Aplikasi *Bioleaching* dalam Pemisahan Ion Logam Fe,Cu, dan Mn dari Mineral Pirit Menggunakan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*

Wilda Shafira Nugroho[1], Aprilyani Putri[2], Ronny Kurniawan[3]
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40124

Email: wildashafiranugroho@gmail.com

Received | *Revised* | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan pengaruh waktu *bioleaching* menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* terhadap karakteristik penurunan kadar ion logam Fe, Mn dan Cu, dan membandingkan hasil *bioleaching* menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* berdasarkan nilai konsentrasi dan nilai % yield. Parameter yang digunakan adalah temperatur sebesar 37℃, jumlah mikroorganisme 10% dari total volume kerja, perbandingan massa bahan terhadap volume pelarut adalah 10 gram pirit /100mL pelarut aqua DM dan ukuran pirit mesh 30/40. Variabel yang digunakan adalah waktu *bioleaching* direntang 15-70 hari. Semakin lama waktu *bioleaching* dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*, konsentrasi dan %yield ion logam yang terekstraksi akan semakin meningkat untuk logam Fe dan Cu sedangkan untuk logam Mn semakin menurun. Konsentrasi ion logam yang terekstraksi tertinggi diperoleh untuk ion logam Fe sebesar 7,772 ppm pada waktu *bioleaching* 15 hari dan nilai %yield ion logam yang terekstraksi tertinggi diperoleh untuk ion logam Mn sebesar 13,84% pada waktu *bioleaching* 15 hari.

Kata Kunci : Pirit, *Bioleaching*, *Thiobacillus ferrooxidans*

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of bioleaching time using Thiobacillus ferrooxidans bacteria on the characteristics of decreasing levels of Fe, Mn and Cu metal ions, and to compare the results of bioleaching using Thiobacillus ferrooxidans bacteria based on the concentration value and % yield value. The parameters of microorganisms used were 10% of the total working volume, the mass ratio of materials to the volume of solvents is 10 grams of pirits / 100ml of aqua dm solvents and size of pyrite used mesh 30/40. The variable used is bioleaching time in the range of 15-70 days. The longer time of bioleaching using Thiobacillus ferrooxidans bacteria, the concentration and %yield from extracted ion metals will increase for Fe and Cu metals while for Mn metals will decrease. The highest extracted metal ion concentration was obtained for Fe metal ions of 7.772 ppm at 15 days of bioleaching and the highest % yield of extracted metal ions was obtained for Mn metal ions of 13.84% at 15 days of bioleaching.

Keywords: *Pyrite*, *Bioleaching*, *Thiobacillus ferrooxidans*

1. PENDAHULUAN

Pirit merupakan salah satu sumber daya mineral dengan kandungan besi yang banyak, pirit disebut juga dengan besi belerang. Pirit dapat digunakan dalam pembuatan asam belerang dan belerang oksida. Pirit juga biasa digunakan sebagai bahan pemurnian emas. Pirit terbentuk di daerah cekungan dekat laut yang terpengaruh gerakan pasang surut air laut. Ayunan air pasang surut mengendapkan bahan yang kaya sulfat $(SO_4)^{-2}$ di wilayah tersebut. (Haris,2014). Kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan dapat meningkatkan nilai guna dari sumber daya mineral. Metode yang digunakan untuk pemurnian mineral yaitu *hydrometarulgy* dan pirometarulgi, namun dari kedua metode tersebut tidak ramah pada lingkungan. Inovasi yang dikembangkan untuk meningkatkan nilai guna mineral terutama pirit salah satunya adalah *bioleaching. Bioleaching* adalah proses pelindian untuk melarutkan logam dari mineralnya dengan bantuan aktivitas mikroorganisme. Sama halnya dengan proses pelindian pada umumnya, prinsip proses pelindian menggunakan mikroorganisme adalah melakukan pelarutan selektifunsur/logam dari mineral tertentu.

