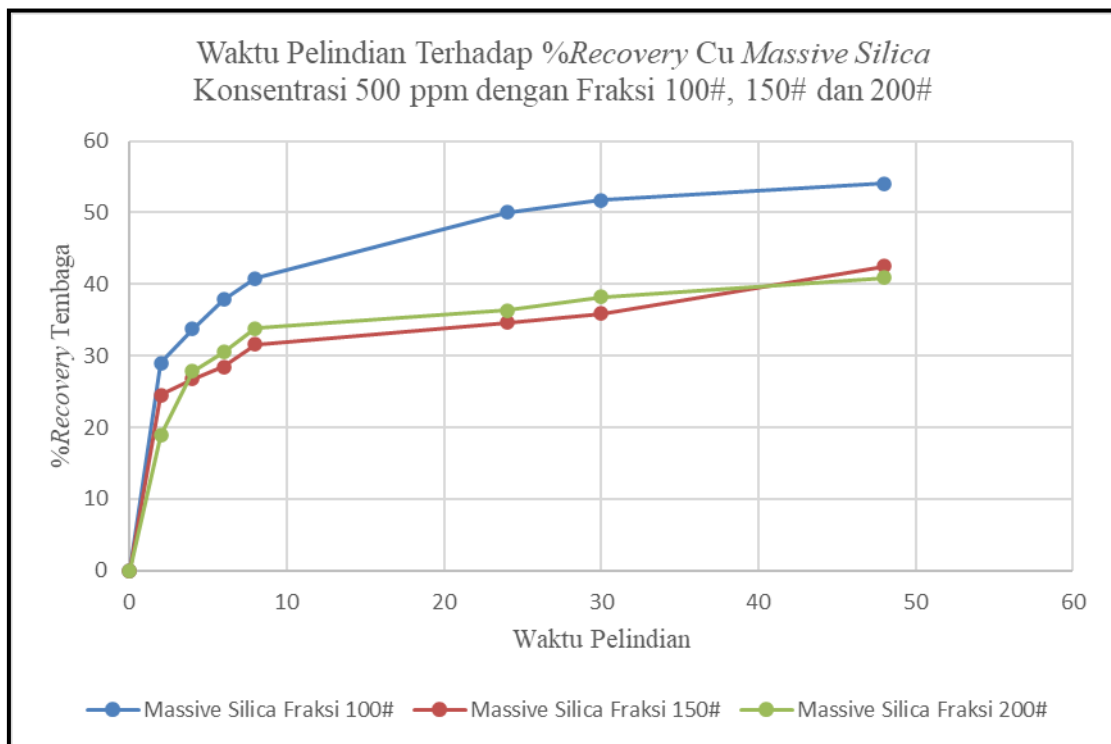
Uraian	Waktu leaching (jam)	Hasil AAS (ppm)			Perolehan %		
		Cu 100#	Cu 150#	Cu 200#	Cu100#	Cu 150#	Cu 200#
PBRT <i>Massive Silica</i> - Konsentrasi 500 ppm	2	109,000	115,000	99,300	29	24,5	18,90
	4	121,000	120,000	141,000	33,7	26,8	27,80
	6	131,000	122,000	148,000	37,9	28,5	30,50
	8	135,000	130,000	158,000	40,8	31,6	33,80
	24	163,000	138,000	163,000	50	34,6	36,30
	30	161,000	137,000	165,000	51,7	35,9	38,20
	48	162,000	161,000	171,000	54,1	42,5	40,90
	Tailing	345	539	620			

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2023.

Berdasarkan data yang ada pada tabel 2, untuk hasil AAS didapatkan dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) sedangkan untuk perolehan %*recovery* tembaga menggunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{kadar ekstraksi pada jam ke-x}}{\text{kadar ekstraksi total} + \text{kadar di tailing}} \times 100\%$$

Dengan adanya variasi dari nilai %*recovery* yang diperoleh dari setiap variasi fraksi akan dilakukannya perbandingan dengan menggunakan grafik yang dapat di lihat pada **Gambar 1**. Untuk nilai %*recovery* tertinggi pada fraksi 100# dengan nilai 54,1% sedangkan untuk nilai %*recovery* terendah pada fraksi 200# dengan nilai 40,90%. Terdapat pada grafik adanya perbedaan yang signifikan antara fraksi 100# dengan 150# dan 200#, pada waktu 2 jam pertama nilai %*recovery* tembaga sudah terbilang baik, pada waktu 24 – 48 jam pada fraksi manapun memiliki nilai optimal dimana pada fraksi 100# memiliki nilai %*recovery* 54,1% pada waktu 48 jam, pada fraksi 150# memiliki nilai %*recovery* 42,5% pada waktu 48 jam sedangkan pada fraksi 200# memiliki nilai %*recovery* 40,90% pada waktu 48 jam. Hal ini membuktikan fraksi bijih dapat mempengaruhi nilai %*recovery* tembaga, walaupun semakin halus fraksi bijih yang digunakan maka semakin tinggi nilai %*recovery* yang didapat akan tetapi masih ada faktor lain yang dapat mempengaruhi dari nilai %*recovery* tembaga. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan konsentrasi sianida 500 ppm untuk mendapatkan nilai %*recovery* optimal pada tembaga dapat digunakan fraksi 100#. Kemungkinan dikarenakan semakin halus fraksi yang digunakan maka mineral lainnya juga akan terlepas atau terliberasi secara sempurna sehingga larutan sianida dapat mengikat terhadap larutan yang lain dengan mudah dibandingkan dengan mineral tembaga.