Berikut adalah mekanisme reaksi yang terjadi pada ion logam Fe pada batuan pirit:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 \quad (1)$$

$$4FeS_2 + 15O_2 + 2H_2O + 4H^+ \rightarrow 4Fe^{3+} + 8HSO_4^- \quad (2)$$

Mikroorganisme mempunyai peran dalam meningkatkan regenerasi ion feri dalam larutan dengan cara mengoksidasi ion fero.

Terdapat reaksi *bioleaching* pada tembaga mengikuti persamaan reaksi berikut :

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4 \quad (3)$$

$$2CuFeS_2 + \frac{81}{2} O_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2CuSO_4 + Fe_2(SO_4)^3 + H_2O \quad (4)$$

$$Cu_2S + 2Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Fe^{2+} + CuS \quad (5)$$

$$CuS + 2Fe^{3+} \rightarrow 2Fe^{2+} + S \quad (6)$$

$$S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 \quad (7)$$

(Handayani,2020)

Keberhasilan proses *bioleaching* dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteri tersebut, terdapat faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* diantaranya: nutrisi, suhu, pH dan cahaya.

Pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengekstraksi ion logam Fe, Cu dan Mn dari batuan pirit menggunakan proses *bioleaching menggunakan* bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dengan variasi yaitu waktu *bioleaching* selama 15-70 hari. Analisis kandungan ion logam terlarut dengan menggunakan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry)*

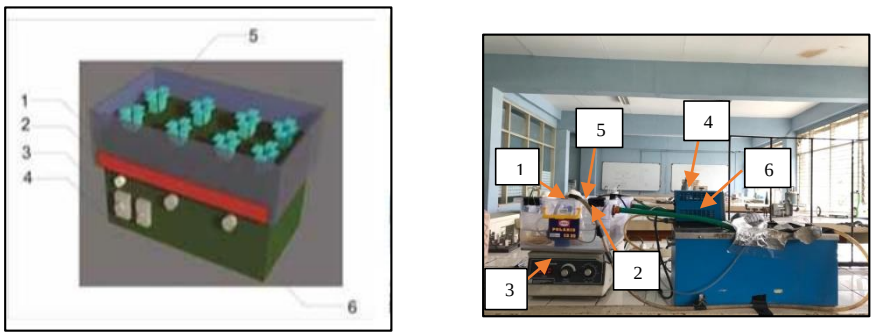
2. METODOLOGI

2.1 Pendekatan

Pada penelitian ini akan dilakukan pemisahan ion logam Fe, Cu, dan Mn dari batuan pirit dengan menggunakan metode *bioleaching*. Proses *bioleaching* akan dilakukan secara *batch* dengan pelarut Aqua DM dan bantuan mikroorganisme, di mana mikroorganisme berperan sebagai biokatalis. Sebelum dilakukan proses *bioleaching*, terlebih dahulu dilakukan pengembangbiakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans.* Analisis kandungan ion logam terlarut dengan digunakan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry)*

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan yaitu *shaker* yang diletakkan di dalam *water bath*. Peralatan pendukung digunakan dalam persiapan dan untuk analisis. Bahan yang digunakan adalah batuan pirit, bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*, dan Aqua Dm.



(a) (b)

Keterangan :

1. Labu erlenmeyer 250 ml
2. *Water Bath*
3. *Shaker*
4. Regulator Temperatur
5. Termometer
6. *Heater*

Gambar 1. Peralatan Utama Proses *Bioleaching* (a) Skema Alat, (b) Foto Alat

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku dalam penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku yang akan digunakan selama proses penelitian berlangsung dan melakukan analisis XRD pada batuan pirit untuk mengetahui kandungan senyawa pada batuan tersebut. Diantaranya mengecilkan ukuran batuan pirit sebesar mesh 30/40, dan melakukan proses pengembangbiakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans.*

2.3.2 Tahap Pertumbuhan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*

Pertumbuhan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dilakukan pada media cair di mana media cair mempunyai komposisi sebagai berikut:

1. Larutan I: $K_2H_2PO_4$ 0,16 gr; $MgSO_4.7H_2O$ 0,16 gr; $(NH_4)_2SO_4$ 0,16 gr; H_2SO_4 1,6 mL; Aquadest 80mL.
2. Larutan II: $FeSO_4.7H_2O$ 13,36 gr; H_2SO_4 4 mL; Aquadest 40 mL
3. Larutan III: Aquadest 80 mL

Lalu larutan I dipanaskan hingga mendidih, larutan II dipanaskan hingga 37℃, larutan I, II, dan

III dicampurkan lalu disterilkan dengan menggunakan *autoclave* selama 45 menit dan media cair tersebut dimasukan sebanyak 10 mL ke dalam tabung reaksi. Kemudian melakukan inokulasi bakteri kedalam media cair tersebut.

2.3.3 Tahap pemisahan ion logam dengan proses *bioleaching*

Mula-mula batuan pirit ditimbang sebanyak 10 gram untuk setiap labu erlenmeyer, lalu penambahan Aqua DM sebanyak 80 mL, penambahan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* sebanyak 10% dari total volume kerja, dan penambahan nutrisi sebanyak 20 mL. Lalu proses *bioleaching* dilakukan pada temperatur 37℃ secara aerob pada waktu 15-70 hari, pengambilan sampel pada setiap variasi waktu. Analisis kandungan ion logam terlarut menggunakan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry)*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristrik bahan baku

Pada percobaan yang dilakukan menggunakan bahan baku berupa bijih pirit yang akan diekstraksi menggunakan proses *bioleaching* dengan bantuan mikroorganisme berupa bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*. Bijih pirit yang digunakan diperoleh dari daerah Tasikmalaya, Jawa Barat. Sebelum dilakukan percobaan, bijih pirit terlebih dahulu di analisis menggunakan X-RD yang dilakukan dilaboratorium FMIPA ITB untuk mengetahui kandungan mineral dalam bahan baku yang akan digunakan. Tabel 1 dan 2 merupakan hasil analisis X-RD kandungan unsur dan kandungan senyawa pada batuan pirit.

Tabel 1. Hasil Analisis X-RD Kandungan Senyawa Batuan Pirit yang dilakukan di laboratorium FMIPA ITB

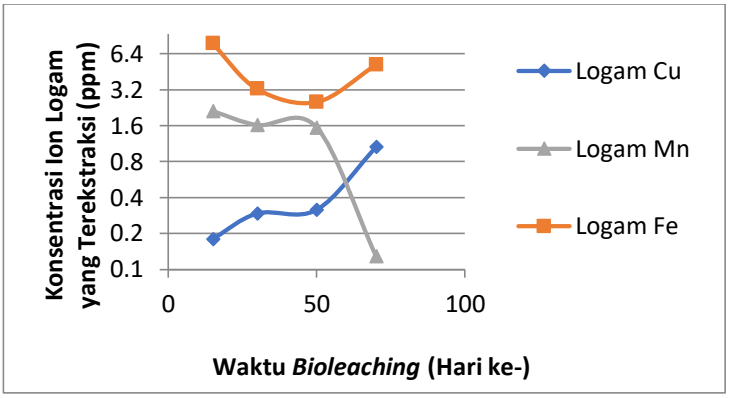
Senyawa	**% Berat**
Fe_2MgO_4	29,6
Cu_2Se_3Sn	23,4
Manitobaite	11,6
$(AsF_6)_2$	9,9
$KO_{24}P_7V_4$	9,0
ClH_2LiO	5,1
Pirit	4,9
Fe_3O_4	3,4
AgCl	2,1
SZn	1,1

Tabel 2. Hasil Analisis X-RD Kandungan Unsur Batuan Pirit yang dilakukan di laboratorium FMIPA ITB

Unsur	% Berat
Fe	22,89
O	20,60
Se	11,50
S	6,95
Cu	6,17
Sn	5,76
P	4,61
Mg	3,59
F	3,55
Cl	3,52
As	2,33
V	2,16
Mn	1,78
Ag	1,60
Na	0,80
Zn	0,71
Li	0,59
Al	0,47
K	0,42
Ca	0,20
H	0,17

Berdasarkan hasil analisa X-RD pada **Tabel 1**. dapat diketahui pada batuan pirit terdapat beberapa senyawa. Senyawa Fe_2MgO_4 merupakan kandungan yang paling tinggi dengan % berat sebesar 29,6 %. Pada batuan pirit terdapat beberapa unsur yang terkandung di dalamnya yang merupakan kandungan total dari senyawa yang terkandung dalam batuan pirit. diantaranya mengandung kadar Fe yang cukup tinggi sebesar 22,89%, kandungan Mn sebesar 1,78%, dan kandungan Cu sebesar 6,17%.