**Gambar 3.** Grafik Waktu Pelindian Terhadap %*Recovery* Cu Massive Silica Konsentrasi 500 ppm dengan Fraksi 100#, 150# dan 200#

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Nilai %*recovery* yang didapat dengan menggunakan konsentrasi sianida 500 ppm dari setiap fraksi memiliki nilai yang berbeda – beda yang cukup signifikan pada fraksi 100# dengan fraksi 150# dan 200#. Pada nilai %*recovery* 100# nilai pada waktu 48 jam didapat sebesar 54,1%, pada nilai %*recovery* 150# didapat sebesar 42,5% dan untuk nilai %*recovery* 200# nilai pada waktu 48 jam didapat sebesar 40,90%.
2. Nilai %*recovery* tembaga pada penelitian ini didapat nilai waktu optimal pada pengujian PBRT yaitu 24-48 jam dengan menggunakan larutan sianida konsentrasi 500 ppm.

### Acknowledge

Penyusun menyadari bahwa penyusunan jurnal ini tidak terlepas dari dukungan bergabagai pihak. Oleh karena itu, penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan jurnal ini khususnya kepada:

1. Bapak Solihin yang telah memberi arahan dan masukan terhadap penelitian.
2. Ibu Linda Pulungan yang telah memberi arahan dan masukan terhadap penelitian.
3. Pihak Program Studi Teknik pertambangan Universitas Islam Bandung yang telah memberi arahan dan bimbingan selama kegiatan dan penyusunan berlangsung.
4. Orang tua yang telah mempercayai dan memberi dukungan dalam bentuk apapun terhadap penulis.
5. Keluarga Tambang 2018 khususnya Naufal Abdan Syakuran yang telah berjuang Bersama untuk membuat jurnal.
6. Arum Ayu Pebriyanti yang telah memberikan dukungan kepada penulis agar dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Kappes, Cassiday, and Associates (KCA). 2013. *Eagle Gold Project Report of Metallurgical Test Work*. Canada: *Strata Gold Corporation*.
- [2] Marsden, John O and House C. Lain. 2009. *The Chemistry of Gold Extraction – Second Edition*. United States of America: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- [3] Michaud, David. 2015. *Cyanide Bottle Roll Leach Test - Leaching Procedure*. www.911metallurgist. Diakses pada tanggal 8 Juli 2023.
- [4] Haifa, G., & Dewi, I. L. (2016). *Pengaruh Suplai Oksigen di Tangki Sianidasi terhadap Perolehan Emas dan Perak*. 1–23.
- [5] Harrison, R. L., Maryono, A., Norris, M. S., Rohrlach, B. D., Cooke, D. R., Thompson, J. M., Creaser, R. A., & Thiede, D. S. (2018). *Geochronology of the Tumpangpitu porphyry Au- Cu-Mo and high-sulfidation epithermal Au-Ag-Cu deposit: Evidence for pre- and postmineralization diatremes in the Tujuh Bukit District, Southeast Java, Indonesia*. *Economic Geology*, 113(1), 163–192.
- [6] Heinen, Harold J., dkk. 1978. *Processing Gold Ores using Heap Leach-Carbon Adsorption Methods*. U.S Dept. Of the interior, Bureau of Mines: Washington.
- [7] Hendra Mukuan. (2008). Pengaruh Konsentrasi Sianida Terhadap Produksi Emas. *Chemistry Progress*, 1(1), 25–29.
- [8] Riswan. (2019). Pengaruh Particle Size terhadap Recovery Emas (Au) & Perak (Ag) pada Sianidasi Agitated Leached Di PT Nusa Halmahera Minerals. 1–72.
- [9] Sufriadin, F. Mawardi, and Sri Widodo, “Analisis Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Desulfurisasi dan Deashing Batubara Menggunakan Larutan NaOH,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 15–26, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.1681.
- [10] Eva Indriani Sanggalangi, Shalaho Dina Devy, and Windhu Nugroho, “Analisis Pengaruh Number of Cycles Terhadap Pengujian Durabilitas Batulanau di Sidomulyo Samarinda,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 157–162, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1618.