3.2 Hubungan Antara Konsentrasi Pirit yang Terekstraksi Terhadap Lama Waktu *Bioleaching* dengan Menggunakan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* pada Temperature 37℃

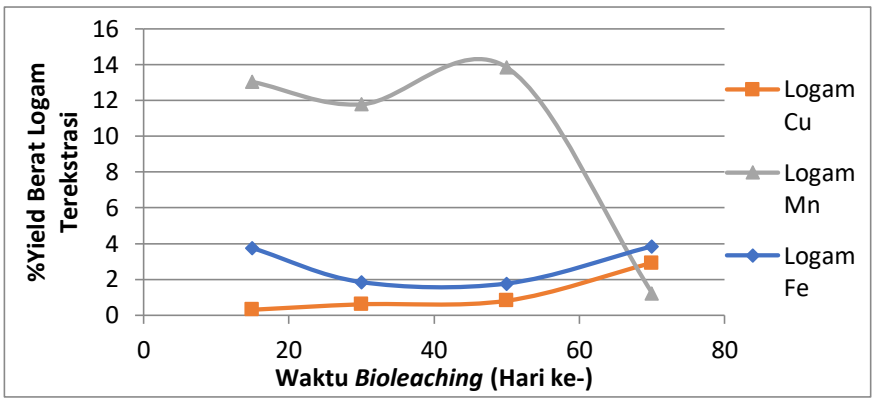


Gambar 2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Logam yang Terekstraksi Terhadap Lama Waktu *Bioleaching* pada Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*

Pada **Gambar 2.** menunjukan Grafik hubungan konsentrasi dengan waktu *bioleaching* menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*. Pada logam Fe menunjukan bahwa hari ke-15 konsentrasi yang diperoleh tinggi seiring dengan berjalannya waktu. Kemudian pada hari ke-30 sampai hari ke-50 terdapat penurunan konsentrasi. Pada ion logam Mn menunjukkan konsentrasi yang diperoleh mengalami penurunan pada setiap variasi waktu *bioleaching*. Pada ion logam Cu menunjukkan konsentrasi yang diperoleh mengalami kenaikan pada setiap variasi waktu *bioleaching*. Berdasarkan penjelasan **Gambar 2.** grafik yang telah disebutkan khususnya untuk *bioleaching* menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* jika ditinjau berdasarkan teori disebutkan bahwa semakin lama waktu *bioleaching* maka konsentrasi akan semakin besar karena semakin banyak ion dari suatu logam yang terekstraksi. Pada penelitian ini terjadi penurunan konsentrasi. Pada bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* memiliki karakteristik dapat me-*leaching* logam Zn,Al,Cd,Cu,Ni,Cr,Fe, dan Mn. Bakteri ini dalam metabolismenya menghasilkan asam organik.

Berdasarkan mekanisme reaksi pada persamaan (1)-(7) pada halaman pendahuluan, dapat dilihat bahwa reaksi tersebut menghasilkan asam sulfat. Dari hasil penelitian yang diperoleh untuk ion Fe pada setiap variasi waktu mengalami fluktuasi dan untuk konsentrasi ion logam Mn yang terkestrasi, mengalami penurunan pada setiap variasi waktunya. hal ini terjadi karena mikroorganisme *Thiobacillus ferrooxidans* akan mengkonversi substrat menjadi asam sulfat lalu asam sulfat akan bereaksi dengan logam dan membentuk ion logam yang terlarut sehingga apabila dibiarkan pada waktu yang lebih lama ion logam akan bereaksi dengan asam organik lain yang dihasilkan dari konversi mikroorganismenya dan membetuk ion logam kompleks yang membentuk endapan sehingga menyebabkan konsentrasi ion logam di dalam rafinat menurun.

3.3 Hubungan antara % Yield Logam yang Terekstraksi Terhadap Waktu *Bioleaching* dengan Menggunakan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*



Gambar 3. Grafik Hubungan antara % Yield Logam yang Terekstraksi Terhadap Waktu *Bioleaching* dengan Menggunakan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3.** pada %Yield logam terekstraksi terhadap waktu *bioleaching* dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* adanya fluktuasi pada yang didapatkan sehingga tidak sesuai dengan teori di mana teori menyatakan bahwa semakin lama waktu *bioleaching* maka akan semakin besar perolehan %yield. Perolehan nilai yield dipengaruhi beberapa faktor yaitu konsentrasi logam yang terekstraksi dan volume pelarut dan massa logam awal.

Pada ekstraksi padat cair, perbandingan antara umpan medium cair dan massa bahan baku sangat berpengaruh pada perolehan solute yang terekstraksi di dalam rafinat. Medium berperan sebagai pelarut , sehingga semakin besar volume pelarut maka semakin besar *driving force* yang terbentuk karena perolehan solute yang terekstraksi dalam rafinat saat kesetimbangan semakin besar. (Aldilla dan Mas, 2017)

Semakin besar kandungan logam dalam bahan baku maka volume medium cair harus semakin besar hal ini dilakukan untuk memperbesar nilai yield dan mempertahankan mikroorganisme di dalam larutan tersebut.(Aldilla dan Mas, 2017)

Pada penelitian kami untuk massa bahan baku yang digunakan tetap namun volume mengalami kenaikan seiring dengan berjalannya waktu terdapat penambahan nutrisi yang ditambahkan setiap minggunya. Untuk nilai %yield yang diperoleh tidak sesuai dengan teori yang disebutkan kemungkinan yang dapat terjadi adalah kandungan logam yang terdapat pada bahan baku dapat mempengaruhi perolehan nilai yield. Karena kandungan logam dalam bahan baku yaitu bijih pirit terdiri dari beberapa logam. Semakin banyak jenis logam yang terkandung menyebabkan penurunan %yield karena adanya kemungkinan proses metabolism mikroorganisme yang menghasilkan asam organik yang lebih selektif mengekstraksi logam selain logam yang kami tinjau.

4. Kesimpulan

Konsentrasi ion logam Fe tertinggi yang terekstraksi dengan mikroorganisme *Thiobacillus ferrooxidans* sebesar 7,772 ppm pada waktu *bioleaching* 15 hari dan nilai %yield ion logam yang terekstraksi tertinggi diperoleh untuk ion logam Mn sebesar 13,84% pada waktu *bioleaching* 15 hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Bandung Indonesia dan Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung, yang telah memfasilitasi penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

Haris,Abdul.2014. *Sintesis dan karakterisasi Pirit (FeS_2) dari deposit mineral Kecamatan Bontocani,Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan.*Makassar: Universitas Negri Makassar. Diakses pada 10 Juni 2021

Handayani,Sri.2020.*Penggunaan Mikroorganisme Dalam Industri Pemprosesan Mineral.*Bandung: Puslitbang Mineral dan batu bara. Dikutip dari https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/download/1088/880 . Diakses pada 20 juni 2021.

Marita,Lena.2014. *Aplikasi Bioleaching dalam Pemisahan Logam dari Batuan Mineral* Pirit *dengan Menggunakan Bakteri Thiobacillus ferrooxidans dan Fungi Aspergillus niger.* Bandung : ITENAS.Diakses pada 10 Juni 2021

Mas dan Aldila. 2017 . *Aplikasi Bioleaching Dalam Pemisahan Logam Nikel dari Nikel oksida dengan jamur Aspergillus niger dan Peniccilium chrysogenum*.Bandung : ITENAS.Diakses pada 10 Juni 2021